633.491
SC: AA

BIBLIOTHEEK
POSTBUS 32
WAGENINGEN

j.h.w. van der schild

instituut voor bewaring en verwerking
van landbouwprodukten
wageningen

Dienst Landbouwkundig Onderzoek
Centrum voor Plantenveredelings- en
Reproduktieonderzoek (CPRO-DLO)
Centrum voor Genetische Bronnen Nederland
Postbus 16
6700 AA Wageningen

aardappelbewaring

van inschuren tot afleveren

ISN = 2[illegible]

Verweij Wageningen b.v.

De auteur en de uitgever stellen zich niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen, die kunnen ontstaan door het gebruik van de gegevens die in deze uitgave zijn gepubliceerd.

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Schild, J.H.W. van der

Aardappelbewaring : van inschuren tot afleveren /
J.H.W. van der Schild. - Wageningen : Verweij. - Ill.
Met lit. opg., reg.
ISBN 90-9001206-0
SISO 632.4 UDC 664.83.03
Trefw.: aardappelen ; bewaring.

Reprorecht
® 1986 Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, hetgeen ook van toepassing is op de gehele of gedeeltelijke bewerking.

VOORWOORD

In de vijftiger jaren is de bewaring van consumptie- en pootaardappelen in ons land radicaal veranderd. In betrekkelijk korte tijd is men van traditionele kuilbewaring overgestapt op bewaring in geventileerde ruimten.
Dr. W.H. de Jong en zijn medewerkers hebben bij deze overgang een belangrijke rol gespeeld en ook daarna is het mede aan het IBVL te danken dat Nederland in Europa een leidende positie op het terrein van aardappelbewaring heeft kunnen innemen. Dit heeft belangrijke gevolgen gehad voor de ontwikkeling van de aardappelteelt in ons land. Allereerst kon tengevolge van deze moderne bewaring de oogst in korte tijd worden gemechaniseerd. Bovendien kreeg Nederland hierdoor ten aanzien van de kwaliteit van de aardappel een voorsprong op de andere landen, wat de export zowel van consumptie- als van pootaardappelen zeer ten goede is gekomen. Tenslotte heeft, dankzij een moderne bewaring van de grondstof, de aardappelverwerkende industrie zich sterk kunnen ontwikkelen. De belangrijke positie die Nederland op het terrein van aardappelen inneemt, is daarom zeker ook te danken aan de tijdige en snelle overgang van een traditionele kuilbewaring naar de bewaring van vandaag.
Gezien de grote betekenis van een goede aardappelbewaring doet het wat vreemd aan dat daar nog geen algemeen Nederlands boek over bestond. Met het verschijnen van dit boek is gelukkig in deze leemte voorzien. Het is een enigszins verkorte en in eenvoudige taal geschreven weergave van "Storage of potatoes" geschreven door A. Rastovski, A. van Es en anderen, aangevuld met gegevens uit andere bronnen. Het is de grote verdienste van J.H.W. van der Schild van het IBVL dat hij alle belangrijke aspecten van de bewaring zó heeft weten te behandelen dat iedere geïnteresseerde, die verstand van aardappelen heeft, het kan volgen.
Sommige lezers zullen wellicht nog meer informatie wensen, terwijl anderen een iets kortere behandeling op prijs zullen stellen. Volgens mij is de auteur er goed in geslaagd een gulden middenweg te vinden tussen zowel een te uitgebreid of een te beknopt verhaal als tussen een te ingewikkeld of een te simpel betoog.
Ik hoop van harte dat allen die met aardappelbewaring te maken hebben dit boek zullen aanschaffen en lezen, wat zeker de kwaliteit van de Nederlandse aardappel ten goede zal komen.

Dr. Ir. D.E. van der Zaag

Wageningen, januari 1986

WOORD VOORAF

Bij de samenstelling van dit boek heb ik van een aantal deskundigen zeer gewaardeerde hulp en adviezen gekregen.
Ik dank Mw. Drs. K.J. Hartmans (IBVL) en de heren Ing. K.W. Bosma (CAT Barendrecht), Ing. P.H. de Haan (IBVL), Ir. C.D. van Loon (PAGV) en Ing. C.P. Meijers (IBVL) voor het becommentariëren van het gehele boek of gedeelten ervan, en Dr. Ir. D.E. van der Zaag (DLO) voor het schrijven van het Voorwoord.
Erg veel dank ben ik verschuldigd aan de heren Ir. A. Rastovski (IBVL) en Ing. G.A. Toren (CAD-KB). Niets was hen teveel als ik een beroep deed op hun deskundigheid.

Wageningen, januari 1986 J.H.W. van der Schild

Inhoudsopgave

pg.

VOORWOORD
WOORD VOORAF
1. DE AARDAPPELKNOL EN DE OMRINGENDE LUCHT 11
De aardappelknol 11
Bouw en samenstelling 11
Droge-stofgehalte 14
Andere componenten 17
Reducerende suikers 17
Aardappelprodukten en reducerende suikers 19
Reconditionering 19
Reducerende-suikergehalte en veroudering 20
Kieming en kiemrust 20
De omringende lucht 22
Gassamenstelling 23
Relatieve vochtigheid, temperatuur en condensatie 23
Condensatie bestrijden 27
Literatuur 29
2. BEWAREN = VERLIEZEN BEPERKEN 31
Bewaren van aardappelen 31
Conditie van de aardappelen en bewaarverliezen 34
Fysische oorzaken 34
Fysiologische oorzaken 34
Extreme temperaturen 34
Ademhaling 35
Schil en lenticellen 36
Kieming 37
Rijpheid 37
Beschadiging en wondheling 38
Bewaaromstandigheden 38
Ademhalingsverliezen en ademhalingswarmte 39
Verdamping van water uit de knollen 39
Waterpotentiaalverschil 39
De rol van de schil 40
Kieming 41
Gewichtsverliezen 41
Literatuur 42
3. ZIEKTEN EN GEBREKEN TIJDENS DE BEWARING VAN AARDAPPELEN 43
Schimmelziekten 43
De aardappelziekte (Phytophthora infestans) 43
Zilverschurft 44
Bestrijding van zilverschurft 46
Zwarte spikkel 46
Bestrijding van zwarte spikkel 47
Rhizoctonia 48
Bestrijding van Rhizoctonia 48
Fusarium (droogrot) 49
Bestrijding van Fusarium 52
Phoma (gangreen) 52
Bestrijding van Phoma 53
Bacterieziekten 53
Natrotverschijnselen 54
Aardappelmot 55
Produktbescherming 56
Middelen 57

Toedieningsmiddelen 57
Toedieningstijdstip 57
Toedieningsmethoden 58
Twee spuitdoppen 58
Vier spuitdoppen 59
Schijfvernevelaar 59
Droogblazen 60
Residuen 61
Resistentie 61
Gebreken 61
Mechanische beschadiging 61
Beschadiging voorkómen 62
Blauw 63
Het ontstaan van blauw 63
De knoltemperatuur 65
Gewichtsverliezen 66
Drukplekken 66
Tegengaan van drukplekken 67
Glazigheid 68
Waterzakken 70
Zoutwaterbad 70
Glazige poters 72
Moederknollen 72
Zwarte harten 72
Literatuur 74

4. DOEL VAN DE BEWARING EN VEREISTE VOORZIENINGEN 75
Aardappelbewaring vroeger en nu 75
Bewaarvoorzieningen 77
Literatuur 79

5. DE MODERNE AARDAPPELKUIL 81
Natuurlijke trek 81
Aanleg van de kuil 82
Ligplaats 85
Tijdens de bewaring 85
Bewaarverliezen 85
Literatuur 86

6. UITVOERING VAN AARDAPPELBEWAARPLAATSEN 87
Uitvoeringseisen 87
Opslagmethoden 88
Ontwerp en grootte van de bewaarplaats 90
Isolatie van de bewaarplaats 91
Isolatiewaarde 92
Isolatiemateriaal 93
Aanbrengen van isolatie 95
Wandconstructies 96
Sandwich-wandelementen 98
Drukvaste scheidingswanden 99
Geïsoleerde deuren 101
Dak en plafond 101
Vloeren 103
Conservering van materialen 103
Literatuur 104

7. KOELSYSTEMEN VOOR AARDAPPELBEWARING 105
Koeling met buitenlucht 105
Convectieve koeling (natuurlijke trek) 105
Geforceerde koeling met buitenlucht 106
Geforceerde koeling met menglucht 107
Intern ventileren 108

Koeling met mechanisch gekoelde lucht 108
Koelinstallatie 111
Literatuur 111

8. VENTILATOREN 113
Luchtverplaatsing 113
Ventilatorcapaciteit 114
Eisen aan de ventilator 115
Typen ventilatoren 116
Opstelling van de ventilatoren 117
Literatuur 119

9. VENTILATIESYSTEMEN 121
Luchtverdeling 121
Luchtverdeling in het kanaal 123
Gelijkedrukkanaal 124
Gelijkedoorsnede-kanaal 126
Hoofdkanalen-verdeelkanalen 127
Luchtverdeelsystemen 127
Constructie van de luchtkanalen 132
Aan- en afvoer van de lucht 135
Horizontale ventilatie 136
Literatuur 137

10. METEN EN REGELEN VAN DE TEMPERATUUR 139
Meet- en regelapparatuur 140
Thermometers en temperatuurvoelers 140
Thermostaten 142
Microprocessor en minicomputer 144
De beheerder 145
Systemen van meten en regelen 145
Mechanisch gekoelde bewaarplaatsen 147
Met buitenlucht gekoelde bewaarplaatsen 148
Kleppensysteem 153
Literatuur 155

11. LUCHTBEVOCHTIGING 157
Luchtbevochtiging of geen luchtbevochtiging? 158
Methoden van luchtbevochtiging 158
Watervernevelaar 159
Luchtwasser 161
Luchtwasser/koeler 162
Literatuur 162

12. CONTROLE EN REINIGING VAN DE BEWAARPLAATS 163
De isolatie 163
Cellen en fust 163
Ventilatiesysteem 165
Meet- en regelapparatuur 165
Let op met pootgoed! 165
Literatuur 166

13. VULLEN VAN DE BEWAARPLAATS 167
Grond en stortkegels 167
Zieke en natte partijen 169
Opslaghoogte 169
Partijen van één ras 170
Inbrengsystemen 170
Verrijdbare apparatuur 170
Opvangdoseerbak 171
Opvoertransporteur 172
Boxenvuller 173
Vast-opgestelde apparatuur 175

Vast-opgestelde lengteband 175
Verschuifbare lengteband 175
Lossen vanaf de dwarsband 178
Gedeeltelijk verrijdbare, gedeeltelijk vast-opgestelde installaties 180
Literatuur 181

14. WONDHELING 183
Literatuur 185

15. KIEMREMMING 187
Temperatuurregeling 187
Chemische middelen 188
Poedervormige middelen 189
Toediening poedervormige middelen 190
Vloeibare middelen 192
Toediening vloeibare middelen 193
Opstelling vernevelapparaten 195
Literatuur 197

16. DROGEN EN KOELEN 199
Drogen 199
Drooglucht opwarmen? Soms 199
Droogluchtcondities 200
Stoppen met droogblazen 202
Drogen en storthoogte 202
Koelen 203
Warmte- en vochtoverdracht 204
Koellucht 206
Koeling van een aardappelhoop 206
Tijdens de bewaring 208
Warmte-ontwikkeling en -afvoer 209
Literatuur 209

17. OPWARMEN 211
Opwarmen 211
Blauwgevoelige consumptie-aardappelen 211
Pootaardappelen 211
Warmere buitenlucht 211
Wat gebeurt er bij opwarming? 212
Tijdsduur 212
Temperatuurcontrole 213
Ventilator 213
Hoeveel warmte hebben we nodig? 214
Luchtverhitters 214
Enkele praktische wenken 216
Literatuur 217

18. LEEGHALEN VAN DE BEWAARPLAATS 219
Transportband in luchtkanaal 223
Opschepmachines 223
Laadschop of laadvork 225
Zelfleeglopende cel 225
Laden van aardappelen 226
Literatuur 226

19. SORTEREN, LEZEN EN VERPAKKEN 227
Sorteren 227
Uniformiteit bij vierkantsmaatsortering 228
Sorteernauwkeurigheid 229
Beschadiging 229
Capaciteit 230
Sorteersystemen 231
Zeefsorteerders 231

Rollensorteerders 234
Lezen 234
Handlezen 235
Lezen van consumptie-aardappelen 235
Scheiding in een zoutwaterbad 236
Scheiding van kluiten en stenen 236
Voorwaarden te stellen aan het lezen 237
Visuele beoordeling van de knollen 237
Verwijdering van afwijkende knollen 237
De praktijk van het lezen van aardappelen 238
Opstelling van de lezers 238
Uitvoering van de leesband 239
Haalbare leescapaciteit 241
Half-automatisch lezen 242
Electronisch sorteren 242
Computerprogramma voor sorteren en lezen 243
Verpakken 244
Grootverpakking 245
Verpakkingsmiddelen 245
Machines en apparaten voor grootverpakking 247
Kleinverpakking 251
Verpakkingsmiddelen 251
Wassen en borstelen van aardappelen voor kleinverpakking 251
Voorbewerkingsmachines voor kleinverpakking 252
Kleinverpakkingsmachines 255
Literatuur 256

20. VOORBEHANDELING VAN POOTAARDAPPELEN 257
Ziektebestrijding 257
Bewaring 259
Najaarsteelt 260
Kiemremmers en ethyleen 261
Gewichtsverliezen 261
Voorkiemen 261
Invloed van voorkiemen 261
Fysiologische ouderdom 263
Aantal stengels 265
Voorkiemmethoden voor de diverse teelten 266
Zeer vroege consumptieteelt 266
Pootgoed en middelvroege consumptie-aardappelen 266
Consumptie- en fabrieksaardappelen 267
Fust voor poters 268
Bedrijfshygiëne 275
Literatuur 276

21. BEDRIJFSHYGIËNE 277
Bedrijfshygiëne 277
Beschadiging voorkómen 277
Moederknollen uitsorteren 278
Schimmelziekten bestrijden 278
Stortkegels vermijden 278
De aardappelen drogen 278
Wondheling 278
Lezen en sorteren 279
Reinigen 279
Afvoer sorteer- en zeefgrond 280
Literatuur 281

22. EEN AARDAPPELBEWAARPLAATS OPZETTEN 283
Berekeningen/dimensioneringen 284
Isolatie 284
Koelcapaciteit 284

Ventilatiecapaciteit 284
Ventilatiesysteem 285
Luchtaan- en -afvoeropeningen 285
Hoofdkanaal 285
Kostenraming 286
Bewaarplaatsen 286
Advisering 289
Literatuur 290

TREFWOORDENREGISTER 295

VERANTWOORDING FIGUREN 297

Hoofdstuk 1

DE AARDAPPELKNOL EN DE OMRINGENDE LUCHT

DE AARDAPPELKNOL

Bouw en samenstelling

De aardappel is een éénjarige, tweezaadlobbige plant behorend tot de familie der Solanaceae (nachtschaden). De commercieel geteelde aardappelgewassen behoren meestal tot het geslacht Solanum tuberosum. De teelt van aardappelen is zeer verbreid over de gehele wereld. Van de totale wereldproduktie aan knol- en wortelgewassen neemt de aardappel meer dan de helft voor zijn rekening.

Tijdens de groei van een aardappelplant vormt zich aan de basis van de stengel onder de grond een aantal "zijstengels". Deze "zijstengels", die stolonen genoemd worden, blijven in het algemeen onder de grond en ze groeien ongeveer horizontaal (zie fig. 1.1). Op een gegeven moment

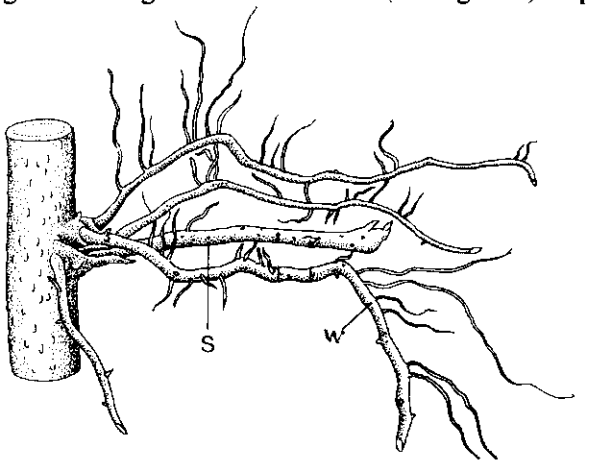


Fig. 1.1 Deel van een aardappelstengel in de grond, met wortels en een stoloon in ontwikkeling (S = stoloon, W = wortel)

begint de stoloon aan het uiteinde op te zwellen; dat is het begin van een knol. De stoloon groeit dan niet meer in de lengte. Een aardappelknol is

dus het verdikte uiteinde van een ondergrondse stengel (zie fig. 1.2). Aan het uiteinde van elke stoloon kan zich een knol vormen. Aan één aardappelplant groeien ongeveer tien tot twintig knollen.

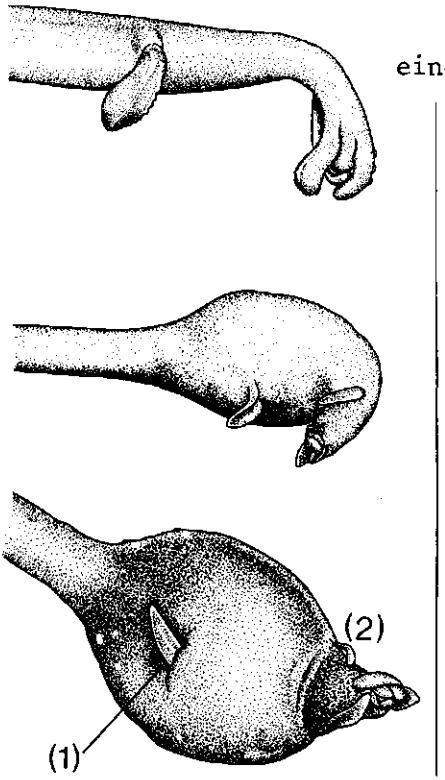


Fig. 1.2 Schematische tekening van de knolontwikkeling (1 en 2 zijn ogen)

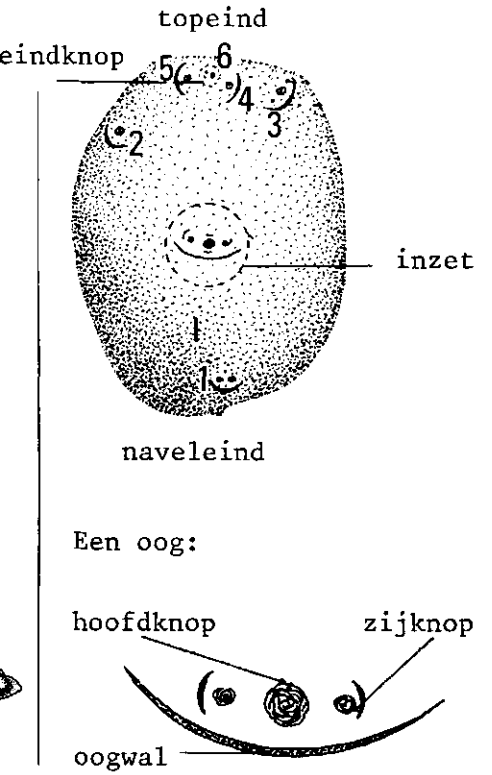


Fig. 1.3 Morfologische details van een aardappelknol; de ogen zijn genummerd

Aan de knol kunnen we aan het ene eind de top en de ogen onderscheiden en aan het andere eind de plek waar de knol aan de stoloon vastzat, oftewel het naveleinde (zie fig. 1.3). Aan de top en in de ogen zien we knopjes. De knop aan de top is de eindknop van de knol.
In de ogen treffen we naast een hoofdknop dikwijls enkele zijknopjes aan.
De oogwal, waarbinnen (soms zeer diep) de oogknopjes liggen, is het restant van een bladaanleg op de stoloon. De ogen liggen vanaf de top in een spiraal op de knol. De ogen aan het naveleinde worden tijdens de ontwikkeling van de knol het eerst aangelegd. Het topoog wordt als laatste gevormd.

Zodra het uiteinde van een stoloon gaat zwellen, begint ook de vorming van de schil (periderm). De schil van de aardappel bestaat gewoonlijk uit zes à tien lagen verkurkte cellen. Bij verwonding is de knol in staat een nieuwe laag verkurkte cellen aan te leggen. Dit verschijnsel wordt wondheling genoemd.
De diepte van de ogen, de vorm van de knol en de kleur van de schil zijn raseigenschappen.
Een rijpe knol bestaat uit: schil, schors, vaatbundelring, weefsel tussen merg en vaatbundelring (perimedullaire zone) en merg. (zie fig. 1.4).
Zowel in de schorscellen, in de perimedullaire cellen als in de mergcellen bevinden zich zetmeelkorrels

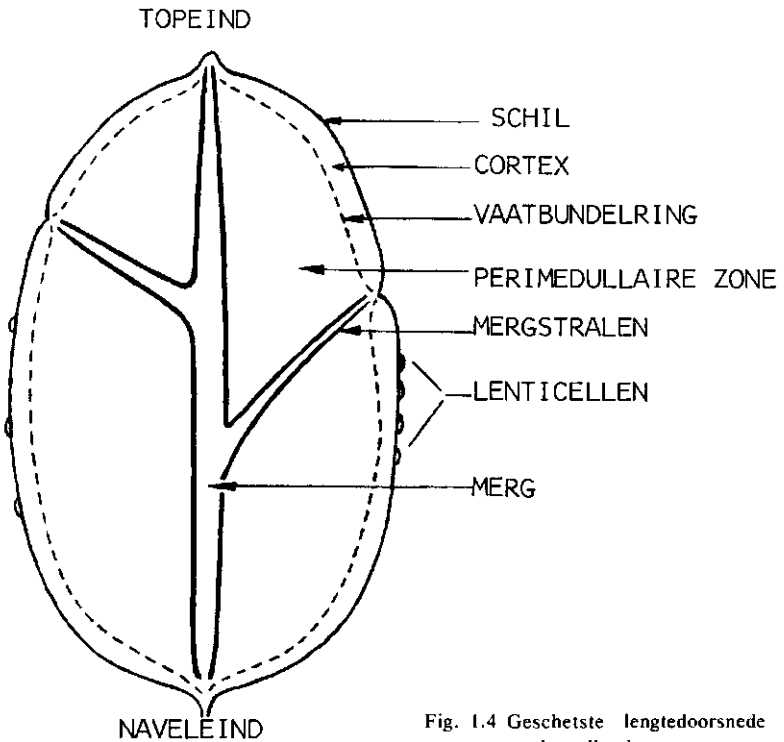


Fig. 1.4 Geschetste lengtedoorsnede van een aardappelknol

De schil bestaat dus uit zes tot tien lagen cellen die verkurkt zijn. De hoeveelheid cellagen is vooral een raseigenschap. Ook de groeiomstandigheden hebben er invloed op. Onder droge groeiomstandigheden is het aantal cellagen kleiner dan onder natte omstandigheden. In de schil bevinden zich zgn. lenticellen waar de knol door ademt.

Onder de schil vinden we de schorszone, die hoofdzakelijk uit paren-

chymcellen bestaat die met zetmeelkorrels zijn gevuld.
De schors beslaat ongeveer een tiende deel van de totale dikte van de knol.

Op de snijvlakken van een doorgesneden knol kunnen we de vaatbundelring goed zien. De ring bestaat uit groepen vaatbundels die met elkaar verbonden zijn door parenchymweefsel. De vaatbundels lopen vanaf het naveleinde door de knol naar de ogen.

Het merg bestaat uit grote parenchymcellen die gevuld zijn met zetmeelkorrels.
Op het snijvlak van een doorgesneden knol blijkt het centrum van het merg iets anders van kleur te zijn dan de rest. Als we de aardappel in de lengte doorsnijden, dan zien we de mergstralen naar de ogen lopen.

Droge-stofgehalte

Het droge-stofgehalte in een knol neemt vanaf de schil in de richting van het centrum toe. Bij de vaatbundelring bereikt het droge-stofgehalte een maximum en verderop neemt het weer af. Een algemeen beeld is ook dat het droge-stofgehalte van de top naar het naveleinde toeneemt.

Het droge-stofgehalte is een zeer belangrijke factor bij de aardappel. Dit gehalte is in de eerste plaats genetisch bepaald en het is dus afhankelijk van het ras.
Daar de droge stof voor 60 à 80 % uit zetmeel bestaat, is er dus een sterke samenhang tussen het droge-stofgehalte en het zetmeelgehalte van de knol.
Het droge-stofgehalte is belangrijk voor de kwaliteit van zowel gekookte als gebakken aardappelprodukten, zoals pommes frites en chips. Bij deze gebakken produkten en ook bij gedroogde produkten, zoals aardappelpuree, is het droge-stofgehalte bepalend voor het gewicht aan geproduceerd produkt.
Ook bij gekookte aardappelen is het droge-stofgehalte van belang, omdat het een maat kan zijn voor de meligheid van het gekookte produkt.
Er bestaat ook verband tussen het droge-stofgehalte en de blauwgevoeligheid van aardappelen. Knollen met een hoog droge-stofgehalte zijn vaak gevoeliger voor stootblauw.
De faktoren die het meest bepalend zijn voor het droge-stofgehalte van aardappelen zijn het ras, de mate van rijpheid, het groeipatroon via de stikstofbemesting, het klimaat, de grond en de kalibemesting. Fig. 1.5 geeft een overzicht van deze faktoren.

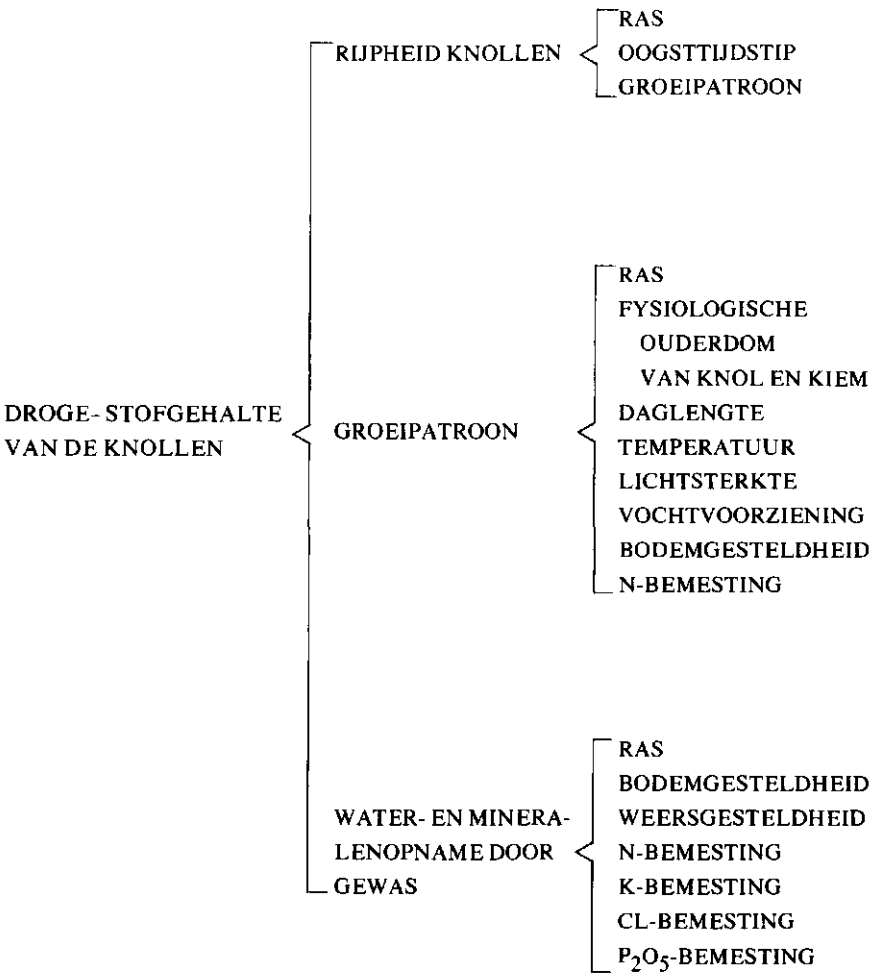


Fig. 1.5 De factoren die het droge-stofgehalte van de aardappelknollen beïnvloeden

Gemiddeld bedraagt het droge-stofgehalte van de aardappel ca. 23 %. Het kan voorkomen dat we het droge-stofgehalte van een partij aardappelen moeten bepalen, b.v. met het oog op de geschiktheid voor verwerking tot aardappelprodukten.
We kunnen het droge-stofgehalte bepalen via onderwaterweging van de aardappelen.
Het onderwatergewicht (owg) is het gewicht onder water, in grammen, van 5.000 gram aardappelen. Is het owg bekend, dan kunnen we met het volgende sommetje het droge-stofgehalte (ds) berekenen:
% ds = 0,0492 x owg + 2,00.

Tabel 1.1 geeft een overzicht van de samenhang tussen onderwatergewicht, droge-stofgehalte en soortelijk gewicht van aardappelen. Voor de samenstelling van deze tabel zijn aardappelen gebruikt van nederlandse concumptie-aardappelrassen die veel in de aardappelverwerkende industrie worden gebruikt.

Tabel 1.1

Samenhang tussen onderwatergewicht, drogestofgehalte en soortelijk gewicht van aardappelen

o.w.g.	d.s.	s.g.	o.w.g.	d.s.	s.g.	o.w.g.	d.s.	s.g.	o.w.g.	d.s.	s.g.	o.w.g.	d.s.	s.g.	o.w.g.	d.s.	s.g.
250	14,3	1.053	331	18,3	1.071	371	20,3	1.080	411	22,2	1.090	451	24,2	1.099	491	26,2	1.109
255	14,6	1.054	332	18,3	1.071	372	20,3	1.080	412	22,3	1.090	452	24,2	1.099	492	26,2	1.109
260	14,8	1.055	333	18,4	1.071	373	20,4	1.081	413	22,3	1.090	453	24,3	1.100	493	26,3	1.109
265	15,1	1.056	334	18,4	1.072	374	20,4	1.081	414	22,4	1.090	454	24,3	1.100	494	26,3	1.110
270	15,3	1.057	335	18,5	1.072	375	20,5	1.081	415	22,4	1.091	455	24,4	1.100	495	26,4	1.110
275	15,6	1.058	336	18,5	1.072	376	20,5	1.081	416	22,5	1.091	456	24,4	1.100	496	26,4	1.110
280	15,8	1.059	337	18,6	1.072	377	20,5	1.082	417	22,5	1.091	457	24,5	1.101	497	26,5	1.110
285	16,1	1.060	338	18,6	1.073	378	20,6	1.082	418	22,6	1.091	458	24,5	1.101	498	26,5	1.111
290	16,3	1.062	339	18,7	1.073	379	20,6	1.082	419	22,6	1.091	459	24,6	1.101	499	26,6	1.111
295	16,5	1.063	340	18,7	1.073	380	20,7	1.082	420	22,7	1.092	460	24,6	1.101	500	26,6	1.111
300	16,8	1.064															
			341	18,8	1.073	381	20,7	1.082	421	22,7	1.092	461	24,7	1.102	505	26,8	1.112
301	16,8	1.064	342	18,8	1.073	382	20,8	1.083	422	22,8	1.092	462	24,7	1.102	510	27,1	1.114
302	16,9	1.064	343	18,9	1.074	383	20,8	1.083	423	22,8	1.092	463	24,8	1.102	515	27,3	1.115
303	16,9	1.065	344	18,9	1.074	384	20,9	1.083	424	22,9	1.093	464	24,8	1.102	520	27,6	1.116
304	17,0	1.065	345	19,0	1.074	385	20,9	1.083	425	22,9	1.093	465	24,9	1.103	525	27,8	1.117
305	17,0	1.065	346	19,0	1.074	386	21,0	1.084	426	23,0	1.093	466	24,9	1.103	530	28,1	1.119
306	17,1	1.065	347	19,1	1.075	387	21,0	1.084	427	23,0	1.093	467	25,0	1.103	535	28,3	1.120
307	17,1	1.065	348	19,1	1.075	388	21,1	1.084	428	23,1	1.094	468	25,0	1.103	540	28,6	1.121
308	17,2	1.066	349	19,2	1.075	389	21,1	1.084	429	23,1	1.094	469	25,1	1.104	545	28,8	1.122
309	17,2	1.066	350	19,2	1.075	390	21,2	1.085	430	23,2	1.094	470	25,1	1.104	550	29,1	1.124
310	17,3	1.066															
			351	19,3	1.076	391	21,2	1.085	431	23,2	1.094	471	25,2	1.104			
311	17,3	1.066	352	19,3	1.076	392	21,3	1.085	432	23,3	1.095	472	25,2	1.104			
312	17,4	1.067	353	19,4	1.076	393	21,3	1.085	433	23,3	1.095	473	25,3	1.104			
313	17,4	1.067	354	19,4	1.076	394	21,4	1.086	434	23,4	1.095	474	25,3	1.105			
314	17,4	1.067	355	19,5	1.076	395	21,4	1.086	435	23,4	1.095	475	25,4	1.105			
315	17,5	1.067	356	19,5	1.077	396	21,5	1.086	436	23,5	1.096	476	25,4	1.105			
316	17,5	1.067	357	19,6	1.077	397	21,5	1.086	437	23,5	1.096	477	25,5	1.105			
317	17,6	1.068	358	19,6	1.077	398	21,6	1.086	438	23,5	1.096	478	25,5	1.106			
318	17,6	1.068	359	19,7	1.077	399	21,6	1.087	439	23,6	1.096	479	25,6	1.106			
319	17,7	1.068	360	19,7	1.078	400	21,7	1.087	440	23,6	1.096	480	25,6	1.106			
320	17,7	1.068															
			361	19,8	1.078	401	21,7	1.087	441	23,7	1.097	481	25,7	1.106			
321	17,8	1.069	362	19,8	1.078	402	21,8	1.087	442	23,7	1.097	482	25,7	1.107			
322	17,8	1.069	363	19,9	1.078	403	21,8	1.088	443	23,8	1.097	483	25,8	1.107			
323	17,9	1.069	364	19,9	1.079	404	21,9	1.088	444	23,8	1.097	484	25,8	1.107			
324	17,9	1.069	365	20,0	1.079	405	21,9	1.088	445	23,9	1.098	485	25,9	1.107			
325	18,0	1.070	366	20,0	1.079	406	22,0	1.088	446	23,9	1.098	486	25,9	1.108			
326	18,0	1.070	367	20,1	1.079	407	22,0	1.089	447	24,0	1.098	487	26,0	1.108			
327	18,1	1.070	368	20,1	1.079	408	22,1	1.089	448	24,0	1.098	488	26,0	1.108			
328	18,1	1.070	369	20,2	1.080	409	22,1	1.089	449	24,1	1.099	489	26,1	1.108			
329	18,2	1.070	370	20,2	1.080	410	22,2	1.089	450	24,1	1.099	490	26,1	1.109			
330	18,2	1.071															

Andere componenten

Het aardappelweefsel bestaat voor het grootste deel uit cellen waarin we de zetmeelkorrels aantreffen. De cellen hebben celwanden die uit cellulosevezels bestaan. In het celsap komen de reducerende suikers glucose en fructose voor, alsmede de niet-reducerende suiker saccharose.
Voorts bevat de cel eiwitten en aminozuren. Het eiwitgehalte bedraagt ongeveer 2 % en het aardappeleiwit heeft uit voedingskundig oogpunt een goede samenstelling. De eiwitfractie bevat een groot aantal enzymen, waaronder de enzymen die betrokken zijn bij de blauwverkleuring na stoten.
We vinden ook een aantal vitaminen in de aardappelcellen, zoals vitamine A, enkele componenten uit het vitamine-B-complex en een behoorlijke hoeveelheid vitamine C. Voorts organische zuren als citroenzuur en chlorogeenzuur (belangrijk voor de verkleuring na koken), mineralen (ijzer, kalium, magnesium, fosfor) en sporenelementen (koper en jodium).
De aardappelcel bevat ook een kleine vetfractie. De hoeveelheid vet die de aardappel bevat, bedraagt slecht 0,15 %. Tenslotte is de aardappel rijk aan complexe koolhydraten (19 %), vooral zetmeel en voedingsvezel, en hij is arm aan enkelvoudige suikers (0,1 à 0,5 %).

Een component die nog even de aandacht verdient wordt gevormd door de glycoalkaloïden.
Wanneer aardappelen gedurende oogst, transport, handling of uitstalling in winkels gedurende langere tijd aan daglicht worden blootgesteld, kunnen zich behalve een groene kleur tevens bitter smakende stoffen ontwikkelen. Dat bitter-worden moet toegeschreven worden aan de vorming van glycoalkaloïden.
Consumptie van aardappelen met een hoog gehalte aan glycoalkaloïden moet afgeraden worden, omdat hoge gehalten aan glycoalkaloïden mogelijk schadelijke gevolgen kunnen hebben voor de gezondheid van zowel mens als dier.

In het kader van dit hoofdstuk over de aardappelknol nemen we nog twee zaken onder de loep, die beide van groot belang zijn voor de aardappelbewaring, namelijk: de reducerende suikers en het onderwerp kieming en kiemrust.

Reducerende suikers

Voor de kwaliteit van aardappelen als grondstof voor de aardappelver-

werkende industrie zijn de suikers van essentiële betekenis, en dan vooral de reducerende suikers glucose en fructose.
In de biochemische processen in de aardappel spelen de suikers een belangrijke rol (zie fig. 1.6). Zo treden ze op als tussenprodukten van de koolzuurassimilatie, waarbij tenslotte het zetmeel als reservevoedsel in

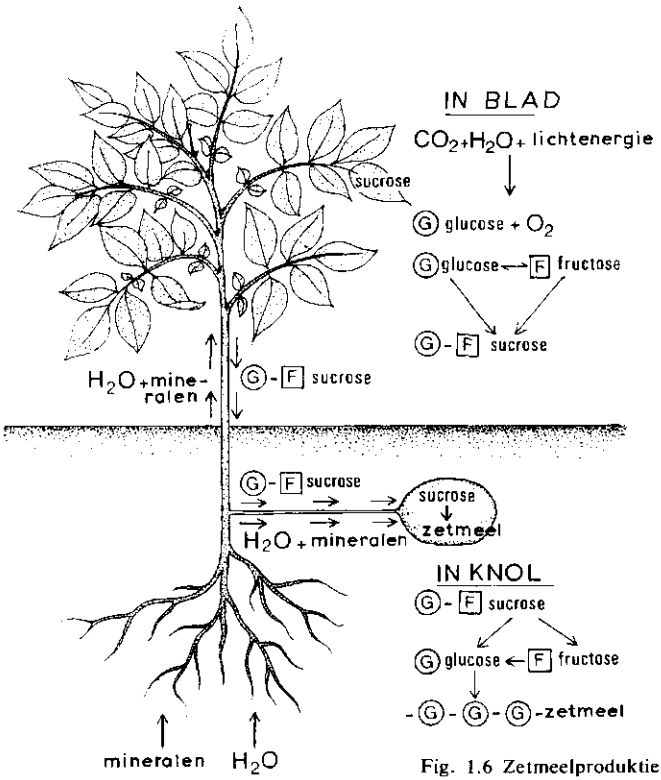


Fig. 1.6 Zetmeelproduktie in aardappelknol door fotosynthese en sucrosetransport

de knol wordt afgezet. Ze fungeren ook als tussenprodukten bij de verademing van het zetmeel, het belangrijkste levensproces in de aardappelknol. Bovendien doen de suikers hun werk bij de kieming.
Afhankelijk van ras, groeiomstandigheden enz. zal de aardappel altijd een bepaalde hoeveelheid suikers bevatten. Het gehalte aan suikers is echter zo laag, dat we onder normale omstandigheden geen probleem behoeven te verwachten bij aardappelen die voor directe consumptie bestemd zijn . In enkele gevallen kunnen er problemen optreden met zoetsmakende aardappelen. Dat is dan meestal het gevolg van te koude bewaring. Zet men die aardappelen echter enige tijd bij wat hogere temperaturen, boven 10 °C, dan zal de zoete smaak meestal wel weer verdwijnen.

Aardappelprodukten en reducerende suikers

Bij de industriële verwerking van aardappelen tot aardappelprodukten ligt dat anders.
Bij het bakken van chips en frites en bij het drogen van pureepoeder en pureevlokken gaan de reducerende suikers reageren met aminozuren die ook in de aardappelen zitten. Hoe meer reducerende suikers er in de aardappelen zitten, des te intensiever wordt die reaktie. Te hoge reducerende-suikergehalten resulteren in onacceptabel donker(bruin)gekleurde aardappelprodukten, die daarbij ook nog een bittere smaak hebben. De chipsindustrie stelt de strengste eisen aan het reducerende-suikergehalte; het mag voor deze industrie niet hoger zijn dan 0,25 à 0,30 % op versgewicht. Voor de frites- en de droogindustrie moet het gehalte aan reducerende suikers beneden de 0,50 % op versgewicht liggen.
Aan deze eisen kan alléén worden voldaan als er bij de teelt, maar vooral bij de bewaring van de aardappelen de nodige maatregelen genomen worden.
Het is van groot belang dat de aardappeltelers zoveel mogelijk tegemoetkomen aan deze eisen, want de aardappelverwerkende industrie is een enorm grote klant.
Hoewel aardappelras, groeiomstandigheden en mate van rijpheid bij het oogsten het gehalte aan reducerende suikers mede beïnvloeden, zijn het vooral fouten bij de bewaring die te hoge reducerende-suikergehalten veroorzaken. En die fouten betreffen dan voornamelijk te lage bewaartemperaturen.

Reconditionering

Het is bekend dat de bewaarverliezen het laagst zijn indien we de aardappelen bij lage temperaturen van 3 à 5 °C bewaren. Bij deze temperatuur houdt de levende aardappel zich namelijk erg rustig.
Nu is uit vele onderzoekingen gebleken dat naarmate de bewaartemperatuur lager is, het reducerende-suikergehalte in de knollen hoger wordt. Bij een temperatuur van 7 à 10 °C is de vorming van de reducerende suikers op z'n laagst. Aardappelen die voor de chipsfabricage bestemd zijn, dienen dan ook bij een temperatuur tussen 7 à 10 °C te worden opgeslagen en aardappelen voor de frites- en droogindustrie bij een temperatuur tussen 5 en 7 °C.
Lagere temperaturen hebben als resultaat dat het reducerende-suikergehalte te hoog wordt. Zou het reducerende-suikergehalte door te lage bewaartemperaturen te hoog opgelopen zijn, dan kan men door reconditionering bij hogere temperaturen (15 °C) proberen deze suikers op te ruimen. Bij reconditionering, die meerdere weken in beslag neemt, wordt ongeveer 80 % van de suikers omgezet in zetmeel, terwijl 20 % verademd wordt.

De resultaten van reconditionering zijn echter nogal wisselvallig, vooral in de tweede helft van het bewaarseizoen. We moeten er beslist niet op vertrouwen, want dikwijls lukt het gewoon niet meer om weer terug te komen op een voldoende laag suikergehalte. Vooral onrijp gerooide aardappelen zijn moeilijk te reconditioneren. Voorts is het bekend dat vooral bij lage temperaturen, het reducerende-suikergehalte weer snel kan stijgen zodra de aardappelen uit de bewaarplaats gehaald worden. Het is dan ook het beste om de aardappelen zo snel mogelijk na het leeghalen van de bewaarplaats te verwerken, het liefst binnen 24 uur, maar uiterlijk binnen twee dagen.

Reducerende-suikergehalte en veroudering

Een aparte plaats wordt ingenomen door de verhoging van het reducerende-suikergehalte als gevolg van de veroudering van de knol. Onder gelijkblijvende temperatuurregimes blijft het reducerende-suikergehalte gedurende een zekere tijd nagenoeg op hetzelfde niveau.
Op een moment begint het reducerende-suikergehalte langzaam te stijgen en tenslotte loopt het zeer sterk op. Déze suikervorming is door maatregelen als reconditionering niet meer terug te draaien. De suikervorming door veroudering wordt gekenmerkt door veranderingen in de membranen die de zetmeelkorrels omgeven. We zouden kunnen zeggen dat de membranen lek worden. Daardoor komen steeds meer glucose en fructose, afkomstig van de afbraak van zetmeel, in het celsap terecht. De snelheid waarmee dat gebeurt en de mate waarin, zijn afhankelijk van aardappelras, groeiomstandigheden en rijpheid bij de oogst. Het is gebleken dat het verouderingsproces vertraagd kan worden door de aardappelen bij lagere temperaturen te bewaren. Maar dan krijgen we weer te maken met een toename van de reducerende suikers, als gevolg van deze lage temperaturen. Dat is dus geen oplossing.

Kieming en kiemrust

Bij de bewaring van consumptie-aardappelen is het streven er op gericht de natuurlijke rustperiode zo lang mogelijk in stand te houden en de kieming - na afloop van de rustperiode - zo vertraagd mogelijk te laten plaatsvinden.
Tijdens de ontwikkeling van de knollen aan de plant gaan de knoppen in de ogen de een na de ander in kiemrust, beginnend aan het naveleind; als laatste gaat dus het topoog in rust.

Aardappelen verkeren na de oogst gedurende een bepaalde tijd in kiemrust. In deze periode kunnen we ze slechts met behulp van kunstgrepen aan het kiemen krijgen. Na verstrijking van de rustperiode gaan de knollen kiemen en die kieming kunnen we dan slechts weer met kunstgrepen onderdrukken.

De vraag wat er chemisch in de aardappelknol gebeurt, oftewel welke stoffen de aardappel biochemisch zodanig in balans houden dat hij in kiemrust verkeert, is nog niet beantwoord.
Diverse wetenschappers trachten dat uit te vinden. En niet alleen om kennis op te doen over de kiemrust als zodanig, maar meer nog om via dat onderzoek kiemremmende stoffen op te sporen die van nature in de aardappel aanwezig zijn.
Over het algemeen zegt men dat de aardappel in kiemrust is indien de ogen bij daarvoor gunstige temperaturen niet uitlopen.
Voor kiemrustlengte worden twee definities gehanteerd:

1) het aantal weken (of dagen) tussen de oogst en het moment waarop de ogen gaan uitlopen;

2) het aantal weken (of dagen) tussen de knolaanleg (in de grond aan de plant) en het moment waarop de ogen gaan uitlopen.

Hoewel men in de praktijk vaak de eerste definitie hanteert, is de tweede definitie juister. In geval van doorwas b.v. begint de kiemgroei al voor de oogst.
Men gaat ervan uit dat de kiemrust begint op het moment van de knolaanleg. De lengte van de kiemrustperiode is afhankelijk van het ras, de rijpheid van de aardappel, bodem- en weersomstandigheden tijdens de groei. Belangrijk is ook of de knol wel of niet beschadigd is en tenslotte spelen de bewaaromstandigheden een rol van betekenis.
De bewaartemperatuur oefent grote invloed uit op de lengte van de kiemrustperiode (zie fig. 1.7). Verhoging van de bewaartemperatuur van 10 °C naar 20 °C heeft meer effect op verbreking van de kiemrust dan een temperatuurverhoging van 2 °C naar 10 °C. Bij sommige rassen wordt de kiemrust ook bekort door veel wisselende temperaturen en door een koudeschok. De aardappelen worden dan in feite wakkergeschud.
De kiemrust wordt ook beïnvloed door het vochtgehalte van de bewaaratmosfeer. Een hoge relatieve vochtigheid bekort de kiemrustperiode.
Wanneer de temperatuur van de bewaaratmosfeer gedurende een zekere tijd een bepaalde hoogte heeft, gaan er zich één of meer spruiten op de knol vormen. Kiemrust en vorm van de kiemen zijn raseigenschappen, die worden beïnvloed door het rijp dan wel onrijp rooien van de aardappelen, door de bewaaromstandigheden enz.

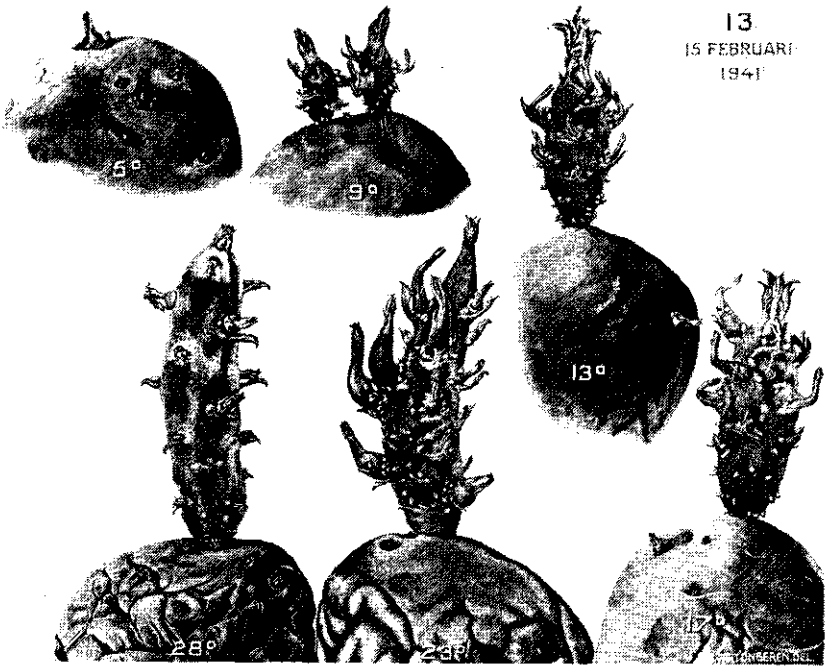


Fig. 1.7 De invloed van verschillende bewaartemperaturen op het kiemgedrag van aardappelen (ras Eersteling), bewaard in licht gedurende 3½ maand

DE OMRINGENDE LUCHT

Lucht is een gasmengsel dat hoofdzakelijk uit stikstof en zuurstof bestaat. Een normale samenstelling van de lucht ziet er als volgt uit:

20,93 %	zuurstof
0,03 %	koolzuur
78,10 %	stikstof
0,93 %	argon
0,01 %	waterstof

Atmosferische lucht bevat echter ook een bepaalde hoeveelheid water. Dat water zit in de lucht in de vorm van waterdamp en daarom kunnen we het niet zien. Dit water wordt pas zichtbaar bij mistige lucht. En mistige lucht krijgen we als de relatieve vochtigheid van die lucht meer dan 100 % is geworden.De belangrijkste aspecten van lucht waarmee we bij de aardappelbewaring te maken hebben zijn de gassamenstelling, de relatieve vochtigheid en de temperatuur.

Gassamenstelling

Als de gassamenstelling van de bewaaratmosfeer afwijkt van het normale beeld, zoals we dat hierboven vermeldden, dan heeft dat direct consequenties voor de aardappelen. Een zuurstofgehalte van zo'n 20 % is een noodzaak voor een goede wondheling. Een verhoogd koolzuurgehalte is nadelig voor de wondheling.
Zuurstofgebrek en teveel koolzuur kunnen zwarte harten veroorzaken.
We moeten er altijd voor zorgen dat de gassamenstelling op peil blijft. Ook in perioden dat er niet met buitenlucht geventileerd kan worden en b.v. tijdens het opwarmen van de aardappelen moeten we de lucht blijven verversen.

Relatieve vochtigheid, temperatuur en condensatie

Droge lucht kan een zekere hoeveelheid water opnemen in de vorm van waterdamp. Hoeveel waterdamp die lucht op kan nemen is afhankelijk van de temperatuur van de lucht. Zo kan 1 m^3 droge lucht bij 0 °C 4,48 gram water opnemen en bij 20 °C 17,30 gram. Heeft de lucht bij een bepaalde temperatuur de maximale damphoeveelheid opgenomen, dan zeggen we dat de lucht verzadigd is, oftewel dat de relatieve vochtigheid 100 % bedraagt.
Wat is "relatieve vochtigheid" eigenlijk? De relatieve vochtigheid (RV) van de lucht is de verhouding tussen de heersende dampdruk in de lucht en de druk van waterdamp bij de temperatuur van de lucht. Voor de aardappelbewaring kunnen we de RV ook definiëren als: de verhouding tussen de hoeveelheid waterdamp die er werkelijk in de lucht zit en de hoeveelheid waterdamp, die de lucht bij een bepaalde temperatuur maximaal kan bevatten. We bepalen de RV dus met de volgende formule:

$$\% \text{ RV} = \frac{\text{hoeveelheid werkelijk opgenomen water}}{\text{maximaal opneembare hoeveelheid water bij de betreffende temperatuur}}$$

Bij een gelijkblijvend vochtgehalte in de lucht, is de RV alleen afhankelijk van de temperatuur. Als het vochtgehalte dus gelijk blijft en we warmen de lucht op, dan daalt de RV. Als het vochtgehalte gelijk blijft en we koelen de lucht af, dan stijgt de RV. Een dalende RV wil zeggen dat de lucht meer water (uit de aardappelen!) op kan nemen. Daalt de RV bijvoorbeeld van 99 naar 96 %, dan wordt het dampdrukverschil tussen aardappelen en lucht viermaal zo groot. Het vochtverlies uit de aardappelen zal ongeveer evenveel toenemen. Een stijgende RV betekent dat de lucht steeds minder water op kan nemen. Blijft de temperatuur dalen,

bij een gelijkblijvend vochtgehalte, dan zal de RV gaan stijgen en op een moment 100 % worden. De temperatuur waarbij dat gebeurt noemen we de dauwpunttemperatuur van de lucht. We moeten er op bedacht zijn dat afkoeling van de lucht tot onder de dauwpunttemperatuur altijd condensatie tot gevolg heeft. Een treffend alledaags voorbeeld daarvan zien we, als we met een glas gekoeld drinken in een warmere kamer komen. Het glas beslaat dan, omdat de lucht die zich rondom dat glas bevindt afkoelt tot onder de dauwpunttemperatuur.

In tabel 1.2 vinden we de dauwpunttemperaturen voor verschillende temperaturen en relatieve vochtigheden van de lucht. Daarnaast is ook de dauwpuntdepressie aangegeven; dat is het verschil tussen de temperatuur van de lucht en de dauwpunttemperatuur van de lucht. We zien uit tabel 1.2 dat als de luchttemperatuur bij 98 % RV slechts 0,3 °C daalt, er al condensatie optreedt. Dit betekent dus dat indien in zo'n situatie een wand of het dak, het plafond of het produkt in onze bewaarplaats 1 °C kouder is dan de lucht, er ergens condensatie zal optreden; meestal zien we dat verschijnsel dan het eerst aan dak of plafond.

Tabel 1.2 Dauwpunttemperatuur in relatie tot temperatuur en relatieve vochtigheid van de lucht

luchttemperatuur °C	*RV van de lucht* %	*dauwpunttemperatuur* °C	*dauwpuntdepressie* °C
	80	6,70	3,30
	85	7,60	2,40
10	90	8,40	1,55
	95	9,20	0,80
	98	9,70	0,30
	80	4,75	3,25
	85	5,60	2,40
8	90	6,45	1,55
	95	7,25	0,75
	98	7,70	0,30
	80	2,80	3,20
	85	3,70	2,30
6	90	4,50	1,50
	95	5,25	0,75
	98	5,70	0,30
	80	0,90	3,10
	85	1,70	2,30
4	90	2,50	1,50
	95	3,30	0,70
	98	3,70	0,30

Condensatie aan dak of plafond is veel gevaarlijker dan condensatie aan wanden. Condensatie aan dak of plafond kan namelijk leiden tot druppelende condens, waardoor de gehele bovenste aardappellaag nat kan worden.

Uit de tabel blijkt ook dat de dauwpuntdepressie bij luchttemperaturen tussen 4 en 10 °C praktisch alleen door de RV wordt beïnvloed.

Hoe meten we de RV?
We kunnen de RV van de lucht meten met een psychrometer (zie fig. 1.8). Een psychrometer is een apparaat dat twee thermometers bevat.

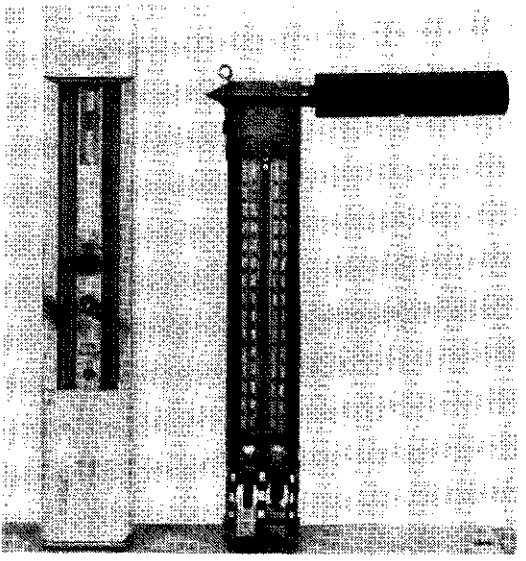


Fig. 1.8 Enkele typen psychrometers

Die twee thermometers meten resp. de drogeboltemperatuur en de natteboltemperatuur. De drogebolthermometer is een heel gewone thermometer die de temperatuur van de lucht meet. (Als we gewoon over de temperatuur van de lucht praten, dan bedoelen we altijd de drogeboltemperatuur.) De bol van de nattebolthermometer is bedekt met een natte kous. De psychrometer moet een voorziening hebben waarmee we lucht met een snelheid van minimaal 2,5 meter per seconde langs de natte kous kunnen laten stromen. Is de lucht verzadigd met waterdamp, dus bij een RV van 100 %, dan is de natteboltemperatuur gelijk aan de drogeboltemperatuur. De natteboltemperatuur van ónverzadigde lucht is echter altijd lager dan de drogeboltemperatuur van die lucht. En het verschil tussen die twee temperaturen wordt groter naarmate de RV van de lucht lager is.

Nu kijken we naar tabel 1.3. De bovenste horizontale rij cijfers zijn drogeboltemperaturen van lucht. We hebben op onze psychrometer een drogeboltemperatuur gemeten van 10 °C. De natteboltemperatuur bedroeg 7,4 °C; dat is 2,6 graden lager dan de drogeboltemperatuur. We zoeken nu in de linkerkolom van de tabel T-verschil 2,6 op en op de hoogte van die 2,6 vinden we onder 10 °C dat de RV van de lucht 70 % is. Psychrometers zijn redelijk betrouwbare apparaten, mits het kousje schoon is.

Tabel 1.3 RV - Psychrometertabel (luchtsnelheid minimaal 2,5 meter per seconde)

T-verschil	luchttemperatuur																							
	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
0,0	97	97	98	98	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,2	93	94	96	96	97	97	98	98	98	98	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99	99
0,4	87	90	92	92	94	94	95	95	95	96	96	97	97	97	97	97	97	98	98	98	98	98	98	98
0,6	82	85	88	89	91	92	92	92	92	93	94	95	95	95	95	95	95	96	96	96	96	96	97	97
0,8	77	81	84	85	86	89	89	89	90	91	92	93	93	93	93	94	94	94	94	95	95	95	96	96
1,0	73	77	80	82	84	85	86	87	88	89	90	91	91	91	91	92	92	93	93	93	93	93	94	94
1,2	68	73	76	78	80	83	83	84	85	87	88	89	89	90	90	91	91	91	92	92	92	92	93	93
1,4	64	69	72	74	77	80	80	81	83	85	86	87	87	88	88	89	89	89	90	90	90	90	91	92
1,6	59	65	69	71	75	77	78	79	80	82	84	85	85	86	86	87	87	87	88	88	88	89	90	91
1,8	55	61	65	68	72	74	75	77	78	80	82	83	83	84	85	85	85	86	87	87	88	88	89	89
2,0	51	57	62	65	68	71	73	75	76	78	80	81	81	82	83	84	84	85	86	86	87	87	88	88
2,2	47	53	58	61	64	68	70	72	74	76	78	79	80	81	82	83	83	84	85	85	85	86	86	87
2,4	43	49	55	57	61	65	67	70	72	74	76	77	78	80	80	81	81	82	83	84	84	85	85	85
2,6	39	44	51	54	59	63	65	68	70	72	74	76	77	78	79	79	80	81	82	82	83	84	84	84
2,8	35	41	47	51	56	60	62	65	67	70	72	74	75	76	77	77	79	80	81	81	82	83	83	83
3,0	32	38	44	48	53	58	60	63	65	68	70	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	81	82	82
3,2	28	34	41	45	49	54	57	60	63	66	68	70	72	72	74	74	75	76	77	78	79	80	80	81
3,4	24	30	37	42	47	52	54	58	61	64	66	68	70	70	72	72	73	74	76	77	77	79	79	80
3,6	21	27	34	39	44	48	52	55	59	62	64	66	68	69	71	71	72	73	74	75	76	77	78	79
3,8	18	24	31	36	41	46	50	53	57	59	62	64	66	68	69	70	71	72	73	75	76	76	77	78
4,0	15	22	29	33	39	43	47	51	54	57	60	62	64	66	68	69	70	71	72	74	75	75	76	77
4,2		19	26	30	36	41	45	48	52	55	58	60	62	64	66	68	68	69	70	72	74	74	75	76
4,4		16	24	27	33	39	42	46	50	53	56	58	60	63	65	66	66	67	69	71	72	72	73	74
4,6		13	21	25	31	36	40	44	48	51	54	57	59	61	63	64	65	66	68	70	71	71	72	73
4,8		11	19	22	28	33	38	42	46	50	53	55	58	60	62	63	65	65	67	69	70	70	71	72
5,0		9	17	20	25	31	36	39	44	48	51	54	56	58	60	62	64	65	66	68	69	69	70	71
5,5					18	25	30	35	39	43	47	49	51	54	58	59	61	62	63	64	65	66	67	68
6,0					12	18	25	29	34	38	42	46	48	51	54	56	58	59	61	62	63	64	65	66
6,5						12	19	25	29	33	38	42	45	47	50	52	54	56	58	60	61	62	63	64
7,0						7	14	20	24	29	34	38	41	44	46	49	51	53	55	57	58	59	60	61
7,5							9	15	19	24	30	34	37	40	43	46	48	51	53	55	56	57	58	59
8,0							4	10	15	20	25	30	34	36	40	43	45	47	50	52	53	54	55	56
8,5									9	15	21	26	31	33	37	40	43	45	47	49	51	52	53	54
9,0										11	18	23	27	30	34	37	40	42	44	46	48	49	50	51
9,5											14	19	24	27	31	34	37	40	42	44	46	48	49	49
10,0											10	16	20	24	28	31	34	37	40	42	44	45	46	47

% relatieve luchtvochtigheid (RV)

Condensatie bestrijden

Wat kunnen we doen om het optreden van condensatie tegen te gaan? Wel, in de eerste plaats door boven de aardappelhoop te ventileren met koude buitenlucht, om de dauwpunttemperatuur en de RV van de lucht op het gewenste niveau te houden. Om een RV van 95 % in de bewaarruimte te handhaven, is een hoeveelheid van 1,5 m^3 buitenlucht per ton aardappelen per uur voldoende. We kunnen daar een kleine afzuigventilator (zie fig. 1.9) voor gebruiken. Die afzuigventilator kan in een van de eindgevels geplaatst worden en met een thermostaat worden geregeld. In de andere eindgevel kan de lucht binnenkomen door een gedeeltelijk geopende ontluchtingsopening.

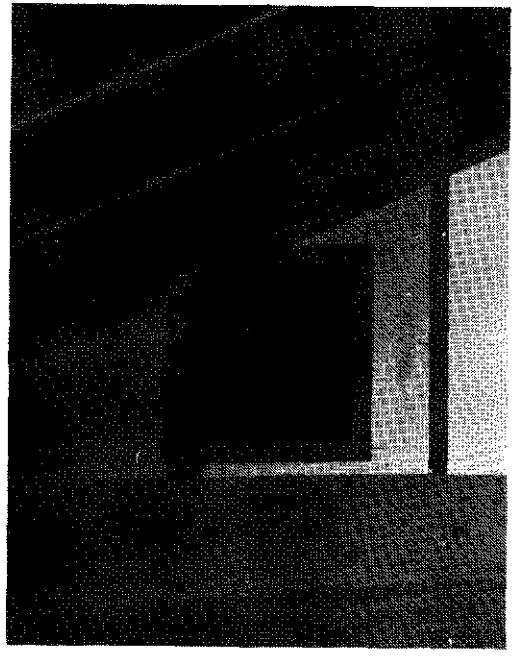


Fig. 1.9 Afzuigventilator in een eindgevel

We kunnen die horizontale luchtverversing ook bewerkstelligen door gebruik te maken van horizontale, natuurlijke trek, door de openingen van beide eindgevels open te zetten. We moeten windrichting en windkracht dan natuurlijk wel mee hebben.
We moeten bij deze horizontale ventilatie wel de nodige voorzichtigheid in acht nemen, om te voorkomen dat de aardappelen teveel afkoelen, of dat er te warme buitenlucht binnenkomt. Daarom moeten we zowel de binnen- als de buitentemperatuur blijven controleren én de temperatuur van de aardappelen.

Een andere methode om condensatie te bestrijden is om voldoende ventilatie te stimuleren langs het plafond of dakvlak. We kunnen daarvoor een aantal plafond- of dakventilatoren (zie fig. 1.10) installeren in de ruimte boven de aardappelen. Bij deze vorm van ventilatie wordt er geen vocht afgevoerd en de RV van de lucht daalt ook niet. Alleen verhogen we de luchtsnelheid langs de oppervlakken van aardappelen, dak of plafond en daardoor vertragen we het optreden van condensatie.

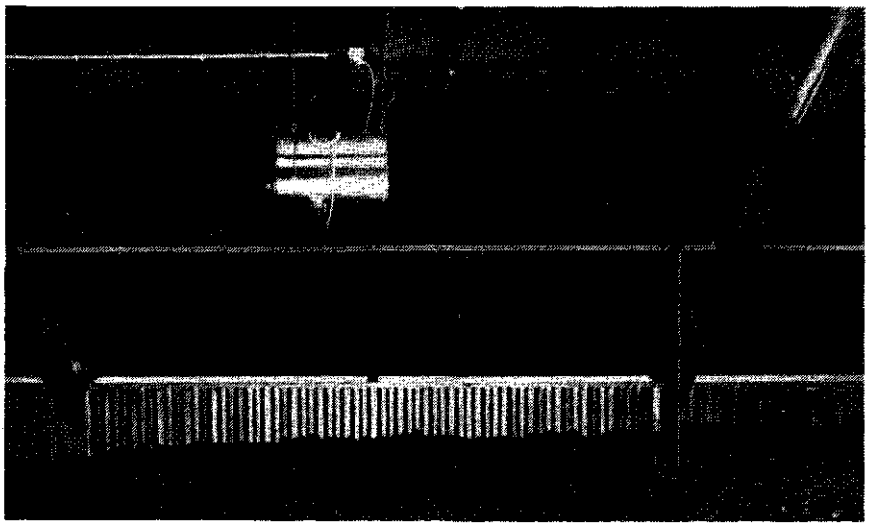


Fig. 1.10 Plafond- of dakventilator

Vooral in perioden met erg lage buitentemperaturen zullen we regelmatig intern moeten ventileren, om grote temperatuurverschillen in de aardappelhoop te voorkomen dan wel op te heffen. We gebruiken dan de warmte van de gehele partij om de bovenste laag aardappelen op te warmen en de temperatuurverschillen te nivelleren.
Daarmee vertragen we het optreden van condensatie aan de oppervlakken van de bewaarplaats en aan het oppervlak van de aardappelen. Ook bij intern ventileren wordt geen vocht afgevoerd en als de RV blijft stijgen zal condensatie op een moment niet meer te voorkomen zijn. Intern ventileren is in ieder geval een methode van condensatiebestrijding die geen extra investering vraagt.
En dan tenslotte de meest effectieve methode om condensatie te bestrijden: onze bewaarplaats moet zodanig geïsoleerd zijn, dat de oppervlaktetemperatuur van wanden en dak of plafond niet beneden de dauwpunttemperatuur van de lucht in de bewaarruimte daalt. In hoofdstuk 6 "Uitvoering van Aardappelbewaarplaatsen" gaan we daar verder op in.

LITERATUUR

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Structure and chemical composition of the potato. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Sugars and starch during tuberization, storage and sprouting. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Dormancy period, sprouting and sprout inhibition. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

KEIJBETS, M.J.H., 1982. De voedingswaarde van aardappelprodukten mag er best wezen. VAVI-jubileumkrant. VAVI Den Haag.

LUDWIG, J.W., 1972. Bepaling van het droge-stofgehalte van aardappelen via onderwaterweging.

RASTOVSKI, A., 1981. Cooling of potatoes and water loss. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

RASTOVSKI, A., 1981. Potato store construction. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

TOREN, G.A., 1984. Voorkom condensatie in bewaarplaatsen, PP Magazine 14(8) september.

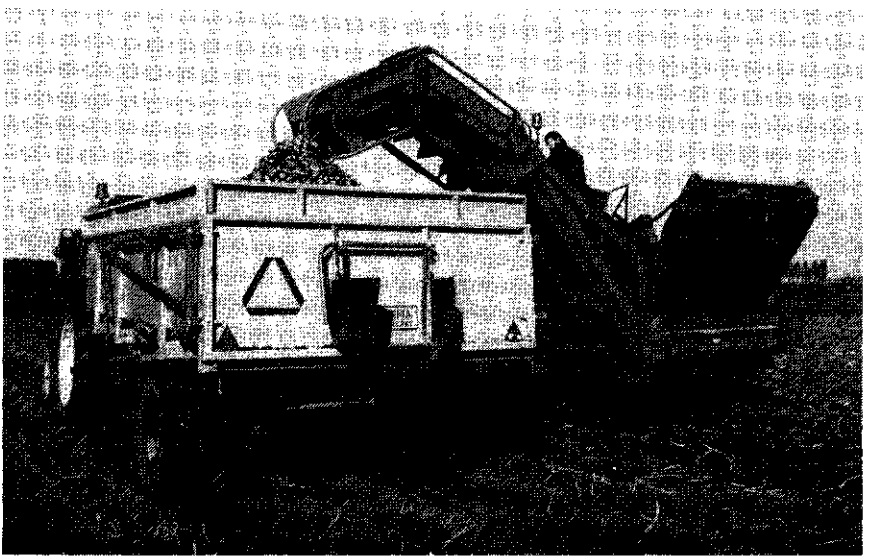
Hoofdstuk 2

BEWAREN = VERLIEZEN BEPERKEN

BEWAREN VAN AARDAPPELEN

Bewaren van aardappelen is in feite niets anders dan handhaving van de kwaliteit en beperking van de verliezen. Hierbij moeten we wél bedenken dat de bewaring eigenlijk slechts een onderdeel is van het totale aardappelproduktiesysteem. Vele factoren die betrekking hebben op de teelt kunnen van grote invloed zijn op het gedrag van de aardappelen tijdens de bewaring.
Het begint al met de keuze van de percelen; die keuze kan van invloed zijn op de mate waarin later ziekten optreden.
De grondbewerking heeft veel invloed op de mate waarin de knollen bij het rooien beschadigd worden.
Een zeer belangrijk uitgangspunt is de conditie van ons pootgoed. Als die al niet optimaal is, dan behoeven we er niet op te rekenen dat we ooit een uitstekend produkt kunnen oogsten en afleveren.
Dan de rassenkeuze. Tussen de diverse rassen kunnen aanzienlijke verschillen optreden ten aanzien van eigenschappen als gevoeligheid

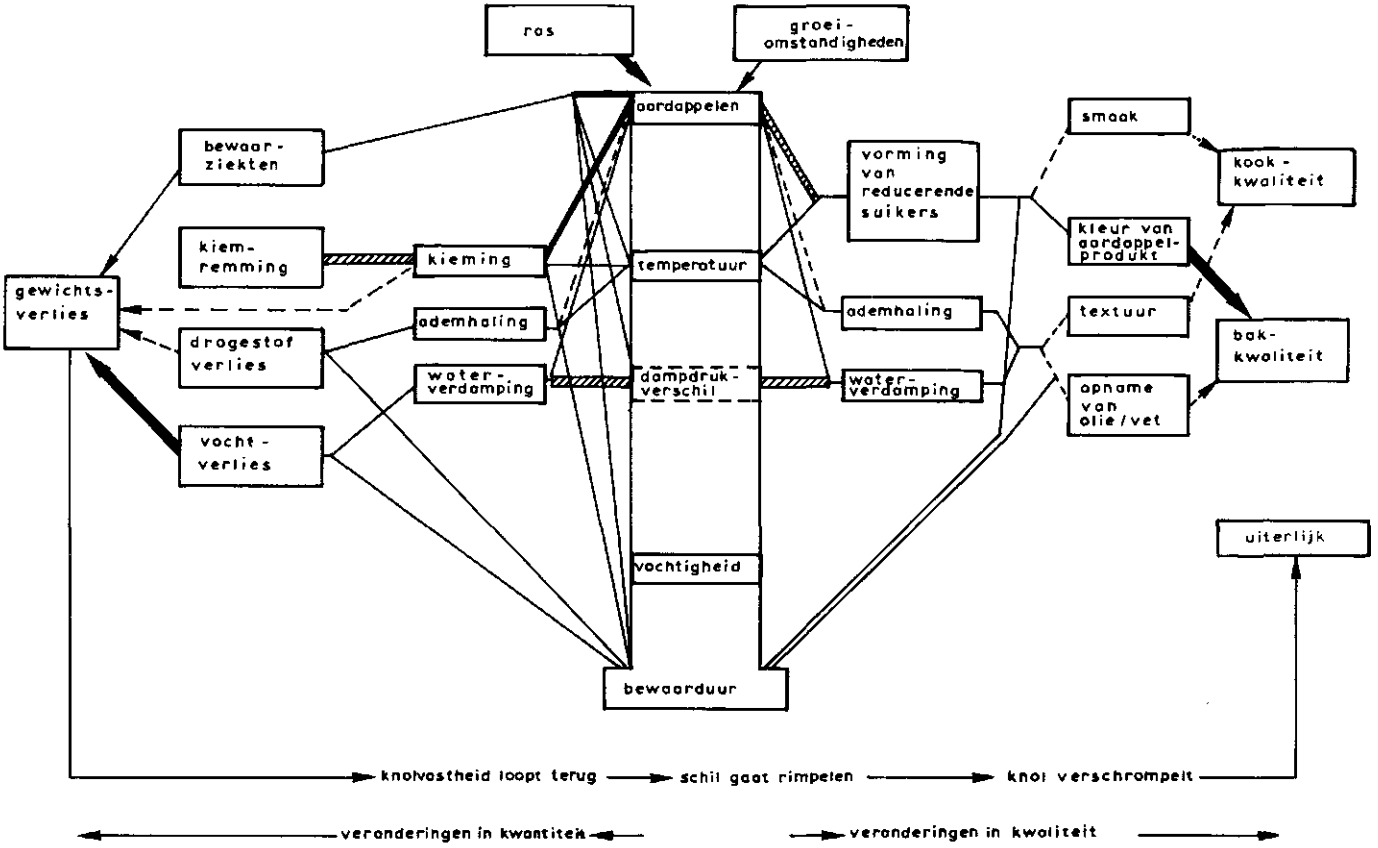
Rooien van aardappelen



voor rooi- en sorteerbeschadiging, ziekteresistentie, duur van de kiemrust, spruitlustigheid enz.
Verschillende teelttechnieken en omstandigheden tijdens de groei kunnen in goede dan wel kwade zin invloed uitoefenen op de fysieke conditie, de gezondheid en de fysiologische conditie van de knollen bij de oogst.
De grootst mogelijke voorzichtigheid bij rooien, sorteren, transport e.d. is een wezenlijke voorwaarde om gewichts- en kwaliteitsverliezen in de hand te houden. Zelfs bij de béste aardappelen. Want er is geen enkel advies te bedenken met behulp waarvan we een slecht uitgangsprodukt in een goed bewaarbare partij kunnen omtoveren. Des te slechter een partij binnenkomt, des te sneller zal de kwaliteit nog verder teruglopen. Bij minder goede partijen staat ons dan ook slechts één ding te doen: zo snel mogelijk zien af te zetten.
Wat ook nauw let is het tijdstip waarop we gaan rooien, zowel ten aanzien van de rijpheid van het gewas als van de weers- en bodemomstandigheden. Rijpe aardappelen hebben over het algemeen minder van rooibeschadigingen te lijden dan onrijpe aardappelen. Zo nodig kunnen we zo'n twee weken voor de geplande rooidatum het loof vernietigen. Het beste is eigenlijk om het gewas pas dood te spuiten nadat driekwart van het loof op natuurlijke wijze afgestorven is. Vooral als we het voornemen hebben de aardappelen lang te bewaren, is het gunstig de knollen wat langer in de grond te laten zitten; uiteraard mits de bodemtemperatuur geen roet in het eten gooit. De aardappelen kunnen dan in de grond goed verkurken, hetgeen ook weer gunstig is met het oog op eventuele rooibeschadiging. Het wondhelingsproces zal dan ook van korte duur zijn, zodat er vrij snel gekoeld kan worden.
Ter beperking van rooibeschadiging is het ook niet onvoordelig om de aardappelen met nogal wat grond te rooien. Hoewel rooien met enige grond meer werk betekent, kan zo'n stukje extra inspanning en zorg later veel voordeel opleveren.

Nu zijn aardappelknollen "levende wezens". Ze ademen zuurstof in en ze ademen koolzuur uit en ze geven warmte af. Het bewaargedrag van het levende aardappelwezen wordt natuurlijk beïnvloed door de bewaaromstandigheden, zoals de kwaliteit van onze bewaarplaats, de bewaartemperatuur, vochtigheid enz. Maar ook door de fysieke, lichamelijke conditie van de knol.
Alvorens we in staat zijn om tijdens de bewaarperiode de juiste maatregelen te nemen, moeten we dus eerst eens gaan kijken welke de wisselwerking is tussen de levende aardappelknol en de factoren in zijn omgeving die bewaarverliezen kunnen veroorzaken. Fig. 2.1 geeft ons een indruk van de gecompliceerdheid van de vele wisselwerkingen die er zijn.

Fig. 2.1 Wisselwerkingen tussen de aardappelknol en z'n omgeving en kwaliteitsaspecten die daardoor beïnvloed worden



CONDITIE VAN DE AARDAPPELEN EN BEWAARVERLIEZEN

Bewaarverliezen kunnen van tweeërlei aard zijn, nl. kwantitatief en kwalitatief. Kwantitatieve verliezen bij aardappelen zijn al gauw zichtbaar. Kwalitatieve verliezen zijn niet zo gemakkelijk te zien. En toch zijn ze erg belangrijk. Kwalitatieve teruggang kan namelijk een behoorlijke waardevermindering van de knollen veroorzaken.
Zowel kwantitatieve als kwalitatieve verliezen zijn het gevolg van fysische, fysiologische of pathologische oorzaken of combinaties daarvan. Dus de "lichamelijke" conditie en de vitaliteit van de aardappel, en het wel of niet aanwezig zijn van ziekteverwekkers zijn in hoge mate bepalend voor het succes van de bewaring.
We kunnen dus nu al stellen dat een gezond gewas, van goede kwaliteit, de basis is van een succesvolle bewaring. En de basis van een gezond gewas is ziektevrij uitgangsmateriaal en een met zorg omringde teelt.
We gaan nu eerst verder in op de fysische en fysiologische oorzaken van bewaarverliezen. De pathologische oorzaken komen uitvoerig aan de orde in hoofdstuk 3 "Ziekten en gebreken tijdens de bewaring van aardappelen".

Fysische oorzaken

Verliezen die veroorzaakt worden door mechanische beschadigingen, worden dikwijls onderschat. En toch moeten we bedenken dat mechanische beschadigigen gemakkelijk kunnen leiden tot verdere verliezen als gevolg van vochtverlies of ziekte-aantasting.
In het algemeen wordt b.v. aangenomen dat de levensprocessen in een beschadigde aardappelknol sneller verlopen dan in een onbeschadigde knol. Is een aardappel beschadigd, dan zal hij trachten zich van de verwonding te herstellen door kurk te vormen. Voor deze kurkvorming is energie nodig, die de aardappel verkrijgt door sneller te ademen.
In hoofdstuk 3 gaan we verder in op het onderwerp beschadiging.

Fysiologische oorzaken

Extreme temperaturen

 Omdat aardappelen levende organismen zijn, zullen fysiologische ver-

liezen optreden als gevolg van blootstelling aan extreme temperaturen, door natuurlijke verademing van droge stof en door uitwaseming van water. De hoogte van zulke verliezen is in eerste instantie afhankelijk van de bewaaromstandigheden. Maar in beschadigde en zieke knollen zullen ze altijd hoger zijn dan in onbeschadigde, gezonde knollen.
De vitaliteit van aardappelen kan aangetast worden door blootstelling aan extreem hoge dan wel extreem lage temperaturen vóór, tijdens of na de bewaring.
Na het rooien moeten de aardappelen dan ook niet in direct zonlicht blijven liggen. Directe bestraling met zonlicht stimuleert namelijk ongewenste groenverkleuring van consumptie-aardappelen en oververhitting van de knollen, die in ernstige gevallen kan leiden tot afsterving van de weefselcellen. Heel hoge bewaartemperaturen kunnen zwarte harten tot gevolg hebben. Deze verkleuring, en de ermee gepaard gaande afsterving van het inwendige knolweefsel, is een gevolg van verstikking. Bij hoge temperaturen neemt de ademhalingssnelheid toe, wat tot zuurstofgebrek kan leiden.
Knollen die aan vrieskou worden blootgesteld, worden beschadigd door inwendige ijsvorming. Zelfs knollen die in lichte mate bevroren zijn geweest, vertonen verkleuring in de vaatbundelring. Langer verblijf bij vrieskou leidt tot een blauw-zwarte necrotische verkleuring van het merg en tot afsterving van het vaatbundelweefsel. Knollen die gedurende vier à vijf uur aan vorst blootgesteld zijn, vertonen zelden verkleuringsverschijnselen. Maar er heeft zich dan toch al zoveel weefselsterfte voorgedaan dat de ontdooide knol nat en zacht wordt. Door langdurig verblijf van de aardappel bij temperaturen iets boven het vriespunt, kunnen roodachtigbruin verkleurde plekjes of puntjes ontstaan in vlees en huid.
Een bijkomend verschijnsel is dat deze lage temperaturen een toename van het reducerende-suikergehalte veroorzaken, waardoor de aardappelen zoet worden en hun verwerkingsgeschiktheid afneemt.

Ademhaling

De ademhaling van de aardappel tijdens de bewaring veroorzaakt verlies aan droge stof.
In het ademhalingsproces worden de suikers in de knol door opname van zuurstof door de knol omgezet in water en koolzuur en wordt er warmte-energie (ademhalingswarmte) ontwikkeld. Tijdens de ademhaling gaat er zetmeel verloren, want de suikers worden gevormd door hydrolyse van zetmeel. En het verlies aan zetmeel veroorzaakt verlies aan droge stof. Bij temperaturen tussen 5 en 10 °C zijn deze verliezen betrekkelijk laag. Tijdens een bewaarperiode van zes à acht maanden (bij 5 à 10 °C) komen ze zelden boven 1,5 % van het versgewicht van aardappelen. Dit bete-

kent echter een verlies van 6 à 7 % van de totale droge stof. Bij een goede zuurstofvoorziening zijn de volumina van de opgenomen hoeveelheid zuurstof en van de gevormde hoeveelheid koolzuur, per gemeten tijdseenheid, nagenoeg gelijk. Het zogenaamde ademhalingsquotiënt (de ademhalingsintensiteit) is dan 1.
Vroeg in de bewaarperiode, tijdens de kiemrust, kunnen echter ademhalingsquotiënten van 0,8 tot 0,9 worden gevonden, terwijl later gedurende de kieming waarden tot 1,3 vastgesteld kunnen worden. De knol neemt dan meer zuurstof op dan hij koolzuur afgeeft.
De ademhalingsintensiteit wordt door een groot aantal factoren beïnvloed.
In de eerste plaats zijn dat factoren die te maken hebben met de aardappel zoals hij de bewaarplaats inkomt. Schil en lenticellen b.v. zijn van grote invloed op de mate waarin de aardappelhuid zuurstof doorlaat.
Ook factoren als rijpheid, kiemrust, fysiologische ouderdom, ras, aanwezige remmende of stimulerende chemische verbindingen en de handling met de daaropvolgende wondheling zijn mede bepalend voor de ademhalingsintensiteit.
Vervolgens oefenen de in de bewaarplaats heersende omstandigheden een grote invloed uit. Dat zijn b.v. de bewaartemperatuur en de concentraties zuurstof en koolzuur in de bewaaratmosfeer.

Schil en lenticellen. De schil, of liever gezegd de doorlaatbaarheid van de schil vervult een heel belangrijke rol bij de ademhaling.
Zuurstof en koolzuur moeten door de schil naar binnen dan wel naar buiten.
Gebleken is dat de doorlaatbaarheid (permeabiliteit) van de schil afneemt naarmate de knollen ouder worden. De kurklaag die de schil eigenlijk is, is echter niet homogeen van oppervlak. We vinden er zgn. lenticellen in en die lenticellen zijn de enige plaatsen in de schil waardoor gaswisseling (voornamelijk zuurstof, koolzuur) met de omgeving kan plaatsvinden. De kurklaag speelt in dit opzicht dus geen rol. (De lenticellen zijn ook de mogelijke plaatsen waar pathogene micro-organismen de knol kunnen binnendringen. Dat is aangetoond voor schurft, Phytophthora infestans en de natrotbacterie).
Lenticellen worden gevormd in het periderm (schil) op die plaatsen van de jonge knol, waar oorspronkelijk een huidmondje aanwezig was. Deze huimondjes werden op de stolonen aangelegd. Lenticellen, waarvan we een vergroting zien in fig. 2.2, zijn opgebouwd uit een cirkelvormige groep verkurkte cellen met een opening in het midden. Die opening staat in verbinding met de luchtholtes tussen de cellen van het knolweefsel. Het aantal lenticellen per eenheid knoloppervlak kan worden beïnvloed door de grootte van de knol, de grondsoort en het weer tijdens de groei.
Speciaal de vochtconditie van de bodem op het moment van knolzetting

Fig. 2.2 De schil van ras Spunta. 735× vergroot. De krater is een lenticel

is van belang.
De grootte van de opening in de lenticellen wordt o.a. beïnvloed door de vochtconditie van de bodem dan wel van de bewaaratmosfeer.
Onder natte condities zwellen de lenticellen op, waardoor de opening groter wordt. Bij pas geoogste knollen treedt deze reactie in sterkere mate op dan bij knollen die in bewaring zijn. Wanneer de aardappelen gaan kiemen, dan neemt de zwellingsreactie van de lenticellen weer toe, omdat de vochtigheid in de omgeving van de knol dan hoger wordt.

Kieming. De mate waarin aardappelen gekiemd zijn, heeft een behoorlijke invloed op de ademhaling. Onderzoekers hebben vastgesteld dat één gewichtsprocent aan kiemen de ademhaling met 50 % doet toenemen. Vijf gewichtsprocenten aan kiemen kunnen de ademhalingsintensiteit zelfs vervijfvoudigen. Het grootste deel van de toename wordt veroorzaakt door de ademhaling van de kiemen zelf.

Rijpheid. Tussen rijpe en onrijpe aardappelen komen nogal verschillen

voor t.a.v. de ademhalingsintensiteit en het verloop ervan tijdens de bewaring. Onrijpe aardappelen halen veel sneller adem dan rijpe aardappelen. De intensieve ademhaling van onrijp geoogste aardappelen daalt in een periode van vier weken snel, waarna in de loop van de volgende drie maanden een wat minder snelle daling volgt. Op het moment van de kieming neemt de ademhaling dan weer toe. Bij onrijpe aardappelen kan dus meteen aan het begin van de bewaring een tamelijk groot droge-stofverlies ontstaan als gevolg van de snelle ademhaling.

Beschadiging en wondheling. Beschadiging en wondheling hebben grote invloed op de ademhaling. Doorsnijden van de aardappel b.v. gaat gepaard met een verdubbeling van de ademhalingsintensiteit. Bij een val van de aardappel van een hoogte van ca. 1 meter neemt de ademhaling met 30 à 50 % toe. Het hangt dan van de zwaarte van de beschadiging af of de ademhalingsintensiteit daarna weer naar het oorspronkelijke niveau zakt. Ook behandelingen als wassen en drogen veroorzaken een toename van de ademhalingsintensiteit. In het algemeen maakt het wel verschil of de aardappel pas geoogst is of al enigzins zacht geworden is. Bij wassen en drogen van zachte aardappelen verdubbelt de zuurstofopname zich, terwijl die zuurstofopname in dat geval bij pas geoogste aardappelen met ca. 30 % toeneemt.
Ook uit het oogpunt van de ademhaling is het dus van belang dat de wondheling zo goed en zo snel mogelijk plaatsvindt.

Bewaaromstandigheden. De ademhalingsintensiteit hangt in hoge mate af van de bewaartemperatuur. Bij een bewaartemperatuur van 5 à 7 °C is de ademhalingssnelheid op z'n laagst.
Verder is de samenstelling van de bewaaratmosfeer van belang. Een verhoging van de normale zuurstofconcentratie leidt tot een toename van de ademhalingssnelheid. Een zuurstofconcentratie die lager is dan normaal doet de ademhalingssnelheid afnemen. Indien aardappelen bij te lage zuurstofconcentraties worden bewaard, dan kunnen zich diverse soorten beschadiging voordoen, inclusief verstikking en afsterving van weefsel (zwarte harten).
Lage zuurstofconcentraties hebben bij aardappelen bovendien een sterk stimulerende werking op het breken van de kiemrust en ze bevorderen de kiemgroei. Uit het oogpunt van bewaring is een verlaagde zuurstofconcentratie in feite niet bruikbaar.
Bij onvoldoende ventilatie in een bewaarplaats zal het koolzuurgehalte van de atmosfeer toenemen.
Bij bewaring van aardappelen gedurende elf tot veertien weken in een luchtmengsel dat 5 à 7 % koolzuur bevatte, daalde zowel de zuurstofopname als de koolzuurafgifte met 30 %.

Een stof die de ademhalingsintensiteit ook nogal beïnvloedt is ethyleen.

In de praktijk komt het voor dat aardappelen in fruitkoelhuizen opgeslagen worden. En vooral appels produceren nogal veel ethyleen (een plantenhormoon dat overigens ook in de aardappel voorkomt).
Zelfs de aanwezigheid van heel lage ethyleenconcentraties in de bewaaratmosfeer veroorzaakt een sterk verhoogde ademhalingsintensiteit van de aardappelen, en bovendien een afwijkende kieming van pootaardappelen.

Ademhalingsverliezen en ademhalingswarmte

We hebben gezien dat de ademhalingsverliezen bij bewaartemperaturen tussen 5 en 7 °C betrekkelijk laag zijn. Tijdens een bewaarperiode van zes à acht maanden komen ze dan zelden boven de 1,5 % van het versgewicht van de aardappelen. Dit betekent echter een verlies van 6 à 7 % van de totale droge stof. Bij hogere temperaturen zijn deze verliezen aanzienlijk groter. Daar een gedeelte van de droge stof wordt omgezet in water, dat in de aardappel blijft, is het gewichtsverlies als gevolg van de ademhaling aanzienlijk lager. Bij temperaturen tussen 5 en 10 °C en gedurende een bewaarperiode van zes à acht maanden wordt het niet hoger dan 0,5 à 0,6 % van het versgewicht van de aardappel.
Toch is de ademhaling indirect een belangrijke bron van gewichtsverliezen tijdens de bewaring. Om namelijk de temperatuur van de aardappelen op een bepaald niveau te houden, moet de door de ademhaling geproduceerde warmte van de aardappelen afgevoerd worden. Zou die warmte niet afgevoerd worden, dan zou de temperatuur van de aardappelen, in theorie, met ongeveer 0,25 °C per 24 uur toenemen.
De aardappelen moeten dus gekoeld worden. En koelen resulteert altijd in verdamping van water uit de knollen en dus in gewichtsverlies.

Verdamping van water uit de knollen. Door verdamping gaat er water uit de aardappelen verloren. Waterverlies door verdamping is in goede aardappelen verantwoordelijk voor 90 % van de totale gewichtsverliezen tijdens de bewaring. Waterverlies betekent dus inkomstenderving bij de verkoop, want de aardappelen worden nu eenmaal per gewichtshoeveelheid verhandeld en niet per stuk. Waterverlies is dus voornamelijk een economisch verlies. Maar waterverliezen van meer dan 10 % beïnvloeden ook de kwaliteit van de aardappelen nadelig. De knollen gaan dan verschrompelen, ze worden slap, de schilverliezen worden hoger en de kookkwaliteit loopt terug. En bovendien zijn zulke aardappelen veel gevoeliger voor mechanische beschadigingen, zoals drukplekken en blauw.

Waterpotentiaalverschil. Welke factoren spelen nu een rol bij de verdamping van water uit de knollen?

Wel, dat is in de eerste plaats de mate waarin binnen de knol water vrij is voor transport naar buiten ten opzichte van de mate waarin de bewaaratmosfeer water kan opnemen. Verdamping van water uit de knol kan dus alleen plaatsvinden als er binnen de knol water beschikbaar is, en als de bewaaratmosfeer (buiten de knol) dit water in de vorm van waterdamp kan opnemen.
De hoeveelheid water binnen de knol is in de eerste plaats afhankelijk van de toestand van de aardappel zoals hij de bewaring inkomt. Tijdens de bewaring komt er water bij als gevolg van de verademing van droge stof (van elke gram droge stof die verademd wordt, komt 0,6 gram water beschikbaar). Het hangt dus van de ademhalingsintensiteit af hoeveel water er binnen de knol beschikbaar komt.
Tijdens de bewaring is de knol voortdurend in contact met de bewaaratmosfeer, oftewel de lucht die de aardappel omringt. Afhankelijk van de hoeveelheid vocht die deze lucht bevat, heeft deze een zeker relatief vochtgehalte (% RV). Lucht met een hoge relatieve vochtigheid kan weinig vocht meer opnemen; lucht met 100 % RV kan helemaal geen vocht meer opnemen, want die lucht is met waterdamp verzadigd. Lucht met een lage RV kan daarentegen veel vocht opnemen.
Nu heerst er zowel binnen in de aardappel als in de omringende lucht buiten de aardappel een bepaalde dampdrukpotentiaal of waterpotentiaal.
Met andere woorden gezegd: binnen de aardappel heerst een zekere dampdruk en buiten de aardappel eveneens. De aardappel en de omringende bewaaratmosfeer zijn van elkaar gescheiden door een poreuze wand, de aardappelschil. Dampdrukken proberen altijd met elkaar in evenwicht te komen. Daardoor zal een hoeveelheid waterdamp door de poreuze scheidingswand, de schil, stromen en wel van de zijde met de hoogste dampdruk in de richting van de laagste dampdruk.
Het verschil tussen de waterpotentiaal in de aardappel en de waterpotentiaal van de lucht om de aardappel heen bepaalt dus in feite de 'druk' waarmee water vanuit het binnenste van de aardappel naar de lucht buiten de aardappel wordt getransporteerd. De waterpotentiaal in de aardappel is een gegeven; de waterpotentiaal van de lucht wordt beïnvloed door de temperatuur en de relatieve vochtigheid van de bewaaratmosfeer.

De rol van de schil. We zeiden dus dat de druk, waarmee water vanuit de cellen van het aardappelweefsel naar de lucht buiten de aardappel wordt getransporteerd, gelijk is aan het verschil tussen de waterpotentiaal in de aardappel en de waterpotentiaal van de omringende lucht. De vochtstroom vanuit de aardappel naar de lucht moet echter wél enkele barrières overwinnen. De eerste barrière is het membraan van de cellen waaruit het knolweefsel is opgebouwd. Deze barrière is echter vrij ge-

makkelijk neembaar, omdat deze membranen vij gemakkelijk water doorlaten, m.a.w. de permeabiliteit voor water is vrij groot. De volgende barrière is de schil (periderm). De waterdoorlaatbaarheid van deze kurklaag is veel geringer dan die van het membraan. Een goede verkurking van de schil is dan ook van enorm belang. Het vochtverlies van onrijpe, onvoldoende verkurkte knollen kan vele malen groter zijn dan dat van onbeschadigde, rijpe, goed verkurkte aardappelen. Beschadigingen en ontvellingen als gevolg van rooien, sorteren en verdere handling zijn dan ook belangrijke oorzaken van vochtverlies.
De lenticellen spelen amper een rol bij het waterverlies uit de knol.
Slechts 2 % van het vochtverlies vindt plaats door diffusie van waterdamp in de gasfase door de lenticellen.

Kieming. Belangrijk voor het vochtverlies is ook de mate waarin de aardappelen gekiemd zijn. Het oppervlak van kiemen laat veel gemakkelijker water door dan de schil; de epidermes van kiemen zijn honderdmaal zo doorlaatbaar voor water dan de schil van de knol. Kiemgroei die overeenkomt met een toename van het knoloppervlak met 1 % leidt tot een verdubbeling van het vochtverlies. Sterke kieming bevordert het waterverlies dus in hoge mate.

We hebben gezien dat kieming de ademhalings- en vochtverliezen doet stijgen. Maar kieming leidt ook om andere redenen tot verliezen. Bij sterke kieming kan er 'verstopping' optreden in de ruimte tussen de knollen. Hierdoor kan in die ruimtetjes een ongunstig microklimaat ontstaan, als gevolg van afwijkende koolzuur- en zuurstofconcentraties, oplopende temperatuur en toenemende vochtigheid. Dergelijke ongunstige micro-omstandigheden kunnen het totale bewaarresultaat in slechte zin beïnvloeden.
Een ander punt is dat gekiemde aardappelen al gauw minder aantrekkelijke verschijningen zijn voor de consument. En wat zeker zo belangrijk is: gekiemde aardappelen zijn moeilijk machinaal te schillen. En er worden nogal wat knollen machinaal geschild. Bedenken we slechts dat de nederlandse aardappelverwerkende industrie, die produkten als frites, chips en puree vervaardigt, jaarlijks zo'n één miljoen ton aardappelen voor z'n schilmachines krijgt.

Gewichtsverliezen

Zolang er geen kieming optreedt en als we de eventuele aantasting door micro-organismen even buiten beschouwing laten, dan kunnen we bij een goede bewaring van consumptie-aardappelen op de volgende ge-

wichtsverliezen rekenen:
- 1 à 3 % gedurende de eerste maand en daarna ½ à 2/3 % in elke volgende maand;

bij vroeg-gerooide aardappelen en pootgoed:
- 2 à 4 % gedurende de eerste maand en daarna ½ à 2/3 % in elke volgende maand.

Indien veel knollen ernstig ontveld of beschadigd zijn, dan zullen de gewichtsverliezen hoger zijn. Bij kieming nemen de gewichtsverliezen snel toe.

LITERATUUR

BOOTH, R.H. & R.L. SHAW, 1981. Principles of potato storage. International Potato Centre, Lima

ERVE, C.P. VAN DER, 1983. Persoonlijke mededelingen.

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Structure and chemical composition of the potato. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Respiration. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Water balance of the potato tuber. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

RASTOVSKI, A., 1981. Cooling of potatoes and water loss. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

SCHIPPERS, P.A., 1976. Biological characteristics of the potato in relationship to storage. The potato storage. Michigan State University.

Hoofdstuk 3

ZIEKTEN EN GEBREKEN TIJDENS DE BEWARING VAN AARDAPPELEN

Tijdens de bewaring van aardappelen kunnen door schimmels of bacteriën veroorzaakte ziekten optreden, dan wel zich onder gunstige omstandigheden sterk uitbreiden. De schade die door deze zogenoemde bewaarziekten ontstaat kan uiteenlopen van 'nauwelijks waarneembaar' tot 'algehele verrotting'.
Vrijwel steeds heeft de begin-infectie of de uitwendige besmetting van de knollen met sporen op het veld plaats. Ook bewaargebreken kunnen al op het veld of tijdens het transort naar de bewaarplaats zijn veroorzaakt.
Typische bewaargebreken zijn blauw, drukplekken en zwarte harten.
In dit hoofdstuk kijken we achtereenvolgens naar 'schimmelziekten', 'bacterieziekten' en 'gebreken'.

SCHIMMELZIEKTEN

De aardappelziekte (Phytophthora infestans)

Deze schimmelziekte kwam vroeger zo algemeen voor dat men er de naam 'de aardappelziekte' aan gaf. Tegenwoordig komt deze knolaantasting minder vaak in ernstige mate voor. Dit is een gevolg van de ontwikkeling van nieuwe fungiciden, die bij toepassing op de juiste tijdstippen de infectie van het loof tijdens het groeiseizoen voorkomen. Ook het doodspuiten van het loof, dat bij de teelt van consumptie-aardappelen zeer algemeen wordt toegepast, werkt in dit opzicht gunstig. Door het doodspuiten van het gewas worden de eventueel op de (onderste) bladeren voorkomende sporen gedood. Hierdoor wordt vermeden dat de knollen worden aangetast. Aardappelziekte treedt altijd op na een spontane infectie; het is dus nooit een sluimerende ziekte.
Aangetaste knollen vertonen inwendig onregelmatig gevormde bruine vlekken (zie fig. 3.1). De schimmel kan de gehele knol doorwoekeren. Partijen die bij het rooien al duidelijk waarneembaar zieke knollen bevatten moeten zo snel mogelijk worden afgezet, omdat ze ongeschikt zijn voor lange bewaring. In sommige jaren is de aantasting in de knollen bij de oogst nauwelijks zichtbaar; we spreken dan van 'jong ziek'. Bij temperaturen van 20 à 25 °C verloopt het ziekteproces vrij snel en wordt

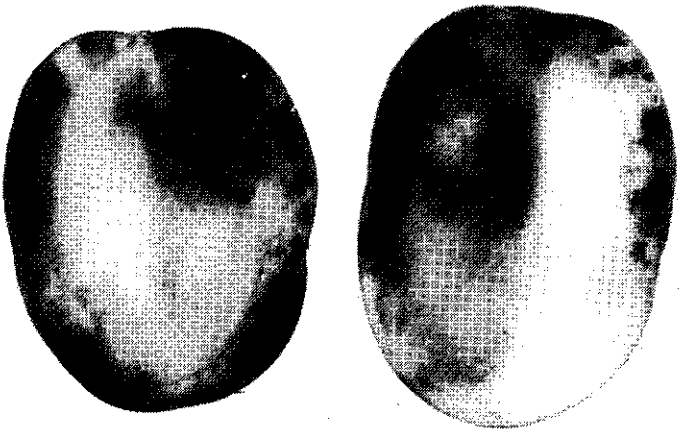


Fig. 3.1 Phytophthora

de aantasting beter zichtbaar. Wanneer bij export dan ook 'jong ziek' in de partij wordt geconstateerd, is een warme bewaring (15 à 18°C) gedurende enkele weken voldoende om de aangetaste knollen er uit te kunnen lezen (quarantaine). Bij een schimmelziekte is het droog zijn van de partij een eerste vereiste. De aangetaste plekken kunnen op den duur wat inzinken, maar de knol blijft dan wel hard.
Bij een vochtige warme bewaring vindt vaak een secundaire aantasting door schimmels en bacteriën plaats. Ook worden door aardappelziekte aangetaste knollen gemakkelijk beschadigd, waardoor de altijd aanwezige natrotbacteriën de knollen kunnen binnendringen. Hierdoor gaan de aangetaste knollen en soms ook de naastliggende gezonde knollen in een natrotte, stinkende massa over. Indien een partij niet meer dan enkele procenten door aardappelziekte aangetaste knollen bevat, dan is de partij na snel en grondig droogblazen nog wel bewaarbaar.
Aangetaste knollen moeten we zowel bij gebruik voor pootgoed als voor consumptie verwijderen. Worden zieke knollen gepoot, dan kunnen hieruit weer zieke planten groeien.

Zilverschurft (Helminthosporium solani)

Zilverschurft is een zeer algemeen op de aardappelknollen voorkomende schimmelziekte. Aanvankelijk ontstaan er min of meer ronde bruinachtige vlekken, die bij een ernstige aantasting toenemen, meer zilverachtig van kleur worden en samenvloeien (zie fig. 3.2). De gehele knol

Fig. 3.2 Zilverschurft

kan met zilverschurft bedekt zijn. Het mycelium van deze schimmel, het weefsel waaruit de zwammen zich ontwikkelen, leeft uitsluitend in de buitenste cellagen (periderm) van de knol. De celwanden laten daardoor plaatselijk los. Hierdoor ontstaan openingen waardoor lucht kan binnendringen en dan ontstaat de typische zilverglans. Door de aantasting wordt de schil meer doorlatend voor waterdamp. Als gevolg van dit vochtverlies gaat de schil rimpelen. De schimmel plant zich voort door conidiën, die in een groot aantal kransgewijs gerangschikt op de donkere conidiëndragers gevormd worden. Deze conidiëndragers kunnen we met een loep onderscheiden. Ze lijken enigzins op lampeborstels.

Aanvankelijk heeft men zilverschurft als een schoonheidsgebrek beschouwd. Later bleek dat bij een ernstige aantasting niet alleen de gewichtsverliezen duidelijk toenemen, maar dat ook de blauwgevoeligheid toeneemt. Verder bestaan er aanwijzingen dat bij een ernstige schrompeling van de knollen de kiemkracht vermindert. Het onaantrekkelijke uiterlijk van de knollen, dat vooral na wassen zichtbaar wordt, gaat ook in de praktijk bij consumptie-aardappelen meer en meer een rol spelen.
De beginaantasting van zilverschurft heeft in de grond plaats. Meestal is de aantasting bij de oogst nog van weinig betekenis; dit geldt vooral voor pootgoed. We kunnen zilverschurft dan ook een echte bewaarziekte noemen. Optimale omstandigheden voor uitbreiding zijn bewaartemperaturen van 20 à 24 °C en een hoge relatieve luchtvochtigheid. De ziekte breidt zich niet uit indien de relatieve luchtvochtigheid beneden de 90 % of de bewaartemperatuur onder de 3 °C daalt.

Een lage relatieve luchtvochtigheid bevordert echter het gewichtsverlies, terwijl we een bewaartemperatuur van ca. 3 °C bij de buitenluchtkoeling gewoonlijk eerst in november kunnen verwezenlijken. Een dergelijk lage bewaartemperatuur direct na de oogst is in verband met de vereiste wondheling ook niet erg verstandig. Bij mechanische koeling kunnen we na de heelperiode wel een vrij snelle afkoeling tot stand brengen, die dan ook in een minder sterke uitbreiding van zilverschurft kan resulteren. Omdat bovenin de aardappelhoop zowel de temperatuur als de luchtvochtigheid wat hoger zijn dan onderin, treedt bovenin de cel de sterkste uitbreiding van zilverschurft op. Bij een warme, vochtige bewaring kan deze ziekte zich zeer sterk uitbreiden. Dergelijke bewaaromstandigheden doen zich vooral bij kuilbewaring voor. Maar ook bij de moderne wijze van opslag kunnen we, als er veel grond of stortkegels (plaatselijke ophopingen van grond) in de partij zitten, moeilijk voorkomen dat de zilverschurft zich uitbreidt.

Bestrijding zilverschurft

De bestrijding van deze ziekte tijdens de bewaring moeten we in de eerste plaats zoeken in het direct na de oogst droogblazen en daarna drooghouden van de partij. De uitbreiding van zilverschurft blijft beperkt, indien de knollen binnen zeven dagen na de oogst droog zijn en blijven. Dit kan het geval zijn bij opslag in poterbakjes vanaf de oogst. Het droogblazen verloopt echter meestal minder vlot, vooral indien er veel grond aan en tussen de knollen zit. Het is daarom aan te bevelen de aardappelen met zo weinig mogelijk en niet te vochtige grond te oogsten. Voor de bestrijding van zilverschurft hebben we een aantal jaren de beschikking gehad over de zogenaamde benzimidazolen (TBZ, carbendazim, benomyl en thiofanaatmethyl). Voorjaar 1983 is gebleken dat de zilverschurft-schimmel in vrij veel gevallen resistent geworden was voor de benzimidazolen. Sinds 1984 is het middel imazalil beschikbaar tegen zilverschurft. De oorzaak van het resistent-worden moeten we zoeken bij het herhaald behandelen. Laten we daarom geen hoogwaardig pootgoed met deze middelen behandelen, maar alleen pootgoed dat voor export of voor consumptieteelt is bestemd.

Zwarte spikkel (Colletotrichum coccodes)

Deze aantasting komt veel minder algemeen op de knollen voor dan zilverschurft. Het ziektebeeld lijkt echter veel op dat van zilverschurft; beide schimmelziekten komen trouwens dikwijls op dezelfde knol voor. Bij zwarte spikkel zijn de vlekken bruinachtig tot grauw getint en minder

duidelijk begrensd. De voor deze ziekte kenmerkende micro-sclerotien staan ook wat verder uit elkaar dan de conidiëndragers bij zilverschurft. Bij de oogst kunnen we op enkele knollen soms een geringe aantasting waarnemen. De schimmel groeit in de schil verder en op de aangetaste plekken ontstaan later verscheidene micro-sclerotien. De ziekte breidt zich tijdens de bewaring wel wat uit, maar in het algemeen minder sterk dan de zilverschurft. Als we de aardappelen bij lage temperaturen (3 °C en lager) bewaren, kunnen de plekken die ernstig door deze schimmel zijn aangetast een pokdalig uiterlijk krijgen, doordat de schil ter plaatse afsterft, donkerbruin tot zwart verkleurt en zeer oppervlakkig inzinkt (zie fig. 3.3). We moeten er van uitgaan dat een ernstige aantasting door deze schilnecrose de kieming nadelig beïnvloedt.

Fig. 3.3 Zwarte spikkel

Bestrijding zwarte spikkel

Evenals bij zilverschurft moeten we de bestrijding in de eerste plaats zoeken in het spoedig droogblazen en drooghouden van de partij. Een chemische bestrijding lijkt alleen mogelijk door dompeling in een organisch kwikbad, zoals we hieronder voor Rhizoctonia zullen aangeven.

Rhizoctonia of lakschurft

Bij deze schimmelaantasting (Thanatephorus cucumeris) zien we op de knollen 1 à 20 mm grote bruinzwarte korstjes, die we er met de nagel kunnen afkrabben (zie fig. 3.4). De korstjes bestaan uit dicht ineengeweven schimmeldraden en ze kunnen als een soort rusttoestand van de

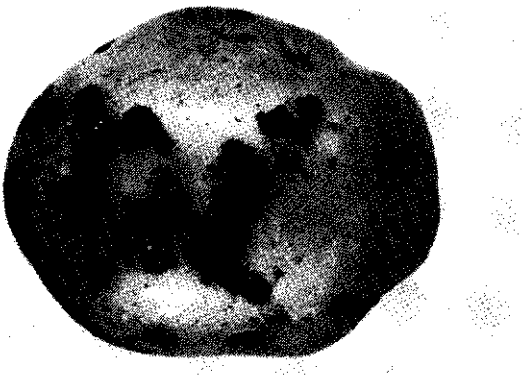


Fig. 3.4 Rhizoctonia

schimmel worden beschouwd (pseudo-sclerotien). De bruine myceliumdraden kunnen ook in oogholten en naveleinden voorkomen van overigens sclerotienvrije knollen.
Als het pootgoed niet ontsmet is, ontwikkelen zich na het poten uit de sclerotien myceliumdraden, die de gevormde kiemen aantasten en kunen doen afsterven. De opkomst wordt hierdoor vertraagd en hij wordt ook onregelmatig. Vooral in een koud voorjaar kan deze schimmel bij langzame groei van de kiemen veel spruiten doen afsterven.
Besmetting met Rhizotonia vindt plaats op het veld. Bij de oogst kan de aantasting al vrij ernstig zijn, vooral indien van niet-ontsmet pootgoed wordt uitgegaan en er meer dan één à twee weken verlopen tussen het doodspuiten en het rooien. En hoewel we deze bekende en gevreesde schimmelziekte eigenlijk geen bewaarziekte kunnen noemen, worden vooral pootgoedtelers vaak onaangenaam verrast door een duidelijke toename van deze ziekte tijdens de bewaring. Evenals bij zilverschurft treedt de uitbreiding voornamelijk op in stortkegels. De Rhizoctoniaziekte blijkt uit de omringende besmette grond op te knollen te kunnen overgaan. Uitbreiding wordt gestimuleerd door een vochtige, warme bewaring.

Bestrijding Rhizoctonia

 Evenals bij zilverschurft en zwarte spikkel moeten we de bestrijding van

deze ziekte tijdens de bewaring in de eerste plaats zoeken in het met niet te veel grond oogsten van de aardappelen. Bovendien moeten we bij het vullen van de cellen stortkegels vermijden en moeten we proberen de aardappelen snel droog te krijgen.
Kiemremmingsmiddelen op basis van profam en chloorprofam gaan de uitbreiding van deze ziekte tijdens de bewaring tegen. Daar hebben we niet zo heel veel aan, omdat we deze middelen natuurlijk niet op pootgoed kunnen toepassen.
Toediening van benzimidazolen bij de oogst blijkt de uitbreiding in de vorm van mycelium-groei tijdens de bewaring tegen te gaan, maar de bij de oogst aanbevolen dosis is absoluut onvoldoende om de sclerotien te inactiveren. Doding van de sclerotien (indien deze althans niet te dik zijn) kunnen we bereiken door het pootgoed in een bad met een organische-kwikoplossing te dompelen. Erg gebruikelijk is de '5 minuten methode' in een 0,3 % oplossing of 20 à 30 minuten dompelen in een 0,15 % oplossing. (Zie verder Hoofdstuk 20 "Voorbehandeling van pootaardappelen".) Er is ook een antibioticum op basis van validamycine in de handel dat bij bespuiting van de knollen kort voor het poten of in de pootmachine een goed bestrijdingseffect heeft. Voor de consumptie- en fabrieksaardappelteelt worden daarnaast bij het poten nog diverse middelen in poedervorm toegepast of ook wel in de pootmachine verspoten. In enkele delen van ons land wordt ook de z.g. Rhizotox-bom toegepast. Deze rookbommen bevatten trioxymethyleen, dat door verhitting wordt omgezet in formaldehyde-damp. Deze damp is in staat om sclerotien te doden. Voorwaarde is echter dat de damp zich goed verdeelt in de ruimte, waarin we de met poters gevulde poterbakjes 48 uur moeten laten staan. Hieraan mankeert het nogal eens, waardoor de resultaten vaak tegenvallen. Geadviseerd wordt één rookbom voor 15 m^3 ruimte-inhoud.
In principe kunnen we ook andere schimmelaantastingen met deze bom bestrijden.

Fusarium spp. (Droogrot)

Op knollen die met Fusarium aangetast zijn zien we ietwat ingezonken plekken, waarop talrijke wit-rose gekleurde schimmelkussentjes voorkomen (zie fig. 3.5). Ter plaatse is de schil wat ineengeschrompeld en dikwijls zijn er min of meer duidelijke, concentrische ringen waar te nemen. Als we die zacht-rotte plekken doorsnijden, dan blijken ze lichttot donkerbruin gekleurd te zijn en veelal kunnen we holten onderscheiden met een blauwachtig gekleurd schimmelpluis. Dit is tenminste het geval bij de Fusarium-soort solani (syn. coeruleum). Bij de andere in

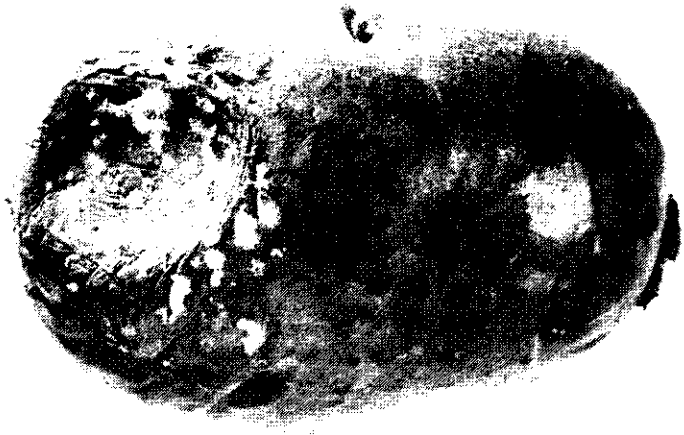


Fig. 3.5 Fusarium

ons land voorkomende Fusarium-soort, Fus. sulphureum, ontbreekt het schimmelpluis op de aangetaste plek. Deze aantasting kunnen we zo op het oog dan ook maar moeilijk onderscheiden van Phoma.
Doorgaans verloopt de rotting van de knollen vrij langzaam, waardoor de aangetaste plekken vrij droog blijven. De knol schrompelt op den duur inéén. Als de omstandigheden echter gunstig zijn voor de schimmel, dan kan het rottingsproces vrij snel verlopen. De rotte plekken zijn dan vochtig en zacht, zodat men ze gemakkelijk met de duim kan indrukken (z.g. duimrot).

Ieder jaar worden er in de meeste aardappelpartijen knollen aangetroffen die door Fusarium aangetast zijn. In aardappelen van zandgrond meestal meer dan in klei-aardappelen. De ernst van de aantasting hangt nauw samen met de beschadiging en de vatbaarheid van de knol. Het al of niet optreden van Fusarium bepaalt in hoge mate de bewaarheid van een partij. Dit blijkt vooral indien we de aardappelen na het soteren opnieuw opslaan.
De Fusarium-schimmels zijn zwakte-parasieten die in alle grondsoorten, maar vooral zand- en dalgronden, voorkomen. De besmetting heeft op het land plaats. De schimmel infecteert de knollen via wonden, die ontstaan bij rooien, transport en sorteren, of via afgebroken kiemen. Gunstige groeiomstandigheden voor de schimmel zijn een hoge luchtvochtigheid en een hoge temperatuur (15 à 20 °C).
Fusarium treedt bijna uitsluitend op na beschadiging of na een ernstige verzwakking van de partij, b.v. na een te warme bewaring of een ernstige kieming.

Ook bij deze ziekte komen de meeste aangetaste knollen bovenin de aardappelhoop voor. Bij de oogst is de weerstand tegen Fusarium maximaal. Vandaar dat de wonden die bij de oogst ontstaan, bij een snelle verkurking, meestal geen aanleiding geven tot een aantasting door Fusarium. Tijdens de bewaring neemt de vatbaarheid echter toe. Een belangrijke veroorzaker van het optreden van deze ziekte is het sorteren. Ook de zeer kleine wondjes die daarbij ontstaan, maken in combinatie met de toenemende vatbaarheid, het opnieuw bewaren van de gesorteerde aardappelen tot een zeer riskante zaak. Heropslag na sorteren komt nogal eens voor indien we voorraden willen aanlegen voor verwerking tot frites in de maanden juni en juli. Het risico van rot is groter naarmate we later sorteren.
Bij pootgoed, dat veelal in de herfst gesorteerd wordt, valt de aantasting daarom in het algemeen nogal mee. Sorteren we echter kort voor het poten, dan kan dit een zeer ernstige knolinfectie en een slechte opkomst na het poten veroorzaken. Consumptie-aardappelen worden vrijwel steeds binnen twee à drie weken na het sorteren geconsumeerd; een Fusarium-aantasting zal in dat geval nauwelijks of in het geheel geen problemen opleveren.

Er is overigens een vrij eenvoudige snijtest om vast te stellen hoe het met de besmetting en vatbaarheid van de knollen ten aanzien van Fusarium staat. We kunnen met die test een indruk krijgen van de kansen op rot bij heropslag na sorteren. Bij deze test nemen we per partij een monster van 50 knollen. We snijden de knollen door; doen ze in een schone, meerwandige papieren zak en mengen ze goed. De snijvlakken komen zo in aanraking met de buitenkanten van diverse andere knolhelften en ze worden daardoor smoezelig. We slaan de dichtgevouwen papieren zakken dan twee weken op bij 14 à 16 °C en vervolgens beoordelen we de knollen op Fusarium. Voor een goede beoordeling moeten we het snijvlak door afschrappen schoonmaken. Bij aantasting door Fusarium solani zien we dan een donkerbruine verkleuring van het aardappelweefsel. Een aantasting door Fusarium sulphureum heeft veel weg van een mechanische beschadiging van de knolhelft. Slechts een klein bruin randje omgeeft een witachtig gekleurde plek opgedroogd weefsel. Door het percentage aangetast knoloppervlak in enkele klassen onder te brengen, kunnen we een gemiddeld percentage door Fusarium aangetast knoloppervlak per monster berekenen. Dit wordt de Fusarium-index genoemd, die kan variëren van 0 tot 75. Kort na de oogst geeft deze snijtest, door de grote resistentie van de knollen, meestal een geringe aantasting te zien (indices < 5), maar na enkele maanden constateren we een toenemende vatbaarheid. Sterk besmette partijen kunnen we met deze test al vroeg opsporen.
Er bestaat een duidelijk verband tussen de Fusarium-index en het per-

centage rot dat we later, na heropslag, in dezelfde partij aardappelen vinden.

Bestrijding van Fusarium

De bestrijding van Fusarium moet in de eerste plaats gezocht worden in het voorkomen van knolbeschadiging en een koele, droge bewaring. Daarnaast kunnen we Fusarium bestrijden door de knollen te behandelen met benzimidazolen. Een goede behandeling direct na de oogst is toereikend voor het gehele bewaarseizoen, ook al wordt dit, zoals bij pootgoed, door sorteren onderbroken. Dit rotwerende effect na een behandeling bij de oogst is ook na het snijden van pootgoed kort voor het poten nog duidelijk aanwezig. Ook bij Fusarium is in 1983 in enkele gevallen resistentie geconstateerd. Deze resistentie kwam voornamelijk slechts in enkele aardappelrassen voor en het betrof uitsluitend Fusarium sulphureum. Imazalil is ook tegen deze resistente Fusariumsoort effectief.

Phoma spp. (gangreen)

Deze vrij veel op Fusarium lijkende schimmelaantasting wordt meestal met Phoma aangeduid. Twee variëteiten van deze schimmel zijn bekend: Phoma exigua var. exigua komt vrij algemeen als grondschimmel in Nederland voor, maar hij is weinig pathogeen. Phoma exigua var. foveata is veel gevaarlijker dan eerstgenoemde, maar hij komt in ons land gelukkig maar incidenteel voor.
De schimmel dringt veelal vanuit de grond via wonden in de knol binnen, maar de aardappel kan ook via lenticellen geïnfecteerd worden.
Aangetaste knollen vertonen bruinzwarte, ingezonken, aanvankelijk veelal ronde vlekken, waarop onder vochtige omstandigheden talrijke pykniden voorkomen. De voor een Fusarium-aantasting kenmerkende schimmelkussentjes komen niet voor. Op doorsnede is het aangetaste weefsel eerst bruinachtig, later meer grauwzwart gekleurd (zie fig. 3.6). De begrenzing met het gezonde weefsel is vrij scherp. Een partij kan met Phoma besmet zijn zonder dat we rot kunnen bespeuren (latente besmetting). Indien na beschadiging de wondheling vertraagd wordt door lage temperaturen, krijgt deze schimmel een kans.
Evenals bij Fusarium moeten we knolbeschadiging zoveel mogelijk vermijden; en we moeten de aardappelen droog en koel bewaren na een goede wondheelperiode. De vatbaarheid voor deze ziekte neemt tijdens de bewaring toe.

Fig. 3.6 Phoma

Bestrijding Phoma

Ook bij de bestrijding van Phoma hebben de benzimidazolen een duidelijk effect.
Om een latente besmetting van het pootgoed te kunnen aantonen, mogen de knollen vóór de monstername uiteraard niet met dit type middelen worden behandeld.
Teneinde deze ziekte verder terug te dringen, wordt aanbevolen het pootgoed tijdig met organisch kwik te ontsmetten of een behandeling met de Rhizotox-bom uit te voeren.

BACTERIEZIEKTEN

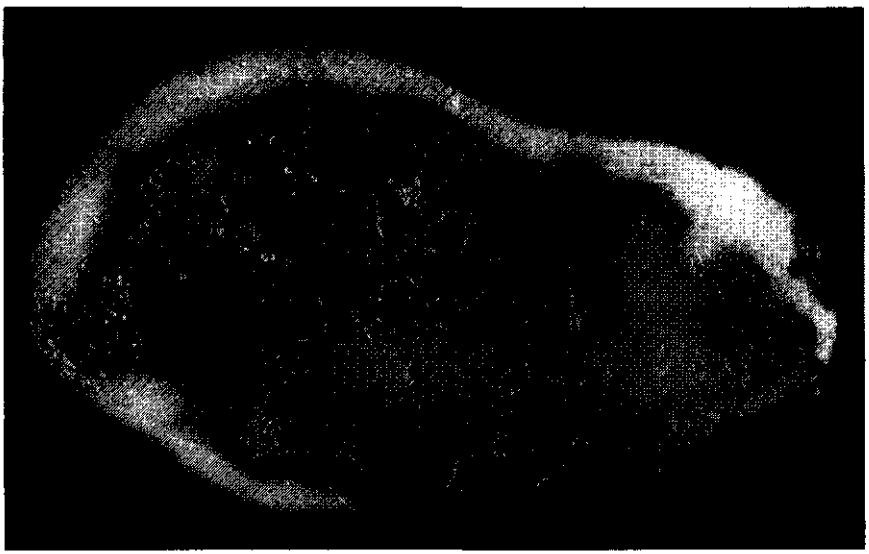
Als we praten over bacterieziekten in aardappelen, dan hebben we het over zwartbenigheid en stengelnatrot. Het natrot dat we veelal tijdens de bewaring aantreffen is geen ziekte, maar een verschijnsel. Een verschijnsel dat zich ontwikkelt door een samenloop van omstandigheden. Dit natrot kan alleen optreden als er een opening in de knol zit. Zo'n opening kan ontstaan door mechanische beschadiging, door schimmels of door bacteriën. Verder is er dan vrij water op het knoloppervlak

nodig. De snelheid waarmee het verschijnsel natrot zich ontwikkelt, wordt beïnvloed door de temperatuur (boven een bepaald minimum) en door zuurstofarme (anaerobe) condities. Natrot wordt tot stand gebracht door bacteriën die pectine splitsen, waardoor de weefselstevigheid wegvalt en de inhoud van de weefselcellen vrijkomt. De voorwaarden voor het optreden van zwartbenigheid en stengelnatrot komen overeen met die van natrot.

Natrotverschijnselen

Zowel bepaalde schimmels als bacteriën kunnen dus een snel verlopend rottingsproces van de knollen veroorzaken. Hierbij gaat de inhoud van de knol over in een vieze, stinkende, slijmerige massa.
Natrot wordt meestal veroorzaakt door bacteriën van het Erwinia-complex.
Bij aantasting van de planten door stengelnatrot (E. carotovora var. carotovora) of zwartbenigheid (E. carotovora var. atroseptica) verrot de zieke moederknol in de grond. Hierdoor komt een massa bacteriën in de grond terecht die zich via het grondwater verspreiden, en die de nieuwe knollen via de lenticellen of groeischeuren kunnen infecteren.
Ook na wateroverlast op het veld kunnen we dikwijls door Erwinia spp. veroorzaakt natrot waarnemen.

Fig. 3.7 Natrot



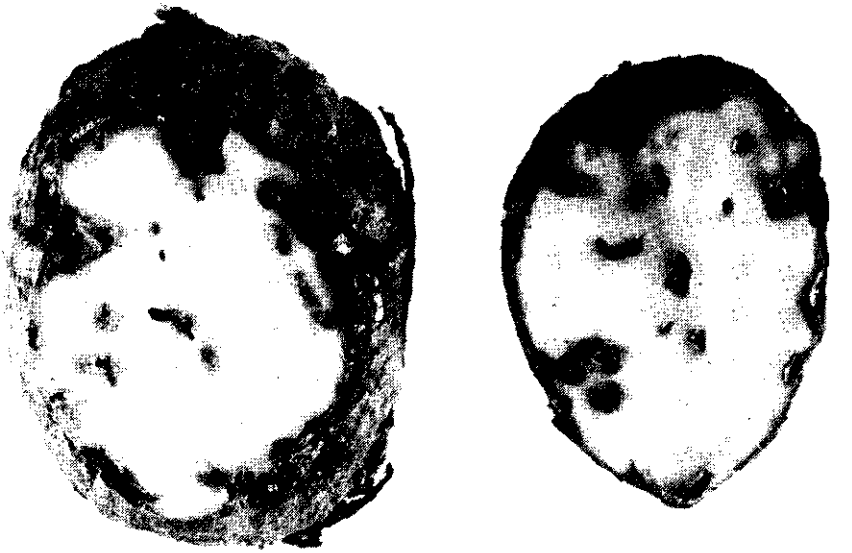
Bekend is ook de zeer slechte houdbaarheid van partijen aardappelen die na het rooien flink natregenen. De knollen zijn dan vaak door een waterfilmpje omgeven, waardoor het lang duurt eer zo'n partij is drooggeblazen. Vaak worden zulke knollen tijdens het lossen van de vracht sterk met grond besmeurd. Hierdoor ontstaan min om meer anaerobe, zuurstofarme omstandigheden, waaronder via lenticellen of wonden infectie door bacteriën plaatsheeft.
Bacteriën treden ook dikwijls secundair op; b.v. na bevriezing van knollen, bij verrotting van moederknollen of na aantasting door droogrot of de aardappelziekte.
In warme zomers kan bij vroeggerooide knollen een rotting optreden door Pythium spp. Deze schimmel dringt de knol binnen door de vaak ernstig beschadigde schil. De knolinhoud gaat daarbij over in een bruinzwarte, waterige pasta (zie fig. 3.7).
Een enkele maal komen we ook roodrot (Phytophthora erythroseptica) tegen. Als we een door roodrot aangetaste aardappel doorsnijden, dan krijgt het vlees vrij snel een steenrode kleur, die later overgaat in zwart.
Het rottingsproces van de ziekten die we hierboven genoemd hebben verloopt onder warme, vochtige omstandigheden zeer snel. We kunnen partijen met natrotte knollen moeilijk bewaren indien meer dan 1 % van de knollen is aangetast. We moeten de rotte knollen en moederknollen dan ook vóór de opslag zoveel mogelijk verwijderen. Een aangetaste of natgeregende partij moet separaat (b.v. in kisten) worden opgeslagen. Daarna moeten we de partij snel droogblazen, waarbij we moeten voorkomen dat de bewaartemperatuur stijgt. Een droge, koele bewaring is noodzakelijk. Bij een warme, vochtige bewaring ontstaan snel nesten met rotte knollen. Hierdoor kunnen de bovenliggende knollen niet meer geventileerd worden, waardoor het rottingsproces steeds sneller gaat verlopen. Door vochtuittreding worden dan ook de onderliggende knollen besmet. Het rottingsproces gaat gepaard met een sterke temperatuurstijging en het ter plaatse inzakken van de aardappelhoop. De rotting is vaak goed te ruiken en bovendien komen er dan dikwijls kleine vliegjes in de bewaarplaats voor. Om verdere rotting te voorkomen zit er meestal niets anders op dan dat we de rotte plek verwijderen.
Tot nu toe zijn er geen chemische middelen bekend, die de door bacteriën veroorzaakte rotting tijdens de bewaring tegengaan.

Aardappelmot (Phthorinaea operculella)

Dit motje, oftewel het wit-gele rupsje van dit motje, is een gevreesde parasiet in de landen rondom de Middellandse Zee en in diverse andere, tropische landen.

Bij import van aardappelen uit die landen krijgen we ook in West-Europa soms met de aardappelmot te maken. Onder gunstige weersomstandigheden kan de aardappelmot gedurende korte tijd na import (dus 's zomers) wat schade aan aardappelen veroorzaken, maar deze is zelden van enige betekenis. Het nederlandse klimaat is te koel voor dit motje om zich blijvend te vestigen.
Fig. 3.8 toont schade veroorzaakt door de aardappelmot.

Fig. 3.8 Schade aangebracht door aardappelmot



PRODUKTBESCHERMING

Bij de beschrijving van ziekten en gebreken die tijdens de aardappelbewaring een rol spelen hebben we gezien, dat vrijwel alle micro-organismen optimaal groeien in een vochtige, warme omgeving.
Om aantasting door schimmels of bacteriën te voorkomen moeten we dus in de eerste plaats zien te voorkomen dat er door beschadiging van de knollen, invalspoorten voor de micro-organismen ontstaan. Maar een droge, koele bewaring is wat dit betreft zeker zo belangrijk.
Nu zijn de weersomstandigheden tijdens rooien en opslag bij ons soms van dien aard, dat we niet aan die voorwaarden kunnen voldoen. Vooral in het begin van de bewaarperiode zitten we dikwijls met warme en min of meer vochtige omstandigheden. Maar zelfs als we in de oogst- en inschuurperiode met ideale omstandigheden te maken hebben, zullen we ons produkt moeten beschermen tegen schimmels en bacteriën.

Dat betekent dat we preventief werkende chemische middelen moeten toepassen, voornamelijk bij pootgoed.

Middelen

Sinds 1977 werden met succes de zgn. benzimidazolen toegepast op poot- en consumptie-aardappelen. De benzimidazolen bleken bij de bestrijding van schimmelziekten als zilverschurft en Fusarium goed werk te doen. Ten aanzien van bacterieziekten hadden ze geen effect.
Nu is het advies altijd geweest om alleen dát pootgoed te behandelen dat bestemd is voor export of voor consumptieteelt. Wellicht is er toch te veel "eigen pootgoed" behandeld. Voorjaar 1983 is namelijk duidelijk geworden dat de Helminthosporium solani, de schimmel die zilverschurft veroorzaakt, resistentie opgebouwd heeft tegen de benzimidazolen.
Voor Fusarium sulphureum, het type Fusarium dat de laatste jaren in Nederland gesignaleerd wordt, geldt dat in mindere mate óók. Bij Fusarium solani var. coeruleum is in het geheel nog geen resistentie waargenomen. Voor deze ziekte kunnen we de benzimidazolen dus blijven toepassen.
De (resistente) zilverschurft en Fusarium sulphureum kunnen we echter goed bestrijden met imazalil. Dit middel is in 1983 voor dit doel toegelaten, maar de formulering was toen nogal agressief voor kunststof onderdelen en hij rook bovendien erg onaangenaam. In 1984 is een nieuwe formulering op de markt gebracht, Fungazil 10 L, die deze ongename eigenschappen niet heeft. Ook is er een combinatie van thiabendazole en imazalil verkrijgbaar, waarmee we zowel zilverschurft als (de niet-resistente) Fusarium solani kunnen bestrijden.

Toediening middelen

We kunnen de nieuwe middelen op dezelfde wijze toedienen als de benzimidazolen (thiabendazole, carbendazim, benomyl, thiofanaat-methyl).

■ *Toedieningstijdstip*

De beste resultaten verkrijgen we altijd bij toediening direct na de oogst, dus bij het vullen van de bewaarplaats. Dat geldt vooral voor zilverschurft, omdat deze ziekte zich tijdens de bewaring snel kan uitbreiden,

indien de omstandigheden voor de schimmel gunstig zijn. Maar ook ten aanzien van Fusarium moeten we de voorkeur geven aan toediening direct na de oogst in plaats van bij of na het sorteren.

■ *Toedieningsmethoden*

Vooral met het oog op zilverschurft is het van belang dat we de aardappelen na de oogst snel droogblazen. Hoe minder vloeistof we dus gebruiken bij het toedienen van chemische middelen, hoe beter het is voor een snelle droging. De "drogere" toedieningen hebben dus de voorkeur.

Twee spuitdoppen. De meeste gebruikte methode is het vernevelen met twee spuitdoppen aan het eind van de boxenvuller, zoals we zien in fig. 3.9. Bij deze methode wordt meestal 1 à 1½ liter vloeistof per ton aardappelen gebruikt.

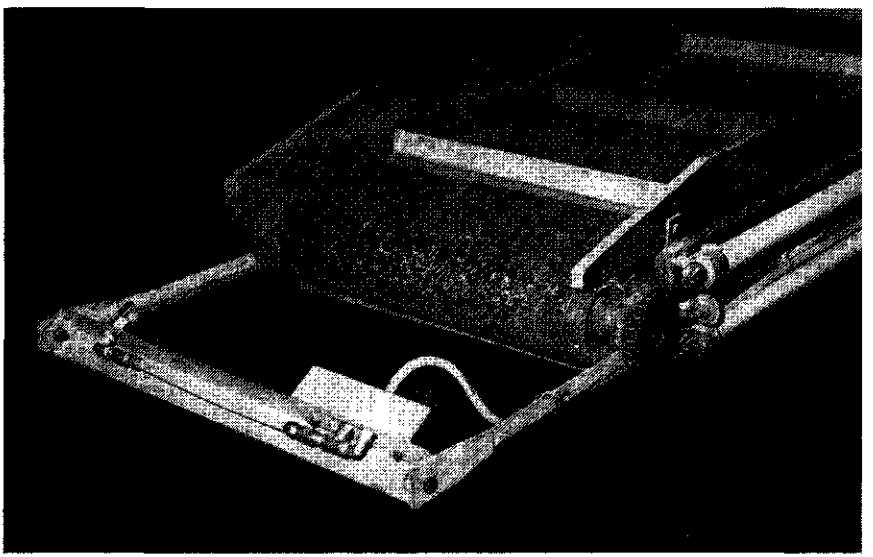


Fig. 3.9 Twee spuitdoppen aan het eind van de boxenvuller

De spuitdoppen moeten we 40 à 50 cm achter en ietwat boven de band van de boxenvuller opstellen. En wel zodanig dat de richting van de spuitkegels het talud van de aardappelhoop volgt. Op die manier worden de langs het talud naar beneden rollende knollen regelmatig bevochtigd en er gaat geen middel verloren.
Het type spuitdop moet aangepast zijn aan de hoeveelheid aardappelen die per tijdseenheid over de boxenvuller gaat. We moeten dus bij benadering weten hoeveel ton aardappelen er per minuut of per uur de

bewaarplaats ingaat. We moeten beslist ook de hoeveelheid vloeistof controleren die elk van de spuitdoppen per minuut afgeeft. We moeten tenslotte weten of de gewenste hoeveelheid vloeistof per ton gedoseerd wordt en welke druk op de spuitdop daarbij hoort.
Tijdens het bespuiten moet de transportband uniform beladen blijven. We moeten daarom zorgen dat de stortbak vol blijft.
Zodra de aanvoer van aardappelen over de band stopt, moeten we de spuitapparatuur uitschakelen, anders komt er plaatselijk in de aardappelhoop veel te veel vocht terecht, waardoor bij onvoldoende snelle droging rot kan ontstaan. Er zijn trouwens ook beveiligingssystemen in de handel, die de vloeistofafgifte beperken wanneer de aardappelstroom minder wordt.
Tijdens het vullen van de cel moeten we de boxenvuller regelmatig laten zwenken. Omdat het vullen bovenin de cel dikwijls gepaard gaat met een verminderde aardappelaanvoer, kunnen we op dat moment beter de vloeistofdosering wat verminderen, door verlaging van de druk, of de toediening eventueel geheel stopzetten.
We moeten bij het spuiten onder de 2 liter vloeistof per ton aardappelen blijven. Bij toediening van 2 liter/ton wordt het risico van natrot groter, vooral als er wat natrotte of moederknollen in de partij zitten.
Als we, b.v. aan het eind van een dag, stoppen met spuiten, moeten we proberen zo weinig mogelijk vloeistof in de spuittank te laten zitten. Na bezinking en weer oproeren van de spuitvloeistof lopen we het risico dat de spuitdoppen verstopt raken.

Vier spuitdoppen. Een "drogere" toediening verkrijgen we met een nieuw type vernevelapparaat, dat met vier spuitdoppen werkt. Twee spuitdoppen zijn onder de transportband aangebracht en twee erboven. Deze apparatuur werkt met ca. 200 milliliter vloeistof per ton aardappelen. De toediening vindt plaats bij de overgang van de ene transportband op de andere of bij de overgang van transportband op boxenvuller.

Schijfvernevelaar. Dan is er nog de schijfvernevelaar (zie fig. 3.10) die geleidelijk aan terrein wint. Dit in Duitsland ontwikkelde Mafex-apparaat kan de vloeibare middelen onverdund verwerken. Het gebruikt dan ook heel weinig vloeistof, zo'n 50 à 150 milliliter per ton aardappelen.
Een schijfvernevelaar kunnen we het beste boven een rollenband plaatsen. Het middel verdeelt zich dan zeer goed over de knollen. Zo'n rollenband is bij bepaalde nieuwe typen opvangdoseerbakken als "grondzeef" aanwezig. De vernevelaars zijn voorzien van flappen, om drift van de zeer fijne vloeistofdruppeltjes te voorkomen. Omdat zo'n rollenband achter de opvangdoseerbak erg breed is, moeten we twee vernevelaars naast elkaar plaatsen.
Indien onze opvangdoseerbak niet met een rollenband uitgerust is, dan

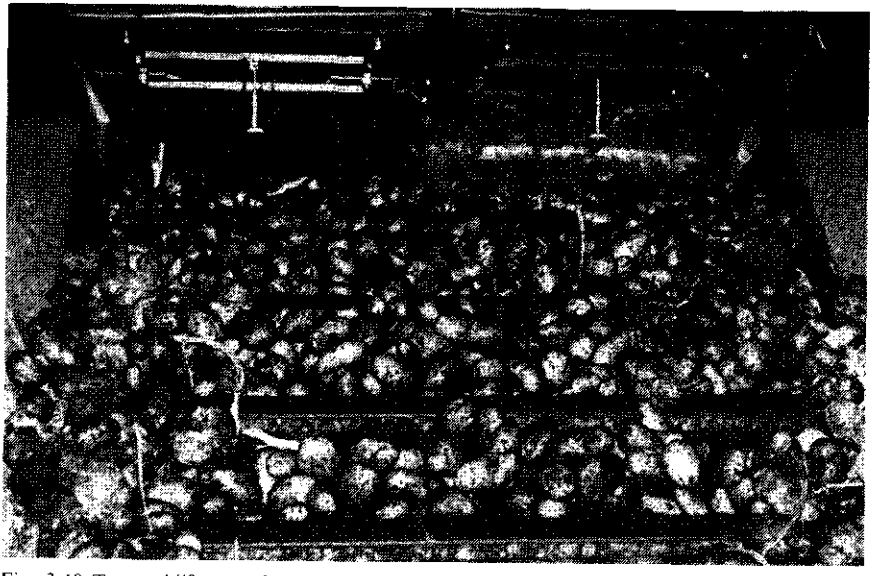


Fig. 3.10 Twee schijfvernevelaars boven rollenband achter opvangdoseerbak

kunnen we de schijfvernevelaar ook boven de schuine afvoerklep van de opvangdoseerbak ophangen. We zullen in dat geval met één apparaat toe kunnen. Het resultaat van de toediening boven die afvoerklep zal echter minder goed zijn, want voor een goed effect moeten de knollen rollen.
De Mafex-apparaten zijn te groot om ze aan het eind van de boxenvuller te bevestigen. Wellicht kunnen we zo'n apparaat wél boven de overgang tussen twee transportbanden ophangen. Maar dan moeten we er wel rekening mee houden dat de verdeling van het middel niet optimaal zal zijn.
Mafex-apparaten zijn er die 60 resp. 100 ton aardappelen per uur kunnen behandelen.
Bij toediening van vloeibare middelen na het sorteren kunnen we het beste een kleiner type schijfvernevelaar gebruiken, met een capaciteit van ca. 15 ton per uur.
We moeten veel aandacht besteden aan de juiste afstelling van een schijfvernevelaar. Ook tijdens de toediening moeten we regelmatig de vloeistofafgifte controleren.

Droogblazen

Welke toedieningsmethode we ook kiezen, als de cel vol is moeten we direct gaan droogblazen. En als het vullen van de cel meerdere dagen in

beslag neemt, doen we er goed aan intussen alvast met droogblazen te beginnen.

Residuen

Er blijven uiteraard restanten van de chemische middelen op en ten dele in de knol achter. Voor de benzimidazolen geldt in ons land een tolerantie van 3 milligram per kilogram in de gewassen gehele knol. In de praktijk blijkt trouwens dat dit residugehalte vrijwel altijd onder de 1½ mg/kg blijft, ook kort na de behandeling. Een groot deel van die 1½ mg verdwijnt ook nog met het schillen van de aardappelen, zodat de hoeveelheid middel in het eetbare deel van de knol meestal niet of nauwelijks aantoonbaar is.

Resistentie

In verband met het gevaar van verdere resistentie-ontwikkeling, wordt het ten zeerste ontraden om basispootgoed te behandelen.

GEBREKEN

Mechanische beschadiging

Naast blauw is mechanische beschadiging het meest voorkomende gebrek bij aardappelen. De toenemende mechanisatie bij de oogst, het transport naar en van de bewaarplaats en alle handelingen rondom sortering en afzet, hebben een duidelijke toename van de knolbeschadiging tot gevolg gehad.
Zowel snijwonden als ontvelling, vleeswonden en barsten zijn voornamelijk te wijten aan het feit dat we de aardappel niet met voldoende zorg omringen. Dat gebrek aan zorg uit zich dan in onjuist uitgeruste of onjuist afgestelde rooimachines, grote valhoogte, grote bandsnelheden, en sorteerzeven die niet met rubber of kunststof bekleed zijn.

Uitwendige beschadiging kunnen we direct na de mechanische inwerking waarnemen. Later treffen we bij aansnijden ook een vrij harde, droge grijswitte massa aan, bestaande uit zetmeel dat afkomstig is uit de kapotte weefselcellen.

Knolbeschadigingen veroorzaken een verhoging van de ademhalingsintensiteit van de knollen en grotere verliezen door verdamping. De beschadigingen vormen ook dikwijls een invalspoort voor schimmels en bacteriën. Dat kan zelfs het geval zijn bij beschadigingen die nauwelijks in het oog lopen, zoals sommige sorteerbeschadigingen. Bovendien neemt de kwaliteit van beschadigde knollen af, terwijl de verliezen bij het schillen en pitten toenemen.
Het is gebleken dat partijen aardappelen aanzienlijk kunnen verschillen in gevoeligheid voor mechanische beschadiging. Dit betekent dat de mate van beschadiging voor verschillende partijen aardappelen bij één en dezelfde transport- en bewerkingslijn sterk uiteen kan lopen. Hiermee moeten we dus rekening houden bij het beoordelen van transport- en bewerkingslijnen t.a.v. het punt beschadiging.
De gevoeligheid van aardappelen voor ontvelling is vlak na de oogst voornamelijk afhankelijk van de mate waarin de schil verkurkt is. Verder spelen raseigenschappen een rol. Tijdens het rooien is ook de grondtemperatuur een belangrijk aspect. Des te lager de grondtemperatuur, des te meer beschadiging er optreedt. De gevoeligheid voor barsten kan worden toegeschreven aan rasverschillen, maar ook factoren als knoltemperatuur en hardheid van de knol kunnen van belang zijn.

Beschadiging voorkómen

Wat kunnen we doen om mechanische beschadiging zo veel mogelijk te beperken? Wel dat is in de eerste plaats zorgen voor goed uitgeruste en afgestelde rooimachines. Vervolgens moeten we sorteerzeven en dergelijke apparaten met rubber of kunststof bekleden. Dan de valhoogte! Die dient altijd beperkt te blijven tot 30 à 40 cm. En de bandsnelheid mag niet hoger zijn dan 40 meter per minuut. Ook het áántal malen dat we de knol laten vallen moeten we zo klein mogelijk houden. Bij het ontwerpen of uitbreiden van een installatie moeten we aan dit aspect bijzondere aandacht besteden. Wat ook belangrijk is, dat is een soepele overgang van de knollen van de ene op de andere transportband. Bij overgangen moeten we haakse bochten dus zo veel mogelijk vermijden. Vooral indien het een overgang betreft van een horizontale band op een schuin omhooglopende afvoerband. Bij de overgang van een schuin omhooglopende opvoerband op een horizontale band moeten we de voorkeur geven aan een 'knikband', want dan is de valhoogte geringer. Bij haakse overgangen moeten we in ieder geval vermijden dat de aardappelen op een zijschot vallen en in transportwagens moeten we valbrekers installeren.

Blauw

Het ontstaan van blauw

Knollen met 'blauw' vertonen bij aansnijden een plaatselijke blauwgrijze verkleuring van het aardappelweefsel. Deze verkleuring is vrijwel steeds dicht onder de schil rond het vaatbundelweefsel te vinden (zie fig. 3.11). Bij een grote blauwgevoeligheid van de knollen ('versleten knollen') kan de blauwkleuring echter veel dieper gaan. De verkleuring treedt voornamelijk aan het naveleinde op.

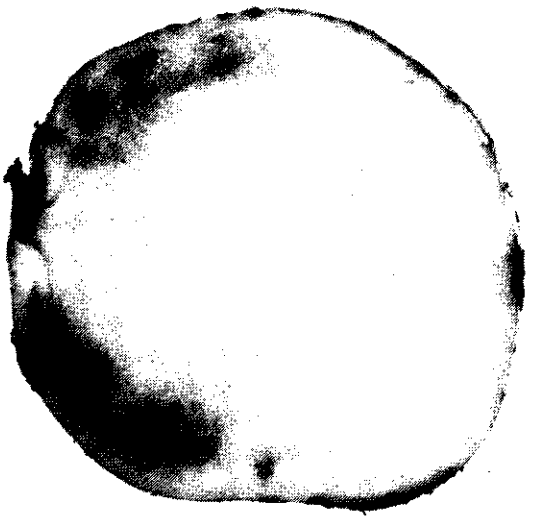


Fig. 3.11 Blauw

Uitwendig kunnen we van de afwijking meestal niets zien; alleen bij zeer ernstig blauw kunnen we onder de veelal wat ingezonken plek een verkleuring door de schil waarnemen. Om de verkleuring te zien moeten we de plek aansnijden of de knol schillen. Het is duidelijk dat we deze afwijking, die vooral bij consumptie-aardappelen zeer veel voorkomt, niet of nauwelijks kunnen uitlezen.
De verkleuring van het aardappelweefsel is een zgn. enzymatische verkleuring. Voor dit proces is zuurstof nodig, die eerst kan toetreden nadat de cellen beschadigd zijn. Kort na de beschadiging kunnen we eerst een rode verkleuring van het weefsel waarnemen; de blauwe verkleuring wordt pas enkele uren tot één à drie dagen later zichtbaar. Hoge bewaartemperaturen na de beschadiging versnellen de ontwikkeling van de blauwkleuring.
Indien er geen weefselcellen beschadigd zijn, treedt er ook geen blauw-

verkleuring op. Maar aan de andere kant is het ook niet zo dat elke beschadiging een blauwe verkleuring tot gevolg heeft.

Ten aanzien van de gevoeligheid voor blauw bestaan er grote verschillen.
Niet alleen tússen de rassen, maar ook binnen één ras en zelfs binnen één partij bestaan er verschillen in blauwgevoeligheid. Het gevoelig zijn voor blauw behoeft niet in te houden dat de partij ook (veel) blauw zal gaan vertonen. Als we de aardappelen zorgvuldig behandelen zal er namelijk weinig of geen blauw optreden. Toch is een dergelijke partij erg gevaarlijk, want zodra in de keten tussen teler en consument/verwerker onzorgvuldig met de partij wordt omgegaan, zal er blauw optreden. Anderzijds kan een in wezen weinig blauwgevoelige partij door een ruwe behandeling meer blauw gaan vertonen dan een met zorg behandelde blauwgevoelige partij.

Zowel bij verse consumptie als bij industriële verwerking moeten de blauwgekleurde plekken worden verwijderd. Dit lijdt vaak tot grote pitverliezen en vergt extra veel handarbeid. Omdat de verkleuring niet direct na de beschadiging zichtbaar is, komen eventuele klachten pas enige tijd na de aflevering. Dan zijn al flinke verpakkings- en transportkosten gemaakt. Blauw vormt ook dikwijls een reden voor afkeuring bij export. We kunnen natuurlijk wel enigszins gebruik maken van het feit dat de blauwverkleuring eerst één tot drie dagen na beschadiging zichtbaar wordt. Vooral als het aardappelen voor de verwerkende industrie betreft. Indien de aardappelen namelijk binnen 24 uur na het ruimen van de cel verwerkt worden, dan zal een eventuele blauwbeschadiging nog niet of nog maar nauwelijks zichtbaar zijn. Zo'n snelle verwerking vergt natuurlijk wel een zeer strakke organisatie bij leeghalen, transport, sorteren, verladen en verwerken.

Ondanks het feit dat deze afwijking al lang bekend is en er veel onderzoek is verricht, vertoont de kennis omtrent de factoren die een rol spelen bij het optreden van blauw nog grote hiaten.
Duidelijk is wel dat de blauwgevoeligheid van de knollen voor een belangrijk deel bepaald wordt door de groeiomstandigheden. Eén van de belangrijkste factoren is het droge-stofgehalte van de knollen. In het algemeen kunnen we stellen dat naarmate het droge-stofgehalte hoger is, de knollen blauwgevoeliger zijn. Hierop zijn echter uitzonderingen bekend. Deze houden vermoedelijk verband met de celgrootte van het aardappelweefsel en de verdeling van de droge stof in de knol. Knollen met grote cellen zijn gevoeliger voor blauw dan knollen met kleinere cellen.
Het droge-stofgehalte van de knollen wordt beïnvloed door de bemesting met vooral N en K, de lengte van de groeiperiode, de vochtvoorziening

van de planten en het tijdstip van doodspuiten. Naast het droge-stofgehalte spelen de weefselspanning (turgor) van de knollen, de bodemtemperatuur tijdens het rooien en de mate van zorgvuldigheid bij het transport een rol. Doordat de knollen bij de oogst nog niet zo blauwgevoelig zijn als na een zekere tijd van bewaring, valt het percentage knollen met blauw kort na de oogst in normale jaren nogal mee (2 à 3 %). De grootste problemen met blauw komen na de bewaring. Daarbij zijn dan vooral van belang: de knoltemperatuur tijdens het sorteren en transport, de gewichtsverliezen en het optreden van drukplekken.

De knoltemperatuur

Vooral na bewaring blijkt de knoltemperatuur, waarbij het transport en sorteren plaatsheeft, van het allergrootste belang te zijn. Bij lage temperaturen zijn de knollen namelijk veel gevoeliger voor beschadiging. De blauwgevoeligheid van de knollen kan sterk verminderd worden door de aardappelen op te warmen vóórdat de knolbeschadiging kan optreden. Met andere woorden: afhankelijk van de blauwgevoeligheid, moeten we de partijen vóór het sorteren tot minimaal 12 à 15 °C opwarmen. Zeer blauwgevoelige partijen moeten we steeds tot 18 à 20 °C opwarmen.
Door kort voor het leeghalen van de cellen een monster aardappelen te nemen, en dat m.b.v. het IBVL-schudapparaat te 'mishandelen', kunnen we een zeer goede indruk verkrijgen van de mate van blauw die we na het normale sorteren te verwachten hebben.
Bij deze schudmethode (zie fig. 3.12) wordt een monster van 100 knollen

Fig. 3.12
Schudmachine om de blauwgevoeligheid van aardappelen te bepalen

gedurende 30 sec. op een schudplateau van ca. 1 m² geschud (toerental 290/min.). Deze methode wordt gebruikt bij het vaststellen van de blauwgevoeligheid in het kader van de uitbetaling naar kwaliteit aan de teler.

De gewichtsverliezen

We hebben hiervóór gezien dat de blauwgevoeligheid van de knollen tijdens de bewaring toeneemt. Dit moeten we toeschrijven aan verlies van vocht en een verminderde weefselspanning (turgor) als gevolg van verdamping.
Onderin de cel zijn de knollen het meest blauwgevoelig, omdat daar het grootste vochtverlies optreedt. Het verband tussen vochtverlies en blauwgevoeligheid is overigens niet rechtlijnig. Wanneer de knol nog geen vochtverlies heeft ondergaan, zal de weefselspanning optimaal zijn. Naarmate de knol meer vocht verliest, neemt de weefselspanning af en neemt de blauwgevoeligheid toe. Erg slappe knollen worden echter weer niet zo snel beschadigd, doordat dan blijkbaar de elasticiteit van de celwanden een rol gaat spelen. Anderzijds worden de knollen die onder extreem vochtige omstandigheden in de grond zitten ook weer erg blauwgevoelig, blijkbaar omdat de weefselspanning te groot is.

Drukplekken

Eén van de consequenties van de moderne wijze van bewaren met storthoogten van 3,50 à 4,00 m is het optreden van drukplekken. De

Fig. 3.13 Drukplekken

afwijking bestaat hierin, dat de knollen op de plaatsen waar ze tijdens de opslag tegen elkaar hebben gelegen, afplatten en indeuken (zie fig. 3.13). De indeukingen heten drukplekken, vanwege de druk die de aardappelen op elkaar uitoefenen.

Het vlees onder een drukplek is zachter en wat minder gemakkelijk te snijden.
Direct na het leeghalen van de cel zullen we zelden een verkleuring onder de drukplek vinden. De kleinere drukplekken zijn na enkele dagen vrijwel geheel en de diepere indeukingen ten dele verdwenen. Het weefsel onder zo'n drukplek is, al naar de ernst van de afwijking, min of meer vervormd en beschadigd. In ernstige gevallen treedt een samenkitting van de zetmeelkorrels op. Als de druk bij het leeghalen van de cellen wordt weggenomen, veert het weefsel ten dele terug. Hierdoor ontstaan bij de zware drukplekken kleine holten in het weefsel. Het vervormde en soms beschadigde weefsel is bijzonder gevoelig voor vallen en stoten. Soms kunnen we dan ook al snel na het sorteren een blauwgrijze verkleuring onder de drukplekken aantreffen. Het is juist deze eigenschap, de grote gevoeligheid voor blauw, die de drukplekken tot zo'n gevreesde afwijking maakt. Dat we slechts in weinig gevallen al bij het leeghalen van de cel een verkleuring onder een drukplek kunnen vinden, moeten we waarschijnlijk toeschrijven aan het feit, dat door de druk alle lucht, dus ook de zuurstof, uit het weefsel gedrukt is. Na het verdwijnen van de druk en het eventueel ontstaan van holten kan de lucht wel weer toetreden en kan de verkleuring ontstaan.
Ook de gewichtsverliezen spelen een belangrijke rol bij het ontstaan van drukplekken. Doordat onderin de cel niet alleen de grootste druk optreedt, maar ook de gewichtsverliezen het grootst zijn, is het duidelijk dat we door deze combinatie vooral in de onderste meter van de cel dikwijls zeer veel knollen met drukplekken aantreffen.
Behalve rasverschillen zijn er overigens ook duidelijke jaarverschillen aan te wijzen. Na droge zomers of na veel ventileren treedt deze afwijking meer op de voorgrond. In het algemeen heeft men bij pootgoed meer last van deze afwijking (vaak al in oktober-november) dan bij de beter afgerijpte consumptie-aardappelen; daar komen we de problemen met drukplekken meestal pas in maart of later tegen.
De verkleuring onder de drukplekken houdt ook verband met de blauwgevoeligheid van de partij. Bij consumptie-aardappelen kunnen we stellen dat vanaf april meestal een groot deel van het dán gevonden blauw afkomstig is van drukplekken.

Tegengaan van drukplekken

Om deze afwijking te voorkomen zouden we o.a. de storthoogte moeten

verlagen. Maar dat is natuurlijk niet praktisch. Het is beter om uit te gaan van goed afgeharde knollen bij de oogst, in principe zo weinig mogelijk te ventileren en dan alleen nog maar bij hoge luchtvochtigheid. Daarbij moeten we de knollen voorzichtig sorteren en transporteren bij niet te lage knoltemperaturen.
Bij bewaring in kisten hebben we onder vergelijkbare omstandigheden uiteraard minder last van drukplekken, omdat de storthoogte maar ca. 1 m is.

Glazigheid (doorwas)

Tijdens het groeiseizoen kan er bij langdurig droog, warm weer doorwas optreden. Als gevolg van de hoge grondtemperatuur gaan de knollen kiemen en er kunnen dan diverse vormen van doorwas ontstaan. De mate waarin doorwas optreedt hangt af van het tijdstip en de lengte (intensiteit) van de warmteperiode. Een curieuze vorm van doorwas zien we in fig. 3.14 (oogst 1983).

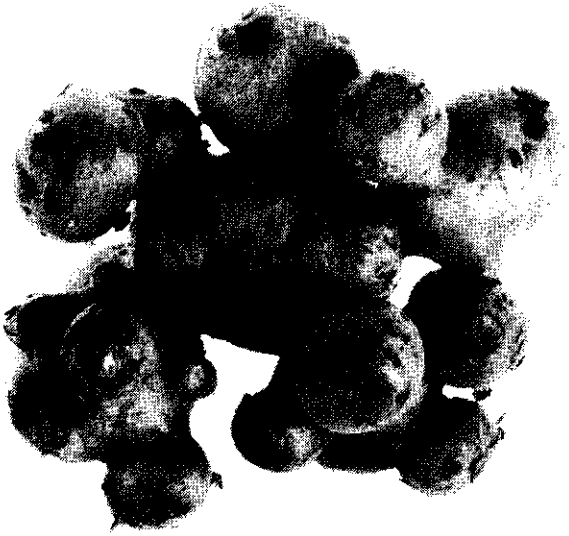


Fig. 3.14 Doorwas

Eén van de vormen van doorwas is het ontstaan van secundaire knollen, gevormd aan de kiem van de eerstgevormde (primaire) knol. Dergelijke secundaire knolletjes worden vooral gevormd als er na een hitteperiode afkoeling optreedt en er dan een flinke hoeveelheid regen valt.
De primaire knol geeft de in het loof gevormde 'voeding' (assimilaten)

door aan de nieuwe knol. Wanneer echer het loof getrokken of doodgespoten wordt, vervalt die mogelijkheid. Maar dan gaat de secundaire knol, indien die nog onvoldoende is afgerijpt, 'voeding' onttrekken aan de eerstgevormde knol.
Het droge-stofgehalte van deze 'oude' knol gaat daardoor omlaag, wat op den duur zichtbaar wordt door het z.g. glazig-worden van een deel van de knol. In de cellen van het glazige gedeelte komt vrijwel geen zetmeel meer voor; de cellen zijn alleen gevuld met celvocht. Bij een begin van glazigheid bespeuren we aan het naveleinde, of soms nog maar alleen langs een klein deel van de vaatbundelring nabij het naveleinde, de typische lichtgroene/glazige tint. Deze glazigheid begint dus aan het naveleinde en wordt steeds duidelijker zichtbaar. Tenslotte kan de gehele knol glazig of voos worden (zie fig. 3.15).

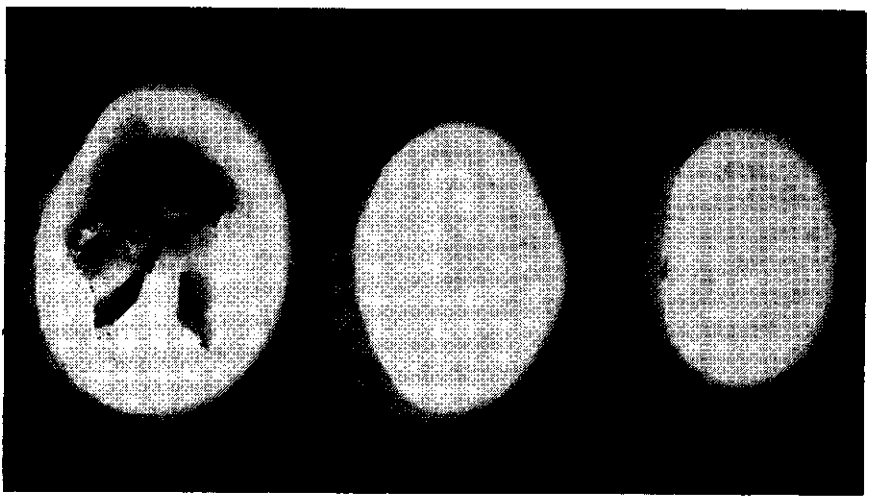


Fig. 3.15 Glazigheid

Zolang het gewas nog groen is, treffen we slechts zelden glazige knollen aan. In het algemeen begint de glazigheid na de loofvernietiging. Bij het rooien stopt het proces, doordat de band tussen de oude en de nieuwe knol verbroken wordt.
Om de glazigheid te beperken moet de periode tussen doodspuiten en rooien dus zo kort mogelijk zijn. Het is echter zeer moeilijk een algemeen advies te geven óf en wannéér we tot doodspuiten moeten overgaan. Dit hangt af van het tijdstip, de opbrengstverwachting en de mate van doorwas. Het is wel duidelijk dat rooien kort na het doodspuiten inhoudt, dat een deel van de knollen (de nieuw gevormde) nog weinig of niet is afgehard, met alle consequenties van dien (ontvellingen, grote gewichtsverliezen).

Waterzakken

Tijdens de bewaring gaat de glazigheid van de knollen in het algemeen niet verder. Uit de sterk glazige of ten dele voze knollen kunnen zich echter tijdens de eerste weken van de bewaring de z.g. waterzakken ontwikkelen. De gehele knolinhoud is dan een waterachtige substantie, bijeengehouden door de schil. Indien er druk op deze knollen wordt uitgeoefend gaan ze kapot en de onderliggende knollen worden besmeurd. Mede door de aanwezigheid van bacteriën kunnen beschadigde of ontvelde knollen dan gaan rotten. Wanneer we bij de oogst geconstateerd hebben dat er sterk glazige knollen of zelfs waterzakken in de partij voorkomen, dan zullen we door droogblazen, en ook daarna door meer dan normaal te ventileren, moeten trachten de partij droog te houden. Onder extreme omstandigheden (aanwezigheid van veel grond en waterzakken) kan het verantwoord zijn deze lucht enigszins op te warmen. Omdat bij hogere temperaturen ook de omstandigheden voor secundaire bacterie-aantasting gunstiger worden, moeten we de lucht met niet meer dan 5 graden opwarmen.
We zullen hierbij een extra gewichtsverlies voor lief moeten nemen. Om deze extra verliezen zoveel mogelijk te beperken, kunnen we dergelijke partijen, zodra ze goed droog zijn, maar het beste zo snel mogelijk afzetten.
In verband met het optreden van rot moeten we uitgaan van een koele bewaring (temperaturen 4 à 7 °C) en aan het eind van de bewaarperiode moeten we de aardappelen niet te sterk opwarmen. Omdat de blauwgevoeligheid van dergelijke partijen in het algemeen ook niet groot zal zijn, is dat geen ernstig bezwaar.

Zoutwaterbad

Om de minder glazige, maar evenmin consumptie-waardige knollen te verwijderen, moeten we de knollen na het wassen een zoutbad met een soortelijk gewicht van 1,055 - 1,065 laten passeren. De benodigde zoutconcentratie van het bad wordt mede bepaald door het ras en de verlangde zuivering van glazige knollen. Voor Bintjes is een soortelijk gewicht (s.g.) van 1,060 nodig; voor Eigenheimer een s.g. van 1,065 om alle glazige knollen er uit te halen. Om een s.g. van 1,060 te bereiken, hebben we 90 gram (landbouw-)zout nodig per liter vloeistof (zie tabel 3.1). Dringend wordt aanbevolen om het s.g. te meten met een zgn. aerometer. De aerometer moet een schaalbereik hebben van 1,050 tot 1,100. Een monster van 20 kg in de maat > 35 mm is voldoende, mits het monster representatief is voor de partij. Vooraf moeten we de knollen van het monster schoonwassen of anders licht schillen. Voor de zoutoplossing kunnen we het beste een grote plastic bak nemen en het

Tabel 3.1 Benodigde hoeveelheid zout voor zoutwaterbaden

Gram zout per liter oplossing	*Soortelijk gewicht*
31	1,020
38	1,025
45	1,030
52	1,035
60	1,040
68	1,045
75	1,050
83	1,055
90	1,060
98	1,065
105	1,070
113	1,075
121	1,080
129	1,085
137	1,090
145	1,095
153	1,100
161	1,105
168	1,110
176	1,115
184	1,120
192	1,125
200	1,130
208	1,135
216	1,140
229	1,145
241	1,150

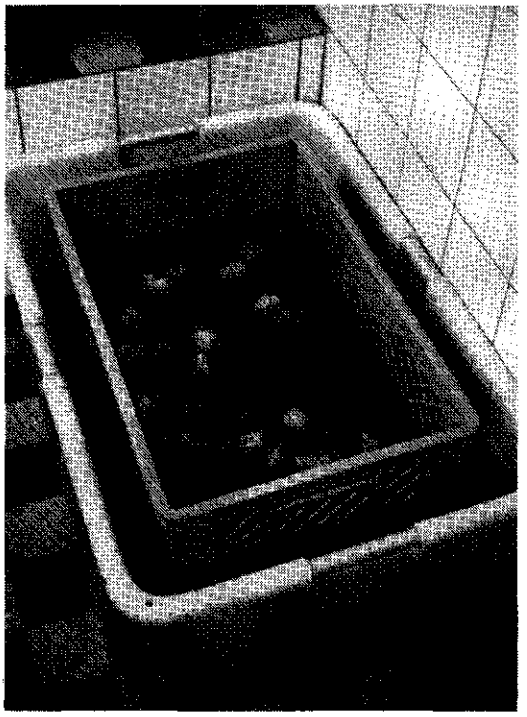


Fig. 3.16 Zoutwaterbad voor bepaling glazigheid

N.B.
Door de laatste drie cijfers van het gewenste s.g. met 1½ te vermenigvuldigen, kan bij goede benadering de toe te voegen hoeveelheid zout per liter oplossing worden berekend:
b.v. 1½ × 040 = 60 gram per liter
1½ × 100 = 150 gram per liter

monster doen we b.v. in een wat kleiner plastic kistje met openingen (zie fig. 3.16). We laten het kistje met de aardappelen dan in de zoutoplossing zakken, waarbij we er wel voor moeten zorgen dat alle glazige knollen de gelegenheid krijgen om te gaan drijven. We moeten daartoe een paar keer schudden. Natuurlijk moet de laag knollen in het kistje niet te dik zijn. De knollen die gaan drijven moeten we nu overlangs doorsnijden en op glazigheid beoordelen.
We moeten erop bedacht zijn dat niet álle drijvers glazig zullen zijn. De niet-glazige drijvers zijn dan secundaire knollen met een laag drogestofgehalte. De kwaliteit van zulke knollen is ook maar zeer matig, zeker voor verwerkingsdoeleinden.

Glazige poters

Ook in pootgoedpercelen kan doorwas voorkomen. Onderzoek en ervaring hebben echter geleerd dat er bij een goede bewaring nauwelijks of geen nadelig effecten zijn te verwachten op de nateelt. Alleen volkomen glazige of voze knollen zijn dan zwakker dan normale poters. Uit pootgoed met licht en matig glazige knollen kunnen normale gewassen groeien. Wel zal een doorwaspartij wat onregelmatiger kiemen. Vooral secundaire knollen zullen een langere kiemrust hebben dan de overige pootaardappelen.

Moederknollen

Vooral bij het rooien van pootgoedpartijen, worden soms vele moederknollen meegeoogst en in de bewaarplaats gebracht. Dit probleem doet zich in toenemende mate voor en vooral in de wat drogere jaren. Voorheen werd de moederknol bij het rooien verwijderd, maar bij de huidige, moderne wijze van rooien gaat het uitrapen van die knollen minder goed. De meeste rooimachines kunnen tegenwoordig echter zodanig aangepast worden, dat uitrapen tijdens het rooien mogelijk is.
Moederknollen kunnen we vergelijken met de waterzakken die we eerder besproken hebben. Na enkele weken bewaring wordt zo'n moederknol kapotgedrukt en de waterige inhoud verspreidt zich over de onderliggende knollen.
Uit bedrijfshygiënisch oogpunt bezien is het beslist noodzakelijk dat we de moederknollen hoe dan ook verwijderen voordat we de aardappelen inschuren.

Zwarte harten

Knollen met zwarte harten vertonen aanvankelijk uitwendig geen enkel symptoom.
Snijden we zo'n knol echter door, dan blijkt het hart van de knol blauw/zwart verkleurd te zijn (zie fig. 3.17). Deze verkleurde plekken zijn scherp begrensd. Dikwijls vinden we dan in het centrum ook een spleetvormige holte. Die holte wordt veroorzaakt door het ineenschrompelen van het afgestorven weefsel. De knollen kunnen nog lange tijd intact blijven, maar op den duur gaan ze tot rotting over.
Zwarte harten worden veroorzaakt door zuurstofgebrek of door een te hoge koolzuurconcentratie. Dit kan gebeuren bij hoge temperaturen of

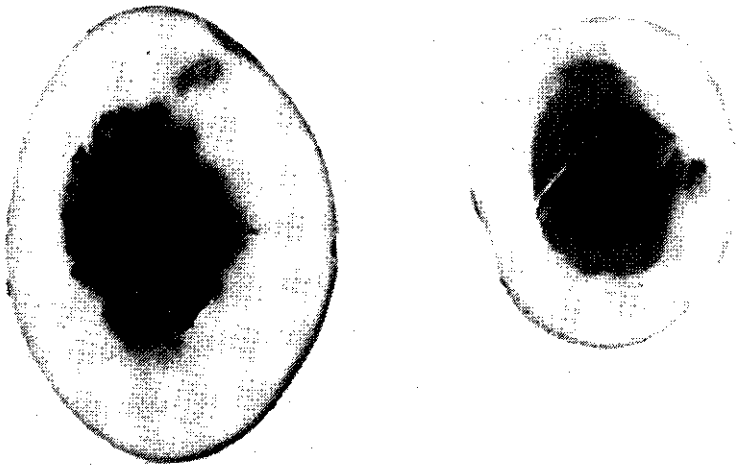


Fig. 3.17 Zwarte harten

onvoldoende luchtverversing. Hoge temperaturen (boven 35 °C) kunnen in de zomer dit gebrek veroorzaken, wanneer de knollen aan een sterke verhitting zijn blootgesteld, b.v. na het rooien.
Daar dergelijke hoge temperaturen in ons land vrijwel niet voorkomen en de moderne wijze van rooien en transport het langdurig blootstellen aan felle zonneschijn verhinderen, zullen zwarte harten in de zomer zelden optreden.

Wèl worden er elk jaar enkele partijen met zwarte harten aangetroffen na opwarming in verband met blauw. Die zwarte harten komen dan voor in de onmiddellijke nabijheid van de ventilator en de luchtkanalen. Dit wijst er op dat de opwarming onverantwoord hoog is geweest. We moeten de lucht dan ook tot niet meer dan 20 à 22 °C opwarmen.
Van onvoldoende luchtverversing kan sprake zijn indien we bij warm weer sterk ontvelde knollen in de bewaarplaats brengen, de bewaarplaats vervolgens snel tot een hoogte van 3 à 4 m vullen en niet direct regelmatig ventileren.
Oude bewaarplaatsen zijn in het algemeen zo weinig luchtdicht of liever gezegd lek, dat er ook na een lange periode van niet-ventileren zelden zuurstofgebrek zal optreden. De moderne, goed geïsoleerde bewaarplaatsen bieden in dit opzicht wat meer gevaar, omdat ze meer luchtdicht zijn.
In volledig mechanisch gekoelde bewaarplaatsen, waar dus constant met intern gekoelde lucht wordt gewerkt, moeten we wel een zekere lucht-

verversing toepassen om deze afwijking te voorkomen. Een luchtverversing van 10 m^3 lucht per ton aardappelen per etmaal is al voldoende. Onvoldoende ventilatie in langdurig met plastic afgedekte kuilen of hopen kan eveneens zwarte harten veroorzaken. Het is moeilijk aan te geven bij welk zuurstofgehalte we problemen kunnen krijgen met zwarte harten, omdat dit van diverse factoren afhankelijk is (temperatuur, ademhalingsintensiteit, luchtlekkages en bewaarduur).
Langdurige opslag zonder luchtverversing (b.v. in vorstperioden) kan in redelijk goed gesloten bewaarplaatsen ook voor mensen een gevaar opleveren, doordat het zuurstofgehalte te sterk kan zijn gedaald en het CO_2- gehalte te hoog is opgelopen. Indien we b.v. zouden merken dat een sigaret niet meer wil blijven branden, dan moeten we dit wel als een waarschuwing opvatten.

LITERATUUR

KLUNDERT, C.J.A. VAN DE, 1973. Het scheiden van aardappelen op soortelijk gewicht in een zoutwaterbad. IBVL-mededeling 419.

LANGESLAG, J.J.J., 1984. Bacterieziekten in aardappelen in relatie tot bedrijfshygiëne. Bedrijfsontwikkeling 15 (1984) 2 (februari) 156-159.

LOON, C.D. VAN, 1983. Na doorwas in aardappelen kan glazigheid ontstaan. Boerderij Akkerbouw-68 (1983) 31 augustus 11-AK.

MEIJERS, C.P., 1981. Diseases and defects liable to affect potatoes during storage. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

MEIJERS, C.P., 1981. Protection of produce. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

MEIJERS, C.P., 1983. Bepaal zelf of uw aardappelen glazig zijn. Boerderij-69 (1983) - no. 8 (23 november) 30-31.

MEIJERS, C.P., 1983. Zilverschurft in pootgoed: Benzimidazolen voldoen niet meer. Landbode 31(1983) pg. 15.

MEIJERS, C.P., 1984. Nieuwe middelen voor de bestrijding van zilverschurft en Fusarium. De Pootaardappelwereld 1984 (juli).

MEIJERS, C.P., 1984. Protection of produce. Manuscript voor 2e druk Storage of potatoes.

Hoofdstuk 4

DOEL VAN DE BEWARING EN VEREISTE BEWAARVOORZIENINGEN

Aardappelbewaring vroeger en nu

De koudere en gematigde klimaatzones, waarin ook ons land zich bevindt, hebben in het algemeen slechts één aardappelgroeiseizoen. Dat betekent dat het overgrote deel van de oogst voor kortere of langere duur opgeslagen moet worden, om het gehele jaar door aan de vraag te kunnen voldoen.

Eeuwenlang hebben onze europese voorouders dat opslagprobleem opgelost door de aardappelen na de oogst in kuilen te bewaren. De aardappelen die niet direkt werden geconsumeerd en de pootaardappelen werden in eerste instantie op primitieve wijze ingekuild. Tijdens het rooien verzamelde men de aardappelen in korven of manden, die aan de rand van het veld werden leeggestort. De aardappelhoop die daardoor ontstond werd bedekt met tarwe- of roggestro en later, voordat het koude winterweer aanving, werd daar nog een laag aarde over aangebracht.
De oudste kuilen hadden geen speciale voorzieningen voor de afvoer van ademhalingsprodukten en de aanvoer van verse lucht. In deze kuilen kon wel zo'n 20 à 25 % van de aardappelen verloren gaan door ziekten, vorstschade, rotting door vochtophoping e.d.
De geventileerde kuil betekende een heel belangrijke verbetering ten opzichte van de ongeventileerde kuil. Bij de geventileerde kuil, die nog steeds toegepast wordt voor kortdurende opslag van o.a. zetmeelaardappelen, wordt gebruik gemaakt van topontluchting. Dankzij die ventilatievoorziening kunnen de aardappelen in een geventileerde kuil hoger en breder worden gestort dan in een ongeventileerde kuil. Afgezien nog van de beperkte capaciteit, is de kuilbewaring altijd in het nadeel in vergelijking met bewaring in gebouwen. Bewaring in gebouwen heeft veel meer mogelijkheden om de bewaaromstandigheden onder controle te houden.

De eerste "gebouwen" ontstonden waarschijnlijk reeds voor 1900 in de

Achterhoek. Het bewuste "gebouw" was de aardappelhut (zie fig. 4.1).

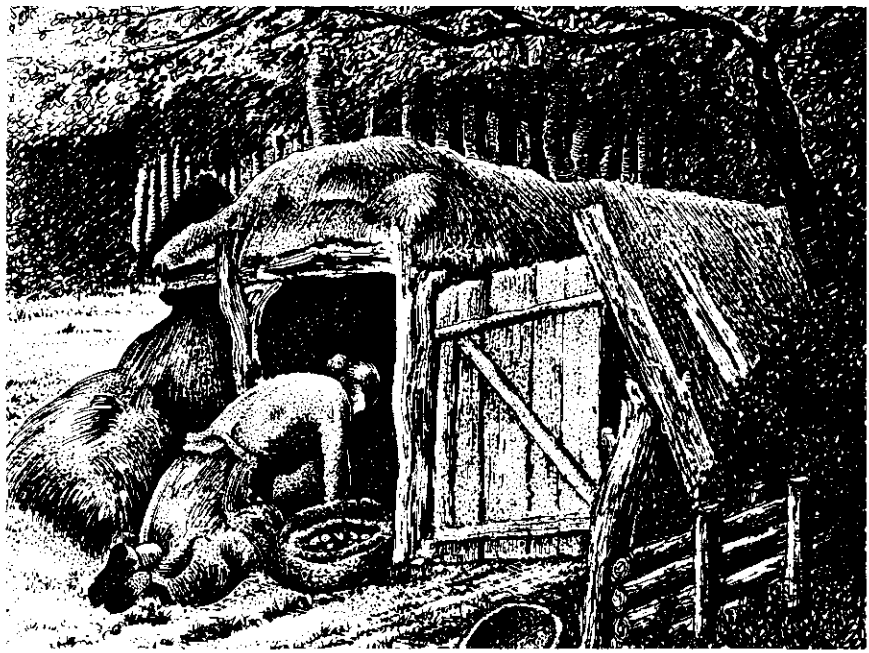


Fig. 4.1 Aardappelhut uit de vorige eeuw (vrij naar F. Witte)

De wanden van de aardappelhut werden opgetrokken van b.v. heideplaggen, tot een hoogte van anderhalve tot twee meter. Het dak werd gemaakt van hakhout of van gebruikt hout. Het geheel werd afgedekt met stro en vlasscheven. Op het zuiden werd een kleine opening in het hout gelaten. In die opening werd soms een deur gehangen en bij erg koud weer werd de opening vorstvrij gemaakt met behulp van mest. Deze aardappelhut was een permanent bewaarplaatsje voor de eigen eetaardappelen van het boerengezin. Derhalve was hij klein van opzet. De toegankelijkheid van deze hut was echter al stukken beter dan die van de kuil. En omdat de aardappelhut gewoon bleef staan, kostte hij ook minder tijd en geld dan de kuil, die ieder jaar opnieuw aangelegd moest worden.

Omstreeks 1920 werden de aardappelhutten veel groter van opzet. Ze werden aangetroffen in de buurt van de grote steden. Het waren vorstvrije hutten, waarin grotere partijen aardappelen opgeslagen werden.

Een andere opmerkelijke vernieuwing in de aardappelbewaring was de ontwikkeling van de glazen poterbewaarplaats, eveneens omstreeks

1920. De diverse pootgoedpartijtjes konden gescheiden in kistjes bewaard worden. De aardappelen konden tijdig voor het poten gereedgemaakt worden en in het voorjaar werden mooie lichtkiemen verkregen.

In 1948 werd in Kerkwijk, bij de coöperatieve pootgoedtelersvereniging "De Bommelerwaard", een met buitenlucht gekoelde bewaarplaats gebouwd (zie fig. 4.2). Het was de eerste in Europa. Onderzoekers van de

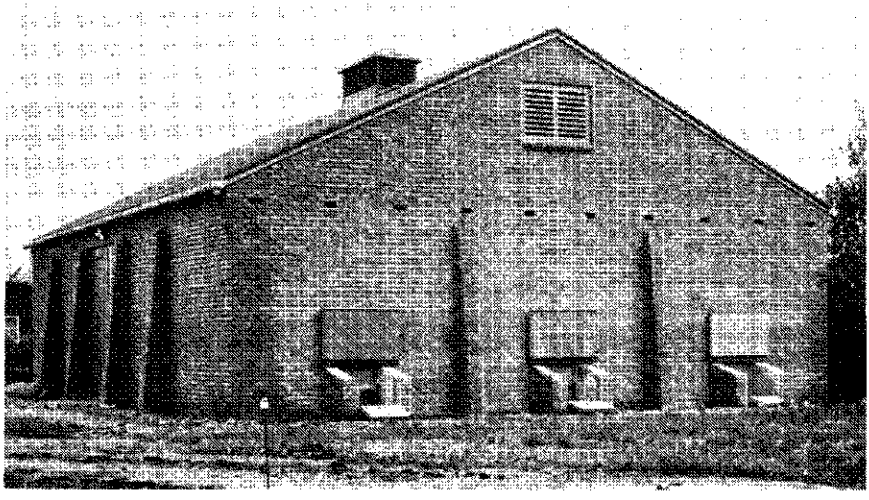


Fig. 4.2 De eerste met buitenlucht gekoelde aardappelbewaarplaats

Commissie voor de Aardappelbewaring (in 1952 Stichting voor Aardappelbewaring; sinds 1956 IBVL) voerden hier bewaarproeven uit. Op grond van de daar behaalde onderzoekresultaten werden in 1950 de eerste aardappelbewaarplaatsen gebouwd met het systeem van buitenluchtkoeling. In 1955 waren er al 1160 stuks, met een gezamenlijke capaciteit van 244.000 ton.
Thans kunnen we in ons land meer dan twee miljoen ton aardappelen in gebouwen opslaan. Ongeveer driekwart van die capaciteit bevindt zich in boerenbewaarplaatsen en de rest in grote, centrale bewaarplaatsen. Bewaareenheden van 6000 ton vormen geen uitzondering meer.

Bewaarvoorzieningen

Het voornaamste doel dat we bij de bewaring van aardappelen nastreven is: de bewaarverliezen zo laag mogelijk te houden of, anders gezegd: de kwaliteit van de aardappelen zo goed mogelijk te behouden. Doelmatig

bewaren betekent dat we de temperatuur van de aardappelen en de relatieve vochtigheid van de lucht in de bewaarruimte kunnen beheersen en het oppervlak van de knollen droog kunnen houden. Deze doelstelling wordt echter beïnvloed door de duur van de bewaarperiode. Met andere woorden: behoeven we onze aardappelen slechts een korte periode te bewaren, dan kunnen we met minder geavanceerde bewaarvoorzieningen toe dan dat we de knollen acht à tien maanden moeten bewaren. Duurt de bewaring niet langer dan drie, hooguit vier maanden, dan kan dat nog wel in een daarvoor geschikt gemaakt gedeelte van een boerderijgebouw. Of, zoals in de Veenkoloniën op grote schaal met zetmeelaardappelen gebeurt, in een moderne kuil.
Moeten we onze aardappelen echter langer dan drie à vier maanden bewaren, dan hebben we daarvoor de volgende voorzieningen nodig:

1) Een geïsoleerd gebouw, om de invloed van het klimaat op de bewaarcondities te beperken.
2) Een koel- resp. opwarmingssysteem om de aardappeltemperatuur op het gewenste niveau te brengen en te handhaven.
3) Een systeem voor het drogen van natte aardappelen; daarvoor wordt vaak het koelsysteem gebruikt.
4) Een systeem voor het beheersen van de luchtvochtigheid in de bewaarruimte. Meestal wordt dit in voldoende mate gerealiseerd door een goede isolatie van het gebouw en een doelmatig koelsysteem.
5) De apparatuur om de voorzieningen 2) t/m 4) doelmatig te kunnen bedienen. Vaak wordt de bediening geheel of gedeeltelijk geautomatiseerd.

Het toezicht en de deskundigheid van de beheerder blijven echter altijd van doorslaggevende betekenis voor het slagen van de bewaring.

Met deze voorzieningen én het vakmanschap van de beheerder moeten de optimale bewaaromstandigheden gerealiseerd worden die voor de diverse bestemmingen van de aardappel gelden. Voor langdurige bewaring van aardappelen kunnen we die 'optimale bewaaromstandigheden' als volgt omschrijven:

a) Bewaartemperatuur

- pootaardappelen		3 à 4 °C
- aardappelen voor vers gebruik		4 à 5 °C
- aardappelen voor verwerking tot	• chips	7 à 10 °C
	• pommes frites	5 à 6 °C
	• gedroogde produkten	6 à 7 °C
- fabrieksaardappelen		6 °C

b) Bij bewaartemperaturen boven 4 °C moeten consumptie-aardappelen met kiemremmingsmiddelen behandeld worden.
c) De relatieve luchtvochtigheid moet in het algemeen zo hoog mogelijk zijn. Een gunstige relatieve vochtigheid van de bewaaratmosfeer is 95% of hoger.
d) De koolzuurconcentratie (CO_2) in de bewaarplaats mag niet voor langere tijd hoger zijn dan één à twee volumeprocenten. De zuurstofconcentratie in de bewaarplaats moet op 20 à 21 volumeprocenten gehouden worden.
e) In het algemeen moeten aardappelen, behalve pootaardappelen gedurende een zekere periode, in een donkere ruimte worden bewaard.

In de volgende hoofdstukken zullen we de vereiste bewaarvoorzieningen nader bespreken.

LITERATUUR

RASTOVSKI, A., 1981. Storage conditions. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.
SCHILD, J.H.W. van der, 1981. History of potato storage. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

Hoofdstuk 5

DE MODERNE AARDAPPELKUIL

De duur van de verwerkingscampagne van de nederlandse aardappelzetmeelindustrie brengt met zich mee, dat de telers van de fabrieksaardappelen een deel van hun oogst tot eind januari/medio februari moeten bewaren.
Voor deze korte bewaring is een moderne kuil ontwikkeld, waarin de aardappelen water- en vorstvrij kunnen worden bewaard. Voor langdurigere opslag dan tot medio februari wordt kuilbewaring niet aanbevolen.
De kuil is eigenlijk een langgerekte dakvormige hoop, die met behulp van natuurlijke trek wordt geventileerd dan wel gekoeld. Bij opslag in een hoop heeft de lucht alleen toegang tot een betrekkelijk dunne laag aardappelen aan het buitenoppervlak van de hoop (kuil). De temperatuur van deze aardappelen zal tamelijk snel gelijk worden aan de temperatuur van de omgeving. De dieper in de hoop gelegen aardappelen hebben geen direct contact met de lucht uit de omgeving, zodat deze aardappelen de ontwikkelde warmte niet direct kunnen afgeven. Dus worden deze knollen opgewarmd. Door de zelfopwarming wordt de temperatuur van de dieper in de hoop gelegen aardappelen en die van de lucht die daartussen zit altijd hoger dan de omgevingstemperatuur.

Natuurlijke trek

Met de temperatuur verandert echter ook het soortelijk gewicht (de zwaarte) van de lucht. Het soortelijk gewicht van de warmere lucht in de hoop wordt namelijk lager dan dat van de koudere omgevingslucht. Door dit verschil treedt het bekende schoorsteeneffect op. De lichte, warmere lucht stijgt dan namelijk op, waardoor de koude, zwaardere lucht kan toestromen.
In figuur 5.1 is dit schematisch weergegeven. Het temperatuurverschil

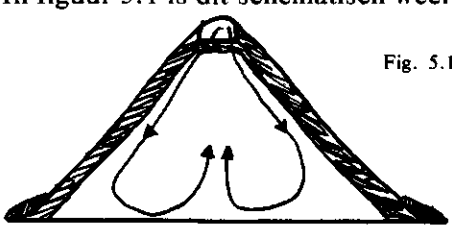


Fig. 5.1 Luchtstroming door natuurlijke trek in een kuil

tussen de hoop en de omgeving heeft dus ventilatie tot gevolg. Deze wijze van ventilatie noemen we natuurlijke trek of vrije convectie. Een niet-geforceerd geventileerde hoop wordt op deze wijze toch voortdurend door natuurlijke trek, resp. vrije convectie geventileerd. Daardoor worden ook de aardappelen dieper in de hoop gekoeld met lucht uit de omgeving. Dit gaat des te beter naarmate de afmetingen van de hoop niet te groot zijn en de weerstand tegen luchtcirculatie kleiner is.
De bewaaromstandigheden in een kuil kunnen we natuurlijk minder goed beheersen dan in een bewaarruimte met geforceerde ventilatie. Maar gedurende een korte periode, van half oktober tot eind februari, kunnen we de beter bewaarbare rassen en partijen fabrieksaardappelen met succes in een dergelijke kuil bewaren.
Figuur 5.2 laat schematisch de opbouw van een moderne aardappelkuil zien.

Aanleg van de kuil

Om de natuurlijke trek te bevorderen moeten we de kuil bij voorkeur in oost-west richting aanleggen. Eveneens met het oog op het stimuleren van natuurlijke trek, moeten we de kuilen niet al te groot maken. We gaan daarom uit van een breedte aan de voet van ca. 5 m, een tophoogte van ca. 1,70 m en een lengte van ca. 25 m; de omtrek (op dwarsdoorsnede) van zo'n kuil is 6 à 6½ m. Een dakvormige hoop van deze afmetingen ontstaat bij normale afstort uit kippers waarmee de aardappelen van het veld komen. Per strekkende meter kunnen we in deze kuil rond 3000 kg veldgewas bergen. Grondtarra moeten we zoveel mogelijk vermijden. Veel grond aan en tussen de aardappelen beperkt de luchtcirculatie tijdens de bewaring.
Voor vorst- en regenwering dekken we de kuilen af met stro en plastic. Bij bewaring tot half december kunnen we volstaan met ca. 5 kg stro per m^2 buitenoppervlak, maar voor bewaring tot in februari moeten we ca. 9 kg stro per m^2 gebruiken.

Om de natuurlijke trek te bevorderen voorzien we de kuil van topontluchting in de vorm van een rooster. We gebruiken geen bovengronds luchtkanaal.
Onder het toprooster en aan de voet van de kuil moet een extra dikke laag stro komen. Dan plaatsen we de halfronde luchtroosters op de top van de kuil. Met draad of touw koppelen we de roosters aan elkaar. Over de laatste 1 à 1,5 m van de beide kopeinden leggen we een extra stukje plastic tussen het stro en het toprooster en wel zodanig, dat het ook nog enigszins over de helling van het kopeind naar beneden hangt. Op die

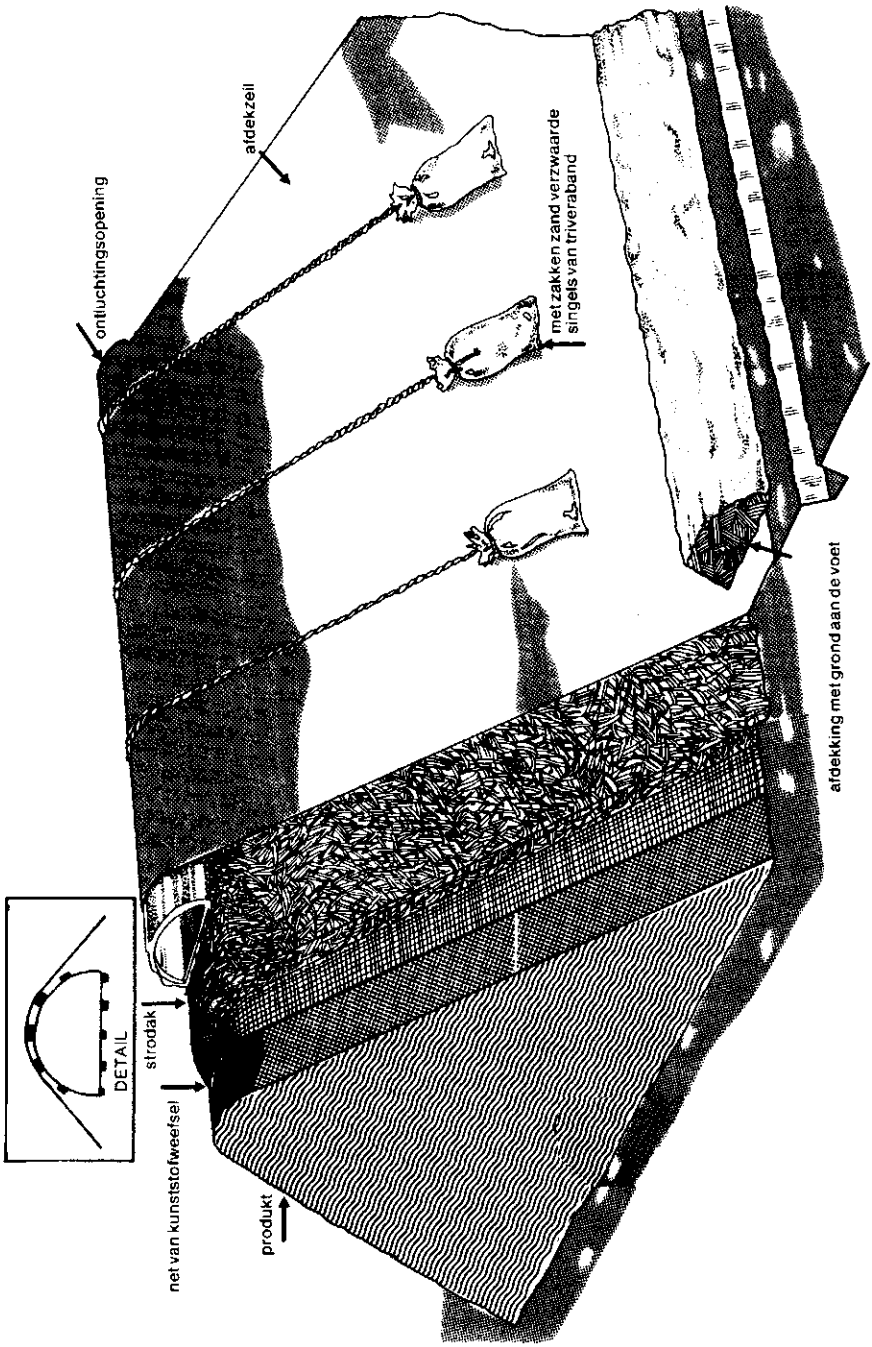
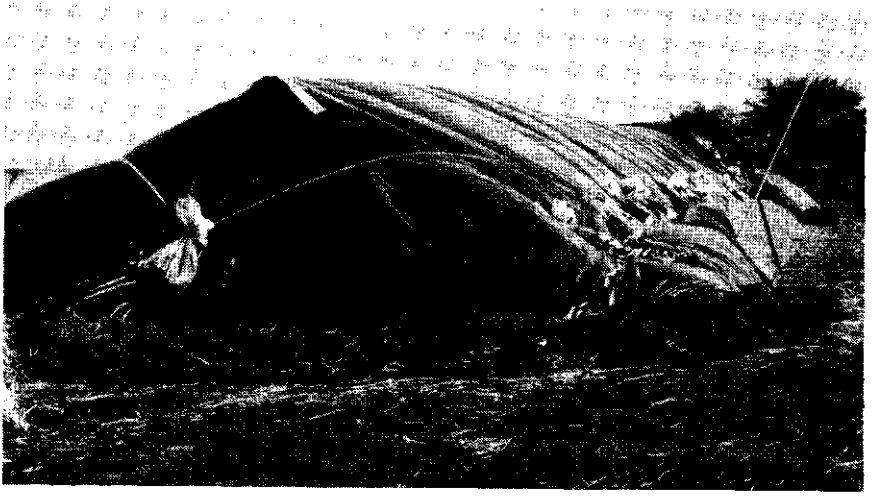


Fig. 5.2 Opbouw van een moderne aardappelkuil

manier voorkomen we dat de aardappelen op deze min of meer kwetsbare plaatsen in contact komen met eventueel zeer koude instromende lucht. Vervolgens brengen we de afdekzeilen aan. Eerst gebruikt zeil van het vorige seizoen en daar overheen een nieuw. We kunnen hiervoor een zwart polyethyleen (PE) folie gebruiken, met een dikte van 0,15 mm en een breedte van 9 m. Bij de definitieve afdekking van de voet van de kuil brengen we tussen de twee afdekzeilen, over de onderste meter van de helling, wat stro aan. Verpakt tussen de twee lagen plastic blijft het stro droog en het houdt een zekere isolerende waarde. We doen dat omdat de hoeveelheid produkt -en dus de warmteproduktie - ten opzichte van het buitenoppervlak aan de voet van de kuil het kleinst is en daardoor eerder vorstschade kan oplopen.
Om de plastic afdekking minder windgevoelig te maken, plaatsen we over de top van de kuil om de 1 à 1,5 m singels van treviraband, die aan de uiteinden zijn verzwaard met plastic zakken die met zand gevuld zijn, of met autobanden. Dan trekken we het plastic strak, door rondom de gehele voet van de kuil grond op het plastic te gooien. Als we dat met de schop of de ploeg doen, ontstaat er automatisch een voor om de kuil heen voor afvoer van regenwater. Vervolgens maken we aan beide kopeinden van de kuil een halfronde insnijding in het plastic, en wel zodanig dat het toprooster er doorheen steekt. De warme lucht uit de kuil kan nu ontwijken. De halfronde plastic flappen die door de insnijding zijn ontstaan vouwen we zodanig terug, dat ze tussen het met een los stukje plastic bedekte stro op het kopeind en de onderkant van het rooster komen te zitten. Tenslotte plakken we de doorsteek van het toprooster af met plakband. In figuur 5.3 zien we een kant-en-klare kuil.

Fig. 5.3 Kant-en-klare aardappelkuil



Is het ten tijde van de kuilaanleg droog weer, met nachttemperaturen boven de 5 °C, dan kunnen we het best een paar dagen wachten met afdekken. De aardappelen drogen dan uiteraard sneller.

Ligplaats

Het is van belang dat we een goede, niet al te beschutte ligplaats voor de kuil kiezen, bij voorkeur in oost-west-richting. De kuil moet goed bereikbaar zijn voor zwaarder transport, voor het verladen in de winter. De kuil dient ook dusdanig hoog te liggen dat we geen hinder ondervinden van grondwater of van elders opkomend oppervlaktewater. We moeten tijdens het afstorten ook voorkomen dat er onder de kuil diepe rijsporen ontstaan.

Tijdens de bewaring

Zowel in zachte als in strenge winters waarborgt de kuil met alleen topontluchting (dus zonder bovengronds luchtkanaal) een veilig temperatuurniveau.
Voor fabrieksaardappelen ligt de optimale bewaartemperatuur rond 6 °C. De topontluchting behoeven we alleen bij strenge vorst af te sluiten.
Het is vanzelfsprekend heel belangrijk dat we het afdekzeil regelmatig op beschadigingen controleren.

Bij bewaring tot eind januari/half februari behoeven we in de regel geen kiemremmingsmiddelen toe te passen. Bij bewaring van fabrieksaardappelen is het gebruik van kiemremmingsmiddelen trouwens niet toegestaan.

Bewaarverliezen

Bij kortdurende bewaring, dus van half oktober tot half december, moeten we rekenen op anderhalf tot twee procent gewichtsverliezen, twee tot vier procent verlies aan uitbetalingsgewicht en twee tot vier procent zetmeelverlies.
Bewaren we de aardappelen van half oktober tot half februari, dan moeten we rekenen op gewichtsverliezen van 2,5 à 3,5 procent, een verlies aan uitbetalingsgewicht van drie tot vijf procent en een zetmeelverlies van drie tot vijf procent.

Indien er geen calamiteiten optreden, zullen de zetmeelverliezen in dezelfde orde van grootte liggen als de verliezen aan uitbetalingsgewicht. Vooral bij aardappeltemperaturen onder de 3 à 4 °C, moeten we echter rekening houden met grotere zetmeelverliezen, als gevolg van ongewenste omzetting van zetmeel in suikers. Dit verlaagt het rendement van dergelijke partijen aardappelen in de zetmeelfabriek en dat vormt indirect ook een nadeel voor de teler. Het is dus belangrijk dat we de aardappeltemperatuur tijdens de bewaring niet tot zulke lage waarden laten dalen. We moeten dus attent blijven op een goede afdekking en een tijdige afsluiting van de ventilatie-openingen.

LITERATUUR

HAK, P.S., 1983. Principe van kuilbewaring. Bedrijfsontwikkeling 14 (1983) 10 (oktober) 795-798

HAK, P.S., 1983. Kuilbewaring van fabrieksaardappelen, suikerbieten, rode bieten, schorseneren en winterpeen. Bedrijfsontwikkeling 14 (1983) 10 (oktober) 799-801

HAK, P.S. en P. PLIEGER, 1982. Bewaring van fabrieksaardappelen in kuilen. Informa oktober 1982 (IBVL-Publikatie 351)

HAK, P.S. en P. PLIEGER, 1984. Fabrieksaardappelen goed en goedkoop in te kuilen. Boerderij/Akkerbouw - 69(1984) - 10 oktober. 18-21 AK

Hoofdstuk 6

UITVOERING VAN AARDAPPELBEWAARPLAATSEN

Aardappelbewaarplaatsen zijn er in vele constructie-uitvoeringen en evenzovele bouwwijzen. Er zijn kleine en grote, variërend van 20 ton tot 10.000 ton of meer; er zijn er met platte daken en er zijn er met puntdaken; er zijn ouderwetse bewaarplaatsen en er zijn moderne bouwsels en regelmatig schuiven er weer modernere ontwerpen van de tekentafels af. Hiermede wil maar gezegd zijn dat het niet mogelijk is een overal toepasbare en op de enig juiste manier gebouwde bewaarplaats uit de doeken te doen. Elke bewaarplaats moet in feite 'op maat' worden ontworpen. Wat we wèl kunnen doen, is de eisen onder elkaar zetten waaraan de constructie van een bewaarplaats en van de afzonderlijke constructiedelen moet voldoen.

Uitvoeringseisen

Een aardappelbewaarplaats moet aan de volgende specifieke eisen voldoen:

1) De bewaaromstandigheden moeten beheerst kunnen worden. Afhankelijk van de bestemming van de aardappelen, varieert de gewenste bewaartemperatuur tussen 3 en 10 °C, terwijl bij het opwarmen van de aardappelen een temperatuur van 15 à 20 °C gerealiseerd moet worden. De gewenste relatieve luchtvochtigheid in de bewaarruimte bedraagt 90 à 100 %. De aardappelen moeten gedurende de gehele bewaarperiode droog blijven.
   Om aan deze eisen te kunnen voldoen, moet de bewaarplaats zo goed mogelijk luchtdicht en goed geïsoleerd zijn.
2) De constructie moet alle mechanische belastingen van de aardappelen en van machines en transportmiddelen kunnen opnemen.
3) Werkzaamheden zoals aan- en afvoer van de aardappelen en vullen en leeghalen van de bewaarplaats moeten gemakkelijk en efficiënt uitgevoerd kunnen worden. Daarbij moet rekening gehouden worden met de mechanisatie die daarvoor nodig is. Eventueel moet er ook ruimte beschikbaar zijn voor bewerking van de aardappelen vóór de afzet, b.v. schoonmaken, sorteren, verpakken enz.

4) De bewaarplaats moet groot genoeg zijn om de gewenste hoeveelheid aardappelen te kunnen bevatten en hij moet zijn aangepast aan de gekozen opslagmethode.

We zullen nu eerst de meest voorkomende opslagmethoden bespreken én de consequenties van die methoden voor het ontwerp van de bewaarplaats.

Opslagmethoden

De meest voorkomende methoden voor opslag van aardappelen zijn:
- losgestort
- in kisten
- in zakken.

De massa van een bepaald volume aardappelen is altijd gelijk. Die massa bedraagt 650 à 700 kg per m^3. Het benodigde nuttige volume is dan gemiddeld 1,5 m^3 per ton aardappelen. De volumemassa van de aardappelen bepaalt ook de verticale druk. Per meter storthoogte bedraagt de verticale druk dus 650 à 700 kg per m^2. Deze druk werkt beperkend op de storthoogte van de aardappelen. De onderste knollen in een hoop moeten immers de totale druk van de daarop liggende aardappelen opnemen. Hoge druk veroorzaakt beschadigingen, de zgn. drukplekken. Om het optreden van drukplekken binnen aanvaardbare grenzen te houden, moeten we de storthoogte dan ook tot 3 à 4 meter beperken.

De hoeveelheid aardappelen die we per m^2 kunnen opslaan, kunnen we met het volgende sommetje berekenen:

$$\text{hoeveelheid aardappelen in tonnen per } m^2 = \frac{\text{storthoogte}}{1{,}5}$$

Bij 3 meter storthoogte kunnen we dus 2 ton aardappelen per m^2 opslaan en bij 4 meter storthoogte 2,67 ton.

Met een ander sommetje kunnen we het benodigde vloeroppervlak berekenen voor een bepaalde hoeveelheid te bewaren aardappelen. Dat doen we als volgt:

$$\text{benodigde vloeroppervlak in } m^2 = \frac{\text{hoeveelheid aardappelen in tonnen} \times 1{,}5}{\text{storthoogte}}$$

Voor 1000 ton aardappelen, die we 3 meter hoog storten hebben we dus $\frac{1000 \times 1{,}5}{3} = 500$ m^2 vloeroppervlak nodig.

Die 500 m^2 is netto "bewaaroppervlak"; daarnaast hebben we natuurlijk vloeroppervlak nodig voor de centrale ventilatiegang, inbrengruimte enz.

De volumemassa van aardappelen in zakken is kleiner dan in het geval

van losgestorte bewaring, omdat er tussen de zakken vrije ruimte overblijft. Bij opslag in zakken rekenen we daarom met een volumemassa van 500 à 550 kg/m³ of met een volume van 1,8 m³/t aardappelen. Voor opslag van 1000 ton aardappelen in zakken, bij een stapelhoogte van 3m, hebben we dus $\frac{1000 \times 1{,}8}{3} = 600$ m² netto vloeroppervlak nodig.

Vergeleken met losgestorte opslag worden het volume en het vloeroppervlak van de bewaarplaats bij opslag in zakken 20 % groter.

Bewaren we de aardappelen in kisten, dan wordt de volumemassa van de stapel bepaald door de uitvoering van de kist en door de manier waarop we de kisten stapelen (zie fig. 6.1). In ons land worden meestal kisten met

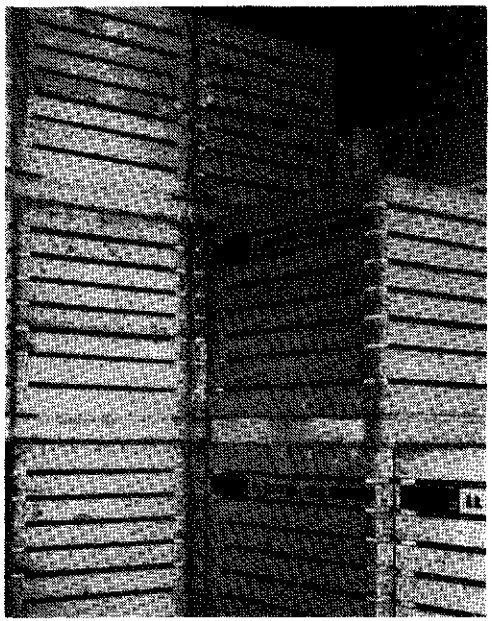


Fig. 6.1 Kistenstapel

een inhoud van 1 ton aardappelen gebruikt. De standaardmaten van zo'n tons-kist, inclusief de pallet, zijn: 1,39 m lang × 1,09 m breed × 1,24 m hoog. De volumemassa van de aardappelen per kist is dus 530 kg/m³. Nu blijft er bij stapeling van kisten altijd vrije ruimte tussen de kisten over. Daardoor wordt de volumemassa van de aardappelen in een stapel kisten nog lager. Bij opslag van aardappelen in een dichte stapel kisten moeten we dan ook rekenen met een gemiddelde volumemassa van 500 kg/m³.

Omdat de druk op de aardappelen bij opslag in kisten uitsluitend bepaald wordt door de hoogte van de kist, vormt het risico van drukplekken geen beperkende factor voor de hoogte van een kistenstapel. De kisten kunnen dus vijf of zes stuks hoog worden opgestapeld. Bij vijf kisten hoog

kunnen we per m^2 vloeroppervlak 3,1 ton aardappelen opslaan en bij zes kisten hoog zelfs 3,7 t/m^2. Het volume van een kistenstapel is echter altijd 35 % groter dan dat van dezelfde hoeveelheid losgestorte aardappelen. Bij een zelfde vloeroppervlak wordt de hoogte van de stapel kisten dus groter dan de hoogte van dezelfde hoeveelheid losgestorte aardappelen.
De hoogte van de bewaarruimte moet altijd groter zijn dan de stort- of stapelhoogte. Boven de hoop of stapel hebben we vrije ruimte nodig voor het vullen van de bewaarplaats dan wel voor het stapelen van de kisten of zakken tot de gewenste hoogte, en voor controle van de aardappelen. Bovendien is die vrije ruimte noodzakelijk om tijdens het drogen of koelen van de aardappelen luchtcirculatie mogelijk te maken. Deze vrije ruimte moet tenminste een halve meter hoog zijn, maar het is best mogelijk dat hij 1 à 1,5 m hoger moet worden. Dat hangt af van de aard van de werktuigen die we gebruiken voor het vullen van de bewaarplaats, van de eventuele plaatsing van koelapparatuur en van de eisen die we stellen aan de mogelijkheid de aardappelen te inspecteren.

ONTWERP EN GROOTTE VAN DE BEWAARPLAATS

Ontwerp en grootte van de bewaarplaats zijn van een aantal zaken afhankelijk. In de eerste plaats van de hoeveelheid aardappelen die we willen bewaren. Daarbij speelt dan weer een rol hoe ons afzetpatroon in elkaar zit. In de tweede plaats hebben we te maken met de soort aardappelen die we moeten bewaren. Zijn dat consumptie-aardappelen, dan moeten we de verschillende rassen gescheiden kunnen opslaan. Bewaren we pootaardappelen, dan hebben we veelal met een groter aantal kleinere partijtjes te doen. Fabrieksaardappelen daarentegen kunnen we gewoon op één hoop opslaan. De derde belangrijke faktor is de opslagmethode die we gekozen hebben. Bij losgestorte bewaring kunnen we b.v. alleen aardappelen van hetzelfde ras in één hoop bewaren. Daarbij moeten we in acht nemen dat ook de kwaliteit van de opgeslagen partijen aardappelen nagenoeg gelijkwaardig moet zijn. Een kleine partij slechte aardappelen, vooral aardappelen die zwaar besmet zijn met ziekten, kan ook in de naastgelegen goede aardappelen grote verliezen veroorzaken. Begint zo'n partij te rotten, dan moet die zo snel mogelijk uit de bewaarplaats verwijderd worden. Als deze partij zich in het midden van de hoop bevindt, dan moeten we de bewaarruimte minstens voor de helft leeghalen. Zoiets kan tot flinke verliesposten leiden, die groter zijn naarmate de bewaarplaats groter is. Bij bewaring in kisten of zakken speelt dit probleem uiteraard een veel minder belangrijke rol. Daar hebben we immers ruimte om met een vorkheftruck te manoeuvreren. Alle partijen

moeten dus afzonderlijk bereikbaar zijn.

Een punt dat nog apart de aandacht verdient is de opslag van pootaardappelen.
Ook pootaardappelen kunnen losgestort worden bewaard in donkere, geïsoleerde en geventileerde bewaarplaatsen. Van jaar tot jaar neemt echter het aantal rassen bij de pootaardappelteelt toe. Het gevolg daarvan is dat op de meeste pootgoedbedrijven twee of meer rassen worden geteeld. Bewaarplaatsen voor pootaardappelen worden daarom door middel van vaste wanden in een aantal cellen verdeeld.

ISOLATIE VAN DE BEWAARPLAATS

Een belangrijke eis die we aan de uitvoering van een aardappelbewaarplaats stellen is dat hij voldoende geïsoleerd is. Isolatie van een bewaarplaats is een eerste vereiste om de bewaaromstandigheden te kunnen beheersen.
Welke doelen dienen we eigenlijk met het isoleren van een aardappelbewaarplaats? Wel, ten eerste beperking van de warmte-overdracht tussen de bewaarruimte en de omgeving. En daardoor ook voorkóming dan wel beperking van condensatie op de wanden en het dak dan wel het plafond van de bewaarplaats tijdens perioden met lage omgevingstemperaturen. Het nut van goed isoleren zal duidelijk worden indien we de gevolgen van slecht isoleren onder elkaar zetten.
Indien wanden en dak van een aardappelbewaarplaats slecht geïsoleerd zijn, dan vindt er een intensieve warmtewisseling plaats tussen de bewaarruimte en de omgeving. Dat houdt in dat er in perioden met lage omgevingstemperaturen veel warmte door de constructie heen uit de bewaarruimte wordt afgevoerd. Wordt er nu meer warmte afgevoerd dan de aardappelen bij een bepaalde temperatuur kunnen ontwikkelen, dan zal de temperatuur van de aardappelen gaan dalen. In extreme gevallen zal de temperatuur van de aardappelen die tegen de wand liggen zelfs tot het vriespunt kunnen dalen. Nu zijn bevroren aardappelen niet bruikbaar, dus zouden we de bewaarruimte extra moeten verwarmen om deze temperatuurdaling te voorkomen.
Afgezien van het gevaar van te lage knoltemperaturen of zelfs contactbevriezing, treedt er in onvoldoende geïsoleerde bewaarruimten aan te koude oppervlakken van aardappelen en bewaarplaats ook condens op. Als b.v. de temperatuur van de wanden of het dak zo laag wordt dat de lucht bij die temperatuur de aanwezige hoeveelheid vocht niet meer in de vorm van waterdamp kan bevatten, dan treedt er condensatie op aan de wanden dan wel aan het dak of plafond. Deze condens kan grote ver-

liezen in de aardappelen veroorzaken. Want de condensdruppels vallen neer op een grote massa opgeslagen aardappelen. De aardappelen worden nat en de nare gevolgen daarvan behoeven we niet verder uit de doeken te doen. Daarnaast daalt de relatieve vochtigheid van de lucht boven de aardappelen, doordat de aardappelen de lucht weer opwarmen. De lucht kan dan dus weer vocht uit de aardappelen opnemen en dat vocht bovenin de bewaarruimte aan dak of plafond weer afstaan. De condensdruppels die van dak of plafond vallen zijn dus in feite afkomstig van water dat aan de aardappelen onttrokken is, en dat betekent: gewichtsverlies.
Zouden de omgevingstemperaturen hoog zijn, dan wordt er aan slecht geïsoleerde bewaarruimten veel warmte toegevoerd. Er zal dan geen condensatie optreden aan die onvoldoende geïsoleerde wanden en daken. Maar er zal wel meer warmte moeten worden afgevoerd, om de bewaartemperatuur op het gewenste niveau te houden. En aangezien het waterverlies van aardappelen in hoge mate afhankelijk is van de hoeveelheid af te voeren warmte, zullen de gewichtsverliezen daardoor ook hoger worden. De isolatie beïnvloedt dus niet alleen de kapitaalsinvestering voor de bewaarplaats, maar ook de hoogte van de verliezen aan opgeslagen aardappelen.

Isolatiewaarde

Bij het isoleren van een aardappelbewaarplaats moeten we als uitgangspunt nemen dat we altijd de gewenste bewaartemperatuur moeten kunnen handhaven. Ook bij extreem hoge dan wel lage buitentemperaturen. Dus bij een bewaartemperatuur van b.v. 5 °C mag het warmteverlies door wanden, dak of plafond, deuren en vloeren, inclusief de afvoer van warmte ter bestrijding van condensatie, niet groter zijn dan de hoeveelheid warmte die de aardappelen zelf ontwikkelen; ook niet bij de laagst voorkomende buitentemperaturen.
Dit betekent dat wanden, dak en /of plafond van een aardappelbewaarplaats een isolatiewaarde moeten hebben van k = 0,3 W/m².K. (Deze k-waarde, uitgedrukt in W/m².K, is een warmtedoorgangscoëfficiënt, die aangeeft hoeveel warmte in Watts door één m² wand-, dak- of vloeroppervlak verdwijnt bij een temperatuurverschil van één graad Kelvin.) De vloer van een aardappelbewaarplaats wordt meestal niet geïsoleerd. Maar voor bewaarplaatsen waar produkten worden bewaard bij temperaturen beneden de 4 °C is het aanbevelenswaardig vloerisolatie toe te passen.

Isolatiemateriaal

Welke eisen moeten we nu aan het isolatiemateriaal zelf stellen?
Isolatiemateriaal moet in de eerste plaats een goede isolatiewaarde hebben. Het moet duurzaam zijn; het mag niet kromtrekken, niet doorzakken en niet krimpen, want daardoor ontstaan naden en kieren, het moet gemakkelijk aan te brengen zijn en het moet bij voorkeur brandvrij zijn. Condensatie in het isolatiemateriaal moet uiterst beperkt blijven, omdat condensvocht in het materiaal tot gevolg heeft dat de isolatiewaarde van het materiaal sterk terugloopt.
Hoe kan er condensatie ontstaan in isolatiemateriaal? Wel, de dampdruk van twee luchtmassa's, die door een wand van elkaar gescheiden zijn, en die een verschillende temperatuur en relatieve vochtigheid hebben, is in het algemeen niet gelijk. Deze dampdrukken zullen proberen met elkaar in evenwicht te komen. Daardoor zal er een bepaalde hoeveelheid waterdamp door de wand stromen, van de kant met de hoogste dampdruk in de richting van de laagste dampdruk. Onder bepaalde omstandigheden kan er dan condensatie ontstaan in isolatiemateriaal. De materialen die bij de bouw van aardappelbewaarplaatsen gebruikt worden, hebben al naar gelang hun aard een meer of minder goede weerstand tegen de doorgang van waterdamp. Vooral de moderne isolatiematerialen, zoals polystyreen en polyurethaan, hebben wat men noemt een hoog waterdampdiffusieweerstandsgetal. Toch moeten we ook bij die materialen het zekere voor het onzekere nemen.
Om condensatie in de wand- of dakisolatie van een met buitenlucht gekoelde aardappelbewaarplaats te voorkomen, moet er aan de binnenzijde van die isolatie een dampremmende laag zitten. Omdat de dampdruk van de buitenlucht zelden hoger wordt dan de dampdruk van de lucht in de bewaarplaats, zal er in een met buitenlucht gekoelde bewaarplaats ook zelden damptransport optreden van buiten naar binnen, maar wel van binnen naar buiten.
Bij een mechanisch gekoelde bewaarplaats ligt dat anders. Daar hebben we te maken met een wisselende dampstroomrichting. En dat maakt het noodzakelijk dat de wand- en dak- of plafondisolatie in een mechanisch gekoelde bewaarplaats aan beide zijden voorzien is van een dampremmende laag. Als dampremmende laag wordt vaak aluminiumfolie gebruikt. Als isolatiemateriaal op die manier 'ingepakt' is, wordt de brandveiligheid van het materiaal verhoogd en bovendien wordt het voor vogels en ongedierte veel moeilijker het isolatiemateriaal te beschadigen. Ook komt het de stevigheid en de verwerkbaarheid van het isolatiemateriaal ten goede. Bij de bespreking van wand- en dakconstructies, verderop in dit hoofdstuk, gaan we nader in op de soorten isolatiemateriaal die daarin toegepast moeten worden. Tabel 6.1 geeft een overzicht van de warmtegeleidingscoëfficiënten van een aantal bouwmaterialen en

Tabel 6.1 Warmtegeleidingscoëfficiënten van bouw- en isolatiematerialen

	Volumemassa kg/m³	*Warmtegeleidingscoëfficiënt* W/m.K
Bouwmaterialen		
Baksteen	1600	0,93
	1900	1,16
Kalkzandsteen	1900	1,5
Beton	2200	1,62
	2400	2,32
Gasbeton	500	0,24
	650	0,31
Houtvezelbeton	530	0,08
	720	0,12
Hout	400	0,17
Multiplex	700	0,23
Hardboard	1000	0,29
Cementpleister	1900	1,5
Isolatiematerialen		
Mineraalwol	35	0,041
Vlasscheven	110	0,12
Polystyreenschuim	15	0,035
	20	0,035
	25	0,035
Geëxtrudeerd polystyreenschuim		
	35	0,027
Polyurethaanschuim	40	0,023
Geëxpandeerde kurk	150	0,045

De warmtegeleidingscoëfficiënt is de hoeveelheid warmte in Watts, die in een uur door een blok, met een oppervlakte van 1 m² en een dikte van 1 m, van een bepaalde stof gaat, bij een temperatuurverschil van 1 graad tussen de twee tegenover elkaar gelegen oppervlakken, in de richting van de warmtestroom.

isolatiematerialen. Met behulp van deze tabel en een bepaalde rekensom kunnen we de k-waarde van verschillende bewaarplaatsconstructies berekenen.

Als rekenvoorbeeld nemen we een droge binnenwand waarvan de doorsnee afgebeeld is in fig. 6.2

De muur bestaat uit 24 cm dikke gasbetonblokken (met een volumemassa van 500 kg/m³) en een 8 cm dikke polyurethaanschuim isolatie. Om de k-waarde te berekenen, moeten we de totale warmteweerstand van de constructie kennen. De totale weerstand is opgebouwd uit :

- de overgangsweerstand aan de binnenzijde (Ri);

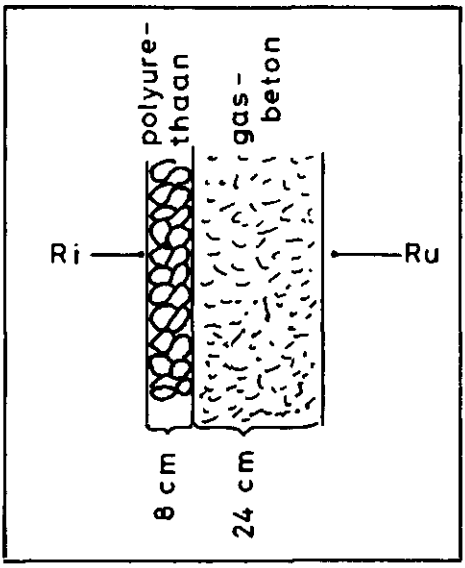


Fig. 6.2 Doorsnede van een muur

- de weerstand van elk van de materiaallagen (R1, R2);
- de overgangsweerstand aan de buitenzijde (Ru).

Voor de overgangsweerstanden kunnen we de volgende vaste waarden aanhouden: Ri = 0,12 $m^2.K/W$;
Ru = 0,043 $m^2.K/W$.

Uit tabel 6.1 weten we de warmtegeleidingscoëfficiënten (λ) van gasbeton en polyurethaanschuim, t.w. 0,24 W/m.K resp. 0,023 W/m.K.
In letters tellen we de totale weerstand (Rt) als volgt op:

$$Rt = Ri + \frac{\text{dikte gasbeton}}{\lambda \text{ gasbeton}} + \frac{\text{dikte polyurethaan}}{\lambda \text{ polyurethaan}} + Ru$$

In cijfers luidt die som:

$$Rt = 0,12 + \frac{0,24}{0,24} + \frac{0,080}{0,023} + 0,043 = 4,641 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

De k-waarde berekenen we nu met de volgende deelsom:

$$k = \frac{1}{Rt}, \text{ dus } k = \frac{1}{4,641} = 0,22 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

In het algemeen kunnen we stellen: hoe hoger de weerstand, hoe lager en beter dus de k-waarde.

Aanbrengen van isolatie

De isolatie moet ononderbroken aan wanden en dak worden aangebracht. Dus volgens het principe van een 'donkere kamer'. Dat wil dus zeggen dat de dragende constructie van het gebouw of aan de buitenzijde òf aan de binnenzijde van de isolatie geplaatst moet worden, en dus niet

om en om. De dak- of plafondisolatie moet altijd tot over de buitenwanden heen doorlopen, zodat lekwater kan weglopen en smeltwater van stuifsneeuw kan worden afgevoerd. Er mogen ook geen ongeïsoleerde constructieonderdelen door de isolatie heen naar de bewaarruimte worden doorgevoerd. Dat geldt evengoed voor zware constructie-onderdelen als voor bevestigingsmateriaal, zoals schroeven, bouten, spijkers, enz. Als het niet voorkomen kan worden dat een constructieonderdeel door de isolatie doorgevoerd moet worden, dan moet zo'n onderdeel tot op een lengte van minstens 1,5 m van de doorvoeropening worden geïsoleerd. Ongeïsoleerde of slecht geïsoleerde doorvoerelementen veroorzaken een intensieve warmtewisseling met de omgeving, waardoor het moeilijk of zelfs onmogelijk kan worden om de gewenste bewaartemperatuur in de bewaarplaats te handhaven. Zulke elementen worden dan ook niet voor niets 'koudebruggen' genoemd.
Een nog veel groter gevaar echter vormen de condensdruppels die in perioden van lage temperaturen aan die doorvoerelementen ontstaan en die op de aardappelen terecht kunnen komen.
Bij het aanbrengen van isolatieplaten spelen twee dingen een belangrijke rol. In de eerste plaats moeten de isolatieplaten niet beschadigd worden. Door iedere lek in de isolatie kan hetzij ongewenste warmte hetzij ongewenste koude de bewaarruimte binnendringen. In de tweede plaats moet bijzondere aandacht besteed worden aan het dichten van de naden tussen de isolatieplaten.

WANDCONSTRUCTIES

De buitenwanden van een aardappelbewaarplaats hebben een tweeledige functie. In de eerste plaats moeten ze de aardappelen beschermen tegen ongunstige klimaatomstandigheden, zoals regen, sneeuw en wind. In de tweede plaats hebben de wanden een isolerende functie.
Binnenwanden hebben ook een dubbele functie. Ze vangen de zijwaartse druk van losgestorte aardappelen op en ze hebben een isolerende werking.
De druk die losgestorte aardappelen op de wanden uitoefenen is aanzienlijk. Dat blijk duidelijk uit tabel 6.2.

Storthoogte	*Zijwaartse druk per strekkende meter wand*
2,00 m	300 kg
2,50 m	469 kg
3,00 m	675 kg
3,50 m	920 kg
4,00 m	1200 kg

Tabel 6.2 Wanddruk bij losgestorte aardappelen

Een wand van 10 m lang en 4 m hoog moet bij een storthoogte van 3,5 m een totale druk weerstaan van 10 × 920 = 9200 kg. Storten we echter een halve meter hoger, dus 4 m, dan wordt de totale druk op diezelfde wand 10 × 1200 = 12000 kg. Laten we dus niet te licht denken over 'slechts' een halve meter hoger storten.
De wand moet de druk van de aardappelen kunnen opnemen en hij moet ook drukvast bevestigd zijn. Dat kan gebeuren door gebruik te maken van een drukvaste spantconstructie. De wandconstructie moet afgestemd zijn op de maximaal te benutten zijwandhoogte. We moeten namelijk voorkomen dat de wandconstructie bezwijkt indien we wat hoger storten.
Wat de uitvoering van de wanden betreft: er zijn nogal wat mogelijkheden.
We noemen hier enkele 'gangbare' geïsoleerde wanduitvoeringen, die aan drukvaste spanten worden bevestigd:

- houten stijlen en liggers en 12 cm mineraalwol met aan de binnenzijde 2 cm houten delen of watervast verlijmd multiplex (fig. 6.3);
- houten stijlen met aan de binnenzijde een sandwichconstructie, bestaande uit b.v. 12 cm polystyreenschuim, tweezijdig verlijmd met 5 mm superhard watervast hardboard (fig. 6.4);

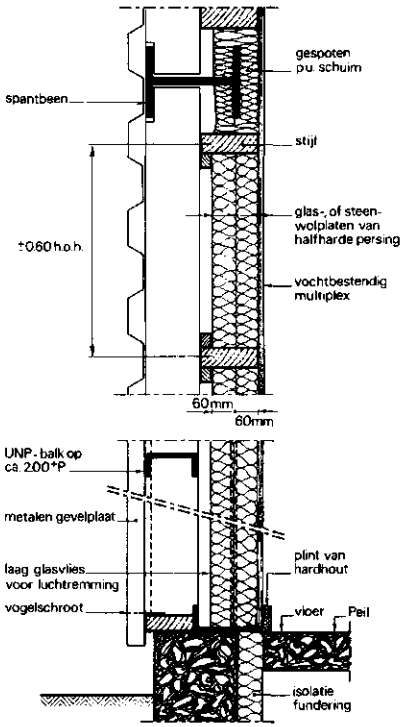


Fig. 6.3 Wanduitvoering met houten wandplaten

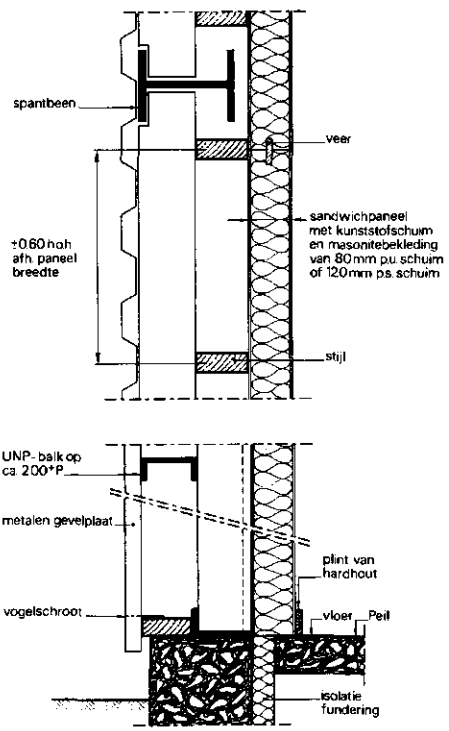


Fig. 6.4 Wanduitvoering met sandwichpanelen

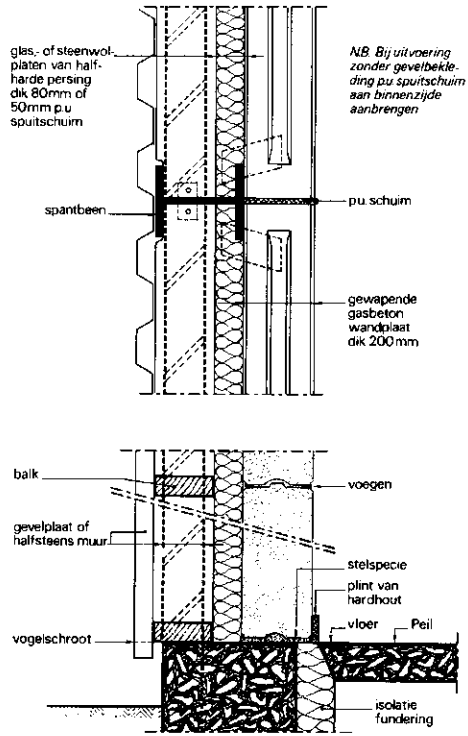


Fig. 6.5 Wanduitvoering met gewapende gasbetonwandplaten

- gewapende gasbetonwandplaten met extra isolatie (fig. 6.5).

Voor zover nodig kan aan de buitenzijde van deze constructies nog een halfsteens muur worden aangebracht of gevelplaten van kunststof, staal, aluminium of asbestcement. Het voordeel van bekleding met gevelplaten is dat we de isolatie altijd nog kunnen controleren, verbeteren of verzwaren.

Bij het isoleren van de wanden kunnen we gebruik maken van halfhard geperste mineraalwolplaten. Voor het aanbrengen van extra isolatie kan op een drukvaste wandconstructie ook een laag polyurethaan in het werk gespoten worden.

De wanden moeten zodanig op de vloer aansluiten en geïsoleerd zijn dat er geen vorst in de bewaarplaats kan dringen.

Sandwich-wandelementen

Een wandconstructie waar we het nog even over willen hebben is die van de isolerende sandwich-wandelementen. Zo'n sandwich-wandelement

bestaat uit twee platen met daartussen isolatie. Er zijn diverse uitvoeringen mogelijk. De platen kunnen vlak zijn of geprofileerd, ze kunnen van metaal zijn, van masonite of van kunststof. In fig. 6.6 zien we een voorbeeld van een sandwich-wandelement. De platen zijn hecht aan elkaar verbonden door een kern van polystyreen- of polyurethaanschuim. De panelen sluiten aaneen met behulp van sponninguitvoeringen.

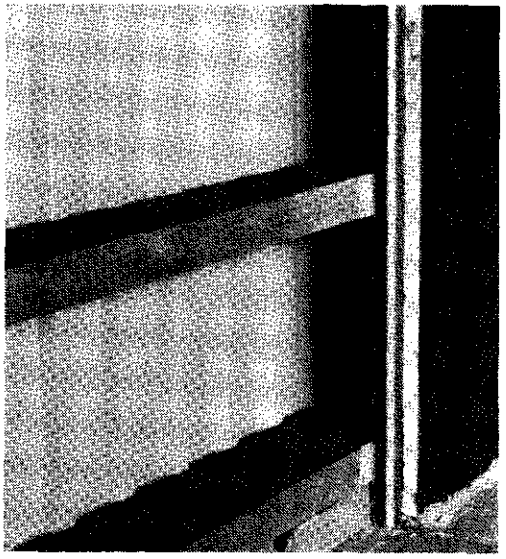


Fig. 6.6 Sandwich-wandelement

Met deze panelen kunnen drukvaste, dampremmende wanden gemaakt worden, die eenvoudig en snel gemonteerd kunnen worden. De sandwichpanelen worden gemaakt met isolatiediktes van 8, 10 en 12 cm. Bij het bouwen met sandwich-panelen verdient het aanbeveling om de hoofd-staalconstructie aan de buitenkant van de panelen te plaatsen, waardoor de doorvoer van zware constructie-onderdelen door de isolatie heen wordt vermeden.

DRUKVASTE SCHEIDINGSWANDEN

Indien we verschillende partijen aardappelen gescheiden moeten opslaan, hebben we drukvaste scheidingswanden nodig. We kunnen daarvoor, vooral bij nieuwbouw, het beste ingeklemde stalen IPE- of HE-profielen gebruiken die in daarvoor aangebrachte sparingen in de betonvloer worden geplaatst. We hebben dan een veilige, strakke, stabiele, demontabele wand zonder trekstangen of andere obstakels. We kunnen

ook gebruik maken van demontabele keerwanden met L- of J-vormige verplaatsbare steunen. De hierbij benodigde trekstangen en vloerplaten vormen echter een belemmering bij het vullen en leeghalen van de bewaarplaats (zie fig. 6.7). Uit veiligheidsoverwegingen is het raadzaam dat we tegen een dergelijke wand niet hoger dan 3,5 m storten. Als afscheiding tussen de bewaarruimte en b.v. de werktuigenberging kunnen we drukvaste, geïsoleerde scheidingswanden gebruiken.

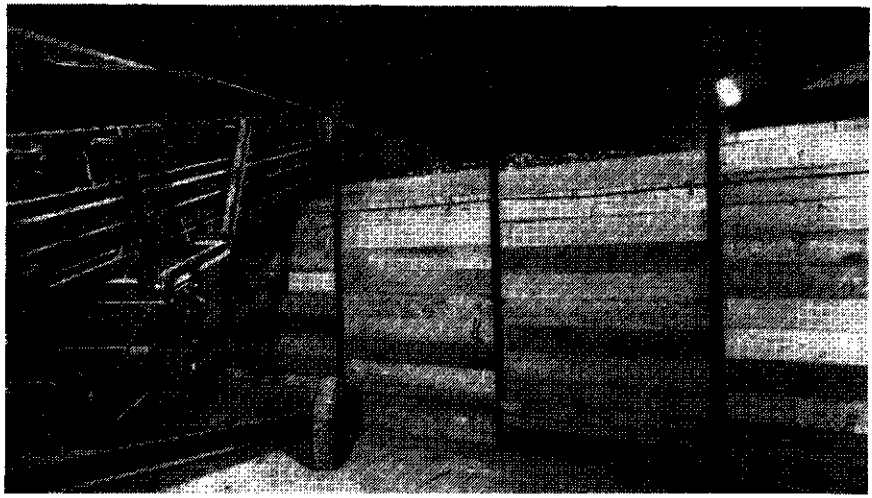


Fig. 6.7 Drukvaste scheidingswand

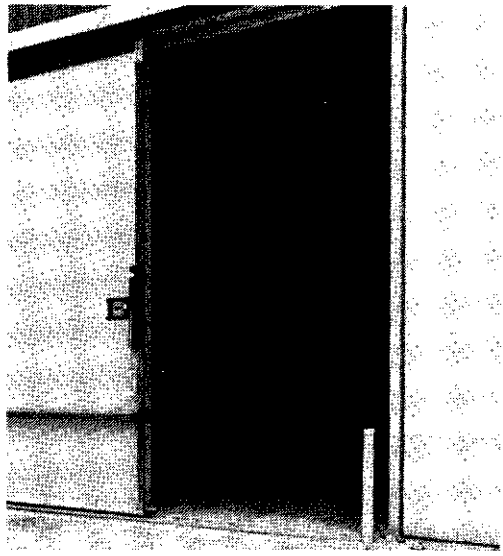


Fig. 6.8 Goed geïsoleerde buitendeur

GEÏSOLEERDE DEUREN

De buitendeuren van aardappelbewaarplaatsen moeten worden uitgevoerd als koelhuisdeuren (zie fig. 6.8). Dat zijn meestal goed geïsoleerde schuifdeuren, met speciaal hang- en sluitwerk, die in gesloten toestand met rubberprofielen tegen de wand klemmen en zo de opening volledig afsluiten. Het verdient sterk aanbeveling om in of naast de grote toegangsdeuren een geïsoleerde loopdeur te maken. De volgeschuimde stalen of aluminium sectiedeuren zijn onvoldoende geïsoleerd en ze vertonen dikwijls luchtlekken bij de aansluiting met vloer en wanden.

DAK EN PLAFOND

De constructie van het dak moet de lasten kunnen opnemen die door wind, sneeuw, water, eigen gewicht en door ophanging van apparatuur worden veroorzaakt. De dakconstructie moet de binnenruimte beschermen tegen warmte- en vochtwisseling met de omgeving. Voor de dakbedekking worden materialen aanbevolen die een laag warmtestralingsgetal hebben en die vanzelfsprekend waterdicht zijn (b.v. aluminium of licht gekleurd materiaal). Een laag warmtestralingsgetal is noodzakelijk om grote schommelingen in de temperatuur van het dak te voorkomen. Die schommelingen kunnen ontstaan wanneer het dak door zonnestraling wordt 'opgewarmd' of door warmtestraling tegen de koude atmosfeer afkoelt. Heeft een materiaal een laag warmtestralingsgetal, dan betekent dit, dat het materiaal stralingswarmte reflecteert en niet opneemt. Voor de afdekking van de dak- of plafondisolatie aan de binnenzijde zouden we poreus organisch materiaal kunnen gebruiken, zoals houtvezelcementplaten. Dat is materiaal met een hóóg warmtestralingsgetal, dat juist wél stralingswarmte opneemt. Dit verlaagt het risico van druppelende condens.
Voor een bewaarplaats met een grote inhoud zal doorgaans een combinatie van dak en plafondisolatie het beste zijn. Bij gebouwen met een breedte van meer dan 20 m is een plafond aanbevelenswaardig. Het plafond moet minstens op 6 m hoogte liggen.
Voor het isoleren van dak of plafond komen de volgende materialen in aanmerking:

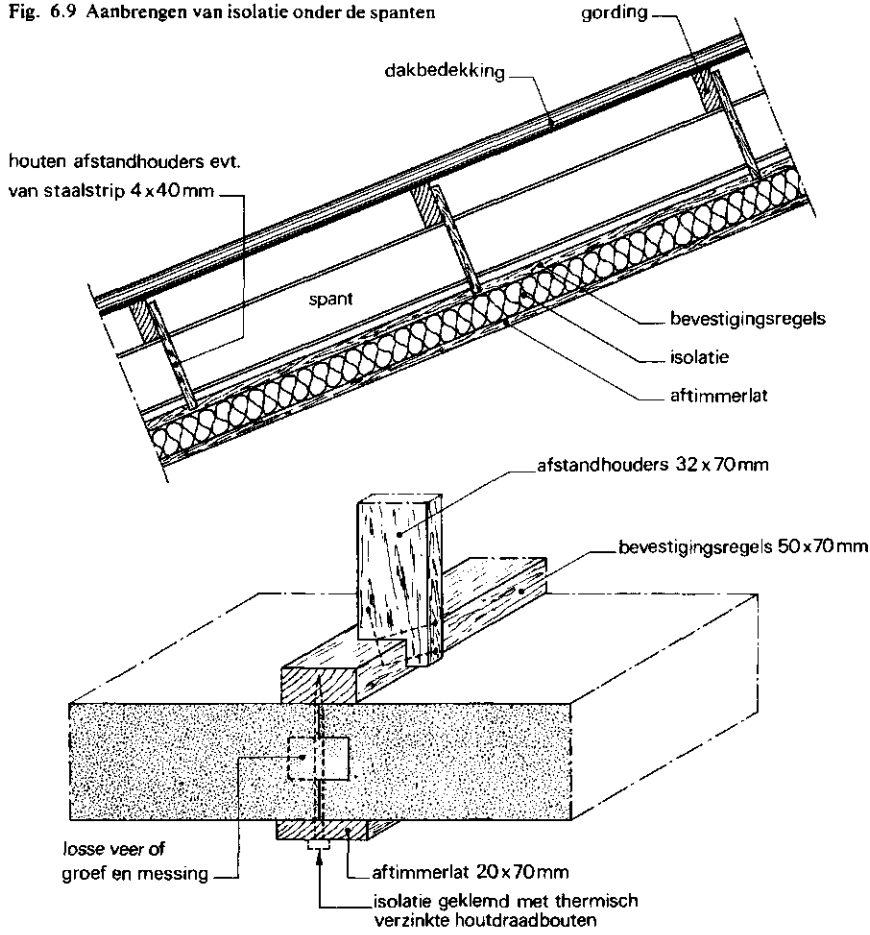
1) minimaal 12 cm dikke geëxpandeerde polystyreenschuimplaten; kleur wit; tweezijdig voorzien van aluminiumfolie; bij voorkeur met Komo-Keur; vlamdovende kwaliteit; met een gewicht van minimaal 20 kg/m^3; verkrijgbaar in breedtes van 100 à 120 cm en lengtes tot 12 m; polystyreenschuimplaten, vooral de witte, hebben de eigenschap

de eerste tijd na de fabricage te krimpen. We moeten dit materiaal dan ook vroegtijdig bestellen, zodat het een aantal weken kan besterven alvorens het aangebracht wordt;

2) minimaal 10 cm dikke geëxtrudeerde polystyreenschuimplaten; kleur blauw of groen; gesloten celstructuur; zonder bekleding; bij voorkeur Komo-Keur; vlamdovende kwaliteit met een gewicht van minimaal 20 kg/m^3; verkrijgbaar in de afmetingen 60 x 250 cm;
3) minimaal 8 cm dikke polyurethaanschuimplaten; kleur geelbruin; tweezijdig voorzien van aluminiumfolie; verkrijgbaar in breedtes van 100 à 120 cm en lengtes tot 12 m.

In de praktijk is bewezen dat de isolatie het beste onder de gordingen van het dak of plafond kan worden aangebracht (zie fig. 6.9) De gordingen moeten dan aan de onderzijde eerst van regels worden voorzien.

Fig. 6.9 Aanbrengen van isolatie onder de spanten



Doorgaande naden of kieren moeten met kit of polyurethaanspuitschuim afgedicht worden. De isolatie kan ook over de gordingen aangebracht worden. De bevestiging van de isolatie gaat dan eenvoudiger en sneller. Maar dan moeten er toch weer regels aangebracht worden tussen de isolatie en de dakbedekking.
In alle constructies is het noodzakelijk dat er tussen het isolatiemateriaal en het buitenschild voldoende ruimte openblijft om natuurlijke ventilatie mogelijk te maken. Condensatie die tegen het dakvlak ontstaan is kan daardoor weggeventileerd worden.

VLOEREN

In aardappelbewaarplaatsen worden vrijwel uitsluitend betonnen vloeren toegepast. Zo'n vloer heeft een grote draagkracht en hij is gemakkelijk te reinigen.
De vloer moet de last van de machines én van de opgeslagen aardappelen kunnen opnemen. Per meter storthoogte oefenen de aardappelen een druk van ca 700 kg/m^2 op de vloer uit. Bij een storthoogte van 4 m dus 2800 kg/m^2. De hoogste puntbelasting op de vloer wordt echter uitgeoefend door vorkheftrucks, kipwagens en vrachtwagens. Bij gebruik van vorkheftrucks en kipwagens moeten we rekening houden met een wiellast van tenminste 4000 kg en bij vrachtauto's met een wiellast van tenminste 5500 kg per stel dubbellucht banden.
In hoofdstuk 9, in de paragraaf 'ventilatiesystemen', gaan we verder in op de uitvoering van de vloeren.

CONSERVERING VAN MATERIALEN

Aangezien er in een aardappelbewaarplaats een hoge luchtvochtigheid kan heersen en er condensatie op kan treden, is het aan te bevelen dat we het houtwerk, voordat het verwerkt wordt, onder vacuüm laten conserveren. Het aanbrengen van conserveringsmiddelen met kwast of spuit is ontoereikend, vanwege onvoldoende dieptewerking. Het beste kunnen we conserveringsmiddelen toepassen die een combinatie van koper-, chroom- en arseenverbindingen bevatten. Maar aangezien deze stoffen giftig zijn, mogen ze nooit worden toegepast op plaatsen die met de aardappelen in aanraking komen. Op dit soort plaatsen mogen we alleen boriumzouten gebruiken.
Gelijmde houten spanten zijn meestal reeds door de fabrikant behandeld. Stalen spanten kunnen we direct thermisch laten verzinken, maar

gezien de kosten wordt meestal volstaan met één grondlaag en één afdeklaag met metaallak. Staal kan trouwens ook goed beschermd worden met twee lagen koolteerepoxy. Vooraf moet altijd de walshuid verwijderd worden.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1981. De bewaarplaats voor losgestorte aardappelen. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 268

RASTOVSKI, A., 1981. Potato store construction. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen

STUUT, H., 1981. Isolatie van bewaarplaatsen. Landbouwmechanisatie 32 (1981) 5 (mei)

TOREN, G.A., 1983. De bewaarplaats voor losgestorte aardappelen. Bedrijfsontwikkeling oktober 1983

TOREN, G.A., 1984. Condensatie in aardappelbewaarplaatsen. Landbouwmechanisatie 35 (1984) 2 (februari)

Hoofdstuk 7

KOELSYSTEMEN VOOR AARDAPPELBEWARING

Voor het koelen van aardappelen moeten we een bron van koude lucht voorhanden hebben. Er zijn twee systemen om aardappelen met lucht te koelen, nl.:
1. koeling met (koude) buitenlucht;
2. koeling met mechanisch gekoelde lucht.

1. KOELING MET BUITENLUCHT

Het systeem 'koeling met buitenlucht' kent eigenlijk drie mogelijkheden en wel:
1) convectieve koeling oftewel natuurlijke trek;
2) geforceerde koeling met buitenlucht;
3) geforceerde koeling met menglucht.
We zullen deze drie koelsystemen met buitenlucht achtereenvolgens bespreken.

1.1 Convectieve koeling (natuurlijke trek)

Natuurlijke trek ontstaat als gevolg van temperatuurverschillen. Wat gebeurt er namelijk als er zich op een bepaalde plaats een "warmtebron" bevindt? De "warmtebron", dat kan b.v. een aardappelhoop zijn, staat warmte af aan de koudere lucht in z'n direkte omgeving. Die lucht krijgt daardoor een hogere temperatuur. Doordat de lucht warmer wordt, verandert ook z'n soortelijk gewicht. De lucht wordt namelijk lichter, oftewel het soortelijk gewicht wordt lager. Die lichter geworden lucht gaat opstijgen en zuigt de koudere lucht uit de omgeving als het ware in z'n kielzog mee. Op zijn beurt kan die koudere lucht dan weer opgewarmd worden. Op die manier ontstaat een stroming die we natuurlijke trek of convectie noemen.
Convectieve koeling komt alleen in aanmerking voor kortdurende opslag van aardappelen in kleine bewaareenheden, tijdens perioden met lage buitentemperaturen. Zoals b.v. de aardappelkuil, die we in hoofdstuk 5 hebben besproken, en kleine poterbewaarplaatsjes in het vrije veld.

1.2 Geforceerde koeling met buitenlucht

Geforceerde koeling met buitenlucht is een efficiënte en betrekkelijk goedkope manier van koelen, die zeer veel wordt toegepast bij bewaring van aardappelen in gebouwen.
Voorwaarde om dit systeem te kunnen gebruiken is dat de temperatuur van de buitenlucht regelmatig beneden de gewenste bewaartemperatuur daalt. Alleen tijdens zulke perioden kunnen we de buitenlucht gebruiken

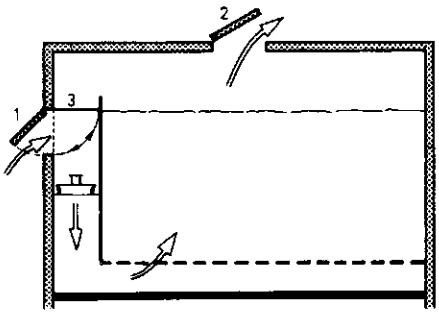


Fig. 7.1 Koelsysteem met buitenlucht

voor koeling van de aardappelen. Het koelsysteem met buitenlucht is afgebeeld in figuur 7.1. De standaardonderdelen van dit systeem zijn:
- de ventilator;
- opening voor toevoer en afvoer van lucht;
- kleppen: inlaatklep (1)
  uitlaatklep (2)
  mengklep (3)
- systeem van luchtkanalen voor gelijkmatige verdeling van ventilatielucht door de opgeslagen aardappelen;
- bedienings- en meetapparatuur.

Hoe werkt dit systeem nu?
Een thermometer of temperatuurvoeler in de opgeslagen aardappelen meet de temperatuur van de aardappelen. Wordt de aardappeltemperatuur hoger dan de gewenste bewaartemperatuur, dan moeten de aardappelen gekoeld worden. Koelen kan echter alleen maar als de omgevingstemperatuur lager is dan de aardappeltemperatuur. De omgevingstemperatuur moet dus ook gemeten worden. Dat gebeurt door een tweede thermometer die buiten de bewaarplaats opgesteld is. Is de omgevingstemperatuur lager dan de aardappeltemperatuur, dan kan het koelen een aanvang nemen. De inlaat- en uitlaatkleppen worden geopend en de ventilator wordt ingeschakeld. Zolang de omgevingstemperatuur gelijk blijft aan of hoger blijft dan de minimaal aanvaardbare temperatuur, dan blijft mengklep (3) gesloten. De ventilator zuigt de verse

buitenlucht aan en blaast die via de luchtkanalen door de aardappelen. Via de uitlaatopening verlaat de lucht dan de bewaarruimte weer. Wanneer de aardappelen de gewenste temperatuur hebben, kan het koelen beëindigd worden.
Zo werkt het principe van koeling met buitenlucht dus. Het principe is eenvoudig, maar er komt toch iets meer voor kijken om aardappelen op de juiste wijze te ventileren. Vooral omdat er steeds grotere hoeveelheden aardappelen afgenomen worden door de aardappelverwerkende industrie die o.a. pommes frites, chips, pureevlokken maakt. Die industrie stelt de eis dat de aardappelen een zo laag mogelijk gehalte aan reducerende suikers hebben. En dat gehalte aan reducerende suikers wordt in hoge mate beïnvloed door de bewaartemperatuur. Als we b.v. aardappelen bewaren die voor de pommes-fritesindustrie bestemd zijn, dan moeten we er rekening mee houden dat de temperatuur bovenin de aardappelhoop niet beneden de 5 à 6°C mag komen. In ons klimaat betekent dit dat we niet altijd alleen met buitenlucht kunnen ventileren. Als de buitenlucht te koud wordt met het oog op de bewaartemperatuur, dan zullen we met menglucht moeten ventileren.

1.3 Geforceerde koeling met menglucht

''Menglucht'' is een mengsel van (koudere) buitenlucht en (warmere) interne lucht uit de bewaarplaats, de zgn. omlucht. Bij lage buitentemperaturen kunnen we door bijmenging van een zekere hoeveelheid interne lucht toch nog een ventilatieluchtstroom tot stand brengen met een aanvaardbare temperatuur. Uiteraard tot de grens bereikt is waarop we alleen intern kunnen ventileren. Het bijmengen van de interne lucht gebeurt met behulp van de mengklep. Hoe verder we de mengklep openen, hoe meer we in feite de aanvoer van buitenlucht afknijpen.
Koelen dan wel ventileren met menglucht houdt dus in dat we, behalve de ventilator en de kleppen voor luchttoevoer en luchtafvoer, ook de mengklep bedienen. In principe kunnen we dat met handbediening doen. We hebben daarvoor alleen drie thermometers nodig, nl. één in de aardappelen, één buiten en één in het luchttoevoerkanaal achter de ventilator.

In hoofdstuk 10 ''Meten en regelen van de temperatuur'' zullen we, met als voorbeeld het mengluchtsysteem, nagaan hoe we met buitenlucht/menglucht de aardappeltemperatuur kunnen regelen.

Intern ventileren

Er kunnen zich omstandigheden voordoen dat we tijdelijk op interne ventilatie zijn aangewezen. Zo'n situatie doet zich voor bij een langdurige periode van te lage of te hoge buitenluchttemperaturen. Nu is bekend dat de aardappelen in de bovenste laag en langs de wanden van de bewaarplaats nat kunnen worden indien er langere tijd, b.v. één week, niet wordt geventileerd. Dit is een gevolg van het ongelijkmatige temperatuurverloop in een niet-geventileerde aardappelhoop. De buitenste laag van zo'n aardappelhoop is altijd kouder dan het midden van de hoop en dat leidt tot condensatie aan de buitenkant van de aardappelhoop. Door nu intern te ventileren gebruiken we de warmte van de gehele aardappelhoop om de buitenste laag op te warmen en de temperatuur in de hoop te egaliseren. In weken dat we niet met buitenlucht kunnen ventileren, moeten we zo'n drie tot vijf uur per week intern ventileren.

2. KOELING MET MECHANISCH GEKOELDE LUCHT

Koeling met mechanisch gekoelde lucht is in feite ook een vorm van intern ventileren.
In tegenstelling tot het koelsysteem met buitenlucht, is het mechanische koelsysteem in zijn werking onafhankelijk van de temperatuur van de buitenlucht.
Met mechanische koeling kunnen we b.v. pootaardappelen binnen enkele weken na de oogst op de gewenste bewaartemperatuur brengen, maar ook tot juni/juli de temperatuur van consumptie-aardappelen op peil houden. Vanzelfsprekend moeten we voor deze onafhankelijkheid van de natuur extra betalen.
Ook bij mechanische koeling worden de aardappelen gekoeld met lucht. Alleen wordt één en hetzelfde luchtvolume hier niet slechts éénmaal gebruikt, maar zeer vele malen. De afgekoelde lucht stroomt eerst door de aardappelhoop heen, en omdat deze lucht een lagere temperatuur heeft dan de aardappelen, onttrekt hij warmte aan de aardappelen. Daardoor worden de aardappelen afgekoeld en de lucht wordt opgewarmd. De opgewarmde lucht passeert vervolgens de verdamper (luchtkoeler), die een oppervlaktetemperatuur heeft die lager is dan de gewenste bewaartemperatuur. De lucht geeft de warmte, die hij aan de aardappelen onttrokken heeft, af aan de luchtkoeler en zodoende koelt de lucht opnieuw af tot de gewenste temperatuur. En dan kan de cyclus wéér beginnen.

Tijdens het koelen van de aardappelen verdampt er natuurlijk ook water uit de aardappelen en de waterdamp wordt door de lucht opgenomen. De bevochtigde lucht komt vervolgens met het koude oppervlak van de verdamper in aanraking, waardoor er onvermijdelijk condensatie tegen de verdamper zal optreden. Dit waterverlies verhoogt het drogend vermogen van de lucht en dat leidt uiteindelijk tot verhoogde vochtverliezen van de aardappelen. De mate van condensatie op het oppervlak van de verdamper wordt beïnvloed door het verschil tussen de bewaartemperatuur en de verdampingstemperatuur van de koelvloeistof. Hoe groter dit verschil des te intensiever is de condensatie en des te hoger zijn de vochtverliezen in de aardappelen. Daarom moeten we dit temperatuurverschil bij voorkeur beperken tot 5 à 6 graden.
De capaciteit van de koelinstallatie moet voor iedere bewaarplaats apart worden berekend. Bij deze berekening zijn van belang: de inhoud van de bewaarplaats, de isolatiewaarde van de bewaarplaats en de duur van de koelperiode. In ons klimaat is een koelvermogen van 70 à 90 Watts per ton aardappelen meestal voldoende. Voor de opstelling van de overige onderdelen van de koelinstallatie, dus compressoren, motoren, regelapparatuur e.d., moet een aparte ruimte worden gereserveerd.
Omdat verliezen aan koude hoge energiekosten met zich meebrengen, moeten we aan de isolatie en afdichting van wanden, plafonds, deuren, luiken en sponningen bijzondere aandacht besteden. De isolatie van een dergelijke bewaarplaats moet voldoen aan een k-waarde van 0,3 $W/m^2.K$ of lager. Ook moet het isolatiemateriaal voorzien zijn van dampremmende lagen. Het enig 'toegestane contact' met buiten heeft tot doel regelmatig de lucht te verversen. Hetzelfde luchtvolume kan niet eindeloos in de bewaarplaats blijven circuleren, anders zou zich koolzuur gaan ophopen. Een luchtverversing met 3 à 5 m^3 verse lucht per ton opgeslagen aardappelen per etmaal is al voldoende om de aardappelen van de nodige zuurstof te voorzien en het koolzuurgehalte in de bewaarruimte beneden 1 % te houden.
Ook bij mechanische koeling is het van essentieel belang dat de koellucht dóór de aardappelhoop stroomt en niet alleen eromheen.
Een ander punt is dat de hoeveelheid verplaatste lucht bij een mechanisch koelsysteem een heel andere betekenis heeft dan bij een koelsysteem met buitenlucht. Bij een koelsysteem met buitenlucht bepaalt de luchtverplaatsing immers mede het koelvermogen van het hele systeem, omdat de warmte tegelijk met de luchtstroom via de luchtuitlaatklep uit de bewaarruimte wordt afgevoerd. Bij het mechanische koelsysteem voert de verdamper de warmte af. Dan spreekt het ook vanzelf dat de koelcapaciteit van het hele systeem bepaald wordt door de capaciteit van de luchtkoeler oftewel door het vermogen van de koelinstallatie. In een mechanisch gekoelde bewaarplaats wordt de ventilatorcapaciteit dus bepaald door het vermogen van de geïnstalleerde

koelinstallatie. Uitgaande van een gekozen koelvermogen, bepaalt de capaciteit van de ventilator immers alleen de temperatuurdaling van de lucht door de verdamper. Deze temperatuurdaling mag niet groter worden dan 1½ à 2 graden.
De figuren 7.2 en 7.3 geven een beeld van de verdamper of luchtkoeler resp. van de overige onderdelen van de koelinstallatie.

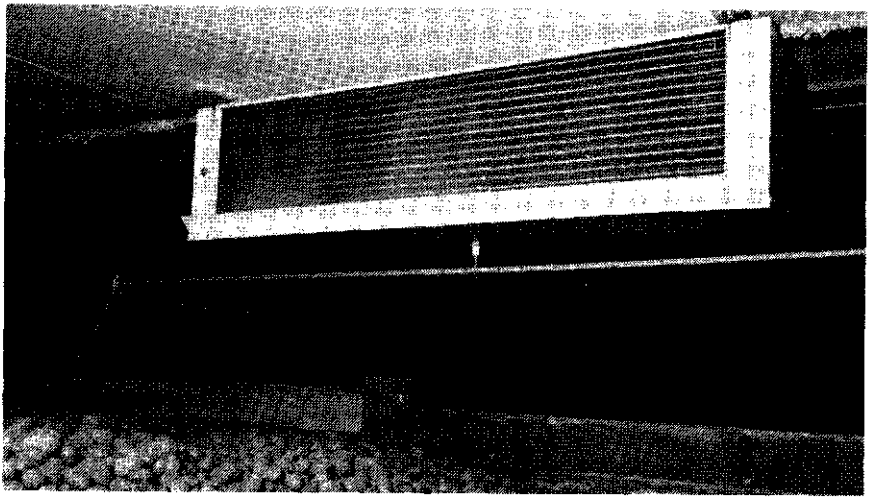


Fig. 7.2 Verdamper

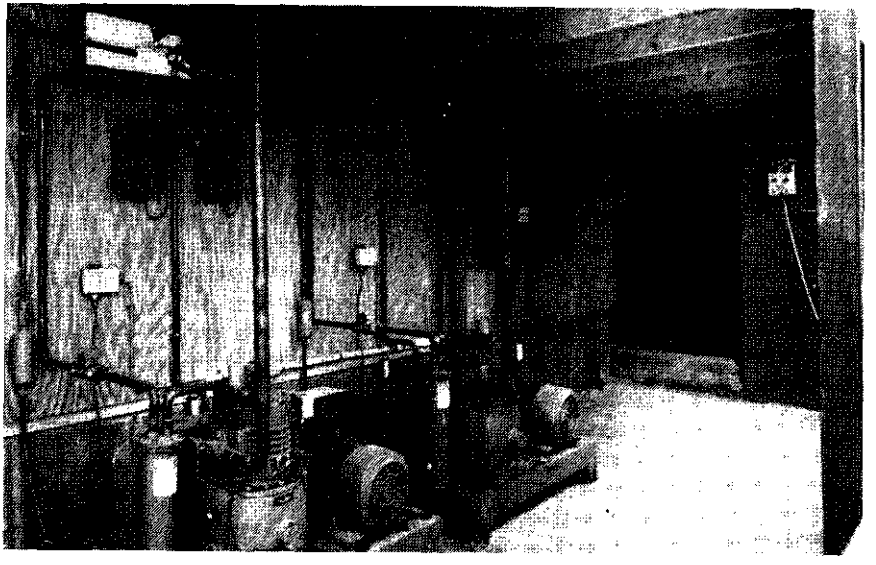


 Fig. 7.3 Compressoren en motoren van de koelapparatuur, in een aparte ruimte

Koelinstallaties

De vier hoofdonderdelen van een koelinstallatie zijn: 1) de verdamper; 2) de compressor; 3) de condensor; 4) het regelventiel. Het natuurkundige principe van koelen is het verdampen van een vloeistof oftewel een koelmiddel. Bij de aardappelbewaring zijn ammoniak (NH_3) en de freonen F-12 en F-22 de meest gebruikte koelmiddelen. In een koelmachine vindt de verdamping van de vloeistof plaats in de verdamper, die vaak als luchtkoeler wordt gebruikt. De verdamper/luchtkoeler bevindt zich in de bewaarruimte.
Door de verdamping in de verdamper wordt warmte aan de bewaarruimte onttrokken, waardoor de temperatuur in de bewaarruimte daalt. De warmte die in de bewaarruimte wordt ontwikkeld, wordt door de verdamper afgevoerd en de temperatuur van de lucht in de bewaarruimte blijft constant op het gewenste niveau.
De damp die bij de verdamping ontstaat wordt door de compressor aangezogen en onder een hogere druk en temperatuur gebracht. Daardoor ontstaat een oververhitte damp met een hoog kookpunt. In de condensor wordt deze damp afgekoeld en daardoor treedt condensatie op. Dan ontstaat dus weer een vloeistof, die nog steeds onder een hoge druk staat. Deze vloeistof wordt door het regelventiel weer op de verdamperdruk teruggebracht, waarna de vloeistof weer in de verdamper gevoerd kan worden. De cyclus oftewel "koelkring" kan dan opnieuw beginnen.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1981. Bewaarplaatsen voor pootaardappelen. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de landbouw nr. 226

JEDEMA, C.M. 1977. De koelmachine. Werkboekje voor het vakonderdeel "Koelapparatuur" van de Centrale School voor Tuinbouwtechniek, Ede.

RASTOVSKI, A., 1981. Cooling systems in potato stores. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen

Hoofdstuk 8

VENTILATOREN

Luchtverplaatsing

Voor het doelmatig koelen, drogen en opwarmen van aardappelen moeten we een bepaalde hoeveelheid lucht door het opgeslagen produkt verplaatsen. Om die luchtverplaatsing tot stand te brengen, gebruiken we ventilatoren. De voornaamste eis die we aan de ventilator moeten stellen is dus dat hij de gewenste hoeveelheid lucht verplaatst.
Nu ondervindt een luchtstroom altijd weerstanden oftewel tegendruk. Door die weerstanden daalt de druk in de luchtstroom, d.w.z. er ontstaat een drukverlies. Drukverliezen in een luchtverdeelsysteem worden veroorzaakt door wrijvingen langs de wanden van de kanalen, door verandering in de doorsnede-oppervlakte van het kanaal en door veranderingen van de stroomrichting.
De grootste drukverliezen ontstaan bij de luchtinlaat- en uitlaat van een kanaal en door plotselinge vernauwingen of verwijdingen, zowel als door eventuele (scherpe) bochten in een kanaal. In goed geconstrueerde rechte kanalen zijn de drukverliezen over het algemeen betrekkelijk klein. De drukverliezen in een aardappelhoop zijn sterk afhankelijk van de luchtsnelheid door de hoop, van de dikte van de te ventileren laag produkt, van de hoeveelheid grond tussen de knollen en van de mate van kieming. Ophoping van grond op een bepaalde plaats in de hoop biedt natuurlijk een grote weerstand tegen de luchtverplaatsing. Ook uit dien hoofde moeten we er op bedacht zijn dat er geen stortkegels ontstaan. (Bij bewaring in zakken moeten we er op letten dat we de zakken goed aaneengesloten stapelen, om geen grote luchtverliezen te krijgen.)
De tegendruk is uiteraard het laagst in een hoop schone, ongekiemde aardappelen. In bewaarplaatsen met buitenluchtkoeling varieert het drukverlies in het algemeen tussen 100 en 160 Pa (10 à 16 mm waterkolom). Dat is dan het drukverlies door het gehele ventilatiesysteem, dus de luchtkanalen én de opgeslagen aardappelen. In een mechanisch gekoelde bewaarplaats ontstaat ook nog drukverlies door de verdamper. In zo'n bewaarplaats liggen de drukverliezen dan ook tussen de 200 en 250 Pa.
Om de gewenste hoeveelheid lucht te verplaatsen, moet de ventilator dus een druk opbouwen die gelijk is aan de drukverliezen door het ventilatiesysteem én de opgeslagen aardappelen. In het algemeen kunnen we in een goed geïsoleerde bewaarplaats met een luchthoeveel-

heid van 150 m^3 per ton (100 m^3 per m^3) aardappelen per uur (bij een tegendruk van 150 Pa) de bewaartemperatuur handhaven op het niveau van de gemiddelde minimumtemperatuur van de omgeving.
Behalve voor het koelen gebruiken we de ventilatie ook voor het drogen van natte aardappelen. Met drogen bedoelen we dan de afvoer van vrij water dat zich op het oppervlak van de knollen en in de aanhangende grond kan bevinden, en ook van vocht dat vrijkomt van b.v. zieke knollen. In beide gevallen is doelmatig drogen een voorwaarde voor beperking van ziekteverspreiding. Drogen is net als koelen sterk afhankelijk van de luchtverplaatsing door de aardappelhoop. Zowel het koelen als het drogen verloopt sneller naarmate de luchtverplaatsing groter is. Door een grotere luchtverplaatsing, gepaard gaande met kortere ventilatieperioden, worden de gewichtsverliezen van de aardappelen lager. De investeringskosten voor een met buitenlucht gekoelde bewaarplaats worden slechts in geringe mate beïnvloed door de luchtverplaatsing. We hebben dus weinig reden om de luchtverplaatsing door de ventilator beperkt te houden. Een ruim bemeten ventilator vergemakkelijkt immers het handhaven van de temperatuur en vermindert het risico van ziekteverspreiding. Bepalend voor de luchtverplaatsing zijn de warmte-ontwikkeling in de bewaarruimte en de tijdsduur van het koelen. Voor het drogen en koelen met buitenlucht wordt de volgende luchtverplaatsing aanbevolen:

100 à 150 m^3 per ton aardappelen per uur (70 à 100 m^3 per m^3 aardappelen per uur). Voor bewaring van consumptieaardappelen tot uiterlijk eind april zal 100 m^3 per ton aardappelen per uur voldoende zijn; voor langdurige bewaring van consumptie-aardappelen en voor bewaring van pootaardappelen moet de ventilatiecapaciteit 150 m^3 per ton aardappelen per uur bedragen.

In een mechanisch gekoelde bewaarplaats wordt de luchtverplaatsing bepaald door het koelvermogen van de koelinstallatie. Om het temperatuurverschil door de aardappelhoop tot 1 à 2 graden te beperken, is er een luchtverplaatsing nodig van 1000 à 1100 m^3 per kW geïnstalleerd koelvermogen.

Ventilatorcapaciteit

De capaciteit van de ventilator moet aangepast zijn aan de hoeveelheid aardappelen die we bewaren. Er is een hoeveelheid lucht nodig van 100 m^3 per m^3 aardappelen per uur bij een tegendruk van 150 Pa. Voor een bewaarruimte van 5 × 12 m, bij een storthoogte van 3,5 m, hebben we een ventilator nodig die 5 × 12 × 3,5 × 100 = 21.000 m^3 lucht per uur levert

bij 150 Pa. Bij bewaring in zakken bedraagt de weerstand 200 Pa, althans als we grofmazige jutezakken gebruiken.

Eisen aan de ventilator

Welke eisen moeten we aan onze ventilator stellen?
De ventilator zal in de eerste plaats de benodigde luchthoeveelheid moeten kunnen verplaatsen bij de te verwachten tegendruk, en bij hogere tegendrukken zal zijn capaciteit niet sterk mogen dalen. Het is dan ook van belang te weten welke luchthoeveelheid de ventilator levert bij tegendrukken van 100 of b.v. 300 Pa. Deze gegevens kunnen we afleiden uit de karakteristiek van de ventilator. Elke type ventilator heeft z'n eigen karakteristiek die door de fabrikant van de ventilator in een tabel of grafiek gespecificeerd wordt.
De ventilator moet zo geluidsarm mogelijk zijn. Met het oog op de geluidsproduktie moet het toerental niet hoger zijn dan ca. 1450 omwentelingen per minuut (24 omwentelingen per seconde). Produceert onze ventilator toch te veel geluid, dan kunnen we de ruimte waarin de ventilator opgesteld is voorzien van geluidabsorberende materialen.
Het energieverbruik van de ventilator moet zo laag mogelijk zijn. Alleen als we over een beproevingsrapport van de ventilator beschikken, kunnen we het specifieke vermogen van de ventilator te weten komen. Dit vermogen wordt uitgedrukt in de hoeveelheid Watts die de ventilator nodig heeft om 1000 m^3 lucht per uur te verplaatsen bij een bepaalde tegendruk. Dit vermogen is voor elke ventilator verschillend en het is afhankelijk van de rendement van de ventilator. We moeten erg bedacht zijn op het punt energieverbruik, want er komen grote verschillen in energieverbruik voor tussen de diverse typen ventilatoren. Bovendien moeten we niet zonder meer veronderstellen dat een kleinere ventilator automatisch zuiniger is dan een grote. Het rendement van een ventilator is afhankelijk van de constructie van de ventilator.
Uiteraard moet de ventilator degelijk geconstrueerd zijn in roestvrije uitvoering. Schroefventilatoren worden veelal uitgevoerd met een waaier van een roestvrije legering. Bij roestvorming zou de waaier immers uit balans kunnen geraken.
Ook zijn er ventilatoren met schroefbladen van kunststof. De ventilatorhuizen zijn meestal thermisch verzinkt uitgevoerd. Uit veiligheidsoverwegingen moeten we de ventilatoren altijd, en vooral aan de zuigzijde, afschermen met gaas of een stalen rooster. De ventilator moet geen onderhoud vergen en we moeten hem gemakkelijk kunnen reinigen.
De ventilator moet bestand zijn tegen hogere temperaturen (20 à 30 °C). Bij het opwarmen van aardappelen gebruiken we immers lucht met

hogere temperaturen. Niet alleen de motor moet hier tegen kunnen, maar ook een in kunststof uitgevoerde waaier mag daardoor niet vervormen. Want dat zou de ventilatorcapaciteit nadelig beïnvloeden.

Typen ventilatoren

Algemeen worden in aardappelbewaarplaatsen axiale of schroefventilatoren gebruikt (zie fig. 8.1). De waaier van een axiale ventilator ver-

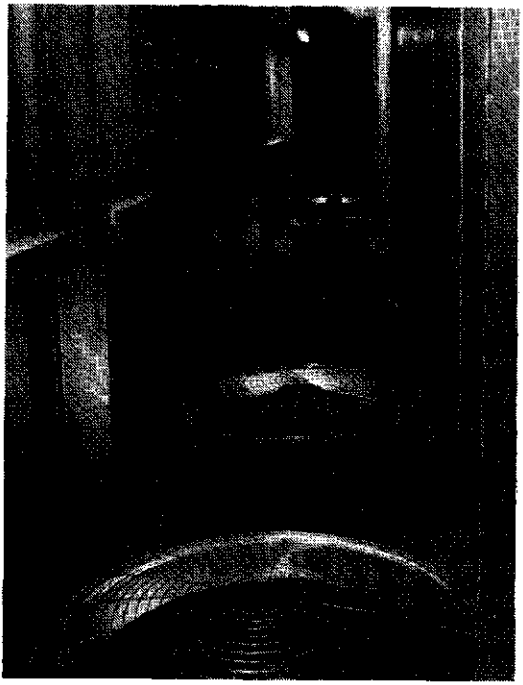


Fig. 8.1 Schroefventilatoren in een centrale ventilatiegang

plaatst de lucht in de richting van de as (axiaal). Axiale ventilatoren zijn geschikt voor het verplaatsen van grote hoeveelheden lucht bij een betrekkelijk lage druk.
Een ander ventilatortype is de centrifugale ventilator. Deze verplaatst de lucht in radiale richting. Centrifugale ventilatoren kunnen veel grotere drukken opbouwen dan axiale ventilatoren. Het rendement van axiale ventilatoren is in het algemeen echter hoger dan dat van centrifugale ventilatoren. En omdat er bij de aardappelbewaring betrekkelijk kleine drukverliezen optreden, kunnen we het beste axiale ventilatoren gebruiken.

Opstelling van de ventilatoren

De ventilatoren moeten zodanig opgesteld zijn dat ze rechtstreeks buitenlucht kunnen aanzuigen, zonder dat die buitenlucht vermengd wordt met de meestal warmere binnenlucht. Maar de opstelling moet wél de mogelijkheid bieden om intern te ventileren of met menglucht.
Er zijn drie opstellingen denkbaar:

1) Al de ventilatoren worden bij elkaar in een centrale luchtsluis geplaatst, die voorzien is van luchtinlaatopeningen en interne ventilatieluiken. In feite vormt deze luchtsluis dan het hoofdkanaal (zie fig. 8.2). De ventilatoren worden hierin dan horizontaal geplaatst op een

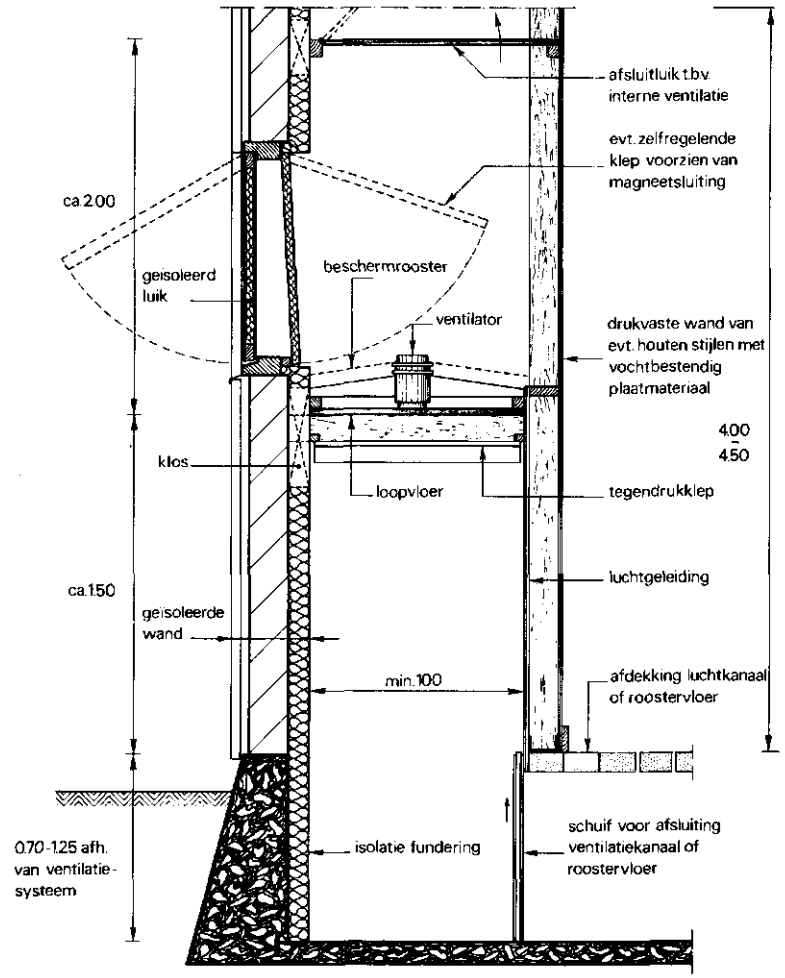


Fig. 8.2 Opstelling ventilator in centrale luchtsluis

hoogte van ca. 2 m. Op deze manier wordt er een drukkamer gevormd tussen de ventilatoren en het luchtverdeelsysteem en kunnen we met één ventilator een aantal ventilatiekanalen bedienen. Bovendien kunnen we zodoende bij een bepaalde hoeveelheid aardappelen een grotere of kleinere ventilatiecapaciteit inschakelen. In deze opstelling heeft het ventilatiesysteem dus een grote flexibiliteit.

2) De ventilatoren worden in de centrale luchtsluis rechtstreeks voor de ventilatiekanalen geplaatst. Deze opstelling is luchttechnisch onjuist, omdat de luchtverdeling dan niet goed is. Want in het eerste gedeelte van het kanaal zal de lucht niet uit de uitblaasopeningen komen. De snelheid van de lucht kan vooraan in het kanaal zelfs een zekere onderdruk veroorzaken, waardoor lucht aangezogen in plaats van uitgeblazen wordt. Deze opstelling moet dus ontraden worden.
3) Iedere ventilator wordt afzonderlijk in een interne ventilatiekoker opgesteld die uitgerust is met een luchtinlaat en een intern ventilatieluik (zie fig. 8.3). Bij deze opstelling kunnen we per ventilator één of meer ventilatiekanalen bedienen.

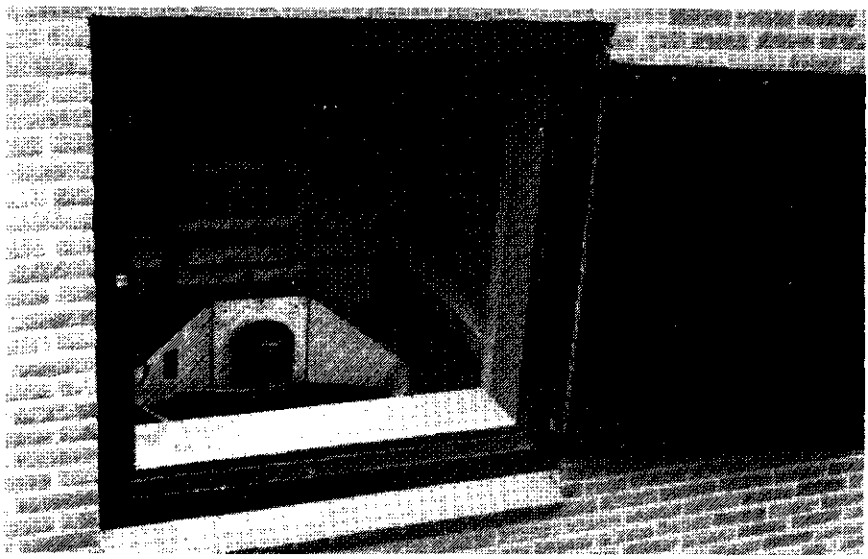


Fig. 8.3 Opstelling ventilator in interne ventilatiekoker

Bij grotere bewaarplaatsen wordt deze opstelling weinig toegepast, omdat de ventilatoren moeilijk bereikbaar zijn en omdat er geen combinatiemogelijkheden zijn.

Om er zeker van te zijn dat we goede ventilatoren aanschaffen, verdient het aanbeveling dat we alleen ventilatoren kopen die voorzien zijn van een IMAG-beproevingsrapport.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1981. De bewaarplaats voor losgestorte aardappelen. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 268.

RASTOVSKI, A., 1981. Fans. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen

TOREN, G.A., 1983. Niet iedere ventilator is een landbouwventilator. Boerderij/Akkerbouw 69 (1983) - 14 december. 18 AK - 19 AK.

Hoofdstuk 9

VENTILATIESYSTEMEN

Luchtverdeling

Al eerder hebben we vastgesteld dat we de aardappelen tijdens de bewaring moeten ventileren, met het doel ze te drogen of te koelen of op te warmen. In hoofdstuk 16 'Drogen en koelen van aardappelen' zullen we zien dat deze processen sterk afhankelijk zijn van de hoeveelheid lucht die we door de aardappelen blazen. Die luchtverplaatsing speelt ook een belangrijke rol bij de toediening van kiemremmingsmiddelen. Bij toediening van IPC/CIPC door middel van de luchtstroom, is de verdeling van het middel door de aardappelhoop in grote mate afhankelijk van de luchtverplaatsing om de aardappelknollen heen. Voor het beheersen van de bewaaromstandigheden, dus: temperatuur, vochtigheid, luchthoeveelheid, kiemremming e.d., is het nodig dat de ventilatielucht gelijkmatig over alle aardappelen wordt verdeeld. Vaak is juist een ongelijkmatige luchtverdeling de oorzaak van veel problemen tijdens de bewaring en in het algemeen van slechtere bewaarresultaten.
In fig. 9.1 is een luchtverdeelsysteem afgebeeld, zoals dat nog veel in oudere bewaarplaatsen voorkomt. De lucht die door de ventilator wordt

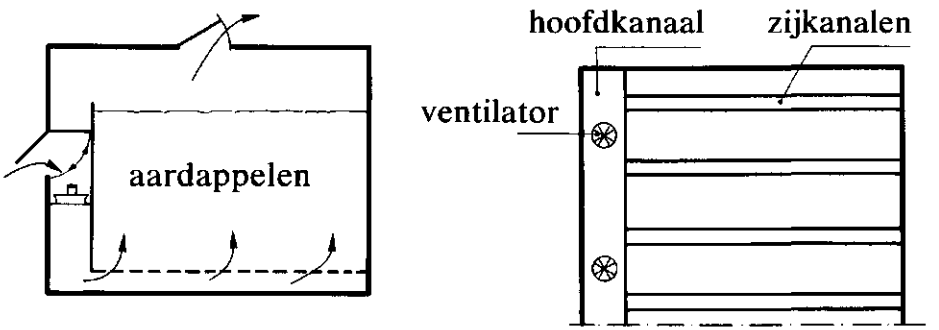


Fig. 9.1 Luchtverdeelsysteem met hoofdkanaal en zijkanalen

aangevoerd, wordt vanuit het hoofdkanaal over de zijkanalen verdeeld. In de zijkanalen zitten openingen waardoor de lucht in de hoop kan worden geblazen. Vanuit de zijkanalen wordt de lucht dus over de aardappelhoop verdeeld; de zijkanalen heten dan ook verdeelkanalen. Het luchtverdeelsysteem moet zodanig ontworpen worden dat de door

de ventilator aangevoerde lucht gelijkmatig over de zijkanalen wordt verdeeld, en dat door alle uitblaasopeningen in de zijkanalen de zelfde hoeveelheid lucht wordt uitgeblazen. De luchtverdeling door de hoop aardappelen is dan alleen afhankelijk van de afstand tussen de kanalen en van de afstand tussen de uitblaasopeningen van een kanaal. Het is duidelijk dat de luchtverdeling gelijkmatiger wordt naarmate de afstand tussen de uitblaasopeningen kleiner wordt. De aardappelen die direct boven het kanaal liggen, worden uiteraard beter geventileerd dan de aardappelen die, horizontaal gezien, op een grotere afstand van het kanaal liggen. De conditie van minder goed geventileerde aardappelen zal altijd achterblijven bij de conditie van goed geventileerde aardappelen. Bij een ongelijkmatige luchtverdeling zal het langer duren voordat de gehele aardappelhoop gelijkmatig gedroogd is of op de gewenste temperatuur gebracht is.
Er zal dan dus langer geventileerd moeten worden. En langer ventileren betekent hogere gewichtsverliezen. Onregelmatige beluchting geeft bovendien meer kans op kieming, uitbreiding van ziekten en extra gewichtsverliezen.
In een slecht beluchte kegel tussen de kanalen zal de temperatuur van de aardappelen na het ventileren in het algemeen hoger blijven. Daardoor ontstaat er luchtverplaatsing in de hoop door natuurlijke trek. Deze luchtverplaatsing heft wel de temperatuurverschillen in de hoop op, maar hij kan ook tot condensatie leiden aan het oppervlak van de koudere aardappelen. De omvang van deze condensatie is afhankelijk van de hoeveelheid slecht geventileerde aardappelen oftewel van de afstand tussen de kanalen.
In figuur 9.2 kunnen we zien welke afstand de lucht uit de kanalen K1 en

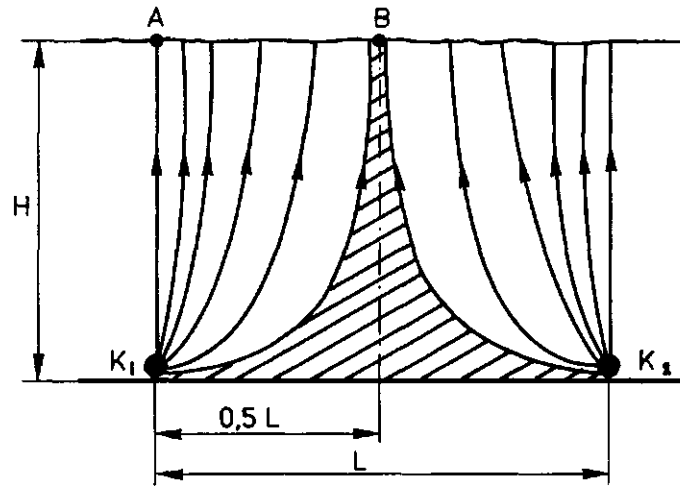


 Fig. 9.2 Luchtverdeling tussen twee kanalen in die te ver uit elkaar liggen

K2 moet afleggen om punt B bovenin de aardappelhoop te bereiken. Het gearceerde gedeelte is zo'n slecht beluchte kegel.
Het is moeilijk om de grootst toelaatbare afstand tussen de kanalen onderling te bepalen. Wél kunnen we stellen dat de afstand tussen de luchtkanalen kleiner moet worden naarmate:
a) er minder lucht wordt verplaatst per ton opgeslagen aardappelen;
b) de storthoogte kleiner wordt;
c) de kwaliteit van de aardappelen slechter is.

LUCHTVERDELING IN HET KANAAL

Voor een goed begrip van de luchtverdeling door een ventilatiekanaal, moeten we eerst even nagaan wat "luchtverplaatsing" eigenlijk is. Waardoor wordt lucht eigenlijk verplaatst? Lucht wordt verplaatst door drukverschillen. Tussen de zuigzijde en de perszijde van de ventilator ontstaat een drukverschil. Dit drukverschil wordt de statische druk van de ventilator genoemd. De lucht komt echter niet alleen met een bepaalde druk uit de ventilator, maar ook met een bepaalde snelheid. Om de lucht met een bepaalde snelheid te doen bewegen is ook een bepaalde druk nodig. Druk kan dus omgezet worden in luchtsnelheid. De luchtsnelheid is gelijkwaardig aan een bepaalde statische druk en deze druk wordt de snelheidsdruk of de dynamische druk genoemd. Statische druk kan dus in dynamische druk worden omgezet, maar ook dynamische druk in statische druk. Een goed voorbeeld daarvan vinden we bij de windmolen. Wind ontstaat als gevolg van een verschil in statische druk in de atmosfeer. De statische druk, eigenlijk het verschil tussen hoge luchtdruk en lage luchtdruk, wordt omgezet in wind, of we kunnen ook zeggen: in luchtsnelheid.
De wind oefent echter op de wieken van de molen een druk uit waardoor de molen gaat draaien. De windsnelheid wordt dus op de wieken van de molen weer omgezet in statische druk.
Diezelfde omzetting vindt ook plaats in een luchtkanaal. De totale druk van de luchtstroom in een kanaal is de som van de statische druk plus de snelheidsdruk (luchtsnelheid). Neemt de luchtsnelheid in de stroomrichting van de lucht steeds toe, dan neemt de statische druk in het kanaal overeenkomstig af. Bij zeer hoge luchtsnelheden kan de statische druk zelfs lager worden dan de atmosferische druk. Er ontstaat dan een bepaalde onderdruk in het kanaal, met als gevolg dat er lucht aangezogen in plaats van uitgeblazen wordt. We zeggen in zo'n geval dat het kanaal in onbalans is, omdat er aan het eind meer lucht uitkomt dan er bij de ingang inging. Wordt de luchtsnelheid in de stroomrichting echter steeds lager, dan wordt de statische druk in de stroomrichting overeenkomstig hoger.

Behalve door de hoeveelheid verplaatste lucht, wordt de luchtsnelheid bepaald door de doorsnede-oppervlakte van het kanaal. En daarom wordt ook de statische druk in het kanaal sterk beïnvloed door de doorsnede-oppervlakte van het kanaal. Het hangt dus van de vorm van het kanaal af of de statische druk in het kanaal toeneemt, afneemt of gelijk blijft.
We hebben gezien dat lucht door drukverschillen verplaatst wordt en niet door snelheid. Dat betekent dus dat de lucht door **drukverschillen** de uitblaasopeningen van het ventilatiekanaal verlaat. We moeten het ventilatiekanaal dus zodanig dimensioneren, dat er in het kanaal voldoende statische druk wordt opgebouwd.

De lucht moet over de gehele lengte van het kanaal gelijkmatig worden verdeeld. Om dat te bereiken, moet het luchtverdeelkanaal voorzien zijn van uitblaasopeningen, die betrekkelijk kort bij elkaar zitten. De eis is dan dat door elke uitblaasopening nagenoeg dezelfde hoeveelheid lucht geblazen wordt. Een gelijkmatige luchtverdeling door een kanaal kan op twee manieren worden bewerkstelligd, nl. door:

a) de statische druk van de lucht in het gehele kanaal nagenoeg gelijk te houden en de afmetingen van alle uitblaasopeningen even groot te houden; we hebben dan een gelijkedrukkanaal; of door
b) de statische druk in het kanaal te laten veranderen en de afmetingen van de uitblaasopeningen daaraan zodanig aan te passen, dat de hoeveelheid verplaatste lucht door alle openingen even groot is; in dit geval praten we over een kanaal van gelijke doorsnede.

Gelijkedrukkanaal

De luchtverdeling door een gelijkedrukkanaal, dat dus voorzien is van uitblaasopeningen van gelijke afmetingen, is onafhankelijk van de luchtsnelheid bij de inlaat van het kanaal en van de snelheid waarmee de lucht wordt uitgeblazen. Zelfs bij zeer hoge luchtsnelheden aan het begin van het kanaal en lage uitblaassnelheden blijft de luchtverdeling gelijkmatig. Daardoor kunnen de afmetingen van het kanaal en de overdruk in het kanaal klein blijven. Zeer hoge luchtsnelheden vereisen echter wel een groter ventilatorvermogen.
Daarom verdient het aanbeveling de luchtsnelheid aan de ingang van het kanaal tot 6 à 8 m per seconde te beperken. De overdruk door een dergelijk kanaal verandert slechts in zeer beperkte mate. Om een gelijkmatige luchtverdeling te realiseren, is het aan te bevelen de luchtsnelheid door de uitblaasopeningen niet beneden de 2 m per seconde te laten dalen.

Figuur 9.3 toont een gelijkedrukkanaal. Het is rechthoekig van doorsnede, de breedte is over de gehele lengte gelijk en de hoogte verandert evenredig met de doorsnede-oppervlakte.

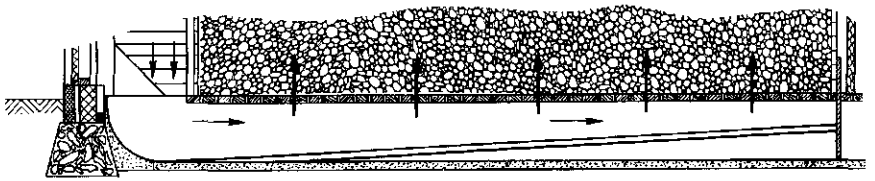


Fig. 9.3 Oplopend ondergronds (gelijkedruk-)kanaal

In tabel 9.1 vinden we de aanbevolen verhoudingen tussen de inlaat- en einddoorsneden van gelijkedruk-verdeelkanalen bij verschillende kanaallengten. Deze verhoudingscijfers gelden alleen voor kanalen met gladde wanden.

Tabel 9.1 Verhouding tussen de inlaat- en einddoorsnede van gelijkedruk-verdeelkanalen

Lengte van het kanaal (m)	*Verhouding inlaat-/einddoorsnede*
5	4 : 1
10	7 : 1
15	10 : 1
20	13 : 1

De maximale effectieve doorsnede-oppervlakte van alle uitblaasopeningen samen berekenen we als volgt:

$$\text{doorsnede-oppervlakte in m}^2 = \frac{\text{luchtverplaatsing in m}^3 \text{ per seconde}}{\text{luchtsnelheid door uitblaasopeningen}}$$

Dit komt overeen met een maximale effectieve doorsnede van de uitblaasopeningen van 0,25 tot 0,5 m² per m³ lucht die per seconde door het kanaal wordt geblazen. Bij losgestorte aardappelen is echter ongeveer tweederde van die oppervlakte met aardappelknollen bedekt. Daarom moet de oppervlakte van de uitblaasopeningen twee- à driemaal zo groot worden uitgevoerd, dus ca. 0,75 à 1 m² per m³/s uitgeblazen lucht.

Gelijkedoorsnede-kanaal

In aardappelbewaarplaatsen worden ook kanalen toegepast die over de gehele lengte dezelfde doorsnede-oppervlakte hebben. Bij het dimensioneren van gelijkedoorsnede-kanalen moeten we een gemiddelde, een optimum, zien te vinden tussen de volgende twee uitersten:

* kleine kanalen met hoge luchtsnelheid en zware ventilatoren: lage investering, maar hoge energiekosten;
* grote kanalen met lage luchtsnelheid en lichte ventilatoren: lage energiekosten, maar hoge investering.

Het optimum ligt bij een luchtsnelheid van 5 à 6 meter per seconde bij de inlaat van het kanaal. Dat kanaal kan dan redelijk klein zijn en de drukverliezen zijn tamelijk laag.
Omdat - vanwege het uitblazen - de luchtverplaatsing door een verdeelkanaal steeds kleiner wordt, zal in een gelijkedoorsnede-kanaal ook de luchtsnelheid steeds afnemen. Daar het drukverlies in het kanaal sterk afhankelijk is van de luchtsnelheid, zal bij afnemende luchtsnelheid ook het drukverlies kleiner worden. Daarnaast stijgt ook de statische druk in het kanaal. Deze toename is het gevolg van de dalende luchtsnelheid door het kanaal. Met andere woorden: de beweging van de lucht is voor een deel omgezet in statische druk. Daardoor heerst er aan het eind van het kanaal een hogere druk. De druk aan het eind van zo'n kanaal kan aanzienlijk hoger worden dan aan het begin. Dit drukverschil is sterk afhankelijk van de luchtsnelheid aan het begin van het kanaal.
In het algemeen zal de luchtverdeling door een gelijkedoorsnede-kanaal gelijkmatiger worden naarmate de drukverliezen door de uitblaasopeningen en door de aardappelhoop groter worden. Of met andere woorden: de luchtverdeling in een kanaal van gelijke doorsnede zal gelijkmatiger worden, naarmate de lucht met hogere snelheden uit het kanaal wordt uitgeblazen, de aardappelen hoger gestort worden en naarmate er meer lucht door de aardappelhoop wordt verplaatst. Voor een kanaal van gelijke doorsnede wordt aanbevolen de maximale effectieve doorsnede-oppervlakte van alle uitblaasopeningen samen gelijk te houden aan of kleiner te houden dan de doorsnede-oppervlakte van het kanaal. Omdat echter ongeveer driekwart van de uitblaasoppervlakte met aardappelknollen is bedekt, moet de totale oppervlakte aan uitblaasopeningen ongeveer twee- à driemaal zo groot zijn als de doorsnede-oppervlakte van het kanaal.
Indien de luchtsnelheid bij de inlaat van het kanaal beperkt blijft tot 5 à 6 m per seconde, dan kan met een kanaal van gelijke doorsnede een redelijke luchtverdeling gerealiseerd worden, zonder overmatig hoge drukverliezen.

Hoofdkanalen-verdeelkanalen

Voor een gelijkmatige luchtverdeling van het hoofdkanaal naar de verdeelkanalen gelden de zelfde regels als voor de luchtverdeling van de verdeelkanalen naar de uitblaasopeningen. De hoofdkanalen van de ventilatiesystemen hebben meestal een gelijke doorsnede over de gehele lengte. De doorsnede van het hoofdkanaal moet dan ook gelijk zijn aan of groter zijn dan de doorsneden van alle aansluitingen samen. Bij gelijkedruk-hoofdkanalen kan de doorsnede van die kanalen echter willekeurig gekozen worden.

LUCHTVERDEELSYSTEMEN

De twee voornaamste eisen waaraan een goed luchtverdeelsysteem moet voldoen zijn:

1) het systeem moet een gelijkmatige luchtverdeling door de opgeslagen aardappelen waarborgen;
2) tijdens het vullen en leeghalen van de bewaarplaats moet het systeem zo weinig mogelijk belemmeringen opleveren.

We moeten het ventilatiesysteem uiteraard ook aanpassen aan de manier waarop we onze aardappelen opslaan (losgestort, in zakken, in kisten, in zakken op pallets enz.).
Een luchtverdeelsysteem omvat in het algemeen één of meer hoofdkanalen (verdeelkanalen), die op een centrale ventilatiegang worden aangesloten. Worden de aardappelen met buitenlucht gedroogd en gekoeld, dan moet het ventilatiesysteem zodanig ontworpen worden, dat de aardappelen met verse buitenlucht, met interne lucht en met menglucht geventileerd kunnen worden. De centrale ventilatiegang of luchtkoker, met de ventilator(en), moet dus in verbinding staan met de buitenlucht én met de ruimte boven de aardappelhoop. In ruimten met mechanische koeling is dat in principe alleen noodzakelijk indien met buitenlucht wordt geventileerd voor het drogen van natte aardappelen.
In de figuren 9.4 t/m 9.7 zien we een aantal luchtverdeelsystemen voor losgestorte opslag.

In de afgebeelde systemen kunnen zowel bovengrondse als ondergrondse luchtverdeelkanalen worden toegepast. De luchtverdeling is alleen afhankelijk van de afstand tussen de kanalen en van de luchtverdeling door elk kanaal.
Wat de afstand tussen ondergrondse kanalen betreft, aanbevolen wordt die beperkt te houden tot 0,8 × de storthoogte. Bij een storthoogte van 3,5 m is de afstand tussen de kanalen dan 2,8 m hart op hart. Bij boven-

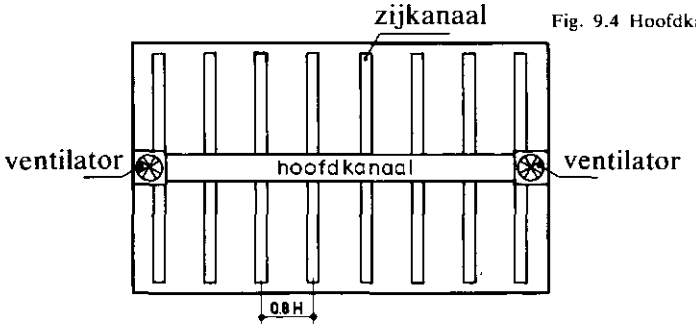
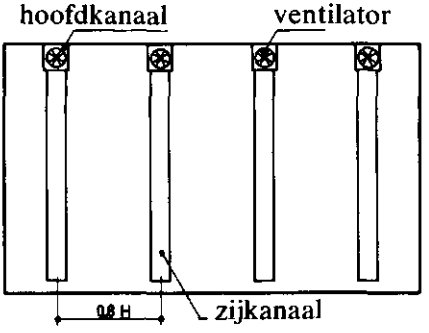


Fig. 9.4 Hoofdkanaal met zijkanalen

Fig. 9.5 Elk kanaal z'n eigen ventilator



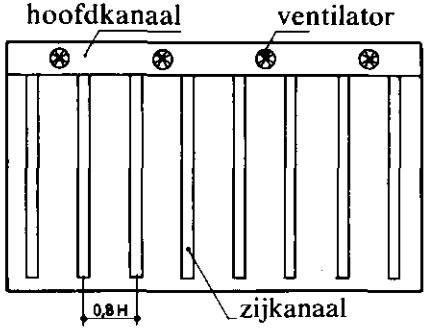


Fig. 9.6 Centrale ventilatiegang met hoofdkanalen

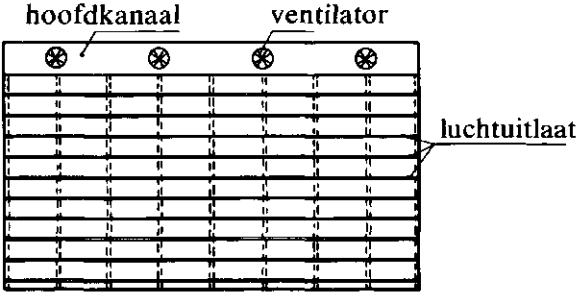


Fig. 9.7 Centrale ventilatiegang met roostervloer

grondse kanalen moet de onderlinge afstand - hart op hart - beperkt blijven tot maximaal de hoogte van de aardappelhoop, maar het verdient de voorkeur dat hij kleiner is.

De afmetingen van het luchtverdeelsysteem moeten zijn aangepast aan de capaciteit van de ventilator. In het algemeen behoeven er bij luchtsnelheden beneden de 6 m per seconde geen bijzondere voorzieningen getroffen te worden ten aanzien van de afmetingen van de kanalen. Dit betekent dat de doorsnede van de kanalen over de gehele lengte gelijk kan zijn. Om de juiste doorsnede van het ventilatiekanaal te berekenen, gebruiken we het volgende sommetje:

$$\text{kanaaldoorsnede in m}^2 = \frac{\text{capaciteit ventilator in m}^3 \text{ per uur}}{3600 \text{ x de luchtsnelheid in meters per seconde.}}$$

Bij een ventilatorcapaciteit van 18.500 m³ per uur en een luchtsnelheid van 6 meter per seconde zal het ventilatiekanaal dus een doorsnede moeten hebben van:

$\frac{18500}{6 \times 3600} = 0{,}86 \text{ m}^2$.

Bij een luchtverdeelsysteem waarin elke ventilator één kanaal bedient, worden in dit geval de netto-afmetingen van een rechthoekig kanaal 93 × 93 cm. Bedient één ventilator twee kanalen, dan wordt ieder kanaal 65 × 65 cm.

De hoofdkanalen van ventilatiesystemen hebben meestal eveneens een gelijke doorsnede over de gehele lengte. Voor een goede luchtverdeling over alle aangesloten kanalen is het dan noodzakelijk, dat de doorsnede van de luchtsluis gelijk is aan of groter is dan de doorsnede van alle aansluitingen samen.

Met de afgebeelde systemen kan een goede luchtverdeling tot stand gebracht worden, indien we ons houden aan wat we zojuist gesteld hebben ten aanzien van de afstand tussen de kanalen en de doorsnede van de kanalen. Van de afgebeelde systemen kunnen we dat van figuur 9.7 echter wel het systeem met de ideale luchtverdeling noemen. Dit systeem bestaat uit een volledige roostervloer. Het leent zich uitstekend voor elke bewaarmethode. Bij roostervloeren houdt men geen onderlinge afstand tussen de kanalen aan, maar ze worden aansluitend naast elkaar gelegd. De kanalen worden afgedekt met betonnen roosterplaten, waarbij in of tussen de platen ventilatiespleten zitten met een breedte van ca. 20 mm en een onderlinge afstand van 20 tot 30 cm.

Bij opslag van aardappelen in kisten kan het luchtverdeelsysteem afgebeeld in fig. 9.7 gebruikt worden, het systeem met de roostervloer dus.

Fig. 9.8 Roostervloer

Fig. 9.8 toont een roostervloer. Ook kan bij opslag in kisten gebruik gemaakt worden van de systemen die we in de figuren 9.9 en 9.10 zien afgebeeld.

In figuur 9.9 worden de kisten geventileerd door een ondergronds kanaal. De kisten moeten aan alle kanten zo dicht mogelijk tegen elkaar gestapeld worden, om te voorkomen dat er lucht om de kisten heen wordt verplaatst.

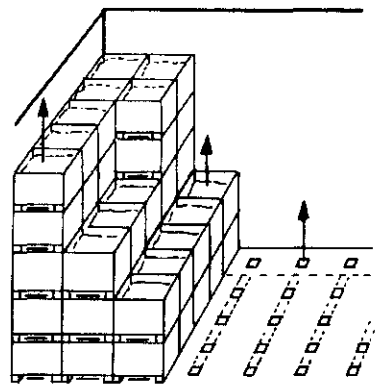


 Fig. 9.9 De kisten worden door een ondergronds kanaal geventileerd

Bij het systeem van figuur 9.10 vormen de pallets van de kisten het luchtverdeelkanaal. Om als verdeelkanaal te kunnen dienen, moeten de pallets aan twee zijden dichtgemaakt worden.

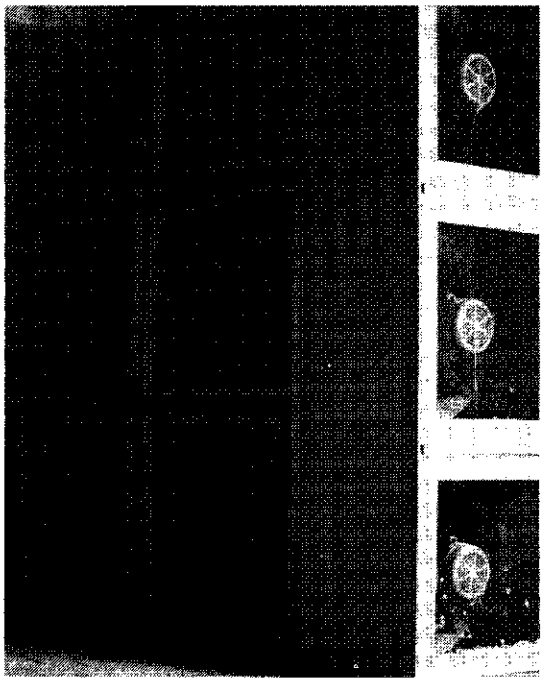


Fig. 9.10 Ventilatie van aardappelen in kisten door middel van een droogwand

In het systeem van figuur 9.10 zijn de ventilatoren dus boven elkaar voor de hoofdkanalen geplaatst, waar de 'pallet-kanalen' als verdeelkanalen op worden aangesloten. Het is duidelijk dat we de kisten van een rij zo aaneengesloten mogelijk moeten stapelen om de luchtverliezen zo laag mogelijk te houden.
Het 'pallet-kanaal' is een gelijkedoorsnede-kanaal. En zowel de doorsnede van het kanaal als die van de uitblaasopeningen van de kisten (de spleten van de bodems van de kisten) worden bepaald door de constructie van de kisten en door het aantal kisten. Voor een gelijkmatige luchtverdeling is het daarom noodzakelijk dat we het aantal kisten per uitblaasopening in het hoofdkanaal beperkt houden.
Het aantal kisten in een rij wordt bepaald door de eis dat de totale uitblaasoppervlakte van alle kisten in een rij gelijk moet zijn aan of kleiner moet zijn dan drie- à viermaal de doorsnede-oppervlakte van het 'pallet-kanaal'. We kunnen dat ook zo uitdrukken:

$$\text{aantal kisten in rij} = \leqslant 3 \times \frac{\text{doorsnede pallet}}{\text{uitblaasopeningen alle kisten}}$$

Nu is dit verdeelkanaal niet absoluut dicht; er treedt natuurlijk lekkage op tussen de kisten. Daarom kan er in dit kanaal ook geen hoge druk worden opgebouwd. De luchtsnelheid door de uitblaasopeningen van de gevulde kisten moeten we dan ook tot 3 à 4 m per seconde beperken. De luchtsnelheid bij de inlaat van de pallet van de eerste kist mag dus ook niet hoger worden dan 4 m/s. Rekenen we nu met een luchtverlies van 20 %, dan kunnen we het aantal kisten in een rij met het volgende sommetje bepalen:

$$\text{aantal kisten in rij} = \text{luchtsnelheid} \times \frac{\text{doorsnede-oppervlakte van één pallet in m}^2}{\text{luchtverplaatsing door elke kist in m}^3/\text{s}}$$

De pallets van de kisten die we in Nederland gebruiken hebben een vrije doorsnede van ca. 0,11 m²; per kist kan 1 ton aardappelen opgeslagen worden. Willen we nu per kist 0,041 m³ lucht per seconde verplaatsen, dan is het toegestane aantal kisten in een rij:

$$3{,}2 \times \frac{0{,}11}{0{,}041} = 8{,}58 \text{ oftewel } 9\,.$$

Met behulp van het eerdergenoemde sommetje kunnen we dan bepalen dat de spleetoppervlakte in de bodem van de kist 0,037 m² moet zijn, en wel als volgt:

$$\text{uitblaasopening} = \leqslant 3 \times \frac{\text{doorsnede pallet}}{\text{aantal kisten}} = \frac{3 \times 0{,}11}{9} = 0{,}037 \text{ m}^2.$$

Op deze manier kunnen we het aantal kisten in een rij bepalen, voor elke kistconstructie, en de gewenste luchtverplaatsing door de kist.

Constructie van de luchtkanalen

Er worden zowel ondergrondse als bovengrondse kanalen toegepast in aardappelbewaarplaatsen.
Figuur 9.11 laat ons een **ondergronds** verdeelkanaal zien.
De wanden van de kanalen moeten glad worden afgewerkt. Voor de afdekking van ondergrondse kanalen worden hardhouten balkjes of betonnen roosterplaten gebruikt. Tussen de afdekbalken wordt ruimte opengelaten voor luchtuitlaat. Dat kunnen we zien in fig. 9.11.
In kleine bewaarruimten worden ondergrondse verdeelkanalen soms ook gebruikt voor het leeghalen van de ruimte. Er wordt dan een transportband in het kanaal geschoven die de aardappelen uit de ruimte schept en naar buiten transporteert. Fig. 9.12 laat dat zien. In dit geval

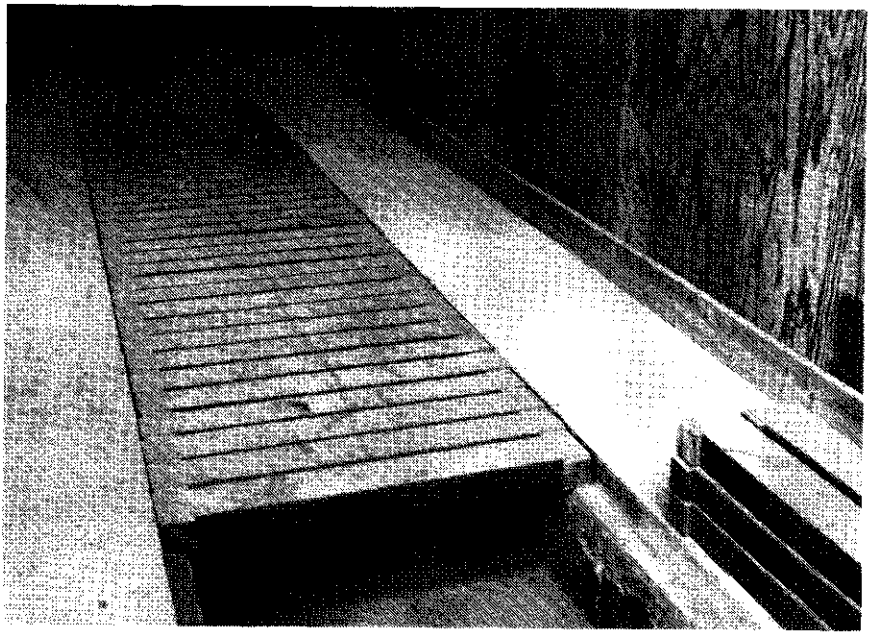


Fig. 9.11 Ondergronds kanaal met afdekbalken

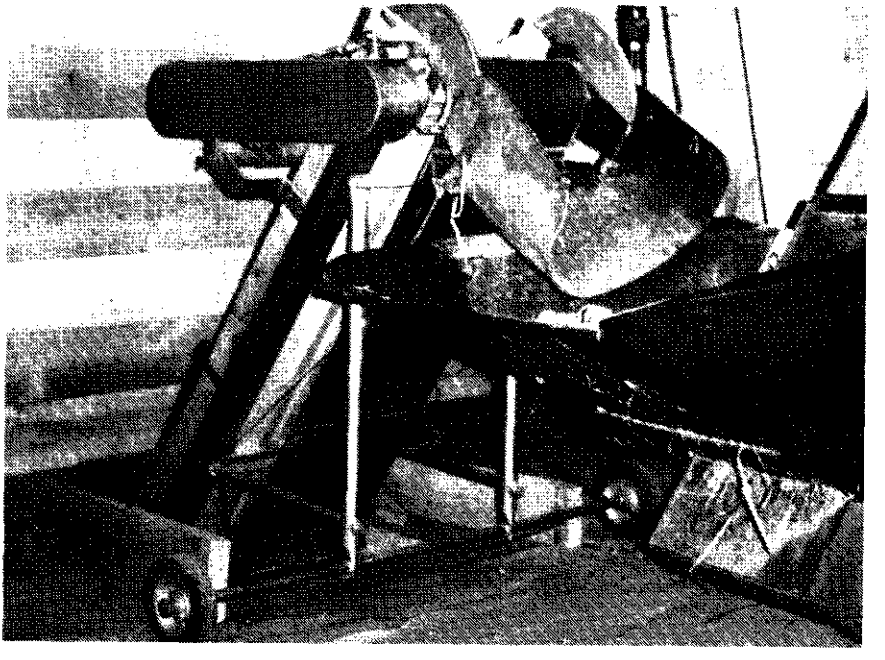


Fig. 9.12 Transportband in luchtkanaal

moeten de kanaalafmetingen uiteraard aangepast worden aan de afmetingen van de transportband. Ook moeten we de afdekking van de kanalen dan gemakkelijk kunnen verwijderen.
De afdekplaten, en ook de vloeren en kanalen, moeten de druk van aardappelen, werktuigen, machines en eventueel zwaar transportmaterieel kunnen opnemen. We hebben dat in hoofdstuk 6: 'Uitvoering van aardappelbewaarplaatsen' al besproken.
Het voordeel van ondergrondse kanalen is dat ze elke bewaarmethode toelaten, dus zowel losgestorte opslag als opslag in zakken en in zakken op pallets en dat ze geen problemen veroorzaken bij vullen en leeghalen.

Bij **bovengrondse** kanalen ligt dat anders. Die zijn alleen geschikt bij losgestorte bewaring. In de figuren 9.13 en 9.14 zien we enkele voorbeelden van bovengrondse kanalen.

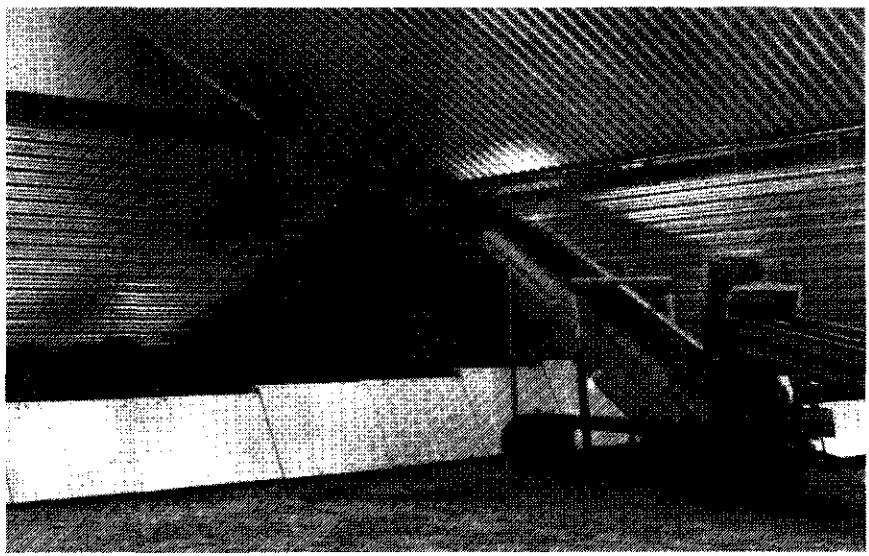


Fig. 9.13 Driehoekig houten ventilatiekanaal

Bovengrondse kanalen worden gemaakt van hout of van metaal.
Voor metalen kanalen wordt meestal thermisch verzinkt staal gebruikt.
In aanschaf zijn bovengrondse kanalen in het algemeen goedkoper dan ondergrondse kanalen. Maar de exploitatiekosten zijn hoger, omdat ze meer onderhoud vragen en vaker vervangen moeten worden. Ook vergen ze meer arbeid, want ze moeten tijdens het vullen van de bewaarplaats worden opgebouwd en tijdens het leeghalen moeten ze weer afgebroken en verwijderd worden. Dat veroorzaakt dus nogal wat slijtage. Bij het vullen en leeghalen vormen bovengrondse kanalen eigenlijk

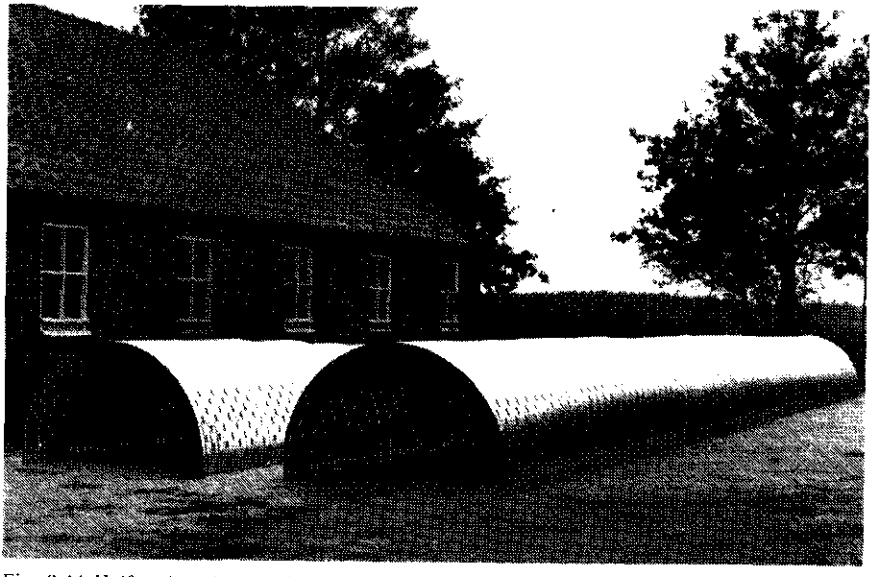


Fig. 9.14 Halfronde stalen ventilatiekanalen

grote obstakels.
Het is duidelijk dat ook bovengrondse kanalen aan de binnenzijde zo vlak mogelijk moeten zijn.

Ten aanzien van de beluchting van de aardappelen bestaan er in principe geen verschillen tussen bovengrondse en ondergrondse luchtkanalen. Maar gezien de vele voordelen, verdienen ondergrondse kanalen de voorkeur.

Aan- en afvoer van de lucht

De luchtaanvoer naar de bewaarplaats vindt plaats via afsluitbare openingen in de buitenwand. Om capaciteitsverliezen van de ventilator te beperken, moet de snelheid van de aangezogen lucht bij voorkeur niet hoger zijn dan 5 m per seconde. De afmetingen van de totale luchtaanvoeropening(en) kunnen we dan als volgt berekenen:

$$\text{netto-oppervlakte luchtaanvoeropeningen in m}^2 = \frac{\text{capaciteit ventilator(en) in m}^3 \text{ per uur}}{5 \times 3600}$$

De inlaatopeningen moeten met goed-sluitende, geïsoleerde luiken afgesloten worden. Ook kunnen we de luchtaanvoeropeningen van extra zelfregelende drukkleppen voorzien. Zulke luiken worden door de

zuigkracht van de ventilatoren geopend en zodra de ventilatoren stoppen gaan ze vanzelf weer dicht. Het is ook mogelijk de geïsoleerde luiken automatisch (mechanisch) te laten bedienen. De regeling daarvan wordt dan gekoppeld aan de regeling van de ventilatoren.

Om extra luchtweerstand te voorkomen, moet er ook voldoende luchtafvoer zijn. De luchtsnelheid bij de uitlaatopeningen moet bij voorkeur niet hoger zijn dan 4 m per seconde.
De doorsnede-oppervlakte van de luchtuitlaatopeningen kunnen we op de volgende manier berekenen:

$$\text{netto-oppervlakte luchtuitlaatopeningen in m}^2 = \frac{\text{capaciteit ventilator(en) in m}^3 \text{ per uur}}{4 \times 3600}$$

De uitlaatopeningen bevinden zich meestal in de eindgevels of het dakvlak van de bewaarplaats. Om vermenging van aan- en afgevoerde lucht te voorkomen, moeten de luchtinlaat- en de luchtuitlaatopeningen zover mogelijk uit elkaar worden geplaatst; bij voorkeur dus niet in de zelfde gevel. De uitlaatopeningen worden van jalouzieroosters voorzien en van goed geïsoleerde afsluitluiken.
Indien de luiken automatisch geopend en gesloten worden, kunnen de jalouzieroosters achterwege blijven.
In bewaarplaatsen die geen dakisolatie hebben maar een geïsoleerd plafond, worden de luchtafvoeropeningen in het plafond aangebracht. En wel regelmatig over het plafond verdeeld en uitgerust met lichte, isolerende, zelfregelende overdrukkleppen.
De ruimte boven het plafond moet ruim geventileerd worden. Dit ventileren kan gebeuren met behulp van in de eindgevels aangebrachte jalouzieroosters. Bij harde wind, een sneeuwstorm of iets dergelijks, moeten we deze roosters met een luik kunnen afsluiten.

HORIZONTALE VENTILATIE

Tot nu toe hebben we het gehad over ventilatiesystemen, waarbij de ventilator lucht aanzuigt en die vervolgens in verticale richting door de aardappelen blaast. Nu moeten we het nog even hebben over het systeem, waarbij de ventilator horizontaal door de aardappelen heen lucht aanzuigt en die vervolgens naar buiten blaast.
Er bestaan permanente en semi-permanente bewaarinrichtingen, die niet voorzien zijn van een luchtverdeelsysteem en waarin de ventilatoren de ventilatielucht in horizontale richting door de aardappelhoop heen afzuigen. De ventilator wordt dan opgesteld voor een dwars voor de aardappelhoop geplaatst luchtkanaal.

Om de bewaaromstandigheden in de stapel zo goed mogelijk te kunnen beheersen, dekt men de aardappelhoop wel af met plastic, waardoor indien gewenst telkens een ander deel van de hoop belucht kan worden. Om bij erge kou condens tegen het plastic te voorkomen, wordt het wel afgedekt met stro.

In de eerste plaats moeten we ten aanzien van horizontale ventilatie de opmerking maken dat de capaciteit van de ventilatoren, afhankelijk van de lengte van de aardappelhoop, tot 50 à 30 % kan dalen in vergelijking met de normale verticale ventilatie.

Tijdens het ventileren treden er in de lengterichting dan ook grote temperatuurverschillen in de aardappelhoop op.

Om grote temperatuurverschillen in zo'n aardappelhoop te voorkomen, zal er bij horizontale ventilatie op een aanzienlijk groter aantal ventilatie-uren gerekend moeten worden dan bij blazen. Uiteraard is dit afhankelijk van de ventilatorcapaciteit en van het volume van de aardappelhoop. Om normale temperatuurverschillen in de aardappelhoop te bewerkstelligen, zal er dus òf langer gedraaid moeten worden òf een zwaardere ventilator geïnstalleerd moeten worden. Beide oplossingen kosten geld.

Het horizontale systeem is ook kwetsbaarder. Mochten de aardappelen namelijk dusdanig verontreinigd zijn dat de weerstand tegen luchtverplaatsing aanzienlijk toeneemt, dan kan dat leiden tot onvoldoende beluchting van de aardappelen, met alle gevolgen van dien.

Wat de bewaarkosten betreft, moeten we rekening houden met toenemende kosten voor electrische energie. Die kosten zullen de winst van de lagere investeringen ten opzichte van het verticale blaassysteem voor een belangrijk deel of helemaal teniet doen.

Onder voorbehoud, want zoveel ervaring is er met horizontale ventilatie nog niet opgedaan, trekken we de conclusie, dat horizontale ventilatie geschikt lijkt voor incidentele, kortdurende aardappelbewaring in b.v. een geïmproviseerde bewaarplaats. Vormt aardappelbewaring echter een structureel onderdeel van onze bedrijfsvoering, dan verdient verticale ventilatie de voorkeur.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1981. De bewaarplaats voor losgestorte aardappelen. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 268.

HAK, P.S. en P. PLIEGER, 1983. Vergelijkend onderzoek met het blaas- en zuigsysteem bij schuurbewaring van fabrieksaardappelen in het seizoen 1982/83. IBVL-Rapport 445.

RASTOVSKI, A., 1981. Ventilation systems in potato stores. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

RASTOVSKI, A., R. WUSTMAN en P.S. HAK. 1985. Horizontale ventilatie bij aardappelbewaring. Landbouwmechanisatie 36 (1985) 8 (augustus).

WUSTMAN, R., P. PLIEGER en P.S. HAK. 1985. Vergelijkend onderzoek met het blaas- en zuigsysteem bij schuurbewaring van fabrieksaardappelen in seizoen 1984/85. IBVL-Rapport 540.

Hoofdstuk 10

METEN EN REGELEN VAN DE TEMPERATUUR

Tijdens de bewaring is de temperatuur dé factor die de kwaliteit van de aardappelen en de hoogte van de verliezen beïnvloedt. De temperatuur beïnvloedt zowel processen in de aardappel, zoals ademhaling, kieming, suikervorming enz., als de activiteit van micro-organismen. Vochtverlies, verlies aan droge stof zowel als verliezen door kieming, ongewenste verandering in de chemische samenstelling van de aardappel en de verspreiding van ziekten zijn dus in sterke mate afhankelijk van de bewaartemperatuur.

Succesvol bewaren van aardappelen is dus voor een groot deel een kwestie van beheersing van de bewaartemperatuur.
Het is dan ook strikt noodzakelijk dat we te allen tijde de juiste temperatuur van de aardappelen en van de lucht kunnen meten en maatregelen kunnen nemen om de temperatuur van de aardappelen bij te sturen. Daar hebben we betrouwbare hulpmiddelen bij nodig.
Het proces van temperatuurregeling verloopt in principe zoals afgebeeld in fig. 10.1.

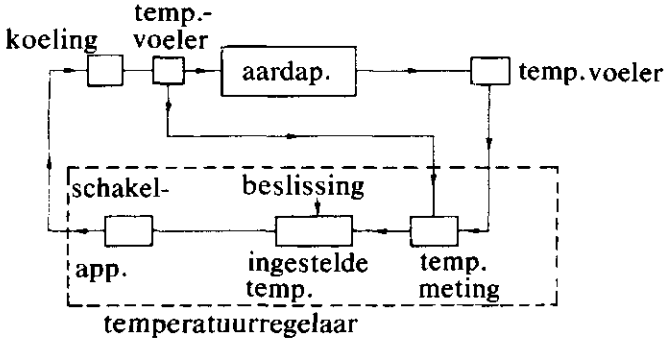


Fig. 10.1 Proces van temperatuurregeling

De temperatuur van de aardappelen wordt afgetast met behulp van een temperatuurvoeler, die in de aardappelhoop geplaatst is en hij wordt afgelezen op een meetinstrument. De gemeten temperatuur wordt dan vergeleken met de ingestelde, gewenste temperatuur van de aardappelen. Afhankelijk van de uitkomst van die vergelijking wordt beslist of

de aardappelen wel of niet gekoeld resp. opgewarmd moeten worden. Wijkt de gemeten temperatuur af van de gewenste temperatuur, dan moet het koel- resp. opwarmingssysteem ingeschakeld worden. De betreffende regelorganen worden bediend en het koel- resp. opwarmingssysteem begint te werken.
Om te voorkomen dat de temperatuur in de onderste lagen aardappelen te laag of te hoog wordt, moet ook de luchttemperatuur in het toevoerkanaal afgetast en gemeten worden. Op grond van deze temperatuurmeting worden de betreffende regelorganen zodanig bediend, dat de gewenste kanaaltemperatuur wordt gehandhaafd.
Tijdens de koeling resp. de opwarming worden de temperaturen continu gemeten. Wanneer de temperatuur van de aardappelen de gewenste waarde bereikt of wanneer eventueel de temperatuur van de lucht een ongewenst hoge dan wel lage temperatuur aanneemt, wordt het koel- resp. opwarmingssysteem uitgeschakeld.
De temperatuurregelaar uit fig. 10.1, aangeduid door de onderbroken lijn, verricht de volgende 'handelingen': temperatuurmeting, vergelijking van de gemeten en de ingestelde (gewenste) temperatuur, besluitvorming of de temperatuur wel of niet bijgestuurd moet worden en bediening van de regelorganen (de schakelaars).
De functie van temperatuurregelaar kan òf door de beheerder worden vervuld, òf door automatische apparatuur òf door een combinatie van beheerder en half-automatische resp. automatische apparatuur. We kijken nu eerst naar de meet- en regelapparatuur die beschikbaar is en vervolgens naar de verschillende systemen van meten en regelen.

MEET- EN REGELAPPARATUUR

Thermometers en temperatuurvoelers

In aardappelbewaarplaatsen worden hoofdzakelijk twee typen thermometers gebruikt, nl.: kwikthermometers en bimetaalthermometers. Voor het meten van de luchttemperatuur worden meestal glazen kwikthermometers gebruikt of minimum-maximum thermometers, zoals afgebeeld in fig. 10.2. Laatstgenoemde thermometers registreren ook de minimum- en maximumtemperatuur tijdens een bepaalde meetperiode. Kwikthermometers zijn betrouwbaar en nauwkeurig.
Een bimetaal steekthermometer, zoals afgebeeld in fig. 10.3, wordt gebruikt om de temperatuur in de aardappelhoop te meten. Omdat de temperatuur van de aardappelen op 0,5 à 0,75 m onder de top van de hoop op z'n hoogst is, moet de steekthermometer op die hoogte worden aangebracht, en wel midden in de cel of de aardappelhoop. De bimetaal

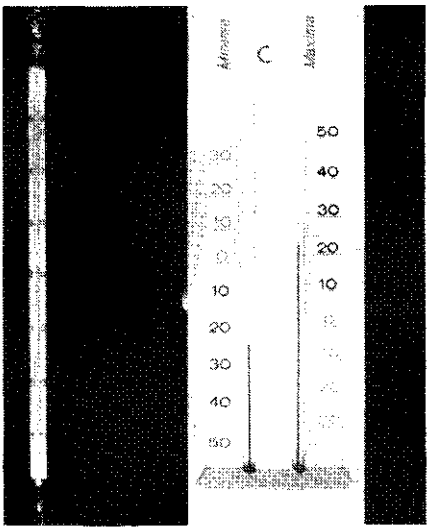


Fig. 10.2 Glazen kwikthermometer en minimum-maximum thermometer

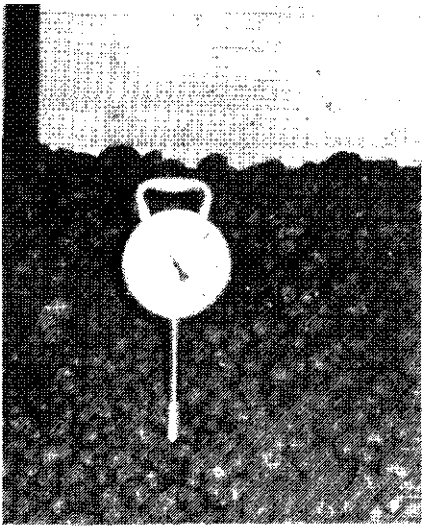


Fig. 10.3 Bimetaal steekthermometer

steekthermometers worden gebruikt vanwege hun robuuste uitvoering. Het is beslist noodzakelijk dat we alle thermometers vóór het begin van elke bewaarseizoen ijken bij verschillende temperaturen, omdat er enorme afwijkingen voorkomen. Dit kan gebeuren met behulp van een geijkte thermometer met een ijkcertificaat.
Vooral in grotere bewaarplaatsen wordt de temperatuur op een aantal punten gemeten. Voor dit doel zijn er electronische temperatuurmeet-instrumenten die de temperatuur op afstand meten. Het betreffende instrumentarium bestaat uit een central opgesteld meetinstrument, zoals we in fig. 10.4 zien.

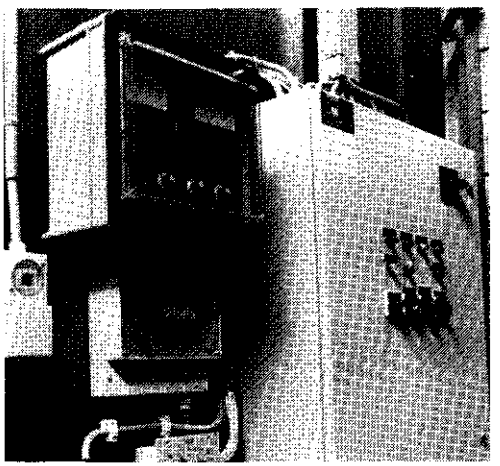


Fig. 10.4 Centrale meet- en regelinstallatie

Op dit instrument wordt een aantal temperatuurvoelers aangesloten die bij het vullen van de bewaarplaats op verschillende punten in de aardappelhoop zijn geplaatst (zie fig. 10.5). Per 100 m^2 aardappelhoopoppervlakte moeten we één temperatuurvoeler (of één steekthermometer) aanbrengen. De voelers zijn door een kabel met het meetinstrument verbonden. Dat meetinstrument heeft voor iedere voeler een instelknop.

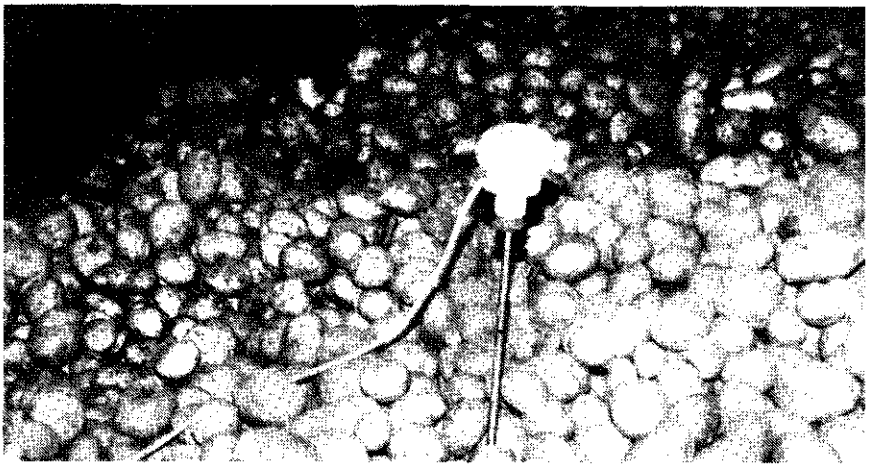


Fig. 10.5 Temperatuurvoeler

Door deze knop in te drukken kunnen we direct de temperatuur van de aardappelen bij de betreffende voeler aflezen.
Het meetinstrument moet opgesteld worden op een droge plaats, met zo weinig mogelijk stof, in ieder geval niet in de luchtstroom en gemakkelijk bereikbaar. Bij voorkeur in een ruimte waarin niet al te grote temperatuurverschillen optreden.
Ook een dergelijk systeem moeten we regelmatig ijken.

Thermostaten

Thermostaten zijn instrumenten voor automatische temperatuurregeling. Bij de temperatuurregeling in een aardappelbewaarplaats is de thermostaat altijd een onderdeel van een regelkring, die het regelorgaan oftewel de electrische schakelaar bedient. De thermostaat vervult samen met de temperatuurvoeler de volgende functies: temperatuur opnemen, meten en vergelijken met de ingestelde temperatuur en beslissen of de regelorganen wel of niet bediend moeten worden.

Er zijn mechanische thermostaten en electronische thermostaten. Het

belangrijkste voordeel van een electronische thermostaat is dat de afstand tussen de temperatuurvoeler en de thermostaat niet wordt beperkt. Een electronische thermostaat kan dus altijd in de centrale regelkamer worden geplaatst, waardoor we de temperatuur voor de gehele bewaarplaats vanaf één punt kunnen instellen. Over het algemeen zijn de electronische thermostaten ook nauwkeuriger.

In fig. 10.6 zien we een weerhuisje met maximum- en minimumthermostaat.

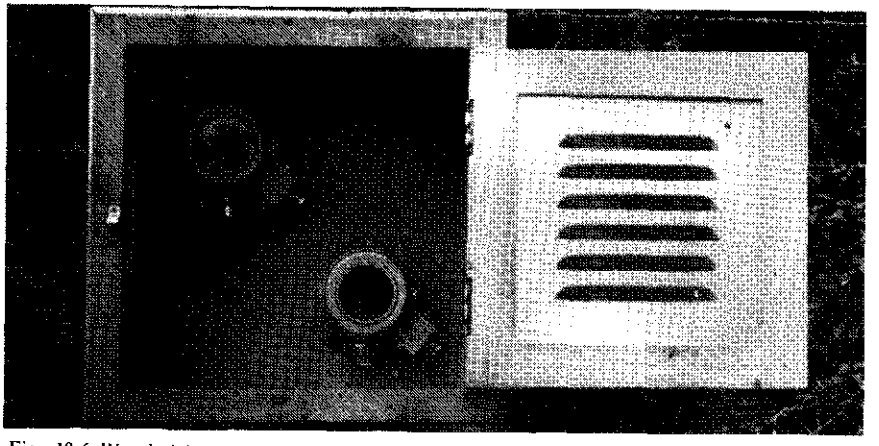


Fig. 10.6 Weerhuisje met minimum- en maximumthermostaat

Een electronische thermostaat moet aan de volgende eisen voldoen:

1. instelling van de thermostaat moet mogelijk zijn op een schaal met een verdeling van tenminste 0,2 graad;
2. de instelling mag niet wijzigen als gevolg van temperatuurverandering in de omgeving van de thermostaat;
3. het is wenselijk dat de temperatuur van de opgeslagen aardappelen op de thermostaat afgelezen kan worden;
4. op de thermostaat moeten signaallampjes aangeven of hij in- of uitgeschakeld is;
5. temperatuurcorrecties aan de thermostaat moeten op eenvoudige wijze uitgevoerd kunnen worden;
6. verstelling van de thermostaat moet een daarmee overeenkomende verstelling van het schakelpunt veroorzaken;
7. de eigen schakeldifferentie van de thermostaat, dus het verschil tussen de ingestelde en de gemeten temperatuur die nodig is om een thermostaat te activeren, moet kleiner zijn dan 0,5 graad.

Microprocessor en minicomputer

De ontwikkeling van microprocessors en minicomputers bevindt zich nog altijd in een stroomversnelling. Wat vandaag hypermodern is, is morgen al weer verouderd. Daarom volstaan we met het noemen van de mogelijkheden van deze apparatuur bij de aardappelbewaring.

Bij gebruikmaking van een microprocessor worden de waarden van de temperatuur van het produkt, van de buitenlucht en van de lucht in de luchttoevoerkanalen langs electronische weg naar de microprocessor gezonden. De microprocessor 'interpreteert' die waarden als het ware en 'vertaalt' ze dan in bedieningssignalen voor de ventilatoren en eventueel ook voor de luchtaan- en -afvoerluiken. Fig. 10.7 geeft een indruk van de meet-, regel- en bedieningskast voor zo'n systeem.

Een minicomputer doet eigenlijk hetzelfde, maar hij heeft meer mogelijkheden. Met behulp van een ingetoetst programma verwerkt de computer de temperatuurgegevens en hij zet, indien nodig, de ventilatoren aan het werk of de luiken in beweging. In het programma van de computer kunnen we natuurlijk allerlei eigen wensen ten aanzien van het bewaarproces opnemen. We kunnen de computer aansluiten aan een beeldscherm en een printer, zodat het resultaat van het besturingswerk van de computer direct afgelezen kan worden en op papier kan worden vastgelegd.

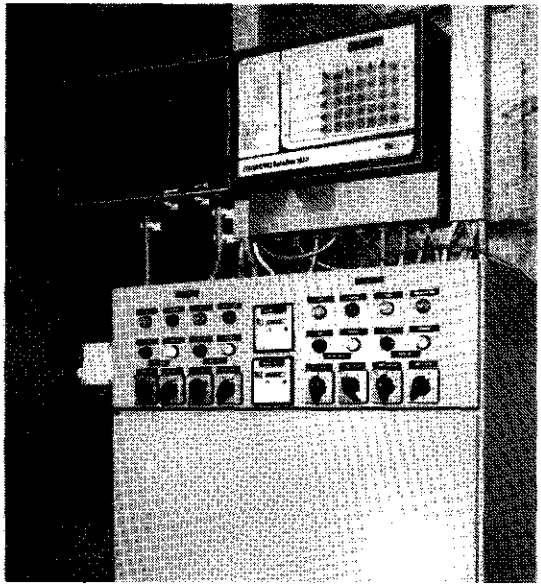


Fig. 10.7 Meet-, regel- en bedieningskast voor een geautomatiseerd systeem

De beheerder

Met een goed ontworpen en goed uitgevoerd systeem voor automatische temperatuurregeling kunnen we de ingestelde temperatuur dus nauwkeurig handhaven. Nu kan zo'n automatisch systeem wel véél, maar niet alles. Ventileren kan immers ook om andere redenen dan temperatuurregeling noodzakelijk zijn. Bijvoorbeeld om de aardappelen te drogen of voor het inperken van rottingshaarden. Zulke dingen signaleert zo'n automatisch systeem nu eenmaal niet. Dus ook bij een hypermodern automatisch systeem voor temperatuurregeling hangt het succes van de bewaring in overgrote mate af van de waakzaamheid en de deskundigheid van de beheerder.

SYSTEMEN VAN METEN EN REGELEN

Er zijn momenteel vijf systemen voor het meten en regelen van de aardappelbewaartemperatuur, en wel:

1. handbediening;
2. temperatuurregeling met 1 aardappelthermostaat, 1 buitenluchtthermostaat en 1 vorstbeveiligingsthermostaat;
3. temperatuurregeling met 1 differentiaalthermostaat en 1 minimumthermostaat;
4. regeling van de ventilatie met behulp ven een microprocessor;
5. regeling van de ventilatie met behulp van een minicomputer.

1. Handbediening

Het systeem van handbediening, hoewel vele jaren lang door vele deskundige beheerders met goed resultaat gehanteerd, heeft duidelijk z'n beperkingen. Zeker in een tijd waarin de automatisering op allerlei gebieden snel ingang vindt. Beheersing van de bewaaromstandigheden met handbediening kan inhouden dat we er midden in de nacht uit moeten om de buitenluchttemperatuur op te nemen, de luiken te openen, de ventilatoren aan te zetten e.d. Vooral in tijden met minder gunstige weersomstandigheden, zoals b.v. een vorstperiode, zijn we in feite met handen en voeten aan onze bewaarplaats gebonden. Alleen al om redenen van efficiëncy is het dus gewenst het meten en regelen van de temperatuur min of meer te automatiseren. En als we met menglucht willen werken, of met mechanische koeling, of als we b.v. afhankelijk van de relatieve vochtigheid willen ventileren, dan ontkomen we zelfs niet aan automatisering.

2. Temperatuurregeling met 1 aardappelthermostaat, 1 buitenluchtthermostaat en 1 vorstbeveiligingsthermostaat

Deze drie thermostaten zijn in serie geschakeld in de stuurkring van de ventilator. Deze regeling is een half-automatisch systeem, waarbij we de afstelling van de buitenluchtthermostaat regelmatig moeten aanpassen aan de veranderde omstandigheden.

De aardappelthermostaat stellen we in op de gewenste bewaartemperatuur. Met de schakeldifferentie van deze thermostaat kunnen we de grenzen vastleggen waarbinnen de aardappeltemperatuur mag schommelen.

We stellen de buitenluchtthermostaat in op een lagere waarde dan de aardappeltemperatuur. De buitenluchtthermostaat staat ventilatie toe als de buitenlucht kouder is dan de ingestelde waarde.

Om te voorkomen dat de aardappelen met té koude lucht geventileerd worden, hebben we de vorstbeveiligingsthermostaat.

Met dit systeem is het eventueel mogelijk dat de aardappelen door lage buitentemperaturen eerst gekoeld worden en daarna door stijging van de buitenluchttemperatuur weer worden opgewarmd. Voor een goede regeling van de bewaaromstandigheden bij dit systeem is het dus noodzakelijk dat we voortdurend de buitenluchtthermostaat bijstellen.

3. Temperatuurregeling met 1 differentiaalthermostaat en 1 minimumthermostaat

Deze twee thermostaten zijn in serie geschakeld in de stuurkring van de ventilator.

De differentiaalthermostaat, uitgerust met een aardappeltemperatuurvoeler en een buitenluchttemperatuurvoeler, schakelt de ventilator in als de temperatuur van de buitenlucht lager is dan de aardappeltemperatuur. Het temperatuurverschil tussen aardappelen en buitenlucht kunnen we instellen op b.v. één à twee graden.

De minimumthermostaat schakelt de ventilator uit als de temperatuur van de buitenlucht lager is dan de temperatuur die de aardappelen op z'n laagst mogen krijgen.

Deze temperatuurregeling werkt als een vol-automatisch systeem.

4. Regeling van de ventilatie met behulp van een microprocessor

Bij dit vol-automatische systeem worden aardappeltemperaturen en buitenluchttemperaturen gemeten en deze waarden worden als meetgegevens aan de microprocessor toegevoerd. Bovendien kunnen we andere waarden en gegevens in de microprocessor inbrengen, zoals: kanaaltemperaturen, relatieve luchtvochtigheden, tijden voor interne ventilatie, klepstanden enz.

Op grond van een ingebrachte verwerkingsvolgorde kan de microprocessor de meetgegevens omzetten in stuursignalen naar ventilatoren, klep-

pen, alarmsystemen e.d.
Met dit systeem kunnen we een groot aantal cellen gelijktijdig regelen en besturen.
Bij verandering van de bedrijfsomstandigheden kan eventueel een andere procesgang nodig zijn en dan moet de fabrikant de microprocessor aanpassen.

5. Regeling van de ventilatie met behulp van een minicomputer
Ook bij dit vol-automatische systeem worden meetgegevens verzameld, die via een scanner aan een minicomputer worden toegevoerd.
Een in programmeertaal geschreven programma verwerkt de gegevens en stuurt het bewaarproces via stuursignalen vanuit de computer. Door de minicomputer aan een printer te koppelen, kunnen we het resultaat van de sturing, compleet met de meetgegevens, op papier vastleggen.
In het programma kunnen we individuele eisen en wensen t.a.v. het bewaarproces aanbrengen.

Zowel de microprocessor als de minicomputer zijn systemen die digitale gegevens verwerken en als zodanig zijn ze minder onderhevig aan verloopverschijnselen (drift e.d.).

In mechanisch gekoelde bewaarplaatsen wordt uitsluitend met automatische temperatuurregeling gewerkt. Maar ook in bewaarplaatsen die met buitenlucht gekoeld worden, treffen we hoe langer hoe meer automatische systemen aan.

TEMPERATUURREGELING IN MECHANISCH GEKOELDE BEWAARPLAATSEN

In mechanisch gekoelde bewaarplaatsen wordt de temperatuur van de aardappelen opgenomen door een temperatuurvoeler. In de temperatuurregelaar zit een thermostaat die op de gewenste aardappeltemperatuur ingesteld is. Wordt de aardappeltemperatuur hoger dan de ingestelde temperatuur, dan schakelt de thermostaat zowel de koelinstallatie als de ventilator van de luchtkoeler aan. Het koelen gaat door totdat in de aardappelhoop de gewenste temperatuur bereikt is. Dan schakelt de thermostaat de koelinstallatie en de ventilator uit. Ook in het toevoerkanaal zit een temperatuurvoeler, om te voorkomen dat de luchttemperatuur in het toevoerkanaal (b.v. door bevriezing van de luchtkoeler) te laag wordt. Deze voeler is aan een tweede thermostaat verbonden. Wordt de luchttemperatuur lager dan de op deze thermostaat ingestelde temperatuur, dan schakelt deze thermostaat het hele koelsysteem uit.

TEMPERATUURREGELING IN MET BUITENLUCHT GEKOELDE BEWAARPLAATSEN

In bewaarplaatsen die met buitenlucht gekoeld worden, moeten we voor het regelen van de temperatuur zowel de ventilator als de kleppen voor verse luchttoevoer en luchtafvoer alsmede de mengklep bedienen. In principe kunnen we dat met handbediening doen. We hebben dan alleen drie thermometers nodig, en wel één thermometer (T_A) in de aardappelen, één buiten (T_O) en één in het luchttoevoerkanaal achter de ventilator (T_L), zoals afgebeeld in fig. 10.8.

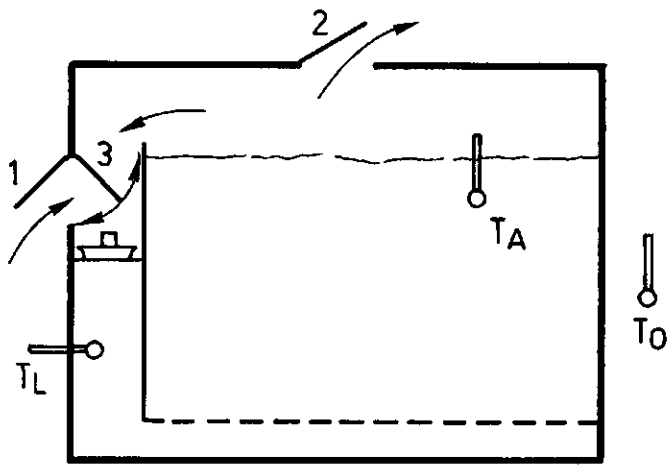


Fig. 10.8 Temperatuurregeling bij handbediening

1 = luchttoevoerklep
2 = luchtafvoerklep
3 = mengklep

T_A = thermometer in aardappelen
T_O = thermometer buiten
T_L = thermometer in kanaal

Als de temperatuur van de aardappelen te hoog oploopt en de temperatuur van de buitenlucht 1 à 2 graden lager is dan de aardappeltemperatuur, dan schakelen we de ventilator in, zetten we de kleppen voor luchttoevoer en -afvoer open en stellen we de gewenste temperatuur in het luchttoevoerkanaal af met behulp van de mengklep. Bij een te lage temperatuur T_L moeten we de mengklep naar beneden verstellen om meer omlucht (lucht uit de bewaarplaats) en minder buitenlucht door de ventilator te laten aanzuigen. Als de temperatuur T_L te hoog is, moet de mengklep omhoog. Tijdens de ventilatie moeten we regelmatig de temperatuur in het toevoerkanaal én de temperatuur van de aardappelen controleren. We moeten de ventilatie namelijk stoppen zodra de ge-

wenste temperatuur van de aardappelen wordt bereikt, of als de buitenluchttemperatuur hoger wordt dan de aardappeltemperatuur. Gunstige buitenluchttemperaturen komen echter vaak alleen 's nachts of 's ochtends vroeg voor. Vanzelfsprekend is dit laatste een uiterst onprettige bijkomstigheid voor de bewaarder die met handbediening werkt. Daarom wordt de temperatuur in bewaarplaatsen met buitenluchtkoeling steeds meer automatisch geregeld. De temperatuurregeling gebeurt dan door thermostaten, zoals afgebeeld in fig. 10.9.

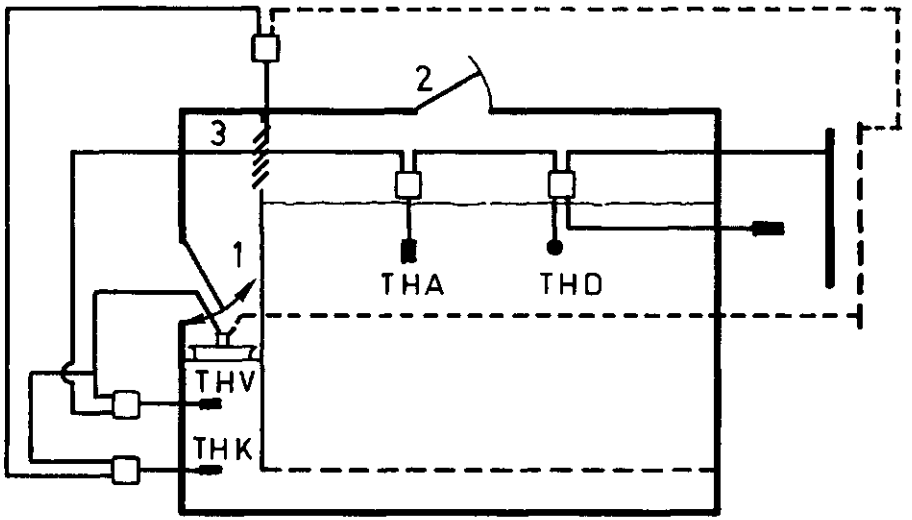


Fig. 10.9 Automatische temperatuurregeling

TH_A = thermostaat aardappeltemperatuur
THD= differentiaalthermostaat
TH_V = veiligheidsthermostaat
TH_K = kanaalthermostaat

1 = drukklep voor luchttoevoer
2 = drukklep voor luchtafvoer
3 = mechanisch bediende mengklep

De ventilator wordt nu bediend door een regelkring, waarin drie thermostaten zijn ingebouwd. We stellen thermostaat TH_A in op de gewenste aardappeltemperatuur. Bij een hogere aardappeltemperatuur dan de ingestelde temperatuur, schakelt de thermostaat de regelkring in. Bij het bereiken van de gewenste aardappeltemperatuur, schakelt thermostaat TH_A de regelkring weer uit.
Differentiaalthermostaat TH_D stellen we in op een bepaald temperatuurverschil tussen de aardappelen en de buitenlucht. Het ingestelde temperatuurverschil is meestal 1,5 à 2 graden.
Wordt het temperatuurverschil tussen aardappelen en lucht groter dan 1,5 à 2 graden, dan schakelt deze thermostaat TH_D de regelkring in. Bij

een kleiner temperatuurverschil, of als de buitentemperatuur hoger wordt dan de aardappeltemperatuur, schakelt hij de regelkring weer uit. Deze thermostaat zorgt er dus voor dat er alleen geventileerd wordt indien de aardappelen efficiënt gekoeld kunnen worden.
In de regelkring die de ventilator bedient is ook nog de veiligheidsthermostaat TH_V ingebouwd, direct achter de ventilator in het luchttoevoerkanaal. Deze thermostaat TH_V stellen we in op de b.v. voor frites-aardappelen minimaal aanvaardbare temperatuur van 4 à 5°C. Wordt de temperatuur in het kanaal lager dan de minimaal aanvaardbare temperatuur, dan schakelt thermostaat TH_V de regelkring uit. Omdat alle drie de thermostaten in serie zijn aangesloten in de regelkring van de ventilator, kan er alleen ventilatie plaatsvinden als alle drie de thermostaten dit toestaan.
Koeling dan wel ventilatie van de aardappelen zal dus doorgaan zolang tegelijkertijd aan drie voorwaarden wordt voldaan:

1) de temperatuur van de aardappelen is hoger dan de gewenste bewaartemperatuur (thermostaat TH_A schakelt in);
2) de temperatuur van de buitenlucht is 1 à 2 graden lager dan de aardappeltemperatuur (thermostaat TH_D schakelt in);
3) de kanaaltemperatuur is niet lager dan 4 à 5 °C (thermostaat TH_V schakelt in).

Mengklep 3 wordt aangedreven door een servomotor. Deze servomotor wordt bediend door kanaalthermostaat TH_K, via een omkeerschakelaar. We stellen kanaalthermostaat TH_K in op een temperatuur die in de meeste gevallen 1 à 2 graden beneden de gewenste bewaartemperatuur ligt. Wordt de kanaaltemperatuur tijdens het ventileren hoger dan de ingestelde temperatuur, dan schakelt de thermostaat dié pool van de omkeerschakelaar aan die de servomotor de mengklep doet dichtdraaien. Daardoor wordt relatief meer buitenlucht door de ventilator aangezogen en de temperatuur in het kanaal daalt. Wordt de gewenste kanaaltemperatuur bereikt, dan schakelt de thermostaat de regelkring uit en de klep blijft in de betrokken positie staan. Daalt de temperatuur in het kanaal echter beneden de ingestelde temperatuur, dan schakelt de thermostaat de servomotor zodanig in dat deze de mengklep begint open te draaien, totdat de ingestelde waarde is bereikt. Dit proces loopt door zolang de ventilator aanstaat.
Als de ventilator stilstaat, staat de mengklep in open positie. Gaat de ventilator weer draaien, dan wordt er eerst met omlucht geventileerd, om bij extreem lage temperaturen onderkoeling van de onderste aardappelen te voorkomen. De mengklep regelt gelijktijdig de positie van de drukkleppen voor luchttoevoer en luchtafvoer.
150 De temperatuur wordt dus geregeld door middel van twee regelkringen,

waarvan de ene de ventilator bedient en de andere de mengklep. De mengklep moet in dit geval als een mechanisch bediende klep met continuregeling worden uitgevoerd. De kleppen voor buitenluchttoevoer en -afvoer in fig. 10.9 zijn als drukkleppen uitgevoerd en zij worden bediend door de ventilator en door de positie van de mengklep. De constructie van een drukklep voor horizontale resp. verticale opstellingen is weergegeven in de figuren 10.10 en 10.11.

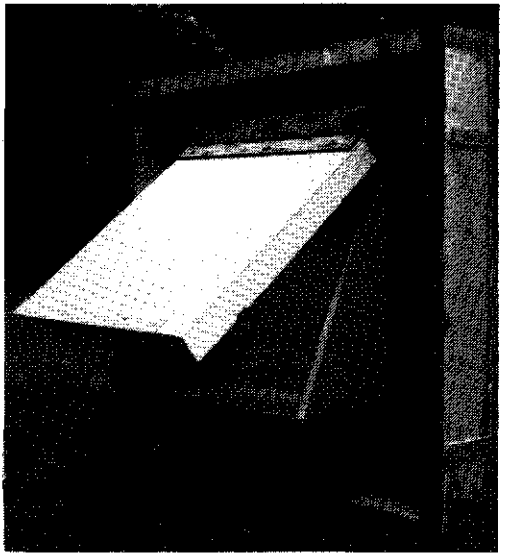


Fig. 10.10 Horizontale opstelling drukklep

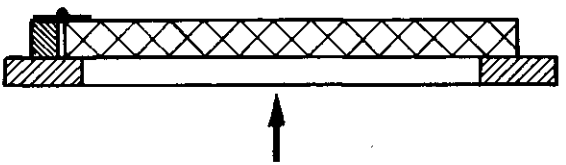


Fig. 10.11 Verticale opstelling drukklep

De kleppen kunnen van polystyreenschuim worden gemaakt. Ze bewegen praktisch wrijvingsloos. De beweging van de kleppen wordt bewerkstelligd door drukverschillen aan beide zijden van de klep. De uitlaatklep wordt opengeduwd door de overdruk die er in de bewaarplaats heerst indien er met buitenlucht wordt geventileerd. De luchtinlaatklep wordt eigenlijk opengezogen doordat er in het luchtkanaal een onderdruk heerst. Wordt er echter uitsluitend met interne lucht geventileerd, met de mengklep volledig geopend dus, dan blijven de beide

drukkleppen dicht. In dat geval heerst er namelijk in de bewaarruimte onder beide kleppen een kleine onderdruk, die niet groot genoeg is om de inlaatklep te doen openen en die vanzelfsprekend ook de uitlaatklep dichthoudt. Beide kleppen blijven ook dicht indien de ventilator niet draait. Draait de ventilator wèl en wordt de mengklep in een middenpositie afgesteld, d.w.z. als we met menglucht ventileren, dan gaan ook de beide drukkleppen gedeeltelijk open, omdat de over- resp. onderdruk nu lager wordt. De drukkleppen worden dus bediend door de ventilator en de mengklep. Het regelsysteem volgens fig. 10.9 is een volledig geautomatiseerd systeem. Het kan overal worden toegepast voor temperatuurregeling bij koeling met buitenlucht.

In een gematigd klimaat als het onze, waar de buitenluchttemperaturen tijdens de bewaarperiode regelmatig de gewenste bewaartemperaturen bereiken, kan het systeem van automatische temperatuurregeling worden vereenvoudigd. We kunnen namelijk gedurende het overgrote deel van de bewaarperiode alleen met buitenlucht koelen. Dan kunnen we dus afzien van de automatische bediening van de mengklep en we kunnen ook met een eenvoudigere bediening van de ventilator volstaan. We krijgen dan een systeem zoals afgebeeld in fig. 10.12.

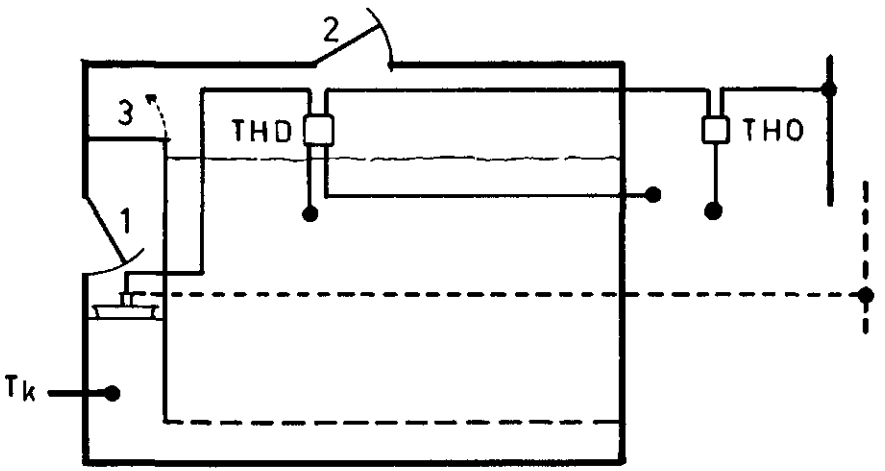


Fig. 10.12 Halfautomatische temperatuurregeling

1 = drukklep voor luchttoevoer
2 = drukklep voor luchtafvoer
3 = handbediende mengklep

THD = differentiaalthermostaat
THO = buitenluchtthermostaat
T_K = kanaalthermometer

De ventilator wordt dan bediend door een regelkring, waarin slechts één differentiaal- en één buitenluchtthermostaat in serie worden aangesloten. We stellen de differentiaalthermostaat TH_D dan meestal in op een verschil van 1,5 à 2 graden tussen de aardappel- en de buitenlucht-

temperatuur. Deze thermostaat schakelt de regelkring dus in zodra de buitenlucht 1,5 à 2 graden kouder is dan de aardappelen. De buitenluchtthermostaat stellen we echter in op de minimaal aanvaardbare temperatuur: b.v. voor fritesaardappelen dus 4 à 5 °C. Deze thermostaat schakelt de regelkring in als de buitentemperatuur gelijk is aan of hoger is dan de ingestelde waarde.
De mengklep staat in principe dicht, zodat alleen met buitenlucht kan worden geventileerd. Koeling zal alleen plaatsvinden als de buitenluchttemperatuur hoger is dan de ingestelde minimumwaarde voor de thermostaat TH_O en de buitenlucht 1,5 à 2 graden kouder is dan de aardappelen.
Willen we de aardappelen b.v. bij 7 °C bewaren, dan zullen we de buitenluchtthermostaat TH_O op 5 °C moeten instellen. Indien we tegelijkertijd de differentiaalthermostaat TH_D op een verschil van 1,5 graad hebben ingesteld, dan zal de ventilator alleen draaien tijdens díe perioden dat de buitenluchttemperatuur 5 à 5,5 °C is. Het temperatuurverschil in de aardappelhoop zal dan niet groter worden dan 1,5 à 2 graden, d.w.z. 5,0 tot 7 °C.
Blijven de buitenluchttemperaturen echter gedurende een langere periode dag en nacht beneden de ingestelde minimum-buitenluchttemperatuur en stijgt desondanks de temperatuur van de aardappelen, dan zullen we overdag met menglucht moeten ventileren. We zullen daarvoor de ventilator met de hand moeten inschakelen en de mengklep zodanig moeten instellen, dat in het luchtkanaal de gewenste temperatuur wordt bereikt. Daarvoor behoeven we alleen maar in het toevoerkanaal een thermometer T_K te plaatsen.

Kleppensysteem

We kijken nog even naar het voor de temperatuurregeling zo belangrijke kleppensysteem.
Om redenen van kostenverlaging voor een automatisch regelsysteem is het kleppensysteem vereenvoudigd. In figuur 10.13 zien we drie kleppensystemen afgebeeld.
Klep 1 in de systemen A en C wordt als drukklep uitgevoerd. De uitlaatklep wordt geopend door de overdruk die in de bewaarplaats heerst als er met buitenlucht wordt geventileerd. In het zelfde geval wordt ook de luchtinlaatklep geopend omdat er in het luchtkanaal een onderdruk heerst. Ventileren we echter met interne lucht dan blijven de luchtinlaatklep en de luchtuitlaatklep dicht.
De luchtinlaat bij systeem C moet echter voorzien worden van een extra goed sluitende klep, die we dichtdoen tijdens vorstperioden en stilstaande ventilatie, om bevriezing van de aardappelen te voorkomen. We

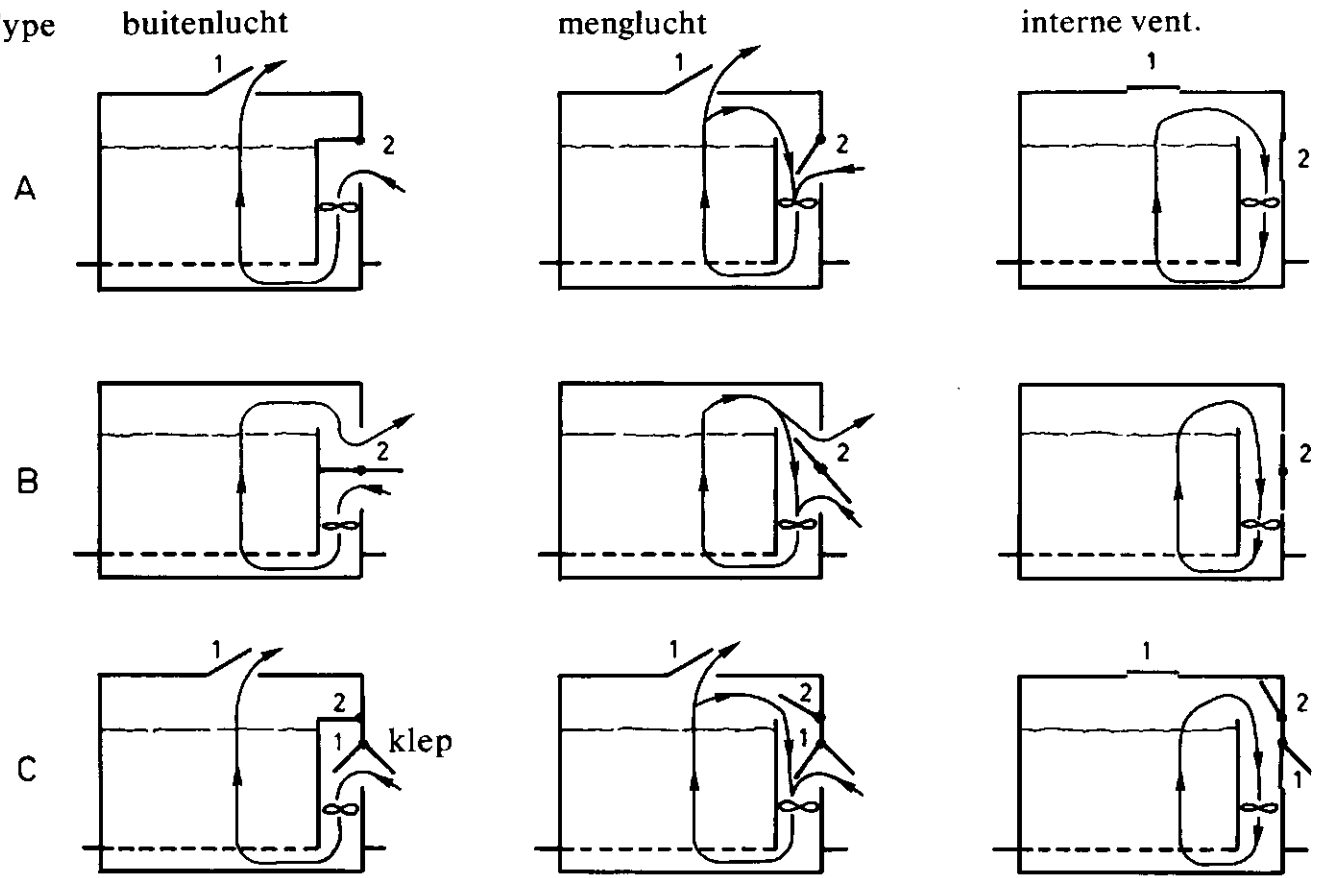


Fig. 10.13 Kleppensystemen in met buitenlucht gekoelde aardappelbewaarplaatsen

kunnen deze klep met de hand bedienen. In systeem B wordt de ventilatie echter volledig door een vlinderklep bediend.
Bij alle drie de kleppensystemen behoeft dus slechts één klep door het automatische temperatuurregelsysteem bediend te worden. Voor de temperatuurregeling in de bewaarplaats moeten alleen de ventilator en de mengklep door het automatische regelsysteem worden bediend.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1981. De bewaartechniek voor consumptie-aardappelen. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 269.

RASTOVSKI, A., 1981. Temperature control in potato stores. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen

TOREN, G.A., 1983. Regelapparatuur voor de ventilatoren in bewaarplaatsen. Landbouwmechanisatie 34 (1983) 8 (augustus).

ZWOL, B.H. van, 1984. Automation in potato storage. Lezing op de 20th Annual Conference, Potato Chip Industry's Research Group, Heelsum, november.

Hoofdstuk 11

LUCHTBEVOCHTIGING

De gewichtsverliezen van aardappelen door verdamping zijn sterk afhankelijk van het dampdrukverschil tussen de aardappelen en de lucht. We hebben dat al gezien in hoofdstuk 2 en we komen in hoofdstuk 16 bij 'Het koelen' nog op terug.
Elke daling van de relatieve vochtigheid (RV) van de lucht beneden 100 % zal een sterke toename van het dampdrukverschil en dus van het vochtverlies tot gevolg hebben. Daalt de RV b.v. van 99 % naar 96 %, dan wordt het dampdrukverschil viermaal zo groot ($\frac{100 - 96}{100 - 99} = 4$).
Het vochtverlies zal ongeveer in dezelfde mate toenemen.
Door nu aan lucht met een RV van 96 % een hoeveelheid vocht toe te voegen die de RV op 99 % brengt, brengen we het vochtverlies tot ongeveer een kwart terug. Dezelfde verhoudingsgewijze verlaging van het dampdrukverschil zou optreden indien we de RV b.v. van 84 % naar 96 % verhogen ($\frac{100 - 84}{100 - 96} = 4$).
Uit deze voorbeelden blijkt duidelijk dat, bij dezelfde temperatuur van aardappelen en lucht, elke toename van de RV het dampdrukverschil aanzienlijk verlaagt. Bij zeer vochtige lucht kunnen we het dampdrukverschil tot een fractie van het oorspronkelijke terugbrengen door een betrekkelijk geringe verhoging van de RV. We moeten dan echter wel bedenken dat het dan om een drastische verlaging van een kleine hoeveelheid gaat.
Tijdens het koelen van hoog gestorte aardappelen komen de aardappelen in de onderste lagen het eerst in contact met de koude lucht en ze worden zeer snel tot de luchttemperatuur afgekoeld. Het duurt vervolgens een hele tijd voordat de gehele hoop afgekoeld is.
Al die tijd is de temperatuur van de onderste aardappelen gelijk aan de luchttemperatuur. Het gevolg is dat de knollen onderin de hoop meer uitdrogen dan de knollen die bovenin de hoop liggen, en méér naarmate de RV lager is. Door nu te ventileren met verzadigde of zeer vochtige lucht, kunnen we het vochtverlies in de onderste lagen aardappelen tot een minimum beperken. Zo kan een laag vochtverlies overigens ook leiden tot vermindering van het optreden van drukplekken in de onderste aardappellagen. Omdat de lucht door het passeren van de aardappelen toch al wordt bevochtigd, is het effect van luchtbevochtiging het grootst in de onderste lagen.
Het is dus altijd voordelig om de aardappelen met zeer vochtige lucht te ventileren; lucht met een RV van 95 % of hoger. Vaak is de lucht

waarmee we moeten ventileren echter droger. In dat geval lijkt het voordelig om de lucht te bevochtigen. Daarbij moeten we voorop stellen dat bij luchtbevochtiging altijd het gevaar van óverbevochtiging van de lucht en natworden van de aardappelen om de hoek loert.
Wat we met luchtbevochtiging wél krijgen, is een verlaging van de gewichtsverliezen met 15 à 20 % en een aanzienlijke verlaging van het aantal drukplekken en van de omvang van de drukplekken in de onderste lagen aardappelen.

LUCHTBEVOCHTIGING OF GEEN LUCHTBEVOCHTIGING?

We hebben dus gezien dat we met behulp van luchtbevochtiging de gewichtsverliezen met 15 à 20 % kunnen verlagen, terwijl we er tevens aantal en omvang van de drukplekken mee verminderen. Rest de vraag of luchtbevochtiging in onze bewaarplaatsen economisch aantrekkelijk is dan wel persé noodzakelijk is, vooral ook gezien de gevaren die eraan verbonden kunnen zijn.
In de eerste plaats moeten we dan stellen dat de kosten van luchtbevochtiging, zeker bij toepassing van luchtwassers, meestal niet opwegen tegen de winst van de lagere gewichtsverliezen. Bij "lagere gewichtsverliezen" moeten we in het oog houden dat we dan praten over 15 à 20 % van 4 % gewichtsverliezen (dus 0,6 à 0,8 %). Ook moeten we bedenken dat we met luchtbevochtiging uitbreiding van zilverschurft en Rhizoctonia in de hand werken alsmede het optreden van houtschimmels in onze bewaarplaats.
Bovendien zal de RV in een goed geïsoleerde bewaarplaats, die gevuld is met aardappelen, zelden beneden de 95 % dalen.
Bij grotere storthoogtes (tot 6 m), waar wel eens aan gedacht wordt met het oog op verlaging van de bouwkosten, heeft luchtbevochtiging ook geen positief effect meer op het voorkomen van drukplekken.
In een goede bewaarplaats is luchtbevochtiging dus niet persé noodzakelijk, want als we de juiste bewaartechniek toepassen, dan kunnen we ook zonder luchtbevochtiging de gewichtsverliezen in de hand houden.
We kijken nu nog even naar enkele methoden van luchtbevochtiging.

METHODEN VAN LUCHTBEVOCHTIGING

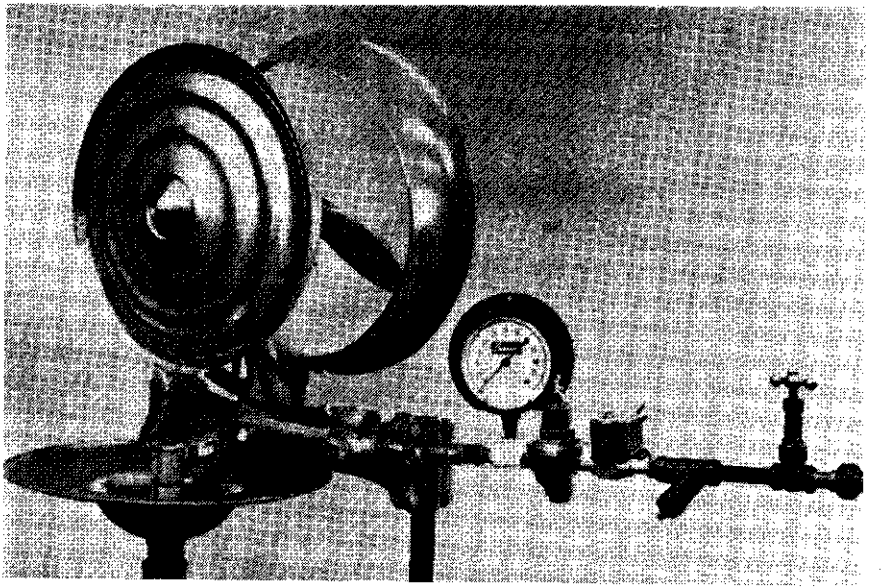
 De lucht kan op twee manieren worden bevochtigd, nl. door toevoeging

van waterdamp aan de lucht en door verdamping van water in de lucht. Bij toevoer van waterdamp aan de lucht stijgt de temperatuur van de lucht enigszins en het warmtegehalte van de lucht neemt sterk toe. Door waterverdamping in de lucht daalt de luchttemperatuur echter, terwijl het warmtegehalte practisch onveranderd blijft. Wordt de lucht immers door waterverdamping verzadigd, dan daalt zijn temperatuur practisch tot de natteboltemperatuur. Door deze temperatuurdaling neemt het koelvermogen van de lucht toe. Daarom wordt bij aardappelbewaring meestal luchtbevochtiging door verdamping toegepast. Om het verdampingsproces snel te laten verlopen, moet de lucht met een groot wateroppervlak in contact komen. De mate van verdamping is namelijk recht evenredig aan de grootte van het wateroppervlak waaraan de verdamping plaatsvindt.
We kunnen de oppervlakte van een hoeveelheid water op twee manieren vergroten nl. door het water
a) in fijne druppels te vernevelen of
b) in dunne lagen te verdelen.
Principe a) wordt toegepast in watervernevelaars en principe b) in luchtwassers.

WATERVERNEVELAAR

Watervernevelaars verdelen het water in zeer fijne druppels, waardoor het wateroppervlak enkele tienduizenden malen wordt vergroot. De luchtstroom neemt deze fijne druppels mee en er vindt een snelle verdamping plaats.

Fig. 11.1 Watervernevelaar



In fig. 11.1 is een watervernevelaar afgebeeld; in fig. 11.2 zien we hoe de plaatsing van de vernevelaar is, nl. in het hoofdkanaal achter de ventilator.

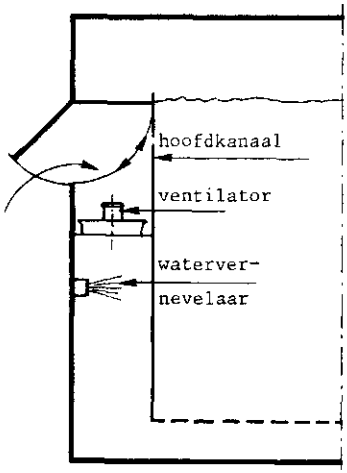


Fig. 11.2 Opstelling van een watervernevelaar

Indien er voldoende verneveld water aan de luchtstroom wordt toegevoegd, kan de lucht op deze manier tot de natteboltemperatuur worden verzadigd voordat hij de aardappelhoop in wordt geblazen.

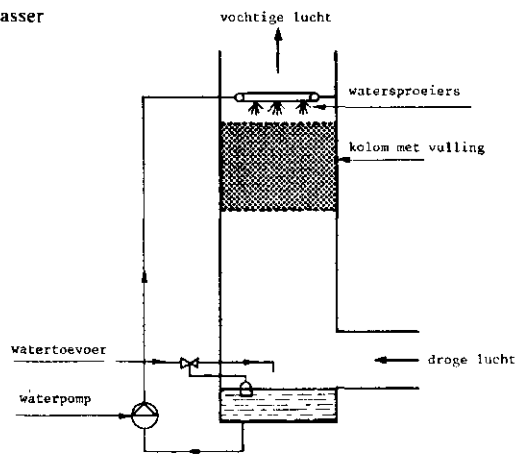
Aan lucht van b.v. 7 °C en 80 % RV moeten we ongeveer 0,58 g water per m^3 lucht toevoegen om de lucht tot de natteboltemperatuur te verzadigen.
De natteboltemperatuur is daarbij 5,45 °C. Is de RV bij dezelfde temperatuur echter 90 %, dan is er maar 0,38 g water per m^3 nodig om de lucht te verzadigen tot de natteboltemperatuur, die dan ongeveer 6,3 °C bedraagt.
Zouden we echter aan lucht van 7 °C en 90 % RV toch 0,58 g water per m^3 lucht toevoegen, dan zal 0,58 - 0,38 = 0,20 g water per m^3 lucht niet kunnen verdampen en als druppels water met de luchtstroom mee de aardappelhoop in geblazen worden. Daardoor worden de aardappelen nat. En de aanwezigheid van vrij water op het oppervlak van de knollen kan de verspreiding van ziekten bevorderen. Hetzelfde zal gebeuren wanneer de temperatuur van de lucht tijdens het ventileren lager wordt. Om te voorkomen dat de aardappelen nat worden, zouden we de hoeveelheid verdampt water dus eigenlijk continu moeten kunnen regelen. Nu zijn watervernevelaars over het algemeen simpele en efficiënte apparaten, maar één gebrek hebben ze allemaal: de hoeveelheid verneveld water kan niet nauwkeurig geregeld worden. Een ander probleem is dat er ook geen betrouwbare apparatuur bestaat die die regeling zou moeten

sturen. Voor het nauwkeurig meten van de RV in het bereik boven 95 % bestaan voor de praktijk geen betrouwbare instrumenten. Daarom wordt de capaciteit van waternevelaars overwegend met de hand geregeld en wordt de vernevelaar tegelijk met de ventilator aan- of uitgeschakeld. In de meeste gevallen is het resultaat dan ook: overbevochtiging van de lucht en nat worden van de aardappelen.

LUCHTWASSER

Bij gebruik van een luchtwasser lopen we niet het risico dat de lucht overbevochtigd wordt. In figuur 11.3 vinden we een principeschets van een luchtwasser.
In een luchtwasser wordt het wateroppervlak vergroot door het water in dunne lagen te verdelen. Daarvoor wordt gebruik gemaakt van een kolom, gevuld met b.v. korte cylindrische elementen of geribde platen, 'lichamen' die bij een klein volume een betrekkelijk grote oppervlakte hebben. Tussen die elementen of platen moet voldoende vrije ruimte overblijven voor verplaatsing van lucht door de kolom.
Het water wordt door een systeem geperforeerde buizen over de vulling verspreid en vervolgens verdeelt het zich gelijkmatig over het oppervlak van de vulling. Het oppervlak van de vulling wordt dus met een waterfilm bedekt. De lucht wordt onderin de kolom geblazen en in zijn opwaartse

Fig. 11.3 Principeschets van een luchtwasser



stroming komt deze lucht in contact met die waterfilm. Omdat het natte oppervlak groot is, verloopt het verdampingsproces betrekkelijk snel en de lucht wordt efficiënt bevochtigd.

Met een luchtwasser kunnen we de lucht bevochtigen tot een RV van ongeveer 98 %. Een lagere RV kan bewerkstelligd worden door minder water aan de kolom toe te voeren. Dan wordt slechts een deel van de vulling nat, waardoor het verdampingsoppervlak kleiner wordt en dus ook de hoeveelheid verdampt water.
Willen we de hoogste RV bereiken, dan voeren we de kolom meer water toe dan er in de lucht verdampt. Het overschot aan water valt dan in een verzamelbak en het wordt vervolgens opnieuw aan de kolom toegevoerd. Op deze manier verloopt de luchtbevochtiging in de richting van de natteboltemperatuur. Aan de verzamelbak wordt alleen de hoeveelheid vers water toegevoerd die door de lucht wordt verdampt.
In dit bevochtigingsproces komen geen fijne waterdruppels voor, zodat er bij de gebruikelijke luchtsnelheden door de kolom geen gevaar voor druppelvorming in de luchtstroom bestaat. De aardappelen worden dus niet nat.

LUCHTWASSER/KOELER

Dit luchtwassysteem kan overigens ook gebruikt worden voor het gelijktijdig koelen en bevochtigen van de lucht. Er moet dan gekoeld water aan de kolom worden toegevoerd. Het water wordt gekoeld met een koelaggregaat. Dit systeem kan worden toegepast in mechanisch gekoelde bewaarplaatsen. De kolom vervangt in dit geval de verdamper/luchtkoeler. Met een dergelijk koelsysteem kunnen temperatuur en vochtigheid van de lucht nauwkeurig worden geregeld.
Luchtwassers zijn duurder dan waternevelaars.

LITERATUUR

RASTOVSKI, A., 1981. Air humidification. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

Hoofdstuk 12

CONTROLE EN REINIGING VAN DE BEWAARPLAATS

Voordat het oogstseizoen begint, moeten we controleren of onze bewaarplaats in orde is. Daarbij dienen we de volgende punten niet te vergeten.

DE ISOLATIE

We moeten goed controleren of er geen naden of kieren in het isolatiemateriaal zitten. Komen we naden of kieren tegen, dan moeten we die dichtmaken. Er zijn voor dit doel spuitbussen met vloeibaar isolatiemateriaal in de handel, waarmee we de naden en kieren kunnen dichtspuiten.
Ook moeten we de wand- en dak- of plafondisolatie in de gaten houden. Het isolatiemateriaal kan namelijk krimpen of zakken. Als dat het geval is dan moeten we dat herstellen.
Ongedierte, zoals ratten en muizen, is dol op isolatiemateriaal. Laten we dan ook maatregelen treffen om te voorkomen dat dit ongedierte onze isolatie beschadigt.

CELLEN EN FUST

De cellen moeten schoon zijn. Dat schoonmaken van de cellen, en ook van het ventilatiesysteem, moet trouwens bij voorkeur al kort na het leeghalen gebeuren. Achtergebleven knollen en grondresten kunnen in een bewaarplaats en in fust een bron van besmetting voor de nieuwe aardappelen vormen. Ook resten van kiemremmingsmiddel(poeder) moeten verwijderd worden. In de meeste gevallen zal het voldoende zijn om de bewaarplaats droog te reinigen met een bedrijfsstofzuiger, zoals afgebeeld in fig. 12.1
Het gebruik van bezems moet in feite ontraden worden, omdat we daarmee veel stof en eventueel schimmelsporen opvegen die verderop in de bewaarplaats weer neerslaan.
Bij sterk vervuilde bewaarplaatsen en sorteerruimten of erg harnekkige

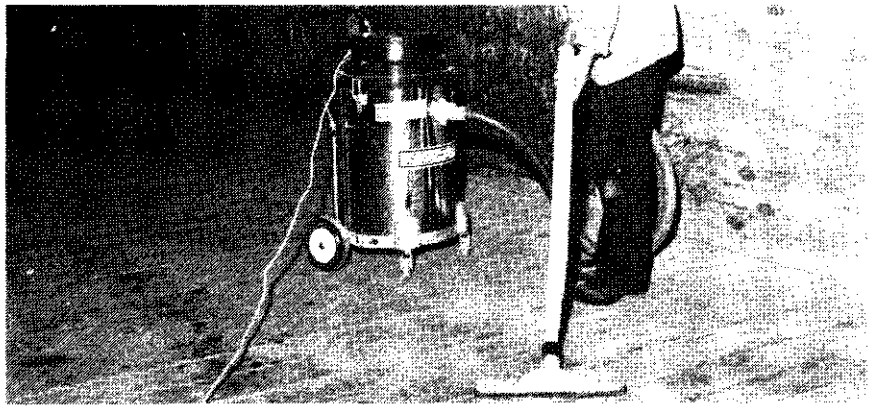


Fig. 12.1 Bedrijfsstofzuiger in een aardappelbewaarplaats

grondresten kan het nodig zijn dat we een hogedrukspuit gebruiken. Sommige typen bedrijfsstofzuigers kunnen ook vuil water verwerken, zodat een combinatie van hogedrukreiniger en bedrijfsstofzuiger mogelijk wordt.
Als onze bewaarplaats houten wanden heeft met kieren en naden, dan moeten we bij het spuiten wel opletten dat de isolatie niet nat wordt.
Wat we gezegd hebben over het reinigen van de bewaarplaats of bewaarcellen geldt natuurlijk ook voor het fust: kiembakjes en kisten. De kiembakjes moeten we ieder jaar na het poten schoonmaken. Het is duidelijk dat bakjes van kunststof zich gemakkelijker laten reinigen dan houten bakjes. Houten m^3-kisten en tonskisten kunnen steeds na iedere partij gereinigd worden. Dat moeten we bij voorkeur met een hogedrukreiniger doen (zie fig. 12.2). Jutezakken mogen slechts éénmalig gebruikt worden.

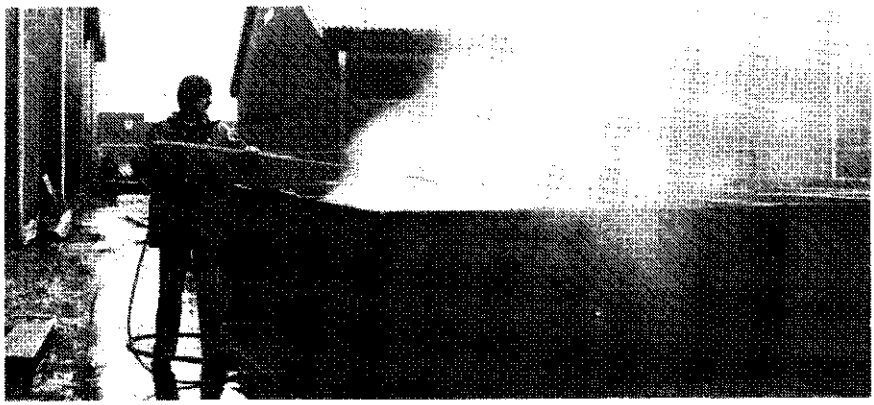


Fig. 12.2 Kisten reinigen met een hogedrukspuit

VENTILATIESYSTEEM

We moeten controleren of de ventilator na nieuwbouw, reparatie of onderhoud goed draait. De juiste draairichting kunnen we bepalen door voor de afgeschermde, draaiende ventilator een zakdoek te houden of met rook te werken. Na toepassing van kiemremmingsmiddelen door middel van een vernevelapparaat zet zich op de ventilator en op het ventilatorhuis een aanslag af, die onbalans van de ventilator kan veroorzaken. Deze aanslag werkt tevens agressief op de metalen delen van de ventilator. Daarom is het gewenst dat we de ventilator jaarlijks schoonmaken.
We moeten ook nagaan of de kanalen nog schoon zijn. Voor het verwijderen van grond- en aardappelresten uit ondergrondse luchtkanalen is een speciale schuif in de handel. Die schuif wordt in het ventilatiekanaal gebracht en kan via een staaldraad en door middel van omlooprollen door het kanaal getrokken worden. Dat trekken kan gebeuren met een tractor.
Bovengrondse luchtkanalen moeten we uiteraard ook aan een nauwkeurige inspectie onderwerpen.
We moeten de luchtaanvoer- en -afvoeropening nakijken en ook de deuren. Waar nodig zullen we kieren en naden moeten afdichten.

MEET- EN REGELAPPARATUUR

Met behulp van een geijkte thermometer moeten we de betrouwbaarheid van onze thermometers controleren. Dit moeten we bij diverse temperaturen doen, b.v. in water met een temperatuur van 0, 5, 7, 10, 15 en 20 °C. Het is van belang dat we de gevonden afwijkingen noteren. Dat steekthermometers een afwijking hebben, is op zich zelf niet zo erg, indien we maar weten welke correctie we bij de diverse temperaturen moeten toepassen. Goede steekthermometers zijn voorzien van een nastelmechanisme, waarmee we de afwijking kunnen corrigeren.
De thermostaten kunnen we het beste door een installateur laten controleren. Die kan dan tegelijk de regelkasten en de thermische beveiligingen nakijken.

LET OP MET POOTGOED!

We moeten nooit pootgoed opslaan in cellen waarin voordien een kiem-

remmingsmiddel is toegepast. Dit geldt in het bijzonder indien vloeibare kiemremmingsmiddelen zijn gebruikt. We moeten er nl. ernstig rekening mee houden dat het pootgoed dan minder goed kiemt. Zelfs indien het twee, drie of meer jaar geleden is dat we kiemremmers in een cel gebruikt hebben, kunnen we duidelijk vertraagde kieming en een minder goede opkomst van het in zo'n cel bewaarde pootgoed verwachten. (Ook als we in zo'n cel graszaad drogen, moeten we rekening houden met een verminderde kiemkracht.)
Evenmin moeten we pootgoed opslaan in cellen waarin ook fruit, groenten of bollen worden of kort geleden werden bewaard. Deze produkten produceren namelijk de vluchtige stof ethyleen, en reeds zeer kleine hoeveelheden ethyleen veroorzaken een afwijkende kieming en mogelijk een opbrengstderving. Tussen de eventuele opslag van deze produkten en van pootgoed, moeten we enkele dagen intensief ventileren om de ethyleen te verwijderen.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1983. Is uw pootaardappelbewaarplaats in orde? Boer en Tuinder 21 juli 1983.

MEIJERS, C.P., 1981. Inspection of store. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

Hoofdstuk 13

VULLEN VAN DE BEWAARPLAATS

Het aantal dagen waarop we in Nederland aardappelen kunnen rooien is nogal beperkt. Dat betekent onder meer dat de aanvoer naar en het vullen van de bewaarplaatsen in een kort tijdbestek moeten plaatsvinden. Het vullen moet dan ook met een relatief hoge capaciteit gebeuren.
Enkele uitzonderingen daargelaten, worden de aardappelen in bulk vanaf het veld aangevoerd. Daarbij worden in de regel wagens gebruikt die achterover kippen, zoals afgebeeld in fig. 13.1. Door deze aanvoer-

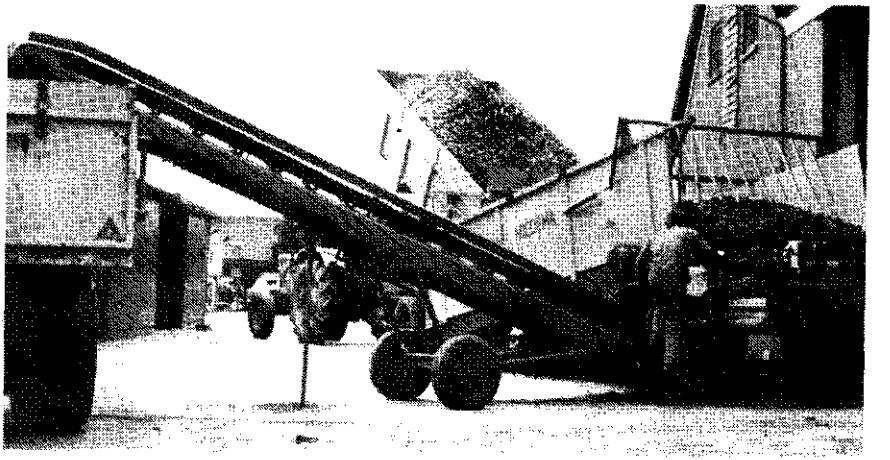


Fig. 13.1 Lossen in opvangdoseerbak

methode is ook de wijze van inschuren redelijk uniform. Uiteraard verschillen de installaties wel in uitvoering, capaciteit enz. Voor we ingaan op de vulinstallaties zelf, kijken we eerst eens even naar een aantal zaken waar we bij het vullen van de bewaarplaats op moeten letten.

GROND EN STORTKEGELS

De aardappelen die het eerst in de cel terechtkomen, kunnen we het beste opvangen op een strozak of iets dergelijks. Zodra een kleine hoop

is ontstaan, is dit niet meer nodig. We stellen de transportband (boxenvuller) steeds zodanig, dat de valhoogte van de aardappelen beslist niet hoger dan 40 cm is. De bandsnelheid moeten we tot 30 à 40 m/min. beperken.
Veel fijne, losse grond tussen de aardappelen bemoeilijkt de beluchting. Het is daarom wenselijk de losse grond (eventueel kluiten en stenen) zoveel mogelijk met behulp van een voorreiniger te verwijderen, *zonder overigens de knollen te beschadigen.*
Mits regelmatig verdeeld, is een zekere hoeveelheid losse grond tussen de aardappelen (10 à 15 %) geen bezwaar. Om deze regelmatige verdeling te bereiken, moeten we de transportband, waarmee we de aardappelen in de cel brengen, regelmatig heen en weer laten zwenken, hetzij automatisch, hetzij via handbediening.
Hierdoor voorkomen we dat er stortkegels ontstaan, d.w.z. plaatselijke ophopingen van veel grond met veelal wat kleinere knollen (zie fig. 13.2). Dergelijke stortkegels zijn nl. niet of nauwelijks toegankelijk voor lucht, met het gevolg dat de knollen minder snel droog worden, de temperatuur

Fig. 13.2 Stortkegel

ter plaatse hoger is, er eerder kieming optreedt en ziekten als zilverschurft en Rhizoctonia zich daar meer kunnen uitbreiden.
Véél grond tussen de aardappelen werkt uitbreiding van deze ziekten uiteraard ook in de hand. Aan de andere kant zijn de gewichtsverliezen bij veel grond gewoonlijk wat lager. Vandaar dat beheerders van bewaarplaatsen de aanwezigheid van wat grond wel gunstig vinden, ook al in verband met de buffering die er van uitgaat om beschadiging of blauw te voorkomen.

ZIEKE EN NATTE PARTIJEN

Partijen met Phytophthora verdienen onze extra zorg; indien mogelijk moeten we ze apart opslaan. Of we dergelijke partijen met succes kunnen bewaren, hangt af van de vraag of we ze snel kunnen droogblázen en drooghóuden. Zit er ook veel grond tussen zulke aardappelen, dan wordt een goede bewaring wel erg moeilijk. Bij een goed beheer zijn partijen met 5 á 10 % Phytophthora-zieke knollen nog goed houdbaar. Moeilijker wordt het echter indien er veel natrotte knollen in de partij zitten. Zulke partijen zijn veelal minder goed houdbaar en de toelaatbare hoeveelheid ligt lager dan bij Phytophthora, nl. beneden de 1 %. Hetzelfde geldt voor partijen waarin veel sterk glazige knollen (waterzakken) voorkomen of bevroren knollen (dat is overigens gemakkelijk te controleren door enkele knollen door te snijden of door de nagel in een knol te zetten; bevroren knollen maken dan geen knappend geluid). Het verdient aanbeveling zulke partijen, zo mogelijk, separaat op te slaan en snel droog te blazen. Dit laatste kunnen we bereiken door de aardappelen b.v. niet tot de gebruikelijke hoogte op te slaan.
Partijen aardappelen die na de oogst zijn natgeregend mogen nooit met andere aardappelen worden opgeslagen, ook al komt er geen rot in voor. Deze partijen móeten we beslist apart opslaan, sterk ventileren en zo spoedig mogelijk afzetten. De houdbaarheid van zulke partijen is zeer beperkt. Bij het vervoer over de transportband worden de knollen geheel door natte grond omgeven, waardoor zij dikwijls snel gaan rotten. Bij wisselvallig weer doen we er dan ook verstandig aan om de met aardappelen beladen wagens af te dekken met dekzeilen, vooral indien de transportafstand vrij groot is.
We zullen het niet altijd kunnen vermijden dat wat natte en wat drogere partijen aardappelen kort na elkaar worden aangevoerd. Meestal zijn de gevolgen ook niet merkbaar, maar we moeten zeer natte en grondrijke partijen bij voorkeur niet in de zelfde cel opslaan als droge partijen. De lucht zoekt immers de weg van de minste weerstand en die zal daarom meer door een droge, grondarme partij gaan. Dit zal dus gebeuren bij normale taludvormige belading van een cel. Bij horizontale belading van de (gehele) cel gebeurt dit niet.
Als we er niet aan ontkomen om een natte partij in een cel op te slaan waar droge knollen liggen, dan moeten we de droge partij tijdelijk afdekken, zodat alle ventilatielucht door de natte aardappelen gaat.

OPSLAGHOOGTE

De hoogte tot waarop we pootaardappelen opslaan, dienen we te be-

perken tot 3 of hoogstens 3,50 m. Dit in verband met de hogere gewichtsverliezen, waardoor bij grotere storthoogten de problemen met drukplekken toenemen.
Consumptie-aardappelen kunnen bij een goed beheer tot 4 m worden opgeslagen. Maar als we veel moeten ventileren (b.v. bij aanwezigheid van natrot of waterzakken) neemt ook hier de kans op drukplekken toe, vooral in het voorjaar. Overal in de cel dient de zelfde storthoogte te worden aangehouden. Indien er "heuvels en dalen" voorkomen, zullen droging (zweetknoppen) en koeling beslist onregelmatig zijn.

PARTIJEN VAN ÉÉN RAS

Als we diverse partijen van één ras samenvoegen, dan is het gewenst dat we de partijen van gelijke kwaliteit bij elkaar opslaan. Met het oog daarop moeten we al vóór het rooien de kwaliteit van de partijen vaststellen (drogestofgehalte, blauwgevoeligheid enz.).
Dan gaan we nu eens kijken naar de systemen die er zijn om de aardappelen in te brengen.

INBRENGSYSTEMEN

Belangrijke punten waarop we bij de aanschaf van inbrengapparatuur moeten letten zijn o.a.: de capaciteit van de apparatuur, de mate waarin de aardappelen door de apparatuur beschadigd worden, de mate waarin de apparatuur de aardappelen over de bewaarcel verdeelt en de gevoeligheid van het systeem voor storingen. Wat de uitvoering van de apparatuur betreft, kunnen we in hoofdlijnen drie systemen onderscheiden, nl.:
- verrijdbare apparatuur
- vast-opgestelde apparatuur
- apparatuur die gedeeltelijk verrijdbaar is en gedeeltelijk vast-opgesteld is.

Verrijdbare apparatuur

Het systeem met verrijdbare apparatuur is verreweg het meest toegepaste systeem in ons land. In het algemeen bestaat het systeem uit de volgende onderdelen: opvangdoseerbak → opvoertransporteur → boxenvuller. Op deze uitvoering zijn enkele variaties mogelijk. Zo kunnen er

tussen de opvangdoseerbak en de opvoertransporteur enkele uitschuifbare transportbanden opgesteld zijn. Ook is een uitvoering mogelijk waarin geen aparte opvoertransporteur voorkomt; opvoertransporteur en boxenvuller zijn dan tot één apparaat samengebouwd.
Steeds vaker treffen we in de aanvoerlijn ook een voorreiniger aan als aparte machine. Dit is een gunstige ontwikkeling, omdat we op die manier veel grond uit de aardappelen halen.

We nemen nu achtereenvolgens de opvangdoseerbak, de opvoertransporteur en de boxenvuller onder de loep.

■ *Opvangdoseerbak.*

Zoals de naam reeds zegt, heeft dit apparaat, dat we zien in fig. 13.3, twee functies. Die functies zijn: het opvangen van de stroom aardap-

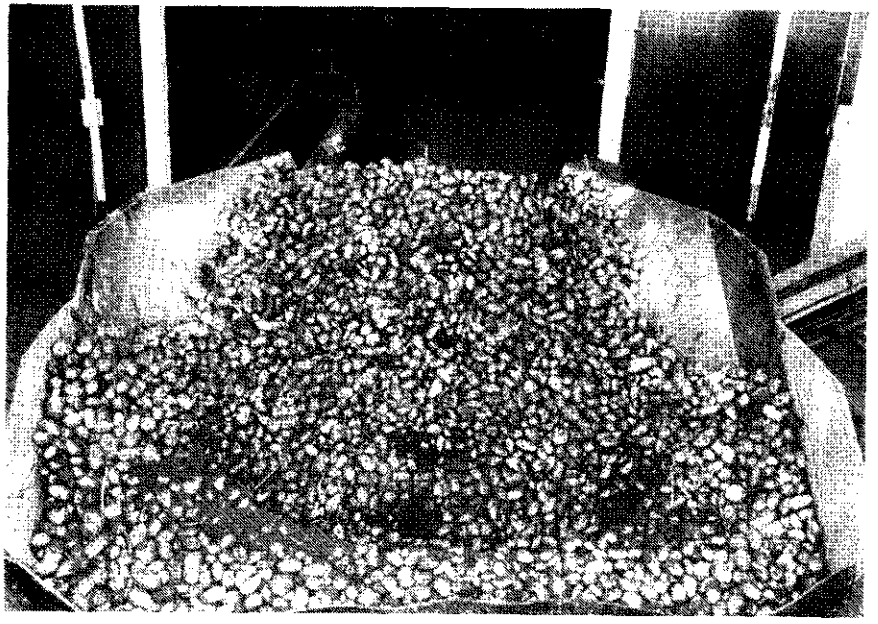


Fig. 13.3 Opvangdoseerbak

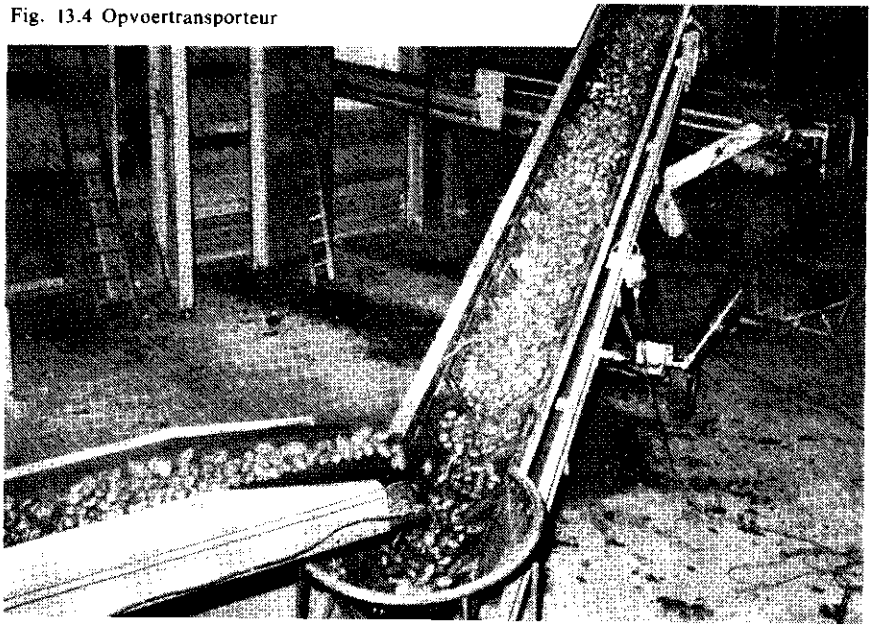
pelen als de achterklep van de kipper wordt geopend én het doseren van de aardappelen op de transportbanden oftewel het regelen van de inbrengcapaciteit.
De inhoud van een opvangdoseerbak kan nogal variëren, nl. van een paar ton tot ongeveer 8 ton. Overigens worden er ook speciale uitvoeringen gemaakt met een nog grotere inhoud.

We moeten een korte lostijd van de wagens nastreven. De lostijd wordt deels bepaald door de inhoud van de opvangdoseerbak, maar deels ook door de capaciteit van de transporteurs (opvoertransporteur en boxenvuller).
Opvangdoseerbakken met een grote inhoud vergen een hogere investering en ze zijn moeilijker te hanteren. Met name bij landbouwbedrijven valt de keuze dan ook vaak op een stortbak met niet al te grote inhoud, maar wél met een behoorlijke capaciteit van de transporteurs.
Opvangdoseerbakken hebben een schuin omhooglopende bodem. Over de bodem lopen meenemers die aan weerszijden op aandrijfkettingen zijn bevestigd. Bij de meeste uitvoeringen ligt over de meenemers en daarmee verbonden een zeil. Dat zeil heeft als doel beschadiging van de aardappelen tegen te gaan. Met hetzelfde oogmerk, dus beperking van beschadiging, is het ook aanbevelenswaardig de bak niet steeds helemaal leeg te draaien.
De snelheid van de meenemers is over het algemeen (traploos) regelbaar. Aan de afvoerzijde bevindt zich dikwijls een voorreiniger, die uitgevoerd is met gladde rollen, spiraalrollen, stervormige segmenten of een zeefketting. Ook kunnen we achter de opvangdoseerbak of achter de voorreiniger een vóórsorteereenheid plaatsen, om direct bij het inschuren de ondermaat van consumptie-aardappelen (tot 35 mm) of de bovenmaat van pootaardappelen te scheiden.
Overigens treffen we ook wel opvangdoseerbakken aan die met een rollenbodem zijn uitgerust.

■ *Opvoertransporteur*

De opvoertransporteur, die we afgebeeld zien in fig. 13.4, is de verbin-

Fig. 13.4 Opvoertransporteur



ding tussen de opvangdoseerbak en de boxenvuller. Belangrijk is dat de capaciteit van de opvoertransporteur, ook bij de steilste stand, nog voldoende is.
Steeds meer rust men opvoertransporteurs aan de bovenkant uit met een "knik". Met een knikband kunnen we niet alleen beter gericht op de boxenvuller aanvoeren, maar tevens is de valhoogte van de aardappelen op de boxenvuller natuurlijk kleiner dan bij transporteurs zonder knik.

■ *Boxenvuller*

De boxenvuller, (zie fig. 13.5) brengt de aardappelen in de cel.

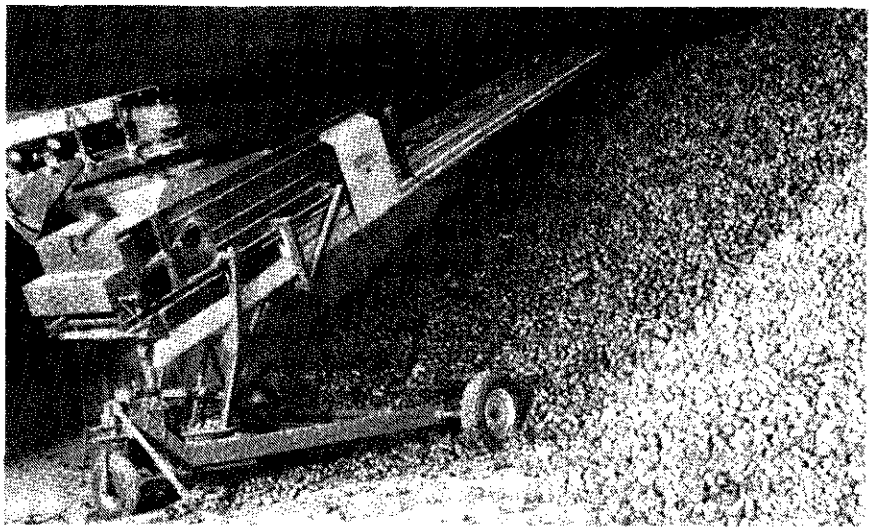
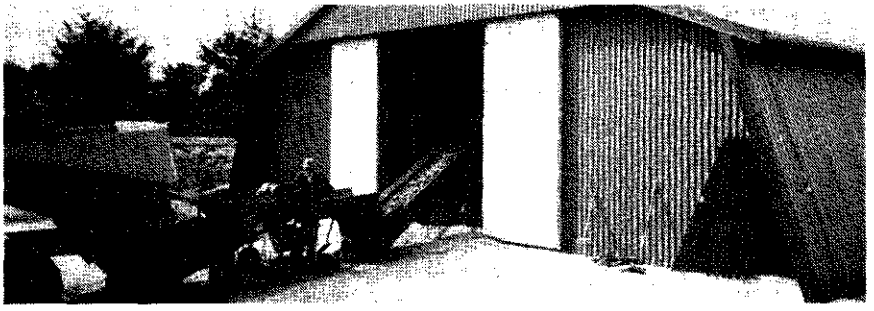


Fig. 13.5 Boxenvuller

Bij het vullen is een goede verdeling vereist. In de eerste plaats om zgn. stortkegels te voorkómen en in de tweede plaats om een gelijkmatige storthoogte over de gehele cel te bewerkstelligen. De transportband van de boxenvuller moet over een voldoende breedte kunnen zwenken. Er wordt steeds meer gebruik gemaakt van een automatische regeling, met instelbaar zwenkbereik. Verder komen ook beveiligingen voor om (onverhoopt) botsen met wanden of muren te voorkomen.
Een boxenvuller moet verder een goede hoogte-instelling hebben. Bij het begin van het vullen mag de valhoogte niet te groot zijn. Bij verschillende boxenvullers is een minimumhoogte van 0 tot 50 cm bereikbaar. Minder goed zijn uitvoeringen waarbij de minimumhoogte 1,25 à 1,60 m bedraagt. In dit laatste geval moeten we bij het begin van het vullen voorzieningen treffen om de val te breken, b.v. met behulp van een

valbreker (chute), een luchtkussen of desnoods een zak gevuld met stro. De maximumhoogte is eveneens van belang in verband met de vereiste storthoogte van de aardappelen. In verband met de ruimte die er nog moet zijn tussen de onderkant van de transportband en de aardappelhoop en de diameter van de aandrijfrol, moet de maximumhoogte van de band ca. 1 m hoger zijn dan de vereiste storthoogte. Veelal zal de maximumhoogte dan ook 5,50 m of hoger moeten zijn.
De transportbanden van de boxenvullers zijn vrijwel altijd telescopische of uitschuifbare banden. Hierdoor behoeven we de boxenvuller bij het vullen niet zo vaak te verplaatsen. Voorwaarde is wel dat bij het inschuiven van de banden de vereiste storthoogte nog kan worden bereikt.
Bij het in- en uitschuiven wordt steeds meer electrische en/of hydraulische bediening toegepast; in sommige gevallen met een automatische regeling met behulp van voelers.
De oversteek van een boxenvuller, dat is de afstand van het afvoerpunt van de transportband tot de wielen, dient zo groot te zijn dat de wielen van de boxenvuller niet in de aardappelen komen te staan.
Om wegrollende knollen tegen te houden kunnen we een plank voor de wielen zetten. Verschillende boxenvullers hebben ook beschermkappen om de wielen. Bij een grote oversteek behoeft de boxenvuller in de regel ook minder vaak te worden verplaatst. Bij "standaarduitvoeringen" varieert de oversteek veelal van 6,5 tot 9 m. Bij speciale uitvoeringen is een grotere oversteek mogelijk. Voor het verplaatsen van de boxenvuller wordt meer en meer gebruikt gemaakt van aandrijving d.m.v. een electromotor.
Uit een oogpunt van veiligheid verdient de stabiliteit van de boxenvuller onze bijzondere aandacht. En dan met name bij een groot zwenkbereik en/of een grote oversteek. Zowel bij de constructie van de boxenvuller als bij het werken ermee in de praktijk dient aan dit punt de nodige zorg te worden besteed.
Fig. 13.6 toont een overzicht van een inbrenglijn zoals we die bij kleinere bewaarplaatsen tegenkomen.

Fig. 13.6 Inbrenglijn bij een kleine bewaarplaats



Vast-opgestelde apparatuur

Voor het vullen van bewaarplaatsen komt vast-opgestelde apparatuur veel minder voor dan verrijdbare installaties. Vast-opgestelde apparatuur wordt voornamelijk bij grote bewaarplaatsen gebruikt. Bij centrale bewerkingsbedrijven wordt vrijwel uitsluitend van vast-opgestelde installaties gebruik gemaakt.
Afhankelijk o.a. van de bouw van de bewaarplaats, de wijze en de organisatie van de aanvoer, worden diverse uitvoeringen toegepast. Het algemene principe is dat de cellen vanuit een vaste ontvangstinstallatie, via transportbanden, vanaf de bovenzijde worden gevuld. De volgorde in zo'n systeem is dus: ontvangstinstallatie → opvoertransporteur → bovenlengteband → verschuifbare dwarsband → vullen van de cellen. Afhankelijk van de situatie, kunnen er tussen de ontvangstinstallatie en de opvoertransporteur en/of tussen de opvoertransporteur en de bovenlengteband, één of meer transportbanden zijn aangebracht. Het is duidelijk dat we bij deze, meer gecompliceerde installaties ruime aandacht moeten schenken aan het beschadigingsaspect. En dan moeten we vooral denken aan factoren als bandsnelheid, valhoogte e.d.
Een belangrijk verschil met verrijdbare apparatuur betreft vooral het vullen. Om de bewaarcellen goed te vullen wordt in de regel gebruik gemaakt van twee transportbanden, die boven de cellen of bovenin de bewaarplaats zijn aangebracht. Eén band is aangebracht in de lengterichting van de bewaarplaats, de bovenlengteband, en één band in de breedterichting, de dwarsband. De dwarsband ligt wat lager dan de lengteband, zodat de aardappelen van de bovenlengteband op de dwarsband gelost kunnen worden.
We zullen dit deel van de installatie nader bekijken.

■ *Vast-opgestelde lengteband*

Om de aardappelen op de dwarsband te lossen is een zgn. afschuiver op de lengteband aangebracht (zie fig. 13.7). Dat is een stalen plaat die verticaal op de band staat en een hoek van ca. 45 graden maakt met de lengterichting. De knollen worden op deze wijze naar één kant van de band geschoven en vervolgens aan de zijkant gelost. De transportband moet vlak zijn en hij moet over het gehele vlak worden ondersteund.
Bij pas gerooide aardappelen, met veel verontreiniging (grond, stengels e.d.), kan dit systeem wel eens aanleiding geven tot storingen. De valhoogte op de dwarsband is tamelijk groot; er moeten dus voorzieningen getroffen worden om de val af te remmen, b.v. met zgn. remflappen.

■ *Verschuifbare lengteband*

Om het lossen aan het eind van de lengtetransportband te laten gebeuren

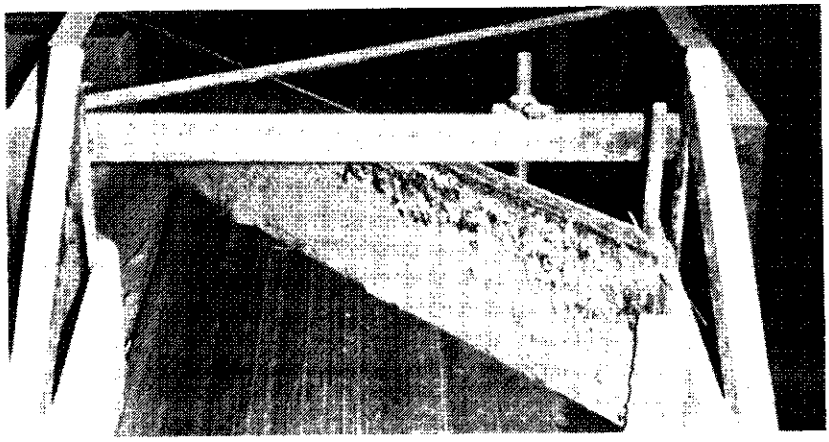


Fig. 13.7 Afschuiver op de lengteband

moet de lengteband met de dwarsband mee kunnen verschuiven. Hierbij zijn twee uitvoeringen mogelijk. Bij de ene uitvoering is een deel van de lengteband vastopgesteld. Deze band heeft een lengte die ongeveer gelijk is aan de helft van de lengte van de cel of bewaarplaats, zoals fig. 13.8 ons toont. Een tweede verschuifbare lengteband, die iets langer

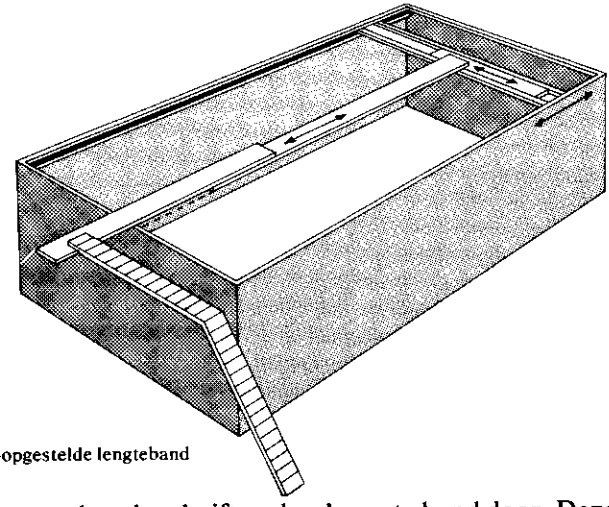


Fig. 13.8 Gedeeltelijk vast-opgestelde lengteband

is dan de halve lengte van de cel, schuift onder de vaste band door. Deze band heeft een omkeerbare transportrichting. Wordt de onderband zover mogelijk in de transportrichting van de bovenband geschoven, dan is deze onderband als het ware een verlengstuk van de bovenband. Wordt de onderband geheel naar de andere kant geschoven en in transportrichting omgekeerd, dan worden de aardappelen teruggebracht naar de andere kant van de cel. Op deze wijze kan de onderband over de

gehele lengte van de cel op de dwarsband lossen.
Een andere uitvoering is die waarbij de lengteband in zijn geheel kan verschuiven en in transportrichting omkeerbaar is, zoals getoond in fig. 13.9. Wordt aan één kant van de bewaarplaats of cel gelost, dan moet de band bijna geheel buiten de bewaarplaats kunnen worden geschoven.

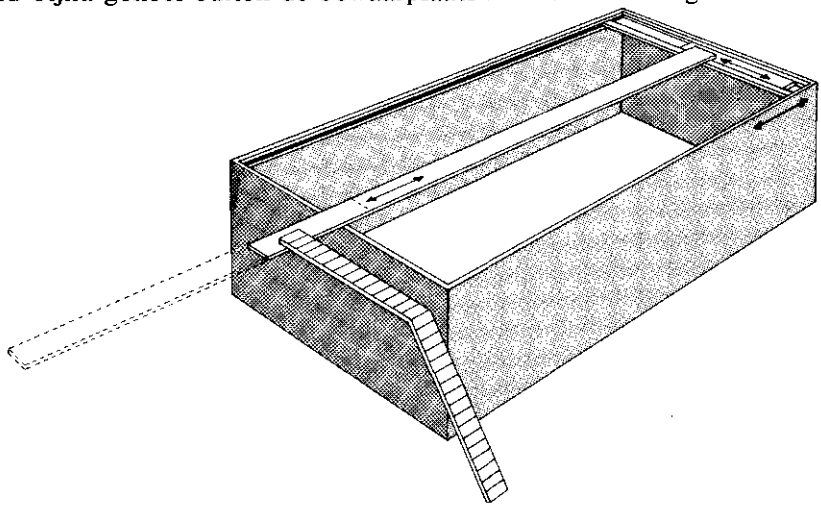


Fig. 13.9 De gehele lengteband is verschuifbaar en in transportrichting omkeerbaar

Dikwijls bevinden zich twee bewaarplaatsen van ongeveer gelijke lengte tegenover elkaar, zodat een lengteband dienst kan doen voor twee bewaarplaatsen of twee cellen. Ook komt het voor dat op de zijkant en ongeveer in het midden van de bewaarloods wordt ontvangen, zoals we zien in fig. 13.10. Een opvoertransporteur brengt de aardappelen dan in

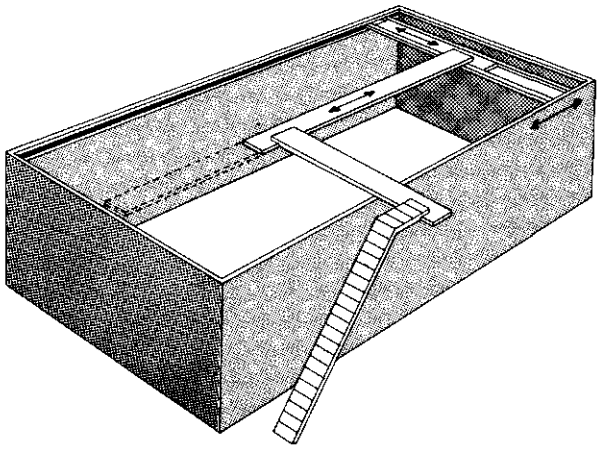


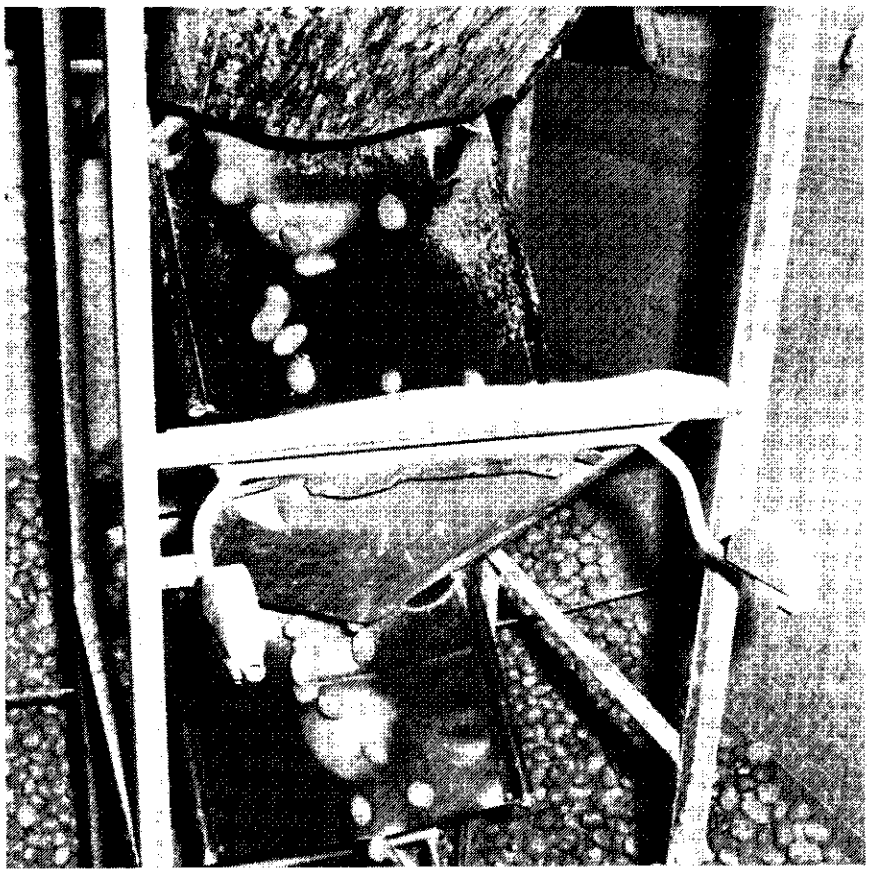
Fig. 13.10 De lengteband kan z'n lading over de gehele lengte op de dwarsband lossen

het midden van de loods op de bovenlengteband. Als de lengteband dan ongeveer de halve lengte van de loods heeft, kan ook over de gehele lengte op de dwarsband worden gelost. De bovenlengteband kan dan binnen de bewaarloods blijven.

■ *Lossen vanaf de dwarsband*

De dwarsband is ongeveer even lang als de halve breedte van de bewaarplaats of bewaarcel. Doordat de dwarsband verschuifbaar is in de breedte van de loods en ook in de lengterichting, met een omkeerbare transportrichting van de transportband, kan de dwarsband op elk punt in de bewaarplaats lossen. Om de aardappelen vanaf een hoogte van 4 à 5 m in de bewaarplaats te lossen, kan gebruik worden gemaakt van goed werkende valbrekers. Zulke valbrekers zien we in fig. 13.11.

Fig. 13.11 Valbrekers (chutes)



Bij grote bewaarplaatsen stelt men daartoe in de vier hoeken van de bewaarplaats wel vaste valbrekers op. Bij het begin van het vullen in de hoeken wordt eerst via de valbrekers gelost.
Zodra de gewenste valhoogte is bereikt, wordt er verder volgens talud gestort.
Bij kleinere bewaareenheden worden ook wel optrekbare valbrekers toegepast, die aan de dwarsband zijn bevestigd.
Een ander systeem is dat van een "neergaande" vulband. Neergaande vulbanden zien we in de fig. 13.12 en 13.13. Mits goed uitgevoerd, dus met hoge meenemers, lage bandsnelheid e.d., kan dit systeem zeer goed werken.

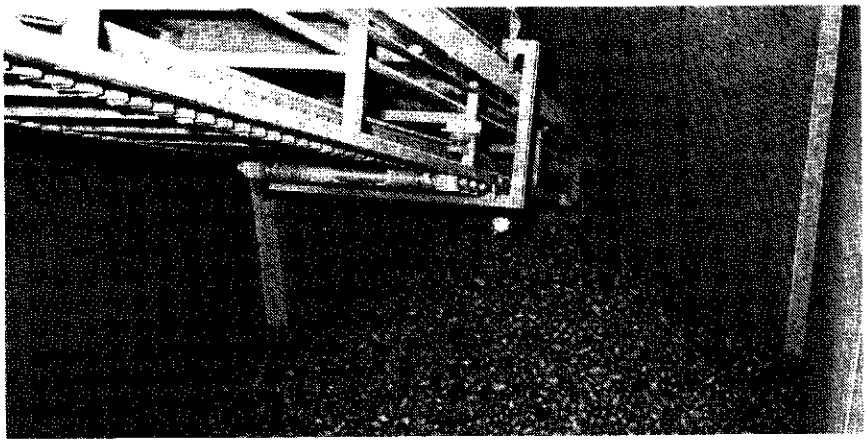
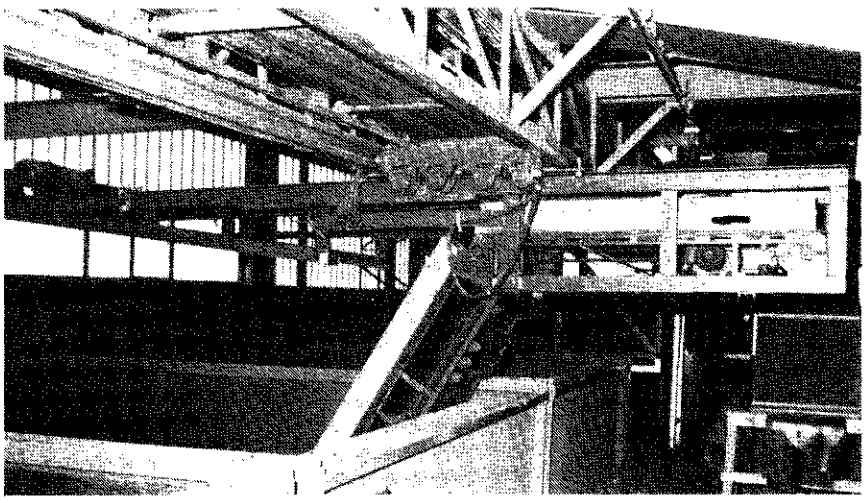


Fig. 13.12 Vullen van een bunker met een neergaande band

Fig. 13.13 Beweegbare, neergaande band



Een vast-opgestelde installatie kan men in verschillende mate automatiseren. De verst doorgevoerde automatisering is die, waarbij een gehele bewaarplaats of bewaarcel volgens een bepaald schema wordt gevuld, en waarbij zowel de beweging van de bovenlengteband als die van de dwarsband is geprogrammeerd.

Gedeeltelijk verrijdbare, gedeeltelijk vast-opgestelde installaties

De variatie in uitvoeringen van tussenvormen tussen verrijdbare en vast-opgestelde apparatuur is vrij groot. We zullen dan ook slechts op enkele uitvoeringen wat verder ingaan.
Een vrij kleine variatie op verrijdbare apparatuur is die waarbij de opvangdoseerbak op een vaste plaats is opgesteld. Tussen de opvangdoseerbak en de opvoertransporteur worden bijv. telescopische banden geplaatst die ten opzichte van elkaar in het horizontale vlak kunnen draaien, dikwijls met een vrij grote hoek. Met een dergelijke opstelling wordt op vrij eenvoudige wijze bereikt dat alle cellen kunnen worden gevuld, zonder dat de opvangdoseerbak behoeft te worden verplaatst. Deze uitvoering is vooral geschikt voor niet te grote bewaarplaatsen.
In een andere uitvoering staat de opvangdoseerbak op een vaste plaats. Vervolgens worden de aardappelen met een opvoertransporteur op een bovenlengteband gebracht die op verschillende plaatsen kan lossen. Onder het lospunt van de bovenlengteband staat dan een boxenvuller die de bewaarplaats vult. Soms bevindt de lengteband zich in een gang tussen twee rijen bewaarcellen. De cellen aan weerszijden van de gang kunnen dan met de verrijdbare boxenvuller worden gevuld. Bij brede

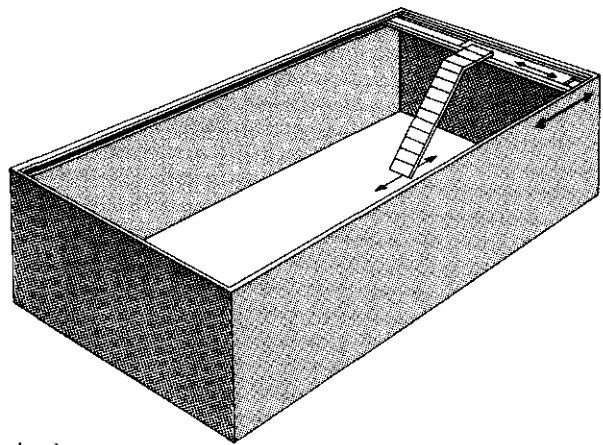


Fig. 13.14 Raam met transportband, in de lengterichting verschuifbaar over een rail

bewaarloodsen kan de boxenvuller soms niet over de gehele breedte zwenken. In zo'n geval wordt over de breedte van de loods wel een raam aangebracht dat aan weerszijden over een rail verschuifbaar is in de lengterichting van de loods. In het raam is een transportband aangebracht die ongeveer even lang is als de halve breedte van de loods.
De transportrichting van de band is omkeerbaar (zie fig. 13.14). In het midden van de loods wordt een opvangdoseerbak opgesteld, met daarachter een opvoertransporteur die de aardappelen op de bovendwarsband brengt. De opvoertransporteur is vastgemaakt aan het raam van de bovendwarsband. Door de opvangdoseerbak te verplaatsen in de lengterichting van de loods, wordt ook de dwarsband verplaatst. De wijze van vullen is dan verder in principe gelijk aan de eerdergenoemde vaste installatie. Opvangdoseerbak en transporteur kunnen we van de ene bewaarloods naar de andere verplaatsen.

LITERATUUR

HAAN, P.H. de, 1981. Filling of potato stores. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

MEIJERS, C.P., 1981. Reception of potatoes. Storage of potatoes. Pudoc Wageningen.

IBVRO

Hoofdstuk 14

WONDHELING

Tijdens het rooien, het transport en eventueel later bij het sorteren, worden diverse knollen min of meer beschadigd. Via deze beschadigde plekken (zie fig. 14.1) is het knolweefsel dan vrij toegankelijk voor invloeden van buitenaf.

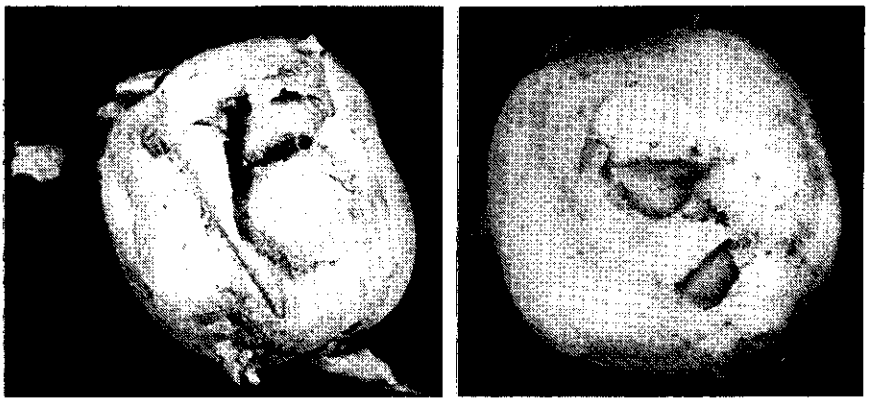


Fig. 14.1 Ontvellingen, ontstaan bij het rooien

Dit houdt in dat niet alleen de gewichtsverliezen door verdamping sterk toenemen, maar dat deze beschadigde plekken ook invalspoorten vormen voor micro-organismen, zoals b.v. Fusarium spp. Sterk beschadigde partijen blijken dan ook vaak minder goed bewaarbaar zijn.
Het knolweefsel is onder gunstige omstandigheden in staat vrij snel een beschermende laag (wond-periderm) over de beschadigde plek te vormen. En die gunstige omstandigheden krijgen we als we de knollen met rust laten; dus: spaarzamelijk ventileren en geen kiemremmers toedienen. Eerst wordt dan over de beschadigde plek een laagje verkurkte cellen afgezet. Vervolgens ontstaat onder dat laagje verkurkte cellen kurkcambium, dat naar buiten toe nieuwe dichtaaneengesloten cellen vormt die snel verkurken. (Deze situatie wordt geïllustreerd in fig. 14.2).
Dit wond-periderm schijnt nog minder doorlaatbaar te zijn voor water dan de normale schil.
Het spreekt vanzelf dat we dit wondhelingsproces zoveel mogelijk moeten bevorderen om de gewichtsverliezen te beperken en het binnendringen van micro-organismen te voorkomen. Dit laatste kan als een zekere wedstrijd worden gezien tussen de snelheid waarmede de wond

A = open, ongeheelde wond B = geheelde wond

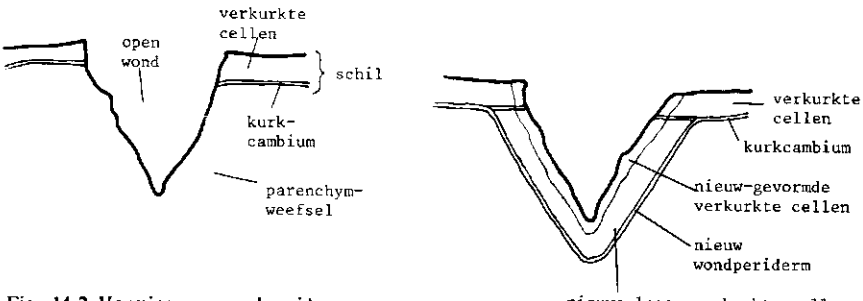


Fig. 14.2 Vorming van wond-periderm

wordt afgesloten, en de snelheid waarmee micro-organismen naar binnen kunnen dringen.

De snelheid waarmee de wonden helen wordt door diverse factoren beïnvloed.
Vlakke snijwonden helen in het algemeen sneller dan andere typen beschadigingen.
Bij hoge temperaturen verloopt de wondheling duidelijk sneller dan bij lage temperaturen. Ook een hoge relatieve luchtvochtigheid bevordert het helingsproces.
Kiemremmingsmiddelen verhinderen de vorming van nieuwe weefselcellen. Met het oog op de wondheling moeten we dan ook zeker geen poedervormige kiemremmingsmiddelen gaan toedienen direct na de oogst. Vloeibare middelen, twee à drie weken na de oogst (en dus na de heling) toegediend met een vernevelapparaat, verdienen de voorkeur. (zie ook hoofdstuk 15).
De wondhelingssnelheid is direct na de oogst het grootst; daarna neemt hij gedurende de bewaring geleidelijk af. Dat houdt verband met de fysiologische toestand van de knollen. Dit betekent echter dat wonden die na een zekere bewaarperiode ontstaan, b.v. tijdens het sorteren, minder snel helen.
In vergelijking met de invloeden van temperatuur en luchtvochtigheid, spelen rasverschillen amper een rol bij de wondhelingssnelheid.

Voor normale praktijkomstandigheden moeten we een wondhelingsperiode van tien tot veertien dagen in acht nemen bij een temperatuur van 12 à 18°C en een relatieve luchtvochtigheid tussen 80 en 95 %. Daarbij moet de partij aardappelen droog zijn en droog blijven! Tijdens de heelperiode moet er maar zo nu en dan even geventileerd worden, om te voorkomen dat temperatuur en luchtvochtigheid te hoog oplopen. Zo nu en dan wil zeggen: een kwartier tot een halfuur per dag.

Kort na de oogst is de ademhalingsintensiteit van de knollen meestal hoog. En ademhaling betekent warmte-ontwikkeling. We moeten dus goed, liefst dagelijks, de temperatuur in de gaten houden. We moeten vermijden dat de temperatuur tijdens de heelperiode boven de 22 °C komt. Zou de temperatuur die hoogte wél bereiken, dan scheppen we natuurlijk wel zeer gunstige voorwaarden voor de uitbreiding van eventueel aanwezige schimmel- of bacterieziekten. Bovendien nemen de ademhalingsverliezen dan extra toe. Maar, als we zo nu en dan even ventileren, dan kunnen we de temperatuur in de hand houden, terwijl de relatieve vochtigheid van de lucht voldoende hoog zal blijven.

Er kunnen zich natuurlijk omstandigheden voordoen dat we wel van de regels móeten afwijken. Als onze aardappelen drijfnat binnenkomen, dan zijn we gedwongen om ze eerst droog te blazen en pas dan aan wondheling te denken. En zouden de aardappelen bij zeer hoge temperaturen, van zo'n 25 °C, de bewaarplaats binnenkomen, dan moeten we eerst ventileren tot de temperatuur onde de 20 °C gezakt is, om het gevaar voor zwarte harten en rot tegen te gaan.
Gevaar voor rot en zuurstofgebrek kan zich ook voordoen bij (ontvelde) onrijp geoogste aardappelen. Bij temperaturen boven 18 à 20 °C hebben zulke aardappelen namelijk een sterk verhoogde ademhalingsintensiteit. Om het gevaar voor rot en zuurstofgebrek tegen te gaan, moeten we in zo'n geval dan ook direct gaan ventileren, al tijdens het vullen van de bewaarplaats.

LITERATUUR

ES, A. VAN & K.J. HARTMANS, 1981. Structure and chemical composition of the potato. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen

MEIJERS, C.P., 1981. Wound healing. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

Hoofdstuk 15

KIEMREMMING

Er zijn diverse methoden en middelen om kieming van consumptie-aardappelen tegen te gaan, en wel:

A. Temperatuurregeling
B. Chemische middelen
C. Bestraling

Op bestralingen gaan we verder niet in, omdat het om diverse redenen nog geen ingang gevonden heeft.

A. TEMPERATUURREGELING

Een natuurlijke eigenschap van aardappelen is dat ze bij temperaturen beneden 4 °C niet kiemen. In de moderne met buitenlucht gekoelde

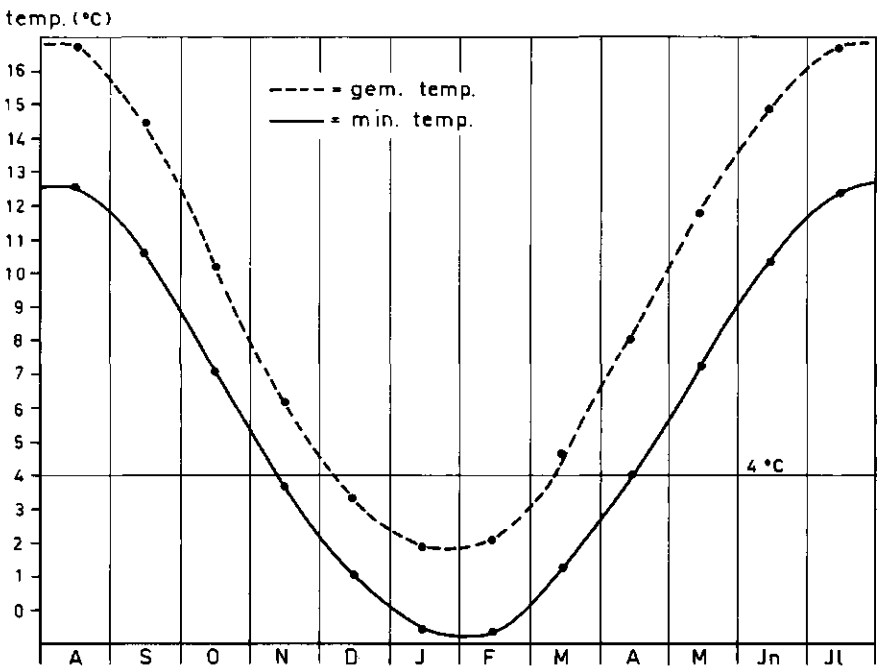


Fig. 15.1 Gemiddelde maandelijkse temperatuur (gemiddelde en minimum) op vijf stations van het KNMI (standaardperiode 1931-1960)

bewaarplaatsen werd het uitlopen van de knollen dan ook aanvankelijk door koeling voorkomen. De aardappeltempertatuur in luchtgekoelde bewaarplaatsen kan bij een juiste bediening overeenkomen met de dagelijkse minimum-buitentemperatuur.
Om na te gaan gedurende welke periode van het jaar de dagelijkse minimumtemperatuur beneden 4 °C ligt, is figuur 15.1 samengesteld. Het hiervoor benodigde cijfermateriaal is ontleend aan de maandelijkse overzichten van de weersgesteldheid van het KNMI. Van de vijf hoofdstations - De Koog (NH), Eelde, De Bilt, Vlissingen en Beek (ZL) - werden de normalen van de dagelijkse gemiddelde en de dagelijkse minimumtemperaturen over het standaardtijdvak 1931 - 1960 gemiddeld. Tussen begin november en half april ligt de gemiddelde minimumtemperatuur in ons land (volgens figuur 15.1) beneden 4 °C.

Als we het juiste ventilatieprogramma zouden hanteren, zou het theoretisch dus mogelijk zijn in goed geïsoleerde bewaarplaatsen onze aardappelen tot half april kiemvrij te houden.
Aan zo'n koude bewaring kleven echter verschillende nadelen. Die nadelen zijn:

- Ophoping van reducerende suikers; en aardappelen met een hoog reducerende-suikergehalte zijn niet bruikbaar voor de aardappelverwerkende industrie.
- De gewenste lage temperatuur kunnen we slechts tot half april met buitenluchtkoeling bereiken. Bij langere bewaring zullen we gebruik moeten maken van mechanische koeling, en dat is een stuk duurder.
- Na het opwarmen van de aardappelen voor de aflevering zullen ze spoedig gaan kiemen.

De in ons land aanbevolen bewaartemperaturen maken het gebruik van andere kiemremmingsmethoden noodzakelijk en dan komen we terecht bij de chemische kiemremmingsmiddelen.

B. CHEMISCHE MIDDELEN

De keus aan chemische kiemremmingsmiddelen is beperkt. Voor practische en betrouwbare toepassing komen alleen IPC en/of CIPC (resp. Isopropyl-N-phenyl-carbamaat en Isopropyl-N-(3-chloorphenyl)-carbamaat)-houdende middelen in aanmerking; IPC en CIPC worden ook wel profam resp. chloorprofam genoemd. De IPC- en/of CIPC-bevattende middelen hebben in de praktijk bewezen zeer doeltreffend te zijn. Ze hebben een lange werkingsduur, ook bij hogere temperaturen (bijv. 7-10 °C).

Het residugehalte van deze middelen mag niet hoger zijn dan 5 mg per kg (= 5 ppm) gewassen, niet-geschilde aardappelen.
Aardappelen, die voor december voor consumptiedoeleinden worden afgeleverd, moeten niet worden behandeld. Ook moeten we aardappelen onder normale omstandigheden niet binnen enige weken na behandeling in de handel brengen.
We kunnen de profam- en/of chloorprofammiddelen onderverdelen in poedervormige en vloeibare middelen.

Poedervormige middelen

De voor grootverbruik bestemde poedervormige middelen mogen 1 % werkzame stof bevatten. Om aan de residu-eis te voldoen, adviseert men voor bewaring in aardappelbewaarplaatsen 1 kg van een 1 %-middel per ton aardappelen (= 10 ppm) te gebruiken.
Bij bewaring van consumptie-aardappelen in kuilen is het gebruik van 2 kg van dat middel per ton aardappelen toegestaan. Een partij aardappelen mag slechts éénmaal met een poedervormig kiemremmingsmiddel worden behandeld; herhaling van de toediening is niet toegestaan.
Het juiste tijdstip van toediening en een nauwkeurige verdeling van het middel zijn de basis voor een goede werking.
Er zijn vele merken poeders in de handel. Met het oog op de toepassing bestaan er verschillen in fijnheid en kleur. Fijne poeders (stuifpoeders) voor doorblazen en wat grovere, zwaardere poeders voor strooien (strooipoeders). Voor behandeling van wit- en roodschillige rassen bestaan er overeenkomstige kleuren poeders.
Er bestaat ook een poedervormig kiemremmingsmiddel waar een fungicide (thiabendazole) aan toegevoegd is, vooral tegen Fusarium. Dit middel, Germotect geheten, wordt vaak toegepast bij langdurige bewaring, omdat dan de kans op Fusarium het grootst is. Volgens de praktijk geeft dit poedervormige middel blankere knollen, terwijl tevens de gewichtsverliezen lager zouden zijn.
De combinatie van fungicide en kiemremmingsmiddel houdt in dat dit middel uiteraard niet op pootaardappelen gebruikt moet worden.

Een voordeel van het gebruik van een poedervormig kiemremmingsmiddel is dat we het in een éénmalige, niet veel inspanning vergende handeling over de aardappelen kunnen verdelen. Maar de poedervormige middelen hebben ook nadelen:

- Bij het bepoederen van onvoldoende afgeharde (verkurkte) aardappelen treedt vaak verbranding (huidirritatie) op.
  Hoewel deze zgn. poederbrand aanvankelijk als een schoonheidsge-

brek werd gezien, bleek later dat poederbrand extra schil- en pitverliezen veroorzaakt bij het schillen in de aardappelverwerkende industrie.
Knollen die erg "verbrand" zijn vertonen een grijs/bruin kurkachtig weefsel op de afgeschaafde huid. We zien dat verschijnsel afgebeeld in fig. 15.2.

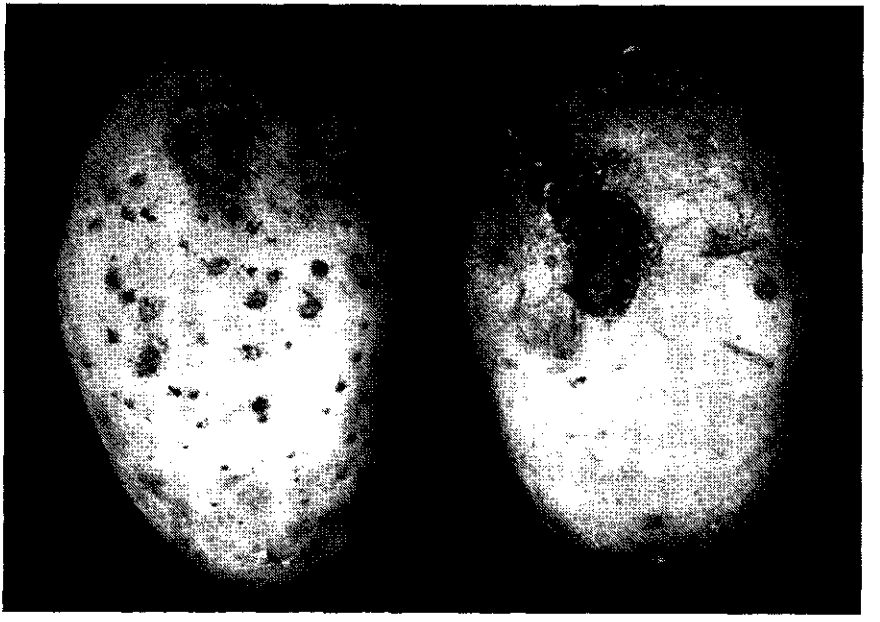


Fig. 15.2 Ernstige vorm van poederbrand

Het verschijnsel poederbrand heeft tot gevolg dat het gebruik van poedervormige kiemremmingsmiddelen in ieder geval voor fritesaardappelen niet verantwoord is.
De pommes-fritesindustrie weigert partijen aardappelen met meer dan 3 % poederbrand.

- Hoewel er voor wit- en roodschillige aardappelen poeders met overeenkomstige kleuren kunnen worden gebruikt, gaat de natuurlijke kleur van de aardappelen toch enigszins verloren.
- Bij het ledigen van de bewaarcellen en tijdens het sorteren van de aardappelen kan er hinderlijke stofvorming optreden.

■Toediening van poedervormige middelen

Een nauwkeurige verdeling van de kiemremmingsmiddelen is de basis voor een goede werking. We kunnen poedervormige middelen goed over de aardappelen verdelen, indien we ze bij het vullen van de bewaar-

ruimte op de transportband over de knollen strooien. Aanvankelijk gebruikte men daarvoor boven de transportband opgestelde geperforeerde trommels, die middels een loopwiel door de transportband (zie fig. 15.3)

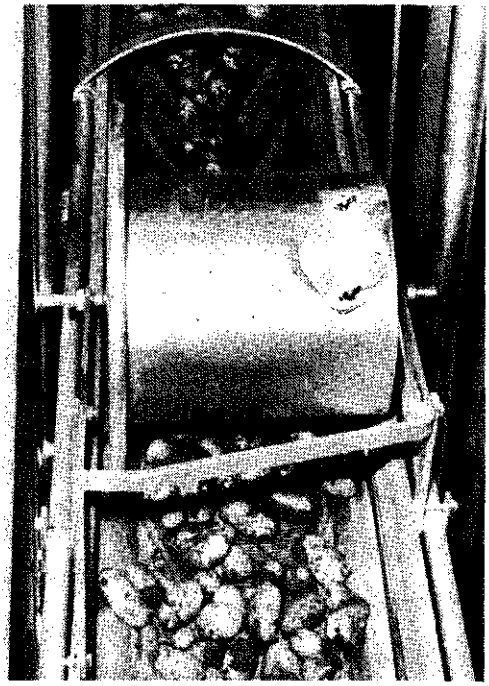


Fig. 15.3 Geperforeerde trommel voor poederdosering boven de transportband

of door een electromotor worden aangedreven. Later kwamen er poederverdeelapparaten op de martkt die eveneens boven de transportband moeten worden opgesteld en waarvan de poedertrechter een inhoud van 25 à 30 kg poeder heeft. Deze apparaten hebben onder de poedertrechter een trilmotor of vibrator, die voor het transport van het poeder zorgt. Een voorbeeld van een dergelijk apparaat zien we in fig. 15.4.
We kunnen de capaciteit van de trommel veranderen door het aantal perforaties te verminderen dan wel te vergroten. Bij andere apparaten kunnen we de te doseren hoeveelheid regelen door de opening van de doseerschuif groter dan wel kleiner te maken, of de vibratiesnelheid te veranderen.
In de praktijk wordt de vereiste hoeveelheid poeder ook wel over de nog op de wagen liggende aardappelen gestrooid. Bij het lossen en transporteren naar de bewaarruimte verdeelt het zich dan over de aardappelen. Dosering en verdeling laten bij deze methode echter te wensen over. Als er een grondreiniger in het transportsysteem is opgenomen, dan gaat er bovendien poeder verloren.

Fig. 15.4 Poederverdeelapparaat met trilmotor

Vloeibare middelen

Vloeibare middelen kunnen we tijdens het bewaarseizoen met speciale apparaten vernevelen en met behulp van het interne-ventilatiesysteem door de aardappelen verdelen. De werking en het residu van deze middelen zijn - in vergelijking met gelijke hoeveelheden werkzame stof van poedervormige middelen - minder. Vandaar dat we van vloeibare middelen meer actieve stof mogen gebruiken, en wel maximaal 20 gram werkzame stof per ton aardappelen (= 20 ppm).
De vloeibare middelen zijn sterker geconcentreerd; ze bevatten 250 gram of meer werkzame stof per liter. Rekening houdend met de toegelaten hoeveelheid actieve stof, mogen we per ton aardappelen in totaal dus 80 cm^3 van een 25 %-middel, 67 cm^3 van een 30 %-middel of 40 cm^3 van een 50 %-middel toedienen. Naar keuze kunnen we deze totaal toegelaten hoeveelheid over één, twee of drie behandelingen uitspreiden.
Goede resultaten worden verkregen door de totale hoeveelheid in drie behandelingen te geven, dus van bijv. een 30 %-middel per behandeling

22 cm^3 per ton aardappelen.
Voor erg kiemlustige aardappelen is het beter dat we de eerste dosering wat groter en de volgende wat kleiner kiezen.
Om een goede werking te verkrijgen moeten we de eerste dosering twee à drie weken na de oogst verstrekken. De aardappelen hebben dan inmiddels de heelperiode achter de rug en zijn afgehard, zodat van beschadiging (huidirritatie) nauwelijks sprake kan zijn.
Een duidelijk minder effect wordt verkregen indien we de eerste behandeling later uitvoeren, bijv. wanneer er al werking in de ogen is of wanneer er zelfs al kleine kiempjes te zien zijn. Eventuele volgende behandelingen moeten we ook tijdig uitvoeren; dus niet met een volgende behandeling wachten tot er kiemen zijn! Afhankelijk van de bewaaromstandigheden en de kiemlust van de aardappelen, zullen we bij het toedienen in etappes de tweede behandeling in december/januari en een eventuele derde behandeling in maart/april moeten uitvoeren.

Een nadeel van de vloeibare middelen is dat ze steeds tijdig moeten worden toegediend; en dat ziet men dan wel eens over het hoofd. Ook de afzetting van het middel op de ventilator vormt een nadeel. Om dit zoveel mogelijk te voorkomen moeten we het middel - indien mogelijk - aan de blaaszijde van de ventilator in het interne-ventilatiesysteem inbrengen.

Behandeling met vloeibare middelen heeft ook voordelen.
- Bij het in-etappes-toedienen van het middel kunnen we bij vroege aflevering met minder behandelingen toe.
- Er treedt geen hinderlijke stofvorming op zoals bij poeder.
- De aardappelen behouden meer hun natuurlijke kleur.
- De kans op huidirritatie op de aardappelen is niet of in veel mindere mate aanwezig; de aardappelen zijn bij de eerste behandeling reeds afgehard.

■ Toediening van vloeibare middelen

Vloeibare middelen lenen zich het beste voor toepassing in bewaarplaatsen die een systeem voor interne ventilatie hebben. De middelen worden met speciale apparaten verneveld en met behulp van het interne-ventilatiesysteem door de aardappelen verdeeld.
Er zijn handzame apparaten te krijgen voor het vernevelen van vloeibare

middelen, o.a. pulsfog- en swingfogapparaten (zie fig. 15.5 en fig. 15.6). De beste verneveling wordt verkregen indien we gebruik maken van een kleine spuitdopopening.

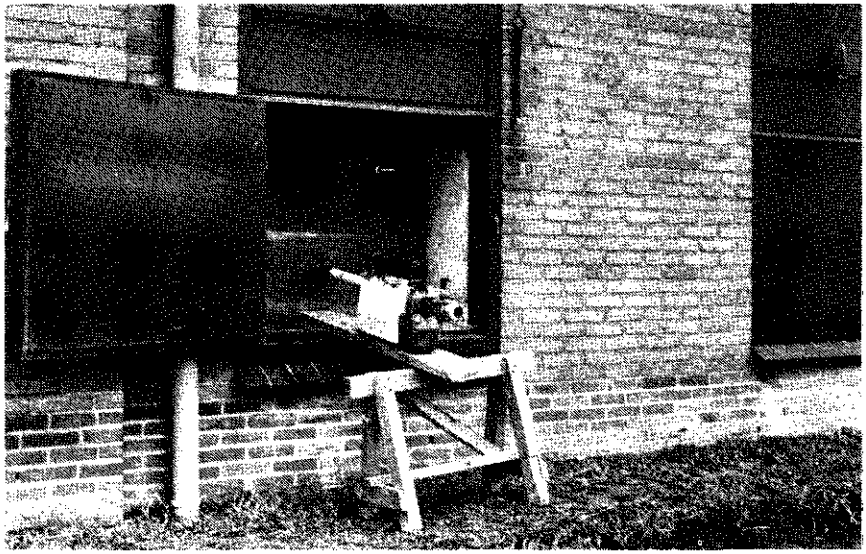


Fig. 15.5 Opstelling vernevelapparaat onder de ventilator

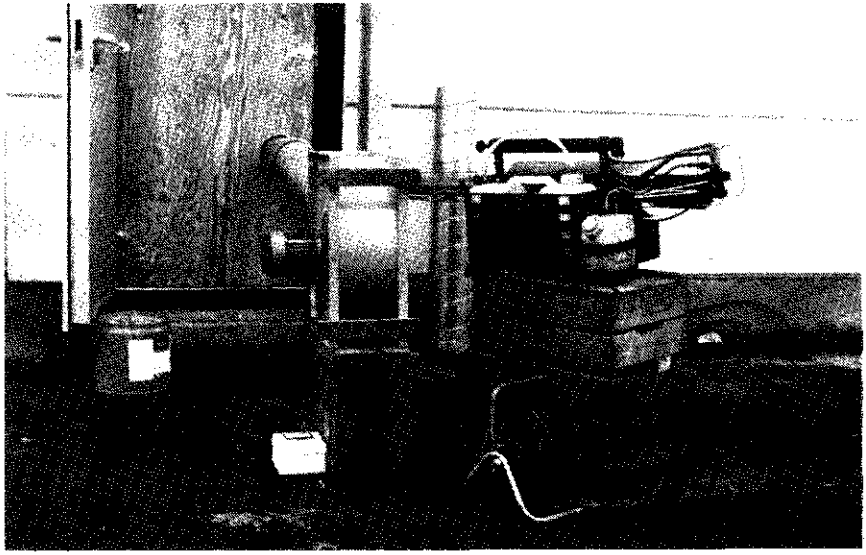


Fig. 15.6 Vernevelapparaat, centrifugaalventilator en persleiding voor inbrengen van vloeibaar kiemremmingsmiddel

Tijdens het doseren van vloeibare middelen moet het interne-ventilatiesysteem in werking zijn en blijven tot de nevel is neergeslagen, ca. één kwartier na het stoppen van de toediening. Gedurende de behandeling moeten we de deuren en ventilatie-openingen van de bewaarruimte goed sluiten.
Om de aardappelen het middel te laten opnemen, moeten we na de behandeling - indien mogelijk - twee etmalen, maar minstens gedurende één etmaal, niet met buitenlucht ventileren.

■ Opstelling van vernevelapparaten

Bij het vernevelen van vloeibare kiemremmingsmiddelen, dat we ook wel heel gewon "gassen" noemen, kunnen we het vernevelapparaat op diverse manieren opstellen.
Het is beslist niet raadzaam om het apparaat binnen in de bewaarruimte op te stellen boven de ventilator. Staat het apparaat namelijk te dicht bij de ventilator, dan kan een deel van het middel zich op de waaiers van de ventilator afzetten. Dit veroorzaakt verlies aan middel en tevens kan de ventilator uit balans raken.
Maar bovendien moeten we dan tijdens het gassen de apparatuur in de bewaarruimte ook nog eens bedienen. En het inademen van zulke gassen is uiteraard schadelijk voor de gezondheid. Het vernevelapparaat plus de persoon die het bedient moeten dus bij voorkeur buiten de bewaarruimte staan.
Om de verliezen aan middel beperkt te houden, moeten we het vernevelde middel rechtstreeks in de luchtstroom van de intern draaiende ventilator brengen.

We kunnen dan uit de volgende opstellingen kiezen.

Boven of voor de ventilator inbrengen. In dit geval zullen we de uitlaatpijp van het apparaat op tenminste 2 meter afstand van de ventilator moeten houden. Boven de ventilator moeten we dan een afsluitbare opening in de buitengevel aanbrengen. Omdat deze opening veelal op 3 à 4 m hoogte komt, zullen we bij de gevel de nodige voorzieningen moeten treffen om het apparaat op te kunnen stellen.
We kunnen dat ook op een andere manier oplossen, als we gebruik maken van een leiding. De apparatuur kan dan gewoon op de begane grond staan en de leiding wordt vanaf het vernevelapparaat naar de opening geleid.
Boven de ventilator heerst altijd een onderdruk, dus het vernevelde middel wordt zonder verdere hulpmiddelen door de leiding aangezogen. De eerste meters van die leiding moeten van geïsoleerd staal zijn, vanwege de hoge uitlaattemperatuur van het vernevelapparaat. De rest van

de leiding kan uit pvc-buis bestaan.
Bevindt de ventilator zich direct voor het luchtkanaal, dan kunnen we het vernevelapparaat op de begane grond opstellen, op tenminste 2 m afstand van de ventilator. Toch zal zich bij deze methode altijd nog een deel van het middel op de ventilator afzetten. Betere oplossingen verdienen dus de voorkeur.

Onder of achter de ventilator inbrengen. De uitlaatpijp van het vernevelapparaat komt nu in een ruimte uit waarin een overdruk heerst (zie fig. 15.5). Kleine apparaten kunnen deze overdruk niet of slechts moeilijk de baas, waardoor de verneveling niet optimaal is. Grotere uitvoeringen hebben dit probleem niet.

Door een leiding naar ventilatiekanalen persen. Heeft onze bewaarplaats in de buitengevel geen voorziening voor het gassen, of zijn onze ventilatoren in een centrale ventilatiegang opgesteld, dan kunnen we het vernevelde kiemremmingsmiddel ook met een leiding via de ventilatiesluis naar de ventilatiekanalen persen. In de centrale ventilatiegang moeten we dan een buis, met een ruim bemeten doorsnede aanbrengen. In de buis moeten we ter hoogte van iedere ventilator een afsluitbare opening maken. Buiten de bewaarruimte, waar ook het vernevelapparaat staat, moeten we wel een kleine verplaatsbare centrifugaalventilator van beperkte capaciteit op de leiding aansluiten.
Zo'n ventilator hebben we nodig om de overdruk te overwinnen die in de ventilatiesluis heerst. Bij deze ventilator kan het vernevelapparaat dan het gas in de leiding spuiten (zie fig. 15.6). Dat deel van de leiding moet dan vanwege de hoge temperatuur wel in staal worden uitgevoerd met een injectie-aansluitstuk.
Willen we slechts een deel van onze aardappelen gassen, dan sluiten we gewoon één of meer openingen in de persleiding af (zie ook fig. 15.7).

Waarschuwing!

De kiemkracht van pootaardappelen en zaaizaden kan door kiemremmingsmiddelen sterk dalen en zelfs nihil worden. Hoewel hierop reeds vele malen in publicaties is gewezen, worden er elk jaar weer fouten gemaakt die nare consequenties hebben.
Met het oog op de kiemkracht mogen we zaaizaden en pootgoed noch voor langere noch voor kortere tijd drogen, bewaren of opslaan in gebouwen of fust die met kiemremmingsmiddelen zijn "besmet". Evenmin mogen we ventilatoren, die met kiemremmingsmiddelen in aanraking zijn geweest, gebruiken voor het ventileren, koelen dan wel drogen ven deze produkten.

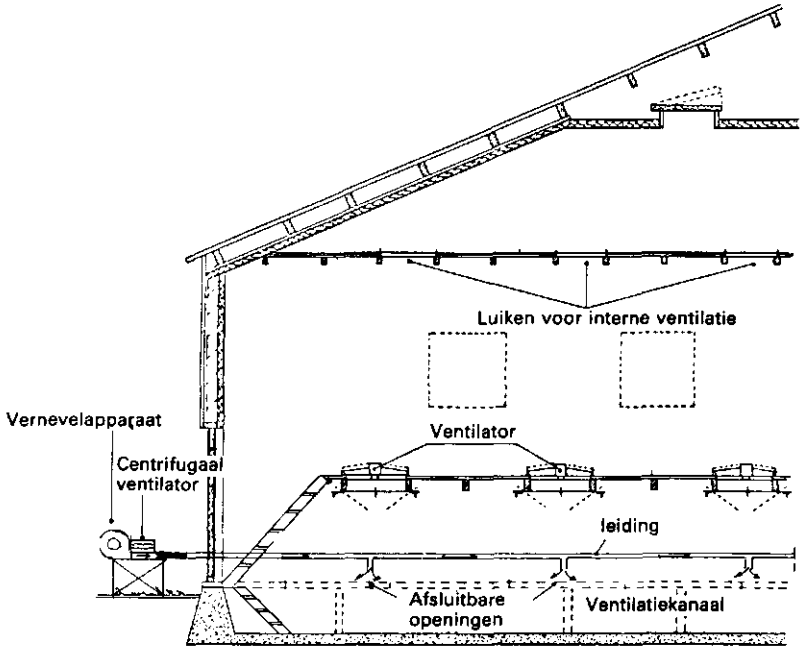


Fig. 15.7 Schematische voorstelling van persleiding in ventilatiegang

LITERATUUR

BUITELAAR, N., 1981. Sprout inhibition in ware potato storage. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

TOREN, G.A., 1983. Het "gassen" van aardappelen. Landbouwmechanisatie 34 (1983) 2 (februari) 141-143.

Hoofdstuk 16

DROGEN EN KOELEN

DROGEN

Onder het drogen van aardappelen verstaan we het afvoeren van aanhangend water van de knollen. Voor een succesvolle bewaring is het een eerste vereiste dat de aardappelen droog zijn en dat ze tijdens de bewaring droog blijven. Dat betekent dus in vele gevallen: direct na het binnenbrengen met droogblazen beginnen. Dit geldt in het bijzonder voor pootaardappelen. Maar ook voor consumptie-aardappelen, vooral als daar nogal wat zieke, rotte of glazige knollen in voorkomen. Als onze aardappelen echt onder ongunstige omstandigheden de bewaarplaats binnenkomen, moeten we niet op ventilatielucht gaan zitten wachten die een ideale temperatuur en relatieve vochtigheid heeft, maar we moeten onmiddellijk met droogblazen beginnen. Het kan zelfs noodzakelijk zijn dat we dag én nacht ventileren. We hebben dan namelijk geen keus.

Drooglucht opwarmen? Soms.

Het is niet altijd efficiënt om de drooglucht op te warmen. En waarom niet? In de eerste plaats omdat we door het opwarmen van de drooglucht warmte aan de aardappelen gaan toevoeren die we er bij het koelen weer uit moeten zien te krijgen. En hoe meer we moeten koelen, des te meer moet de ventilator draaien en des te hoger worden de energiekosten en de gewichtsverliezen.
Wat gebeurt er namelijk? Als de knollen hun vrije vocht kwijt zijn, begint de verdamping van water uít de knollen. De reeds gedroogde knollen, vooral de onderste lagen van de hoop, worden gedurende de rest van de droogperiode geventileerd met warme lucht met een lage relatieve vochtigheid.
De indroging van deze knollen zal dan veel groter zijn dan indien we de lucht niet hadden opgewarmd; en ook is het gevaar groot dat er drukplekken ontstaan.
Het verdient dus duidelijk de voorkeur om de aardappelen met koudere lucht te drogen. We moeten het drogen in feite beschouwen als de eerste fase van het koelproces. De gewichtsverliezen zijn daarbij minimaal. Anderzijds moet de temperatuur van de drooglucht bij voorkeur ook niet

lager zijn dan 8 à 10°C. Ventilatie met koudere lucht dan 8 à 10°C aan het begin van het bewaarseizoen vertraagt namelijk het wondhelingsproces. En als het even kan moeten we drogen en wondhelen combineren.

Droogluchtcondities

We moeten bij het drogen, en in het algemeen bij het ventileren, de volgende gegevens altijd goed in de gaten houden, nl.:

- de temperatuur van de ventilatielucht
- de relatieve vochtigheid van de ventilatielucht
- de temperatuur van de aardappelen
- de hoeveelheid vocht op de aardappelen.

Als we naar deze vier zaken kijken, en we houden rekening met het feit dat er voor drogen warmte nodig is, dan kunnen we enkele conclusies opbouwen.
Ten eerste. Zit er weinig vrij vocht op de aardappelen, dan kunnen we voor de verdamping van het aanhangende water gebruik maken van warmte uit de aardappelen en uit de ventilatielucht. In dat geval kunnen we het drogen combineren met het koelen. We kunnen dan gewoon ventileren met de beschikbare buitenlucht, als de temperatuur van die lucht tenminste niet lager is dan 10 à 12 °C.
Ten tweede. Zijn onze aardappelen erg nat, dan zullen we voor de verdamping van het vocht warmte moeten toevoeren, om te voorkomen dat de aardappelen teveel warmte verliezen en daardoor te koud worden. Warmte toevoeren betekent: ventileren met warmere buitenlucht, als die tenminste aanwezig is, of anders met kunstmatig opgewarmde lucht. In de praktijk komt het wel voor dat men 's nachts droogt met lucht die zo'n 5 graden opgewarmd is en overdag gewoon met buitenlucht ventileert. Als we met warmere of opgewarmde lucht werken moeten we proberen te voorkomen dat de temperatuur van die lucht boven de 20 °C komt. Boven die temperatuur werken we uitbreiding van rot e.d. in de hand.
Ten derde. Als we onze aardappelen willen drogen dan is het duidelijk dat we niet bij mist of regenachtig weer moeten ventileren, want dan brengen we alleen maar vocht naar binnen. We kunnen dan beter alleen maar intern ventileren om de lucht tenminste nog in beweging te houden.

In tabel 16.1 kunnen we zien bij welke luchtcondities we onze aardappelen van verschillende temperaturen droog kunnen krijgen en condensatie in de aardappelhoop kunnen voorkómen.
We nemen als voorbeeld aardappelen met een temperatuur van 12 °C.

Tabel 16.1 Maximaal toegestane relatieve vochtigheid van de buitenlucht voor het drogen van aardappelen.

Aardappel-temp. in °C	Luchttemperatuur in °C																		
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3	93	87	81	76	71	66	62	58	54	50	47	44	42	39	36	34	32	30	28
4	+	93	87	81	76	71	66	62	58	54	50	47	44	42	39	36	34	32	30
5	+	+	93	87	81	76	71	66	62	58	54	50	47	44	42	39	36	34	32
6	+	+	+	93	87	81	76	71	66	62	58	54	51	47	45	42	40	37	35
7	+	+	+	+	93	87	81	76	71	66	62	59	54	51	48	45	42	40	37
8	+	+	+	+	+	93	87	81	76	72	67	62	59	54	51	48	45	42	40
9	+	+	+	+	+	+	93	87	82	76	72	67	63	59	55	51	48	46	43
10	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	76	72	67	63	59	55	52	49	46
11	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	67	63	59	55	52	49
12	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	68	63	59	56	53
13	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	68	64	60	56
14	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	87	82	77	72	68	64	60
15	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	82	77	72	68	64
16	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	77	72	68
17	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	77	73
18	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83	78
19	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	93	88	83
20	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	94	88

% RV

+ betekent dat er geventileerd mag worden, ongeacht de relatieve vochtigheid van de buitenlucht.

Alle luchtcondities die op één lijn staan met die van 12 °C, én alle luchtcondities die boven die lijn staan, zijn geschikt om efficiënt te drogen.
En het drogen gaat sneller naarmate de condities hoger in de tabel staan. Dus: met lucht die een temperatuur heeft van 18 °C en een RV van 51 % kunnen we onze aardappelen die een temperatuur hebben van 12 °C sneller drogen dan met lucht die een temperatuur van 18 °C, maar een RV van 68 % heeft.
We blijven nog even bij het voorbeeld van aardappelen die een temperatuur van 12 °C hebben. Maar de condities van de lucht zijn nu een temperatuur van 18 °C en een RV van 77%. De condities zitten thans ónder de horizontale lijn naast 12 °C. Wat gebeurt er nu?
Als we met deze lucht gaan ventileren, dan zal er in eerste instantie vocht aan de aardappelhoop worden toegevoerd. Na enige tijd zullen de aardappelen echter opgewarmd zijn tot de temperatuur van de lucht.
Dat proces begint onderin de hoop en verplaatst zich naar boven. Naarmate de aardappeltemperatuur stijgt, wordt het droogeffect van de lucht waarmee we ventileren groter. Dit proces verloopt langzaam; we kunnen het versnellen door de drooglucht op te warmen.
We zien dus dat de luchtcondities die ónder de horizontale lijn naast 12 ° C staan eerst altijd leiden tot bevochtiging van de aardappelen.

Droging begint pas nadat de aardappelen opgewarmd zijn tot de temperatuur die in de tabel correspondeert met de condities van de lucht waar we mee drogen. Als de lucht b.v. een temperatuur heeft van 20 °C en een RV van 59 %, en onze aardappelen hadden aanvankelijk een temperatuur van 8 °C, dan zullen de aardappelen bevochtigd worden totdat ze opgewarmd zijn tot 12 °C. Daarna gaat er droging plaatsvinden.
Uit de tabel blijkt duidelijk dat lucht die kouder is dan de aardappelen altijd een goed droogeffect heeft. Dat zien we aan de "plusjes" in de tabel. Een "plusje" betekent dat we kunnen drogen ongeacht welke RV de buitenlucht heeft. Aardappelen van 12 °C kunnen dus zonder meer gedroogd worden met lucht van 10, 8 of 6 °C.
In hoofdstuk 1 hebben we al gezien hoe we de RV kunnen bepalen; in hoofdstuk 17 kunnen we lezen hoe het opwarmen van lucht in z'n werk gaat.

Stoppen met droogblazen

We kunnen met droogblazen stoppen zodra de aardappelen (of de grond) op 30 à 40 cm diepte in de hoop winddroog aanvoelen. Bij grondarme partijen zal dit één tot drie dagen duren; bij grondrijke, erg vochtige partijen kan het drogen wel één tot twee weken in beslag nemen. Zeer natte en grondrijke partijen kunnen we het beste na b.v. één week ventileren naar een andere cel overbrengen, waarbij we dan zoveel mogelijk grond moeten zien te verwijderen. De droging kan dan in die andere cel voltooid worden.
Recentelijk zijn er voelers ontwikkeld die de hoeveelheid vrij vocht op de aardappelen kunnen meten. Met behulp van zulke meetapparatuur kan het droogproces automatisch gestuurd worden. Op die manier vermijden we overbodige ventilatie-uren.

Drogen en storthoogte

Het is logisch dat het drogen van een dikke laag aardappelen (een grote storthoogte) langzamer verloopt dan van een dunne laag aardappelen (b.v. in kisten).
Bij het drogen van een hoge aardappelhoop is de onderste laag eerder droog dan de bovengelegen lagen. Naarmate de lucht meer lagen passeert, stijgt het vochtgehalte van de lucht. Nadat de onderste aardappelen hun vrije vocht kwijt zijn, zullen ze bij voortduring van het ventileren hun interne vocht gaan afstaan. Dat vocht wordt dus toege-

voerd aan de ventilatielucht. Dit leidt ertoe dat het drogen van de bovenste aardappellaag meer tijd kost. Kritieke partijen moeten we dan ook altijd zo laag mogelijk storten.
Hebben we onze aardappelen in goede conditie en onder gunstige omstandigheden kunnen rooien en inschuren, dan kunnen we ze het beste één à twee weken met rust laten, of anders gezegd: laten "curen". Drogen is dan niet nodig, wel zo nu en dan even lucht verversen. Tenminste, als het consumptie-aardappelen betreft; voor pootaardappelen zal een korte droogblaasperiode toch gewenst zijn, zelfs al hebben we ze onder gunstige omstandigheden van het land gehaald.

KOELEN

Eén van de belangrijkste zaken tijdens de bewaring van aardappelen is het koelen.
De gewenste bewaartemperatuur is vrijwel altijd lager dan de temperatuur die de aardappelen hebben wanneer ze gerooid worden. We moeten dus koelen.
Bij bewaring van poters moeten we proberen vanaf november een temperatuur van 3 à 4 °C aan te houden. Als we vroeg sorteren, b.v. in september, dan moeten we direkt daarna de gewenste bewaartemperatuur van 3 à 4 °C zien te bereiken.
Bewaren we consumptie-aardappelen, die normaliter in de maanden september en oktober worden geoogst, dan moeten we zorgen dat de knollen binnen 4 à 6 weken op de geadviseerde bewaartemperatuur zitten.
We herhalen nog eens even de bewaartemperaturen die geadviseerd worden voor langdurige bewaring van aardappelen.

- pootaardappelen 3 à 4 °C
- aardappelen voor vers gebruik 4 à 5 °C
- aardappelen voor verwerking tot
  - chips 7 à 10 °C
  - pommes frites 5 à 6 °C
  - gedroogde produkten 6 à 7 °C
- fabrieksaardappelen 6 °C

Met deze temperatuur bedoelen we niet de minimum toelaatbare temperaturen onderin de hoop, maar de temperatuur bovenin de aardappelen. Onderin de hoop mag b.v. bij fritesaardappelen de temperatuur nergens lager zijn dan 4 °C.

Om de gewenste bewaartemperatuur te bereiken, zullen we de aardappelen na de wondheling dus moeten koelen. En omdat de levende aard-

appel door z'n ademhaling warmte blijft produceren, zullen we continu warmte moeten afvoeren, oftewel continu moeten koelen.
Wat gebeurt er nu eigenlijk bij het koelen van aardappelen? Wel, koellucht heeft uiteraard een lagere temperatuur dan de aardappelen. Daardoor ontstaan twee dingen, nl.:

a) een verschil in temperatuur tussen de aardappel en de omringende lucht en
b) een verschil in dampdruk (waterpotentiaal) tussen de aardappel en de omringende lucht.

Bij het koelen ontstaan er dus twee stromen:

- een warmtestroom van hoge temperatuur naar lage temperatuur (van aardappelen naar lucht) en
- een vochtstroom van hoge dampdruk naar lage dampdruk (ook van aardappelen naar lucht).

We weten dat we de warmte die uit de aardappelen komt moeten afvoeren. We weten ook dat die warmte-afvoer gepaard gaat met vochtverlies. En beperking van de vochtverliezen is een belangrijke zaak. Hoe kunnen we die vochtverliezen nu beperken? De allerbeste methode om vochtverliezen te beperken is er voor te zorgen dat de aardappelen:

- rijp gerooid worden;
- bij het rooien zo min mogelijk beschadigd worden;
- goed verkurkt zijn;
- een juiste wondheling ondergaan en
- niet gaan kiemen tijdens de bewaring

In zulke aardappelen is de interne weerstand tegen vochtverlies het grootst.

Warmte- en vochtoverdracht

Zowel de warmte-overdracht als de vochtoverdracht is afhankelijk van een interne en van een externe weerstand.
De interne weerstand tegen warmte-overdacht, d.w.z. de weerstand tegen warmtetransport vanuit het midden van de knol naar het knoloppervlak, is afhankelijk van fysische eigenschappen van de knol. Die eigenschappen zijn: de warmtegeleidingscoëfficiënt van de aardappel en de knoldikte.
De warmtegeleidingscoëfficiënt is een eigenschap van de aardappel zelf, die onafhankelijk is van invloeden van buiten de aardappel, zoals b.v. de luchtsnelheid. De interne weerstand tegen warmte-overdracht is dus alleen afhankelijk van de dikte van de knol.

De externe weerstand tegen warmte-overdracht van het knoloppervlak naar de lucht wordt bepaald door de snelheid van de koellucht. Hoe hoger de luchtsnelheid, des te lager is deze weerstand. Met andere woorden: hoe hoger de luchtsnelheid, des te groter de warmte-overdracht van de aardappel naar de lucht.
En nu de vochtoverdracht. Bij een droge aardappelknol zit de totale hoeveelheid vocht in de knolcellen. Dat vocht moet dus eerst door de aardappel heen naar de oppervlakte van de knol getransporteerd worden, voordat dit vocht in de lucht kan worden opgenomen. De interne weerstand tegen dit vochttransport door de knol heen wordt beïnvloed door het verschil tussen de dampdruk in de knol en de dampdruk in de lucht én door de conditie van de aardappelschil. Hoe groter het dampdrukverschil, des te groter wordt de interne weerstand tegen vochtverplaatsing. Aan deze weerstandvergroting is het te danken dat het vochtverlies niet evenredig toeneemt met de toename van het dampdrukverschil. Maar desondanks blijft het vochtverlies wel stijgen bij toenemend dampdrukverschil. De interne weerstand tegen vochttransport wordt niet beïnvloed door de snelheid van de ventilatielucht.
De externe weerstand tegen vochtoverdracht tussen het knoloppervlak en de lucht wordt wél beïnvloed door de luchtsnelheid. Bij lage luchtsnelheden is de externe weerstand betrekkelijk groot.
De maximale verdampingssnelheid uit niet-gekiemde, goed verkurkte aardappelen wordt namelijk al bereikt bij een luchtsnelheid door de hoop van ongeveer 1 tot 5 cm per seconde. Maar bij hogere luchtsnelheden wordt de externe weerstand zó klein, dat zijn invloed op de totale weerstand (interne + externe) uiterst beperkt blijft.
We hebben dus gezien dat de warmte-overdracht toeneemt bij stijging van de luchtsnelheid en dat een toename van de luchtsnelheid (bij hogere snelheden) nog maar een heel beperkte invloed heeft op de mate van vochtverlies uit de aardappelen. Een hoge luchtsnelheid door de hoop (0,1 meter per seconde) bevordert dus de door ons gewenste warmte-overdracht zonder extra vochtverliezen te veroorzaken.
We kunnen dus de conclusie trekken dat de tijdsduur van het koelen kleiner wordt naarmate de luchtsnelheid toeneemt. En hoe korter de tijdsduur van het koelen, des te minder vocht er verloren wordt. Het vochtverlies wordt immers slechts in beperkte mate nadelig beïnvloed door een hoge luchtsnelheid, maar wél in hoge mate door het aantal ventilatie-uren. Hoe sneller we de warmte dus kunnen afvoeren, hoe beter het is. Omdat het vochtverlies dus sterk afhankelijk is van de hoeveelheid warmte die we van de aardappelen moeten afvoeren, moeten we proberen de warmteproduktie of warmte-accumulatie in de bewaarplaats zo laag mogelijk te houden. Het beste uitgangspunt daarvoor is: goed verkurkte aardappelen bij lage temperaturen in goed geïsoleerde gebouwen.

Koellucht

Nu nog even iets over de gewenste eigenschappen van de koellucht. Om een goed koeleffect te bereiken, moet de temperatuur van de koellucht aanmerkelijk lager zijn dan de temperatuur van de aardappelen. Des te sneller verloopt de warmte-overdracht.
Als we het hebben over koellucht met een "aanmerkelijk lagere temperatuur" dan de aardappelen, dan is dat uiteraard geen lucht met een temperatuur van beneden, rond of iets boven het vriespunt. We moeten voorkomen dat de aardappelen, vooral de onderste lagen, te koud worden. De temperatuur van de koellucht mag niet meer dan 1 à 2 graden lager zijn dan de nagestreefde bewaartemperatuur.
Vooral bij mechanisch gekoelde pootaardappelen komt nogal eens koudebeschadiging voor. Die beschadiging ontstaat wanneer de aardappelen gedurende langere tijd met te koude lucht, b.v. net boven 0°C, in aanraking komen (zie ook Hoofdstuk 20).
Hoe hoger de relatieve vochtigheid van de lucht is, des te lager is het dampdrukverschil tussen aardappelen en lucht. Maar zelfs verzadigde koellucht, dus lucht met een RV van 100 %, zal nog vocht aan de aardappelen kunnen onttrekken. Door het contact met de warmere aardappelen wordt deze lucht namelijk eerst opgewarmd; daardoor daalt zijn relatieve vochtigheid en dan kan er weer verdamping vanuit de aardappelen plaatsvinden.
We komen tot de slotsom dat we bij het koelen van aardappelen de volgende "ingrediënten" nodig hebben:

- grote temperatuurverschillen tussen aardappelen en lucht;
- lucht met een hoge relatieve vochtigheid;
- hoge luchtsnelheden.

Op die manier behalen we een goed koeleffect en de vochtverliezen blijven zo laag mogelijk. Uiteraard vooropgesteld dat we goede aardappelen aan 't bewaren zijn.
We zullen vervolgens eens nagaan hoe de koeling van de aardappelhoop verloopt.

Koeling van een aardappelhoop

Het koelen van hoge hopen aardappelen met behulp van een luchtstroom verloopt niet gelijk door de gehele hoop. De aardappelen die het eerst in contact komen met de koude luchtstroom worden ook het eerst gekoeld. Doordat de luchtstroom warmte uit deze aardappelen opneemt, wordt de luchtstroom opgewarmd. Deze opgewarmde lucht komt vervolgens in contact met de aardappelen van de volgende laag. Omdat de temperatuur

van de lucht inmiddels is gestegen, is ook het temperatuurverschil tussen de luchtstroom en de aardappelen kleiner geworden. Dat betekent dat de warmte-overdracht in die volgende laag langzamer gaat dan in de eerste laag en de lucht wordt dan ook minder opgewarmd. Dit beeld herhaalt zich in elke opvolgende laag, totdat de temperatuur van de lucht in een bepaalde laag gelijk wordt aan de temperatuur van de aardappelen. In de dan nog volgende lagen vindt dus helemaal geen warmte-overdracht meer plaats en de temperatuur van de aardappelen en die van de lucht blijven voorlopig onveranderd.
We hebben dan een situatie zoals afgebeeld in fig. 16.1

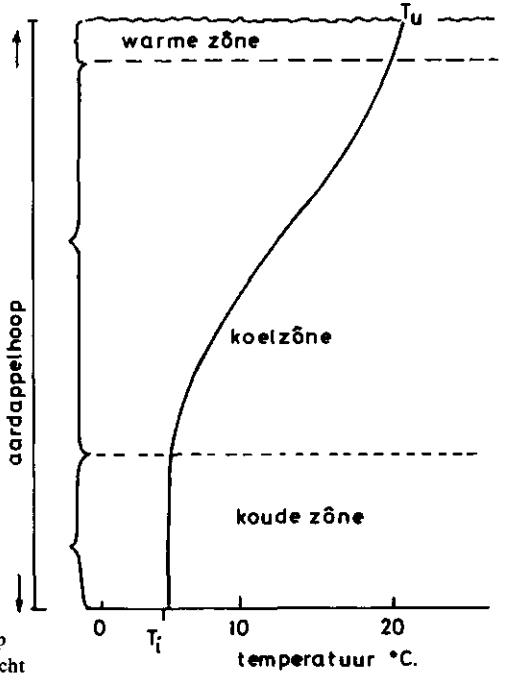


Fig. 16.1 Koeling van een aardappelhoop
T_i = temperatuur inkomende lucht
T_u = temperatuur uitgaande lucht

Op een bepaald moment zijn de aardappelen onderin de hoop, tot aan de stippellijn dus, al gekoeld. Dit gedeelte van de aardappelhoop noemen we de "koude zone". Dan volgt de zgn. "koelzone", waarin de werkelijke warmte-overdracht plaatsvindt.
Boven het "koelfront", de onderbroken lijn, zijn de aardappelen helemaal nog niet gekoeld. Daarom noemen we dat deel van de aardappelhoop de "warme zone". Zowel de diepte van de koelzone als de snelheid waarmee het koelfront bij een bepaald temperatuurverschil tussen aardappelen en lucht omhoog gaat, zijn sterk afhankelijk van de snelheid van de luchtstroom die door de hoop geblazen wordt. De koeling verloopt

sneller naarmate de luchtsnelheid hoger wordt. De aardappelhoop is pas in z'n geheel afgekoeld als de ondergrens van de koelzone de top van de hoop is gepaseerd.
Omdat de onderste lagen aardappelen, die dus het eerst met de koude lucht in aanraking komen, zeer snel de temperatuur van de koellucht aannemen, mag de temperatuur van de ingaande koellucht niet lager zijn dan de minimaal aanvaardbare aardappeltemperatuur. We moeten ernaar streven het temperatuurverschil binnen de aardappelhoop te beperken tot 1 à 1,5 graad.
Tijdens het koelen van de aardappelen moeten we dan ook altijd de temperatuur van de aardappelen in de bovenste laag én de temperatuur van de ingaande ventilatielucht meten. Om de aardappelhoop snel af te laten koelen, moeten we met veel lucht (oftewel een hoge luchtsnelheid) ventileren. De aanbevolen luchthoeveelheid oftewel ventilatiecapaciteit is 100 à 150 m^3 per ton aardappelen per uur. Bij zeven maanden bewaren komen we dan uit op een totaal aan ventilatie-uren van 150 à 200.
Het zal duidelijk zijn dat het zelfde verhaal, maar dan met andere bewoordingen, opgaat voor het opwarmen van aardappelen.

Tijdens de bewaring

Als we de gewenste bewaartemperatuur bereikt hebben is het zaak die ook te handhaven. Hoe we dat doen hebben we al uitvoerig besproken in Hoofdstuk 10 "Meten en regelen van de temperatuur". Enkele dingen moeten we nog even opmerken.
Bij langdurige perioden met erg lage buitentemperaturen kan het te koud worden in onze bewaarplaats. Dat zal vooral gebeuren als de isolatie niet optimaal is. De totale warmteproduktie van de aardappelen kan dan onvoldoende zijn om de gewenste temperatuur te handhaven. In dat geval zullen we de bewaarruimte enigszins moeten verwarmen. We moeten daarbij wel goed in de gaten houden dat de aardappelen geen zuurstofgebrek krijgen. We zullen dus regelmatig voor luchtverversing moeten zorgen. Dit geldt ook als onze bewaarplaats goed geïsoleerd is; hij is dan in feite bijna helemaal dicht.
Als we in onze bewaarplaats niet met menglucht kunnen werken, en we hebben kortstondig geventileerd met lucht die aanmerkelijk kouder is dan de aardappelen, dan moeten we gedurende enige tijd daarna intern blijven ventileren om grote temperatuurverschillen in de aardappelhoop te voorkomen.

We moeten een bewaarplaats waar lange tijd niet met buitenlucht geven-
 tileerd is niet zomaar binnengaan. Het is verstandig om eerst een deur te

openen, in combinatie met een luchtuitlaatopening. Door de natuurlijke trek die dan ontstaat wordt de lucht in korte tijd voldoende ververst.
De luchtvochtigheid in de bewaarplaats moet hoog zijn; 95 % of hoger. We moeten er op letten dat we de vochtigheidsbalans niet onnodig verstoren. Het komt maar al te vaak voor dat deuren, luchtinlaat- en luchtuitlaatopeningen onnodig lang open blijven staan. Er ontstaat dan een natuurlijke luchtstroming, vooral bij een combinatie van een open deur en een open luchtuitlaat, die het met moeite en zorg opgebouwde vochtregime in de bewaarplaats nadelig beïnvloedt. En dat betekent weer extra vochtverliezen van de aardappelen.

Warmte-ontwikkeling en -afvoer in een bewaarplaats

We hebben het tot nu toe gehad over de afvoer van de warmte die door de aardappelen wordt ontwikkeld. Om de temperatuur van de aardappelen met 1 graad te verlagen, moeten we een hoeveelheid warmte gelijk aan 3600 kJ per ton aardappelen afvoeren. Bij hoge temperaturen kan 1 ton aardappelen per dag ongeveer 4200 kJ aan ademhalingswarmte produceren. Zijn de aardappelen éénmaal tot de bewaartemperatuur afgekoeld, dan ontwikkelen ze nog ongeveer 800 á 1000 kJ per ton per dag. Een snelle koeling vraagt dus om een hoge koel- resp. ventilatiecapaciteit.
Behalve de aardappel bevat een bewaarplaats echter nog andere "warmtebronnen". Dat zijn: de warmtestroom door wanden, dak en vloer, welke stroom sterk afhankelijk is van de isolatie van het gebouw; warmte-ontwikkeling door de ventilatoren; warmtetoevoer door luchtverversing; warmte-ontwikkeling door verlichting, machines en mensen; warmtetoevoer door lekkages in de constructie, door open deuren enz. Al deze warmte moet afgevoerd worden om de gewenste bewaartemperatuur te kunnen handhaven. We noemen deze warmte dan ook de koellast van de bewaarruimte.
In een mechanisch gekoelde bewaarruimte is de geïnstalleerde koelcapaciteit om veiligheidsredenen dan ook altijd groter dan de koellast.

LITERATUUR

DUSSELDORP, B.F.G.M. van, 1983. Bewaartechniek voor poot- en consumptie-aardappelen. Adviescirculaire van het Konsulentschap voor de Akkerbouw in de IJsselmeerpolders en Noord-Holland te Lelystad.

LOON, C.D. van, 1985. Snel drogen van aardappelen noodzaak. Fries Landbouwblad 23-8-1985.

MEIJERS, C.P., 1977. Richtlijnen voor de aardappelbewaring. 2e gewijzigde druk. IBVL-Publikatie 220[II].

RASTOVSKI, A., 1981. Cooling of potatoes and water loss. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

RASTOVSKI, A.,1982. Inrichting van aardappelbewaarplaatsen. Koeltechniek (1982) nr. 5 (mei).

RASTOVSKI, A., 1985. Persoonlijke mededelingen.

SIJBRING, P.H., 1981. Drying of potatoes. Storage of potatoes, Pudoc, Wageningen.

Hoofdstuk 17

OPWARMEN

Er kunnen twee redenen zijn om aardappelen op te warmen. De eerste is om de blauwgevoeligheid van consumptie-aardappelen te verminderen. En de tweede is om pootaardappelen "wakker" te maken.

Blauwgevoelige consumptie-aardappelen

In diverse jaren vormt de blauwgevoeligheid van consumptie-aardappelen een groot probleem. De aardappelhandelaren en -exporteurs ondervinden dan grote moeilijkheden bij het afzetten van hun waar. Indien we erg blauwgevoelige knollen tijdens transport en bewerking niet op de juiste wijze behandelen, dan kunnen die knollen in ernstige mate blauw gaan vertonen. Daarom moeten we bij de oogst rekening houden met zaken als de knol- en bodemtemperatuur en de valhoogte, terwijl we tijdens de bewaring de gewichtsverliezen zoveel mogelijk moeten zien te beperken.
Een heel belangrijk hulpmiddel om de blauwgevoeligheid van de knollen te verminderen is de knollen op te warmen voordat ze worden gesorteerd of opgeruimd. Het hangt van de blauwgevoeligheid af tot welke temperatuur we moeten opwarmen. Voor partijen die matig blauwgevoelig zijn moeten we een opwariming tot 15 °C aanhouden, maar sterk blauwgevoelige partijen kunnen we rustig tot 18 à 20 °C opwarmen.

Pootaardappelen

Pootaardappelen, die koud bewaard zijn, moeten we op een moment wakker maken, om de kiemgroei op gang te brengen. Dit kan gebeuren door het geven van een warmtestoot. We brengen het pootgoed dan gedurende een aantal dagen op een temperatuur van 18 à 20 °C. In Hoofdstuk 20 gaan we daar verder op in.

Warmere buitenlucht

De goedkoopste, veiligste en eenvoudigste manier van opwarmen is gebruik te maken van warmere buitenlucht. Vooral in het voorjaar zijn er vaak dagen waarop de buitentemperatuur hoger is dan de bewaartem-

peratuur. Als de buitenluchttemperatuur 4 à 5 graden hoger is dan de temperatuur van de aardappelen, dan kunnen we al een merkbaar effect verwachten. Ook al is die opwarming niet voldoende, we hebben dan toch reeds een begin gemaakt dat ook nog eens weinig geld kost.

WAT GEBEURT ER BIJ OPWARMING

Bij opwarming van aardappelen maken we gebruik van warme lucht die door de ventilator via het luchtverdeelsysteem door de aardappelhoop wordt geblazen. Een hoge aardappelhoop wordt echter nooit gelijkmatig opgewarmd. De aardappelen die het eerst met de warme lucht in aanraking komen, de onderste lagen dus, worden het eerst opgewarmd. Doordat de lucht z'n warmte aan die onderste lagen afgeeft, koelt die lucht af en hij komt dus met een lagere temperatuur bij de bovenliggende laag. Nadat de lucht op die manier een aantal lagen gepasseerd is en min of meer opgewarmd heeft, is hij z'n warmte kwijt. De lucht is dan afgekoeld tot de temperatuur die de aardappelen oorspronkelijk hadden en de hogergelegen lagen worden voorlopig niet opgewarmd.
Er ontstaat dus eigenlijk een opwarmingszone onderin de aardappelhoop, en hogerop verandert de temperatuur van de aardappelen aanvankelijk niet. De opwarmingszone verplaatst zich langzamerhand omhoog, met de luchtstroom mee. De aardappelen onder de opwarmingszone hebben dan inmiddels de temperatuur van de opwarmingslucht gekregen, terwijl de aardappelen boven de opwarmingszone nog altijd de oorspronkelijke temperatuur hebben. Het duurt een hele tijd voordat de temperatuur bovenin de aardappelhoop gaat stijgen. En als de temperatuur daar bovenin eenmaal gaat stijgen, dan hebben de aardappelen die onder de bovenste laag liggen inmiddels de temperatuur van de opwarmingslucht aangenomen.

Tijdsduur

Hoe lang duurt die opwarming nu? Wel, als we uitgaan van een oorspronkelijke aardappeltemperatuur van 5 °C, opwarmingslucht met een constante temperatuur van 20 °C en een ventilatorcapaciteit van 100 m^3 per m^3 aardappelen per uur, dan duurt het ongeveer tien uur voordat de aardappeltemperatuur op 3,5 m hoogte in de hoop begint te stijgen. Theoretisch duurt het ruim 30 uur voordat de bovenste aardappelen op 20 °C zijn gekomen. We kunnen dat zien in tabel 17.1
We moeten voor het opwarmen van aardappelen minimaal twee à drie dagen uittrekken.

Opwarmtijd	*Temperatuur in °C op een laaghoogte van:*				
in uren	0,25 m	1 m	2 m	3 m	3,50 m
4	18,1	8,8	5,0	5,0	5,0
8	19,6	15,2	8,0	5,0	5,0
12	19,9	18,7	12,8	7,6	6,8
16	20,0	19,6	17,5	11,8	9,4
20	20,0	20,0	18,7	16,1	13,6
24	20,0	20,0	19,4	17,8	16,7
28	20,0	20,0	20,0	19,7	19,1

Tabel 17.1 Het theoretische temperatuurverloop in de aardappelhoop bij opwarming. Aardappeltemperatuur: 5 °C; luchttemperatuur: 20 °C; ventilatorcapaciteit: 100 $m^3/m^3.h$.

Temperatuurcontrole

De tabel spreekt over "het theoretische temperatuurverloop". In de praktijk zal de opwarming namelijk aanzienlijk langer duren, omdat er veel warmte verloren gaat door wanden, vloeren en luchtlekken.
We moeten oppassen dat de onderste lagen aardappelen niet door oververhitting beschadigd raken. Daarom moeten we de luchttemperatuur in het aanvoerkanaal constant controleren. De temperatuur van de opwarmingslucht mag niet boven de 20 à 22 °C komen. We kunnen dit bereiken door de waakthermostaat van de verhitter in het aanvoerkanaal te plaatsen en hem op 20 °C af te stellen. Als de luchttemperatuur deze ingestelde waarde bereikt, dan slaat wél de luchtverhitter af maar niét de ventilator. Door interne ventilatie kunnen we de temperatuur in de aardappelhoop dan verder egaliseren.

Ventilator

Tijdens het opwarmingsproces mag de ventilator natuurlijk nooit uitvallen zonder dat tegelijkertijd ook de luchtverhitter afslaat. Die waarborg kunnen we bewerkstelligen door de stroomtoevoer van de luchtverhitter via de thermische beveiliging van de ventilator te laten lopen. Zodra de ventilator door oververhitting uitvalt, wordt tegelijk de luchtverhitter buiten werking gesteld en daarmee voorkomen we het uitbreken van brand.

HOEVEEL WARMTE HEBBEN WE NODIG?

Om 1 ton aardappelen met 1 graad op te warmen, hebben we een hoeveelheid warmte nodig die gelijk is aan 1 kWh (860 kcal of 3600 kJ). Moeten we de temperatuur van 100 ton aardappelen verhogen van 5 °C naar 20 °C, dan hebben we in theorie dus een hoeveelheid warmte nodig van $100 \times 15 = 1500$ kilo Watt per uur. Willen we deze opwarming in drie dagen realiseren, dan moeten we over een warmtebron beschikken die een vermogen heeft van $1500 : 72 = 20{,}83$ kW.
Bij het opwarmen moeten we geen hogere luchttemperatuur toepassen dan de aardappeltemperatuur die we uiteindelijk willen bereiken. We zouden dan trouwens ook het gevaar lopen dat de onderste aardappellaag té warm wordt.
Nu is de capaciteit van de meeste oliegestookte luchtverhitters niet regelbaar. Daarom is het aan te bevelen dat we het vermogen van de verhitter afstemmen op de capaciteit van de geïnstalleerde ventilator. Dat wil zeggen: het vermogen van de verhitter beperken tot 10 kW per elke m^3 lucht die de ventilator per seconde verplaatst, dus tot 10 kW/m^3/s. Om 1 m^3/s lucht met 1 graad op te warmen, hebben we namelijk een vermogen van 1,25 kW nodig. Met het genoemde vermogen van de luchtverhitter kunnen we de temperatuur van de lucht dus verhogen met $10 : 1{,}25 = 8$ graden. Voor een verhitter met een vermogen van 20,83 kW hebben we dan een ventilatorcapaciteit nodig van 2,083 m^3 per seconde resp. 7500 m^3 per uur.

LUCHTVERHITTERS

We kunnen twee soorten luchtverhitters gebruiken bij het opwarmen van lucht in aardappelbewaarplaatsen. Die twee soorten zijn:
a) electrische verhitters en
b) olie- en gasgestookte verhitters.

Electrische luchtverhitters

Electrische verwarmingselementen, zoals ribbenbuiskachels, zijn alleen bruikbaar in kleine, goed afgesloten cellen. Voor grote bewaarruimten is de capaciteit van electrische verwarmingselementen meestal te laag en/of de aansluitwaarde onvoldoende. Daar komt bij dat electrisch lucht verhitten de duurste vorm van opwarming is, vanwege de hoge kosten voor electrische energie. Anderzijds heeft electrische verwarmingsap-

paratuur ook wel voordelige kanten. Zo is de veiligheid van dergelijke apparatuur vrij groot. Ook gebruiken electrische luchtverhitters geen zuurstof, waardoor er dus geen gevaar voor zwarte harten bestaat.

Olie- en gasgestookte luchtverhitters

Deze luchtverhitters worden algemeen gebruikt voor de opwarming van aardappelen. Daar de capaciteit van olie- en gasgestookte verhitters dikwijls niet regelbaar is, moeten we de benodigde warmteproductie afstemmen op de capaciteit van de ventilator van de bewaarplaats.
Er zijn luchtverhitters mét rookgasafvoer (indirecte verhitters) en zónder rookgasafvoer (directe verhitters). Bij verhitters mét rookgasafvoer worden de verbrandingsgassen via een rookkanaal afgevoerd. Hierdoor daalt het rendement van de verhitter echter met ongeveer 20 %.

■ *Indirecte luchtverhitter*

Als we de verhitter buiten de bewaarplaats, vóór de luchtinlaatopening opstellen, dan voorkomen we dat er zuurstof aan de bewaarruimte wordt onttrokken. Het is echter duidelijk dat de verhitter in dat geval al de aangezogen lucht moet opwarmen en dat kost veel energie. Daarom kunnen we de verhitter ook in de bewaarruimte zelf opstellen en dan proberen zuurstofgebrek te voorkomen door een deur of een luik gedeeltelijk open te zetten.
We moeten er van uitgaan dat we per liter verstookte olie 15 m^3 verse lucht aan de bewaarruimte moeten toevoeren.

■ *Directe luchtverhitter*

Er zijn ook directe luchtverhitters, die ook in de bewaarruimte geplaatst worden.
Directe verhitters zijn minder kostbaar, maar ze hebben geen aparte rookafvoer. Als zo'n verhitter in een bewaarplaats opgesteld staat, zal hij zuurstof aan de bewaarruimte onttrekken en ook koolzuur (CO_2) aan de bewaarruimte toevoegen. Zouden we daar geen toereikende luchtverversing tegenover zetten, dan is de kans groot dat het apparaat door zuurstofgebrek uitvalt en dat de aardappelen door zuurstofgebrek zwarte harten krijgen. Als we een directe verhitter gebruiken dan moeten we per liter verstookte olie ongeveer 70 m^3 verse lucht aan de bewaarruimte toevoeren.
Het is duidelijk dat we bij toepassing van deze apparaten erg op onze hoede moeten zijn ten aanzien van de bewaaratmosfeer.

Er zijn thans ook directe, oliegestookte luchtverhitters die de voor de verbranding benodigde lucht via een aparte buis van buiten de bewaarruimte aanzuigen. We zien zo'n apparaat in fig. 17.1. Op die manier kan er in de ruimte zelf nooit zuurstofgebrek optreden. Bovendien treden er geen energieverliezen op omdat de deuren en de luiken dicht kunnen blijven.
Bij deze verhitters slaat er ook geen vuil op de brander neer, waardoor hij dus beter blijft functioneren. Wel komen de verbrandingsgassen nog in de bewaarruimte vrij.

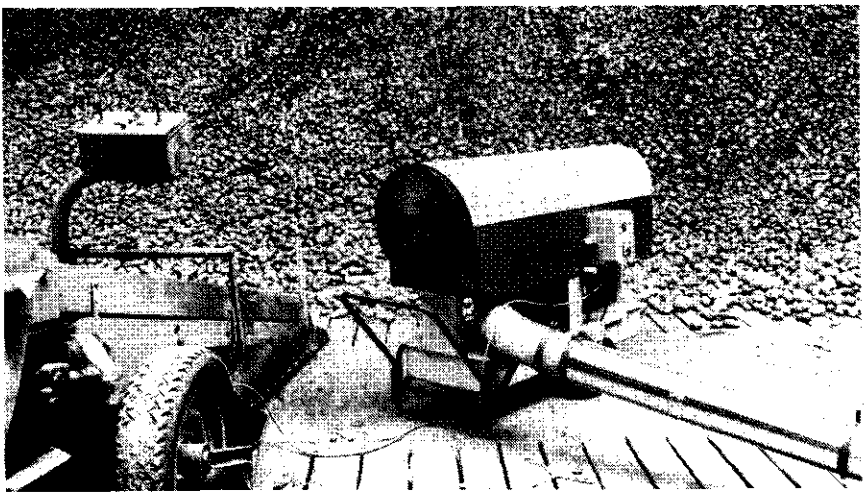


Fig. 17.1 Directe luchtverhitter met aparte toevoer van verbrandingslucht

ENKELE PRACTISCHE WENKEN

Bij het opwarmen van aardappelen is het zaak om energieverliezen zoveel mogelijk te beperken.
Plaatsen we de luchtverhitter buiten de bewaarruimte voor de luchtinlaatopening, dan moeten we de ruimte tussen de luchtinlaatopening en de luchtgeleidingskoker van de verhitter luchtdicht afsluiten.
Plaatsen we de verhitter in de bewaarplaats, dan kunnen we door alleen intern te ventileren de energieverliezen beter in de hand houden. We moeten er dan wel voor zorgen dat de warme lucht die uit de verhitter komt rechtstreeks in de luchtstroom naar de ventilator terechtkomt. Dat bereiken we indien we ook dán een luchtgeleidingskoker gebruiken.
Over de opstelling en het gebruik van een luchtverhitter moeten we vooraf contact opnemen met onze verzekeringsmaatschappij.
Een probleem kan zich voordoen indien we slechts een gedeelte van de

opgeslagen aardappelen willen opwarmen. In grote bewaarplaatsen kan dat natuurlijk voorkomen. Nu is het in het algemeen geen probleem als we onze aardappelen zo'n drie weken op een temperatuur van 12 à 15 °C houden, mits we uiteraard op tijd de juiste dosis kiemremmingsmiddelen toegediend hebben. Maar als het leeghalen langer gaat duren, dan moeten we de aardappelen gedeeltelijk opwarmen, door een scheiding boven de aardappelen aan het plafond aan te brengen, b.v. met plastic kleden. Het gedeelte van de aardappelen dat we niet behoeven op te warmen zullen we wel extra moeten koelen, omdat we ondanks de scheiding toch een temperatuurbeïnvloeding kunnen verwachten.
Gedeeltelijk opwarmen van de aardappelhoop kan natuurlijk alleen maar indien onze bewaarplaats gescheiden luchtverdeelsystemen heeft.

LITERATUUR

MEIJERS, C.P., 1981. Heating of ware potatoes. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen

RASTOVSKI, A. & G.A. TOREN, 1983. Het opwarmen van aardappelen. De Pootaardappelwereld nr. 7 (februari '83).

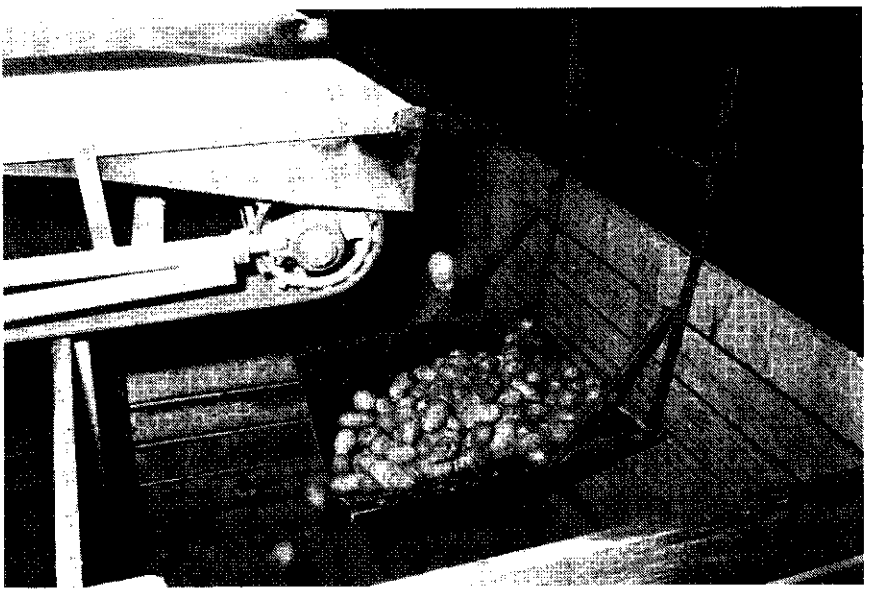
Hoofdstuk 18

LEEGHALEN VAN DE BEWAARPLAATS

Ten tijde van het leeghalen van de bewaarplaats is de kans op beschadiging van de aardappelen veel groter dan bij het vullen. En dan doelen we voornamelijk op blauwbeschadiging.
We dienen dan ook zoveel mogelijk voorzieningen te treffen en maatregelen te nemen om het beschadigingsgevaar te verminderen.
Allereerst en wellicht ten overvloede wijze we nog eens op het opwarmen van de aardappelen voordat we met het leeghalen beginnen. In Hoofdstuk 17 vinden we nadere bijzonderheden over het opwarmen.

Bij het leeghalen moeten we ook grote valhoogten vermijden. Dit speelt vooral bij het vullen van kisten en voorraadbunkers en bij het laden van vrachtwagens. Er zijn vele middelen en methoden om de valhoogte te beperken. Zie in dit verband de figuren 18.1 t/m 18.6.

Fig. 18.1 Eenvoudig hulpmiddel om de valhoogte te beperken bij het vullen van kisten



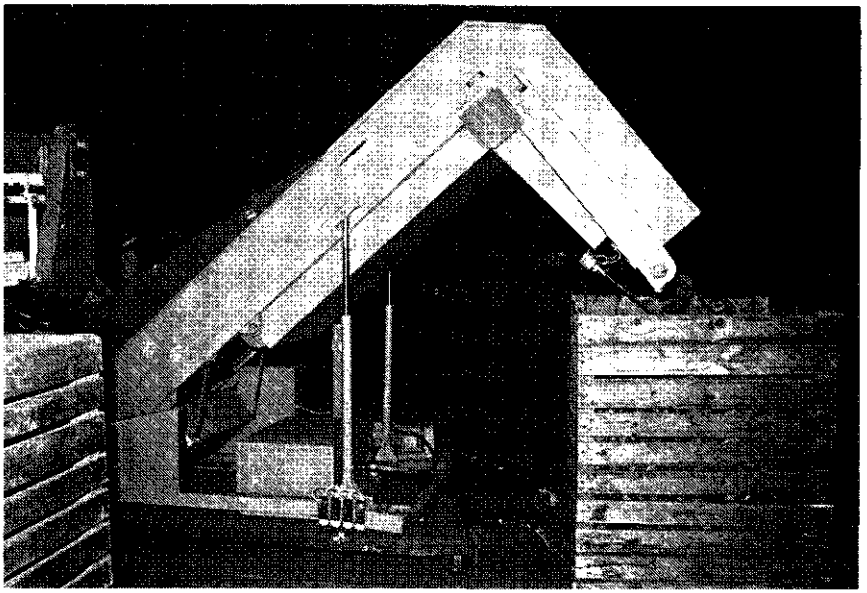


Fig. 18.2 Automatische kistenvuller

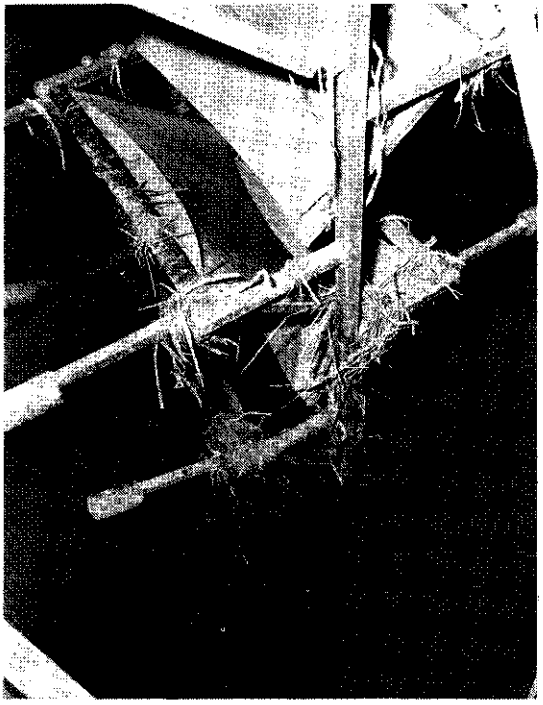


Fig. 18.3 Vast-opgestelde valbrekers voorzien van contragewichten

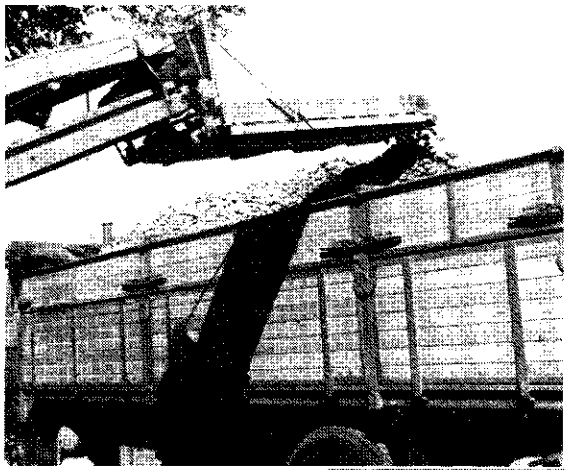


Fig. 18.4 Verticaal beweegbare, uitschuifbare transportband

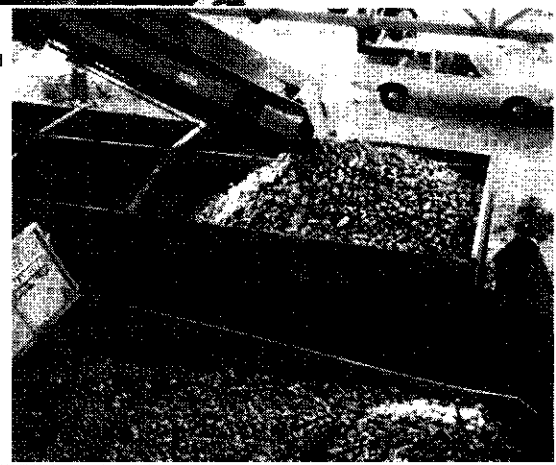


Fig. 18.5 Neergaande transportband voor het laden van vrachtwagens op een centraal bedrijf

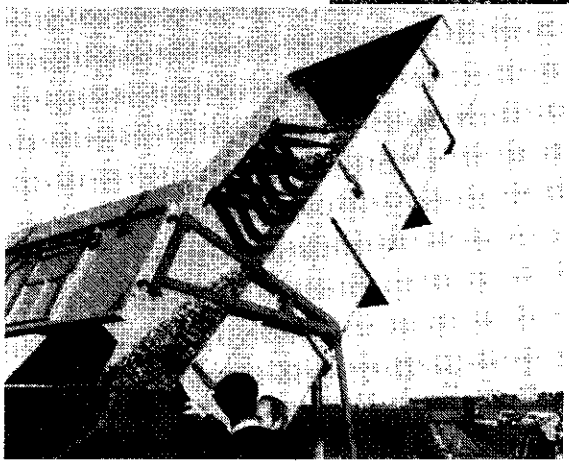


Fig. 18.6a Hulpmiddel om de val te breken: rubberstrips

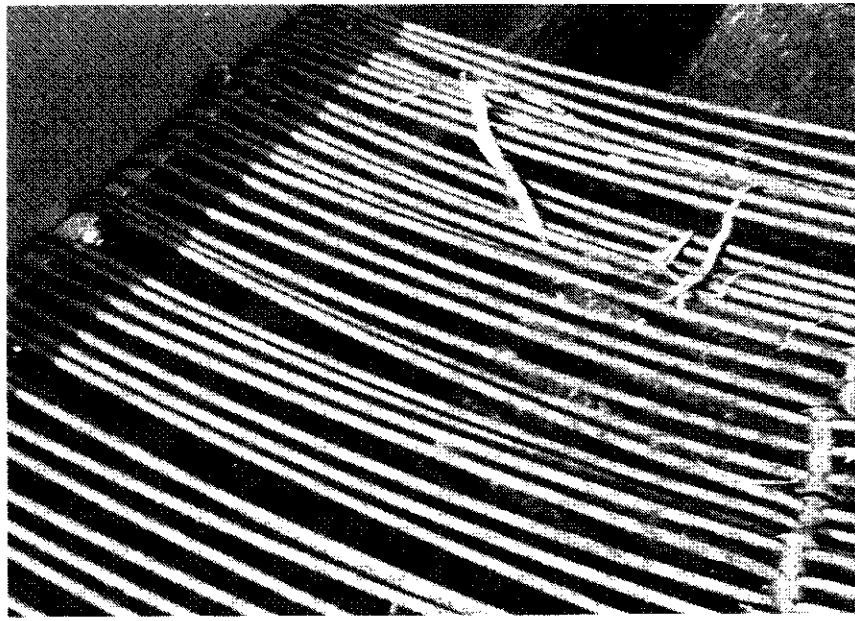
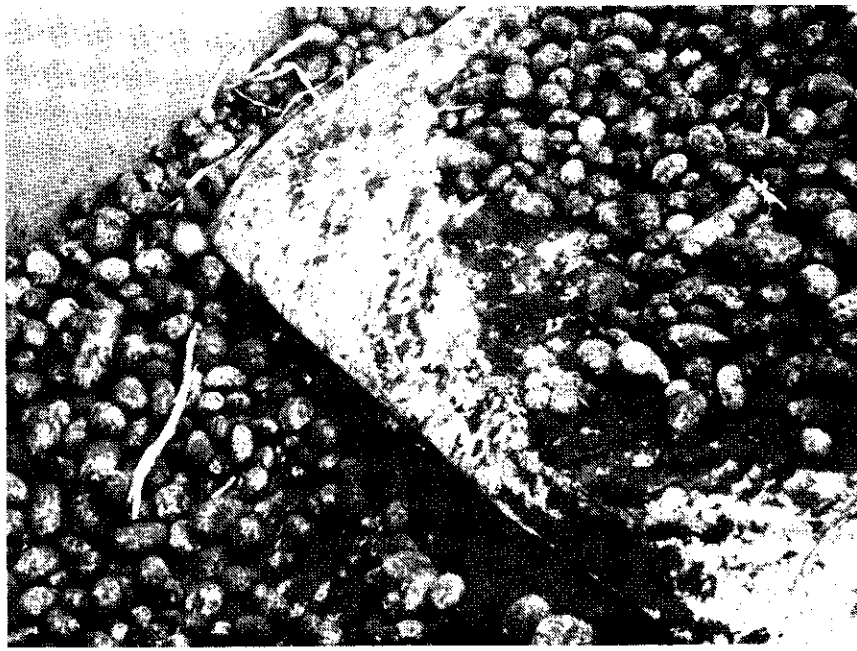


Fig. 18.6b Hulpmiddelen om de val te breken: koord van rubber en ander zacht materiaal



TRANSPORTBAND IN LUCHTKANAAL

Een leeghaalmethode die in het verleden veel werd toegepast en in bepaalde gevallen nog wel gebruikt wordt, is het inbrengen van een transportband in een ondergronds (hoofd-)luchtkanaal (zie fig. 18.7). Als

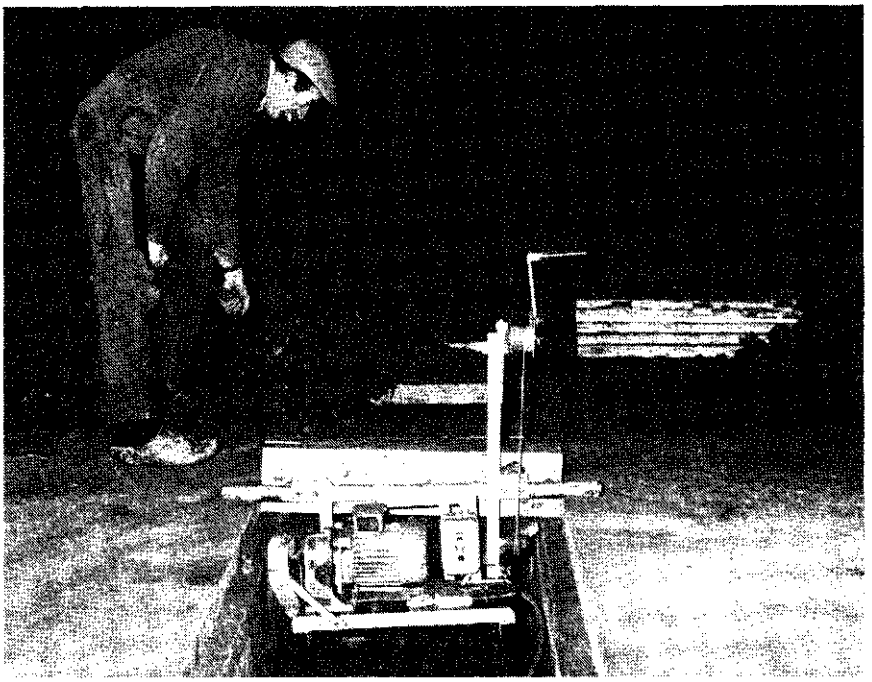


Fig. 18.7 Transportband in ondergronds luchtkanaal

de cel niet al te breed is of als de afstand tussen de ondergrondse kanalen niet al te groot is, stroomt het grootste deel van de aardappelen vanzelf wel naar de band. De rest van de aardappelen moeten we dan op de band scheppen of schuiven.
Hoewel deze methode eigenlijk wel redelijk doelmatig is, wordt hij steeds minder gebruikt. En dat zit hem vooral in het vele "randwerk" dat er bij komt kijken, zoals het inbrengen van de transportband, het weghalen van de balkjes, het schepwerk enz. Bovendien is de capaciteit meestal te laag om redelijk snel vrachtwagens te kunnen laden.

OPSCHEPMACHINES

Een zeer verbreide methode is het leeghalen van bewaarplaatsen met

speciale opschepmachines, zoals afgebeeld in fig. 18.8. Deze machines worden al vele jaren toegepast en ze zijn steeds beter aan allerlei eisen aangepast. (De opschepmachines kunnen ook voor andere produkten gebruikt worden, zoals b.v. uien, knolselderij, granen, groenvoederbrokjes enz.). Het meest gebruikte type is de zelfrijdende machine. De

Fig. 18.8 Opschepmachine

opschepmachine bestaat uit twee gedeelten, nl. een opschepgedeelte en een afvoer- of transportgedeelte. Het opschepgedeelte is op een onderstel gemonteerd dat voorzien is van twee aangedreven wielen. Het opscheppen gebeurt met een brede stalen opschepbek, die over de grond en onder de aardappelen wordt geschoven. Na de opschepbek volgt een gladde en vlakke opvoerband met een geringe opvoerhelling. Dan komt het afvoergedeelte, een uitschuifbare transportband. Aan de ene kant is de transportband draaibaar verbonden met het opschepgedeelte; aan de andere kant is de band in de regel vastgezet op staanders op een draaiplateau. De hoogte van de transportband, van het lospunt dus, is verstelbaar door de band hoger of lager op de staanders vast te zetten. Het raam van de staanders kan met behulp van wieltjes op het plateau draaien (ca. 180°). Deze constructie maakt het mogelijk om over een vrij grote oppervlakte op te scheppen zonder dat we het lospunt, het draaiplateau, moeten verplaatsen. De opvoerhoogte van het opschepapparaat is van-

wege de vlakke gladde banden betrekkelijk klein, ca. 1 meter.
De wielen en de transportbanden worden aangedreven met electromotoren. In plaats van gewone luchtbanden worden er, in verband met de kans op slippen, ook wel spijkerbanden gebruikt. Willen we een opschepmachine doelmatig kunnen gebruiken, dan moeten we over een vlakke vloer beschikken zonder obstakels in de vorm van voetsteunen van wanden, roosters, drempels e.d. Zulke obstakels kunnen de gemiddelde capaciteit van de opschepmachine aanzienlijk verlagen. De machines worden met verschillende (nominale) capaciteiten geleverd en wel van ca. 15 ton tot ca. 60 ton per uur. Speciale uitvoeringen kunnen nog een aanzienlijk hogere capaciteit bereiken.
Er bestaat ook een veel eenvoudiger uitgevoerde opschepmachine dan het type waar we het zojuist over hadden. Dat eenvoudige apparaat heeft eigenlijk alleen een opschepgedeelte. De wielen worden hier niet aangedreven. De band achter de opschepbek is uitschuifbaar. Bij dit opschepapparaat wordt de afvoerkant vastgezet, terwijl de band wordt uitgeschoven in de aardappelhoop. De mogelijkheden zijn beperkter en de capaciteit is niet hoog. Maar de prijs is dan ook aanzienlijk lager dan die van de eerdergenoemde typen.

LAADSCHOP OF LAADVORK

Een andere mogelijkheid om bewaarcellen leeg te halen is het gebruik van een laadschop of laadvork op een trekker of een heftruck. Met het oog op beschadiging van de aardappelen moeten we dan wel enkele voorzieningen treffen. Zo moet de vork of bak breder zijn dan de trekker of heftruck, om de aardappelen niet plat te rijden. Verder is het gewenst dat we de punten van de tanden van een laadvork aan elkaar verbinden met een staaf, om te voorkomen dat we de aardappelen aanprikken of dat ze klem komen te zitten tussen de tanden.

ZELFLEEGLOPENDE CEL

Ten slotte moeten we de zelfleeglopende cellen nog vermelden. De bodem van deze cellen heeft een zodanige helling naar een afvoeropening, dat de aardappelen bij het openen naar deze afvoer stromen. Bij bewaarcellen komt dit systeem vrijwel niet voor. Maar bij voorraadbunkers, op bewerkingsbedrijven, worden vrijwel uitsluitend zelfleeg-

lopende bunkers gebruikt. Fig. 18.9 toont ons zo'n bunker.

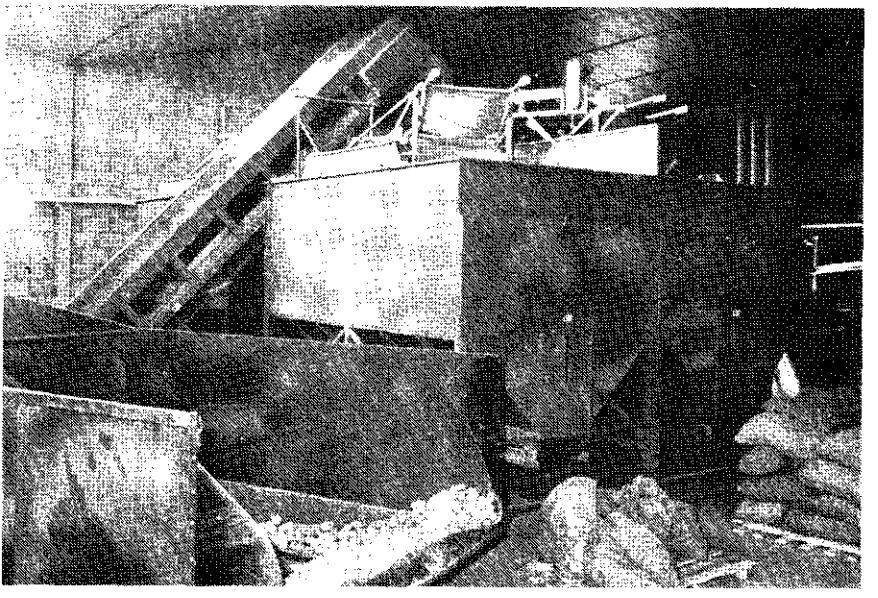


Fig. 18.9 Zelfleeglopende bunker op een sorteerbedrijf

LADEN VAN AARDAPPELEN

Voor het laden van aardappelen hebben we uiteraard meer apparatuur nodig, zoals een opvoertransporteur, een boxenvuller e.d. Die apparatuur hebben we in Hoofdstuk 13 al besproken.

LITERATUUR

HAAN, P.H. DE, 1981. Unloading of potato stores. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

HAAN, P.H. DE, 1985. Persoonlijke mededelingen.

Hoofdstuk 19

SORTEREN, LEZEN EN VERPAKKEN

SORTEREN

Pootaardappelen, consumptie-aardappelen en aardappelen voor de verwerkende industrie (pommes frites, chips e.d.) worden vóór aflevering op maat gesorteerd. Pootaardappelen worden in de regel in een groter aantal maten gesorteerd dan aardappelen met een andere bestemming. Het doel van het sorteren is om binnen één bepaalde maatsortering een grotere uniformiteit te verkrijgen dan in de gehele partij, en tevens om de aardappelen beter geschikt te doen zijn voor het doel waarvoor ze bestemd zijn.

Het sorteren gebeurt volgens de zgn. vierkantsmaatsortering. De aardappelen gaan bij dit systeem over zeven met vierkante mazen. We zien zo'n zeef in fig. 19.1.

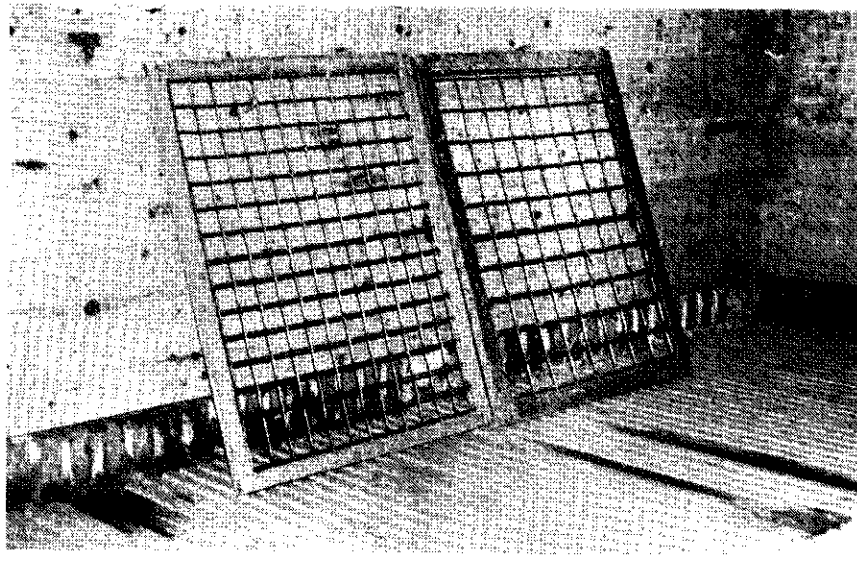


Fig. 19.1 Zeef voor vierkantsmaatsortering

Als we spreken over de maat 35/45 mm, dan wil dat zeggen dat de grootste knollen in deze maat nog juist door een vierkante maas met een zijde van 45 mm gaan, en dat de kleinste knollen in deze maat net niet

meer door een vierkant met een zijde van 35 mm gaan.
Op enkele aspecten van het sorteren zullen we nader ingaan. Die aspecten zijn: de uniformiteit in een bepaalde maat; de sorteernauwkeurigheid; de beschadiging en de capaciteit.
Tenslotte zullen we een aantal sorteersystemen bespreken.

UNIFORMITEIT BIJ VIERKANTSMAATSORTERING

We kunnen aardappelen volgens bepaalde kenmerken sorteren, bijv. op gewicht, op lengte, op soortelijk gewicht, enz. Indien we voor een bepaalde wijze van sorteren kiezen, kunnen we de vraag stellen hoe het staat met de uniformiteit van andere kenmerken, zoals bijv. gewicht en lengte.
De uniformiteit t.a.v. lengte en gewicht bij een bepaalde vierkantsmaatsortering hangt vooral af van de vorm van de knollen (rond, ovaal, langwerpig) en van de uniformiteit van de vorm van de knollen binnen een partij. De uniformiteit in een bepaalde vierkantsmaatsortering is bij ronde knollen veel groter dan bij langwerpige knollen. Bovendien zijn de gemiddelde lengte en het gemiddelde gewicht bij eenzelfde vierkantsmaatsortering verschillend, afhankelijk van de knolvorm. We zien dat geïllustreerd in tabel 19.1.

Tabel 19.1 Percentageverdeling van het aantal knollen in de maat 45/55 mm in gewichts- en lengteklassen voor vier rassen.

Gewichtsklasse (g)	*Ras*				*Lengteklasse mm*	*Ras*			
	Furore	*Eigenheimer*	*Bintje*	*Sientje*		*Furore*	*Eigenheimer*	*Bintje*	*Sientje*
40 < 80	27	4	10	1	40 < 60	30	3	10	-
80 < 120	63	48	32	32	60 < 80	67	47	38	13
120 < 160	10	35	32	40	80 < 100	3	43	28	43
160 < 200	-	11	19	22	100 < 120	-	7	18	32
200 < 240	-	1	6	5	120 < 140	-	-	5	11
240 < 280	-	1	1	-	140 < 160	-	-	1	1
Totaal	100	100	100	100	Totaal	100	100	100	100

Eén en ander heeft ook tot gevolg dat er per gewichtseenheid, bij eenzelfde maatsortering, een verschillend aantal knollen kan voorkomen bij verschilende knolvormen. Dat is vooral van belang bij pootaardappelen.

In tabel 19.2 zien we voor vier rassen, met verschillende knolvormen, wat het gewicht is van 40.000 knollen in de maat 35/45 mm.

Tabel 19.2

Ras	*Gewicht (40.000 knollen; 35/45 mm)*
Furore	1940 kg
Eigenheimer	2330 kg
Bintje	2610 kg
Sientje	2820 kg

SORTEERNAUWKEURIGHEID

Het sorteren op vierkantsmaat gebeurt tot nu toe overwegend op sorteerders die voorzien zijn van zeven. De zeven maken een schud- of schokbeweging om de aardappelen over de zeven te transporteren en ze tijdens het transport door de zeven te laten vallen.
Bij het beoordelen van de sorteernauwkeurigheid van sorteerders moeten we met twee punten rekening houden. In de eerste plaats moet de capaciteit voldoende zijn en in de tweede plaats moet er zo min mogelijk beschadiging optreden.
De sorteernauwkeurigheid hangt vooral van de knolvorm af. Bij een ras met ronde knollen is de sorteernauwkeurigheid zeer hoog en veel beter dan van rassen met meer ovale of langwerpige knollen. Schudzeef- en schokzeefsorteerders ontlopen elkaar in de regel niet veel waar het de sorteernauwkeurigheid betreft.
Verkeerde afstelling en slecht onderhoud werken nadelig op de sorteernauwkeurigheid. Een goede afstelling en een goed onderhoud zijn trouwens zo vanzelfsprekend, dat we daar verder niet op ingaan.

BESCHADIGING

Bij zeefsorteerders worden de aardappelen gedurende een korte tijd geschud. En schudden betekent kans op beschadiging. Indien er uitwendige beschadiging optreedt, dan beperkt deze zich in de regel tot lichte, soms nauwelijks waarneembare barstjes en bij niet-huidvaste knollen tot ontvellingen, vooral vlak na de oogst. Soms kan er ook een toename van blauw optreden, vooral bij blauwgevoelige knollen. Omdat sorteren gewoonweg noodzakelijk is en dit nu eenmaal gepaard gaat met een schud- of schokbeweging, valt er in dit opzicht weinig te veranderen.

Maatregelen ter voorkoming van beschadiging moeten we dan ook vooral zoeken in het beperken van de valhoogten bij het toe- en afvoeren van de knollen bij de sorteerder. Verder kunnen we de staven van het voorreinigingsgedeelte met rubber of kunststof bekleden, en eventueel ook de draden van de zeven. Verder is het van belang dat bij sorteerders, die de zeven boven elkaar hebben, de uitloop over de gehele breedte van de zeef plaatsvindt, dus zonder geleidekleppen waar de knollen tegenaan stoten.

CAPACITEIT

Bij een gegeven noodzakelijke snelheid van de aardappelen over de zeven, wordt de capaciteit van een sorteerder vooral bepaald door de breedte van de zeven.
Uiteraard moeten de zeven lang genoeg zijn, maar vanaf een bepaalde lengte, veelal ca. 2 m, heeft verlenging van de zeven geen effect meer op de capaciteit. Daar komt bij dat de knollen in geval van langere zeven ook langer op de zeven verblijven en dat betekent meer kans op beschadiging.
Om hoge capaciteiten te bereiken, moeten we dan ook uitgaan van brede zeven. Ook kunnen we twee sorteerders naast elkaar plaatsen en dan als een eenheid laten werken.
Een punt dat van belang is voor de capaciteit, is de zeefbezetting, dat wil zeggen de bezetting van de oppervlakte. Omdat de capaciteit uitgedrukt wordt in gewichtseenheden per uur, b.v. ton per uur, betekent dit dat de capaciteit bij kleine knollen lager is dan bij dikke knollen. We kunnen ook zeggen dat bij grote knollen de laagdikte bij eenzelfde zeefbezetting groter is dan bij kleine knollen. Bij een honderdprocentige bedekking van een zeef met denkbeeldige zuiver ronde knollen verhouden de hoeveelheden (gewichten) van de knollen zich als de diameters, m.a.w. knollen met een diameter van 25 mm hebben bij een zelfde zeefbezetting de helft van het gewicht van knollen met 50 mm diameter.
Ook het aantal maatsorteringen speelt een rol bij de capaciteit. Bij sorteerders die de zeven boven elkaar hebben, worden de aardappelen bij veel maatsorteringen over meer zeven gespreid, waardoor de bezetting per zeef lager wordt. We kunnen dit spreiden-over-zeven ook toepassen indien een naar verhouding groot percentage van de partij in één maatsortering valt. We kunnen deze maatsortering in twee maten splitsen, dus over twee zeven verdelen, om ze bij de afvoer weer bij elkaar te voegen. Op deze wijze bereiken we een wat grotere capaciteit.
Uit het bovenstaande blijkt wel dat we het begrip "capaciteit" van een sorteerder moeilijk kunnen definiëren. We moeten een capaciteitsop-

gave dan ook meer als een richtlijn zien dan als een nauwkeurig gegeven. Omdat zoveel factoren een rol spelen bij de capaciteit en omdat de sorteerder geen remmende factor mag zijn in een bewerkingslijn, kunnen we het beste een sorteerder kiezen met een behoorlijke "overcapaciteit".
Dan gaan we nu eens kijken naar de verschillende sorteersystemen die er zijn.

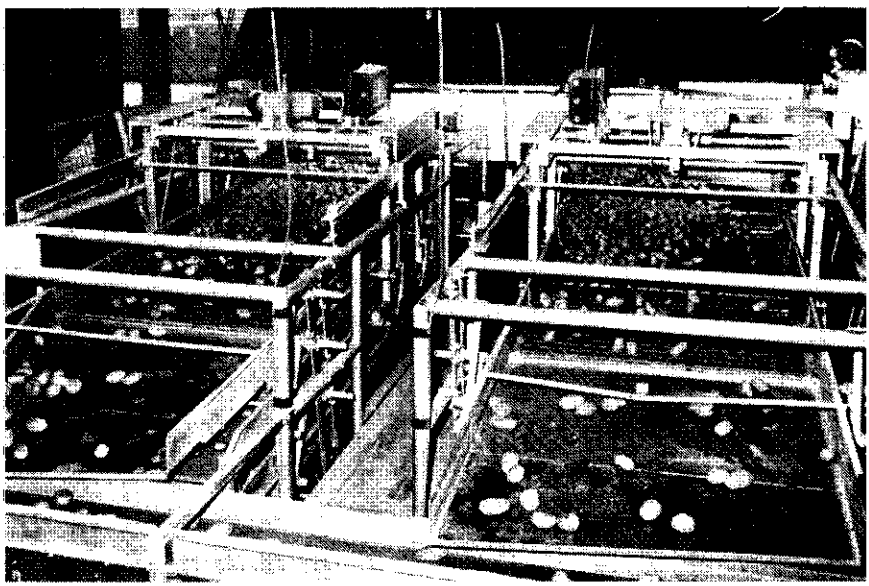
SORTEERSYSTEMEN

We kennen twee sorteersystemen; dat zijn zeefsorteerders en rollensorteerders. Het sorteren van aardappelen gebeurt tot nu toe overwegend op zeefsorteerders.

Zeefsorteerders

Op grond van de beweging die de zeven maken kunnen we drie typen zeefsorteerders onderscheiden, nl. schudzeefsorteerders, schokzeefsorteerders en rolzeefsorteerders.

Fig. 19.2 Schudzeefsorteerders



■ *Schudzeefsorteerders*

De zeven van schudzeefsorteerders zijn meestal boven elkaar geplaatst. Ze maken een gecombineerde horizontale en verticale beweging. Verder hebben ze een lichte helling naar de afvoerzijde. Meestal kunnen we de uitslag van de beweging van de zeven niet verstellen.
De aandrijving van de zeven is afkomstig van een krukas. Soms kunnen we het toerental van de krukas binnen beperkte grenzen regelen. Ook is er een constructie waarbij, met behulp van excentrische schijven op de krukas, hat aantal bewegingen van de zeven varieert bij een constant toerental van de krukas. Deze variërende beweging dient om het sorteren, het zeven, te bevorderen en tevens om te voorkomen dat de knollen in de mazen vast gaan zitten. Dikwijls zitten er heen-en-weer bewegende uitstoters onder de zeven. Die uitstoters dienen om de knollen die in de mazen zijn vastgeraakt weer los te krijgen.
In de figuren 19.2 en 19.3 zijn enkele schudzeefsorteerders afgebeeld.

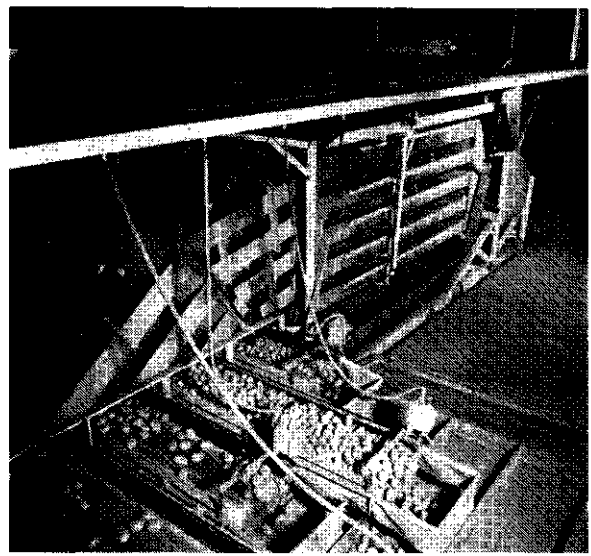


Fig. 19.3 Schudzeefsorteerder met boven elkaar geplaatste zeven

■ *Schokzeefsorteerders*

Bij de schokzeefsorteerders zijn de zeven meestal achter elkaar geplaatst. De zeven worden in hun geheel naar beneden getrokken. Bij het naar-beneden-trekken worden er veren gespannen die aan het raam van de zeven zijn bevestigd. Op het laagste punt worden de zeven losgelaten. Daardoor "klappen" de zeven weer omhoog in de beginstand, waardoor een "schokeffect" ontstaat.

De beweging van de zeven is schuin-omhoog gericht. Hoewel de zeven vlak liggen, zorgt de schuin-omhooggaande beweging ervoor dat de aardappelen getransporteerd worden. In de regel kunnen we zowel de intensiteit van de schok als de bewegingsrichting van de zeven verstellen.
In fig. 19.4 zien we een schokzeefsorteerder.

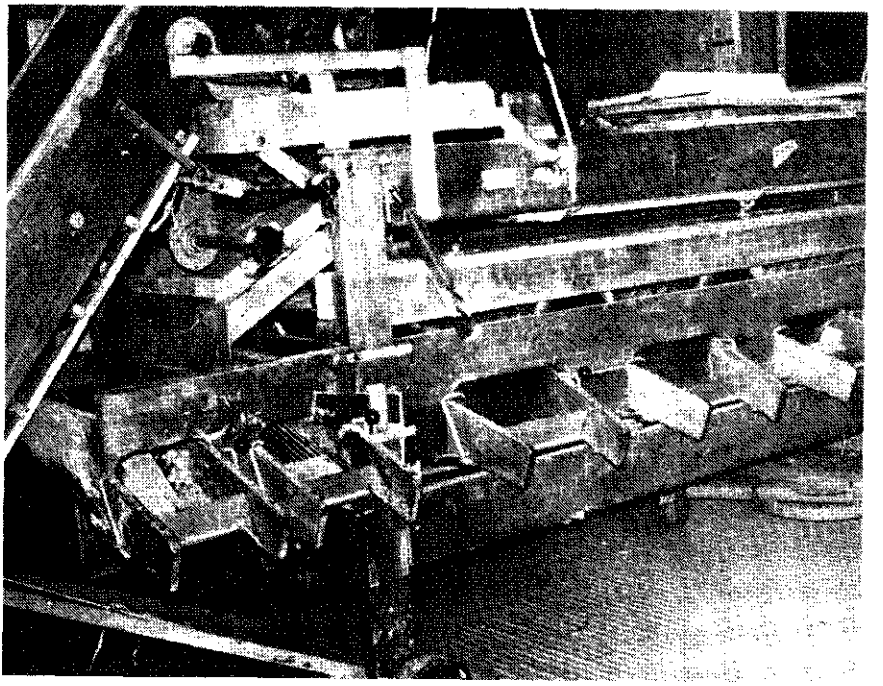


Fig. 19.4 Schokzeefsorteerder met de zeven achter elkaar

■ *Rolzeefsorteerders*

Bij dit type sorteerder, dat overigens weinig toegepast wordt, bestaat de zeef uit een eindloze, rondgaande gaasband.
De mazen van de gaasband zijn vierkant. De gaasband loopt over drie rollen, waarvan één rol dienst doet als aandrijfrol. Twee rollen liggen in hetzelfde, horizontale vlak. Tussen deze rollen vindt het sorteren plaats. De derde rol bevindt zich onder de twee andere rollen en op evengrote afstand van deze beide. Als we er van opzij tegen aan kijken, zien we dus een driehoek met de top naar beneden.
De aardappelen vallen door de rolzeef en komen dan op een dwarsband terecht die in de "driehoek" is aangebracht. Eventueel kan deze band de knollen op een volgende rolzeefsorteerder brengen voor verdere sor-

tering. Om het doorvallen van de knollen te bevorderen, kunnen we de rolzeef in een regelbare schudbeweging brengen.
Er is ook een uitvoering van dit systeem waarbij twee sorteerders zijn samengebouwd tot een eenheid. De tweede gaasband bevindt zich dan onder de eerste. De beide gaasbanden staan wat richting betreft haaks op elkaar.
Fig. 19.5 toont een rolzeefsorteerder.

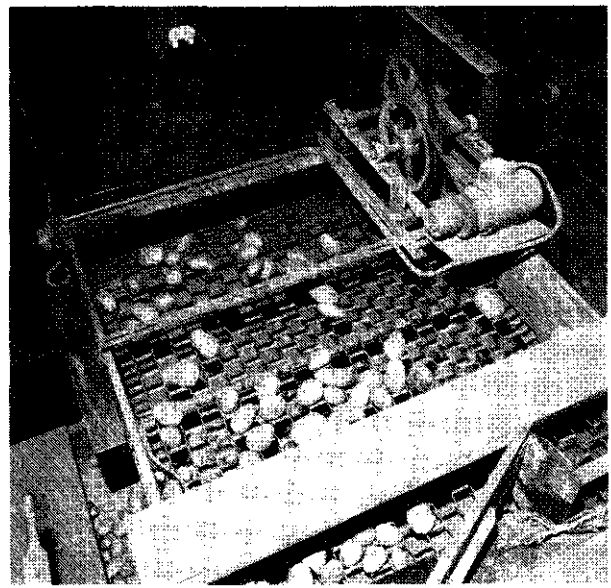


Fig. 19.5 Rolzeefsorteerder

Rollensorteerders

Behalve zeefsorteerders kunnen we voor het sorteren van aardappelen ook rollensorteerders gebruiken. Hoewel rollensorteerders reeds lang in verschillende uitvoeringen verkrijgbaar waren, hebben ze weinig of geen ingang gevonden. In fig. 19.6 is een rollensorteerder van nederlands fabrikaat afgebeeld.

LEZEN

Lezen van aardappelen is het scheiden van aardappelen op kwaliteit. We kunnen dit scheiden bewerkstelligen door handlezen resp. half-automatisch lezen en electronisch lezen.

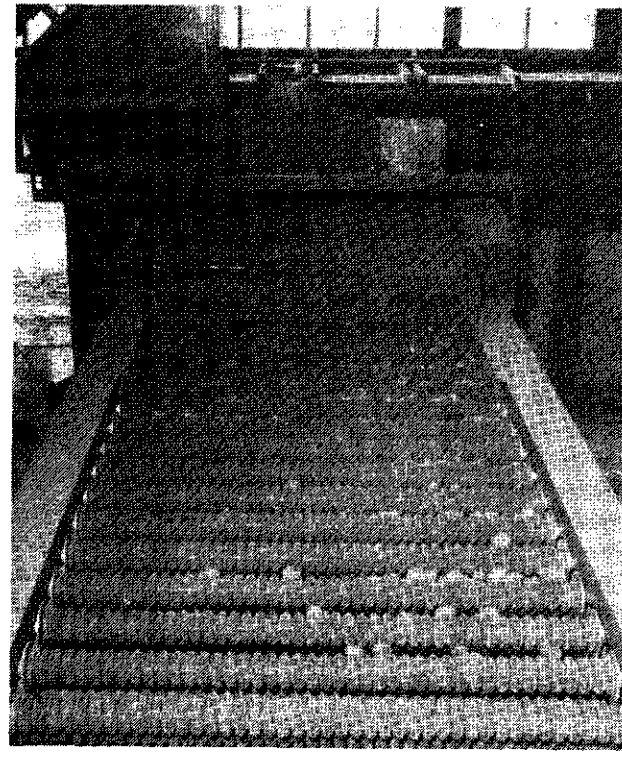


Fig. 19.6 Rollensorteerder

HET HANDLEZEN

Hoewel er apparatuur bestaat om afwijkende knollen of verontreinigingen, zoals grond, loof e.d. automatisch te verwijderen, zullen we het scheiden van aardappelen op kwaliteit over het algemeen met de hand moeten doen. In vergelijking met de overige bewerkingen die de aardappelen ondergaan, zoals sorteren, transport en opslag, is het lezen erg arbeidsintensief.
Bij het lezen van pootaardappelen en het lezen van consumptie-aardappelen gelden in principe dezelfde "kwaliteitsnormen". De eisen t.a.v. het scheiden van aardappelen met ziekten zijn bij pootaardappelen strenger, terwijl daar iets minder strenge eisen gelden voor knollen met blauwbeschadiging.

Het lezen van consumptie-aardappelen

Bij het lezen van consumptie-aardappelen moeten we de volgende af-

wijkingen verwijderen:

1. grond, stenen, loof en dergelijke verontreinigingen
2. beschadigde aardappelen (inclusief ernstige drukplekken)
3. groene aardappelen (Rhizoctonia, Pokschurft)
4. aardappelen met aardappelziekten (in beperkte mate)
5. aardappelen met holle harten
6. aardappelen met een te laag soortelijk gewicht (doorwas, glazige aardappelen).

De onder punt 5 en 6 genoemde afwijkingen kunnen we niet aan de buitenkant opmerken. Tot op zekere hoogte is het mogelijk bij gewassen aardappelen hiervan iets te constateren, indien we in het donker met doorvallend licht zouden kunnen lezen. Indien nodig, kunnen we deze afwijkingen verwijderen m.b.v. een scheiding in zoutwaterbaden.

■ *Scheiding in een zoutwaterbad*

Scheiding in een zoutwaterbad berust op het feit dat glazige aardappelen en aardappelen met holle harten een lager soortelijk gewicht hebben dan gezonde aardappelen. We hebben het onderwerp zoutwaterbad-scheiding in hoofdstuk 3 al besproken, onder de paragraaf "glazigheid".
Als we de aardappelen door een zoutwaterbad met een soortelijk gewicht van 1,055 voeren, dan gaan de knollen met een lager soortelijk gewicht dan 1,055 drijven, en de knollen met een hoger soortelijk gewicht zinken in dit bad.
De aardappelen die in een bad van die samenstelling drijven, zullen dan ook meestal glazig zijn of holle harten hebben.
Overigens kunnen we met zoutwaterbaden ook aardappelpartijen in twee of meer gewichtsfracties splitsen voor verwerkingsdoeleinden.

■ *Scheiding van kluiten en stenen*

Wanneer er hoge percentages kluiten en stenen in aardappelpartijen voorkomen, kunnen we voor het scheiden van deze verontreinigingen vaak electronische kluitenscheiders toepassen.

Deze apparaten sporen de kluiten of stenen op m.b.v. röntgenstralen. Met behulp van deze apparatuur, mits goed ingesteld, kunnen we ongeveer 90 % van de kluiten en stenen verwijderen.
Bij dat scheiden komt echter ook ca. 5 % van de aardappelen bij de kluiten en stenen terecht.
In een zgn. natte kluitenscheider wordt een scheiding van 100 % bereikt.

Natte kluitenscheiders zijn apparaten waarin de kluiten en stenen d.m.v. een opwaartse waterstroom van de aardappelen worden gescheiden.

Bij andere typen kluitenscheiders berust het scheidingssysteem op een verschil in veerkracht tussen aardappelen en kluiten. Door dit verschil brengt een aangedreven gladde rol de gewenste scheiding tot stand.

Voorwaarden te stellen aan het lezen

Om het lezen van aardappelen succesvol te kunnen uitvoeren, moet er in ieder geval aan twee voorwaarden worden voldaan:

a) de lezer moet de aardappel in zijn geheel goed kunnen zien;
b) de aardappel moet gemakkelijk en goed verwijderd kunnen worden.

■ *Visuele beoordeling van de knollen*

Om een goede visuele beoordeling mogelijk te maken, moeten de te lezen aardappelen goed verlicht oftewel belicht worden (2 × TLF 65, kleur 84). De knollen moeten in het gezichtsveld van de lezer draaien, waardoor hij het gehele oppervlak kan bezien.
De lezer moet zowel het topeind als het naveleind van de aardappel kunnen beoordelen.
Omdat scheiden op kwaliteit vaak inhoudt dat de lichtere afwijkingen niet verwijderd behoeven te worden, maar de zwaardere afwijkingen wèl, moet de lezer voldoende aardappelen tegelijk kunnen bekijken om een juiste scheiding te realiseren. Het leesvlak moet dan ook goed bezet zijn met aardappelen.
Terwille van een juiste scheiding moeten de te lezen aardappelen liefst van de zelfde maatsortering zijn.

■ *Verwijdering van afwijkende knollen*

De verlichting in de leesruimte moet zodanig zijn, dat de lezer zonder fouten te maken de afwijkende knollen kan pakken en afvoeren.
De knollen moeten hoog genoeg boven het leesvlak liggen om ze snel en gemakkelijk te kunnen beetpakken.
De afvoer van de uitgelezen aardappelen moet zodanig zijn uitgevoerd dat de lezer daarvoor geen extra inspanning behoeft te leveren.

De praktijk van het lezen van aardappelen

Bij het arbeidsintensieve lezen van aardappelen is het van belang dat elke lezer optimaal wordt belast. Drie punten spelen daarbij een belangrijke rol, nl. de opstelling van de lezers, de uitvoering van de leesband en de haalbare capaciteit.

■ *Opstelling van de lezers*

Om per persoon een zo groot mogelijke leescapaciteit te verkrijgen, moeten de lezers parallel worden opgesteld. Zie hiervoor fig. 19.7.

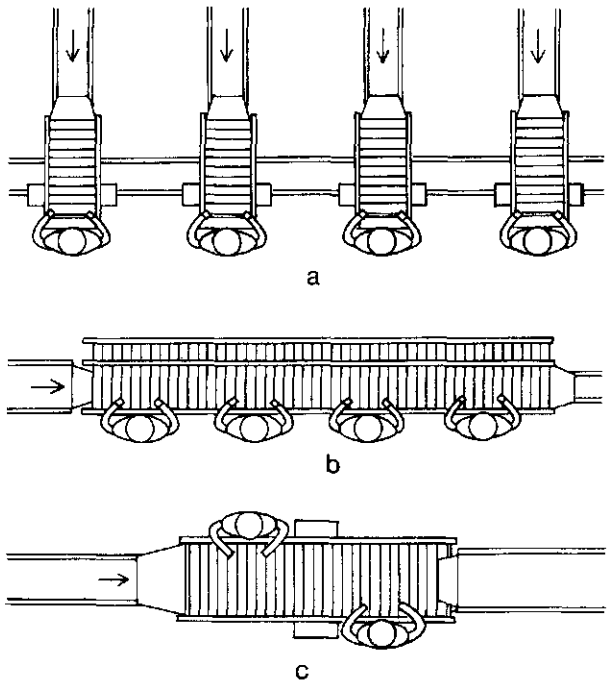


Fig. 19.7 Voorbeelden van lezersopstellingen
a) optimale parallelle opstelling
b) diverse lezers werken aan één en dezelfde aardappelstroom; dat is niet efficiënt, ze doen dubbel werk
c) practische parallelle opstelling

Parallelle opstelling houdt in dat de te lezen aardappelen in meerdere stromen worden opgesplitst, waarbij elke stroom door één lezer wordt gelezen (zie fig. 19.8). Indien immers meerdere lezers aan één stroom aardappelen werken, bekijkt lezer no.1 de stroom aardappelen en hij verwijdert een aantal afwijkende knollen. Lezer no.2 bekijkt opnieuw de

Fig. 19.8 Eén lezer(es) voor één aardappelstroom

zelfde stroom aardappelen en ook hij verwijdert een aantal afwijkende knollen. Enzovoorts. De goede aardappelen worden op die manier meerdere malen bekeken, hetgeen ten koste gaat van de gezamenlijke leescapaciteit.
Uit de "haalbare leescapaciteit" (zie de tabellen 19.3 en 19.4) blijkt bovendien dat de capaciteit per lezer sterk afhankelijk is van het percentage uitval.
Door het verwijderen van afwijkende knollen, verandert het percentage uitval bij een dergelijke opstelling, waardoor het onmogelijk wordt de optimale leescapaciteit te verwezenlijken.

■ *Uitvoering van de leesband*

In verband met de gestelde voorwaarden omtrent de zichtbaarheid van de knollen en de mogelijkheid tot verwijdering van afwijkende aardappelen, gebruikt men bij het lezen van aardappelen in het algemeen rollenleesbanden. Om geschikt te zijn voor kleine en grote aardappelen, moeten de rollen van de leesband een diameter hebben van ongeveer 60 mm en de ruimte tussen de rollen mag niet groter zijn dan 5 mm.
In verband met de variatie in leescapaciteit bij variatie van het percentage uitval, moet de transportsnelheid van de leesband kunnen variëren van 2 tot 8 meter per seconde. Afvoerbakken of -goten moeten onder handbereik van de lezer zijn geplaatst.
De rollenband moet goed verlicht zijn. Dikwijls worden twee TL 65-

buizen, kleur 55 of 84, toegepast, één meter boven het leesvlak. In verband met het verdelen van de aardappelen over de band en ten behoeve van het lezen zelf, moet de rollenband tenminste 1,5 meter lang zijn.
Over het algemeen geldt: één lezer per leesband, waarbij de lezer zich naast de band dan wel aan het eind van de band bevindt.
De lezer moet bij voorkeur aan het eind van de rollenband staan, omdat hij in die positie van elke aardappel zowel het topeind als het naveleind kan bekijken (zie fig. 19.9). De breedte van een dergelijke rollenband kan ca. 50 cm bedragen.

Fig. 19.9 Ideale leessituatie

In de praktijk komt zo'n opstelling vrijwel niet voor, omdat de méérkosten van die opstelling niet worden goedgemaakt door een aantoonbaar beter leesresultaat.
Een rollenband waar de lezer naast staat heeft over het algemeen een breedte van 40 à 60 cm. Staan twee lezers tegenover elkaar naast de leesband, dan mag de breedte ongeveer 80 cm zijn. Zo'n opstelling heeft het voordeel dat de aardappelen, die het verst van de lezer verwijderd zijn en waarvan hij niet het gehele schiloppervlak kan zien, voor de tegenover hem staande andere lezer wèl goed zichtbaar zijn.
De leesband moet ergonomisch bezien zoveel mogelijk aan de lezer aangepast worden, zodat de lezer tot een optimaal leesresultaat kan komen. Zo is ergonomisch bezien zitten aan de leesband beter dan staan.

Dit kunnen we realiseren door het teruggaande deel van de leesband onder de vloer door te laten lopen.

■ *Haalbare leescapaciteit*

In de tabellen 19.3 en 19.4 zien we de capaciteiten in kg aardappelen (aangevoerd produkt) per uur die één lezer gemiddeld kan halen.
Tabel 19.3 bevat de capaciteiten die gehaald kunnen worden bij het lezen van geheel schone aardappelen, dus nagenoeg vrij van aanhangende grond, of van gewassen aardappelen. Hier is bij inbegrepen dat het zgn. gelezen produkt nog 1½ % afwijkende knollen bevat door fouten van de lezer.
Uit de tabellen blijkt dat de leescapaciteit sterk afhankelijk is van het percentage uitval.
Naast afwijkende knollen rekenen we ook grond, loof, stenen e.d. tot het uitval.
Tabel 19.4 vermeldt de haalbare leescapaciteiten bij verschillende uit-

Tabel 19.3 Haalbare leescapaciteiten bij verschillende percentages uitval (fout van de lezer 1½%). (Gemakkelijk te lezen aardappelen, b.v. gewassen aardappelen).

Percentage uitval	*Haalbare leescapaciteit in kg/uur bij diverse maatsorteringen*		
	28/35 mm	35/45 mm	45/55 mm
5	1200	2100	2750
10	900	1750	2275
15	700	1475	1900
20	600	1300	1700
25	500	1150	1500

Tabel 19.4 Haalbare leescapaciteiten bij verschillende percentages uitval (fout van de lezer 1½%). (Moeilijk te lezen aardappelen, b.v. met aanhangende grond).

Percentage uitval	*Haalbare leescapaciteit in kg/uur bij diverse maatsorteringen*		
	28/35 mm	35/45 mm	45/55 mm
5	450	1760	1900
10	375	1400	1600
15	325	1150	1300
20	275	1000	1100
25	250	850	950

valpercentages, indien de aardappelen met grond behangen zijn of om andere redenen moeilijk te lezen zijn, b.v. door bezetting met schurft. Aanhangende grond of sterke bezetting met schurft blijkt ook grote invloed te hebben op de leescapaciteit. Het is duidelijk dat dit veroorzaakt wordt door het feit dat de afwijkingen dan minder goed zichtbaar zijn.

HALF-AUTOMATISCH LEZEN

Bij half-automatisch lezen gelden dezelfde eisen voor het beoordelen van de aardappelen als bij het handlezen. Er worden echter ergonomisch geen eisen gesteld aan het verwijderen van de als afwijkend beoordeelde aardappelen.
Bij half-automatisch lezen is het verwijderen van die knollen namelijk geautomatiseerd. De lezer bekijkt de aardappelen en stelt, b.v. met behulp van een toetsenbord, één of ander uitwerp- of grijpmechanisme in werking dat de door hem afgekeurde knollen verwijdert.
Half-automatisch lezen heeft pas zin bij uitvalpercentages boven de 10 %. Tot 10 % uitval wordt de capaciteit van de lezer namelijk nauwelijks beïnvloed door het grijpen van de knollen.

ELECTRONISCH SORTEREN

In principe is het mogelijk om gewassen aardappelen optisch-electronisch te lezen.
Als meetsysteem voor dit electronisch sorteren kan gewerkt worden met dóórvallend licht of met ópvallend licht. Voorwaarde is in ieder geval dat de aardappel vrij moet zijn van grond; hij moet dus gewassen zijn.

Doorvallend licht

Doorvallend licht geeft de mogelijkheid tot het opsporen van inwendige gebreken, zoals blauw, groen, holle harten, glazigheid e.d.
Door dikteverschillen tussen de knollen onderling is deze methode practisch slecht uitvoerbaar.

Opvallend licht

 Het meetsysteem met ópvallend licht is in feite een kleurmeetmethode.

Bij deze methode kan er niet onder de schil "gekeken" worden, zodat blauw, glazigheid, holle harten of verse beschadigingen niet opgespoord kunnen worden.
Daarentegen worden afwijkingen die uit een oogpunt van consumptie minder ernstig zijn, zoals pokschurft en Rhizoctonia, even zwaar beoordeeld als beschadigingen, groenverkleuringen of rotte aardappelen.
Electronisch sorteren van aardappelen met ópvallend licht wordt dan ook alleen toegepast voor scheiding van consumptie-aardappelen in twee kwaliteiten, of bij valorisatie van kleine aardappelen. Dus bij een grondstof die in verhouding tot de arbeidskosten van het lezen erg goedkoop is.

COMPUTERPROGRAMMA VOOR SORTEREN EN LEZEN

In de IMAG-Dataservice is een computerprogramma beschikbaar dat het resultaat is van een nauwkeurige analyse van het totale sorteer- en leesproces. Uit arbeidsstudies, die aan diverse systemen verricht zijn, hebben de opstellers van het programma zich een beeld gevormd van de bij het sorteren en lezen voorkomende handelingen en processen en van het opeenvolgend, gelijktijdig of overlappend optreden van die handelingen en processen. Bovendien hebben deze studies de arbeidstijden van de verschillende handelingen opgeleverd. De factoren die meegenomen worden in het computerprogramma hebben betrekking op de grootte en de samenstelling van de aardappelpartij; de organisatie van het bedrijf en het aantal personen dat er werkt; de aanvoermethode; de sorteer- en leescapaciteit; de werkomstandigheden bij het lezen; tussenopslag, afvoer en eindopslag van de aardappelen en de nieuwwaarde van de diverse delen van de installatie. Het computerprogramma geeft dan een overzicht van de hoeveelheden per sorteer- en leesfractie, de tijden per (deel-)bewerking en een taaktijd voor de opgegeven partij. Ook wordt een globale begroting van de machinekosten toegevoegd. Daar het computerprogramma ook enkele alternatieven uitrekent, kunnen verschillende systemen met elkaar vergeleken worden.

Dit computerprogramma maakt het mogelijk dat we vooraf inzicht krijgen in het organisatorisch functioneren van een bepaalde inrichting voor het sorteren en lezen van onze aardappelen. De vaak grote investeringen die zulke installaties vergen, vragen een goede voorbereiding. Dit programma kan daarbij ondersteuning leveren.

VERPAKKEN

Gereedgemaakte aardappelen worden op diverse manieren afgeleverd. Een deel van de aardappelen wordt losgestort afgeleverd, b.v. aan de verwerkende industrie; een ander deel wordt in de één of andere vorm van verpakking afgeleverd. Vorm en grootte van de verpakking hangen van vele factoren af, o.a. van de eis van de cliënt; van de tijd gedurende welke de aardappelen in de verpakking blijven zitten; de transportafstand (binnenland, Europa, buiten Europa); de wijze van transport (vrachtwagen, rail, scheepstransport); het seizoen en de eisen die o.m. door de Plantenziektenkundige Dienst en door de Nederlandse Algemene Keuringsdienst worden gesteld.
Redenerend vanuit het produkt, kunnen we als algemene eis stellen dat de kwaliteit van de aardappelen in de verpakking gehandhaafd blijft. Behalve indien het over zeer korte perioden gaat, dienen we aandacht te besteden aan de afvoer van de ademhalingsprodukten (CO_2, waterdamp en warmte). Dit betekent dat de verpakking voldoende mogelijkheid moet geven tot ventilatie. We moeten dan dus bepaalde eisen stellen aan de luchtdoorlatendheid.
Een tweede punt is dat de aardappelen beschermd moeten worden tegen te veel daglicht, in verband met het groen-worden. (Aan het onderwerp ''groen-worden'' hebben we in hoofdstuk 1 al aandacht besteed.) Daarom moet bij langdurige blootstelling aan daglicht, de lichtdoorlatendheid niet te groot zijn. Bij aardappelen voor consumptiedoeleinden verdient het punt groen-worden meer aandacht dan bij pootaardappelen.
Bij transport of opslag is het niet voldoende dat de verpakking op zich voldoende luchtdoorlatend is. Ook de ruimte waarin de verpakte aardappelen zich bevinden moet voldoende worden geventileerd om de ademhalingsprodukten af te voeren en verse lucht aan te voeren.
Behalve de reeds genoemde factoren en eisen betreffende de verpakking, speelt ook de mogelijkheid van mechanisatie een rol. Daar het om betrekkelijk kleine eenheden gaat, is het van belang dat we de per eenheid te besteden arbeid zo laag mogelijk houden. De geschiktheid van het verpakkingsmateriaal voor het automatisch afwegen, dichtmaken en afvoeren is voor de bewerkingsbedrijven van groot belang. In sommige gevallen kiest men dan ook niet voor het materiaal dat met het oog op het produkt het beste zou zijn, maar voor materiaal dat vanuit kóstenoogpunt aantrekkelijk is. Eveneens vanwege de kosten zal men trachten het aantal soorten verpakkingen te beperken.

We gaan nu het verpakkingsgebeuren nader bekijken, waarbij we onderscheid maken tussen grootverpakking en kleinverpakking. Onder grootverpakking verstaan we dan eenheden van 12½ kg en meer, en onder

kleinverpakking eenheden van 5 kg en minder. Soms komen er ook eenheden tussen 5 en 12½ kg voor. Een scherpe grens kunnen we dan ook niet trekken.

GROOTVERPAKKING

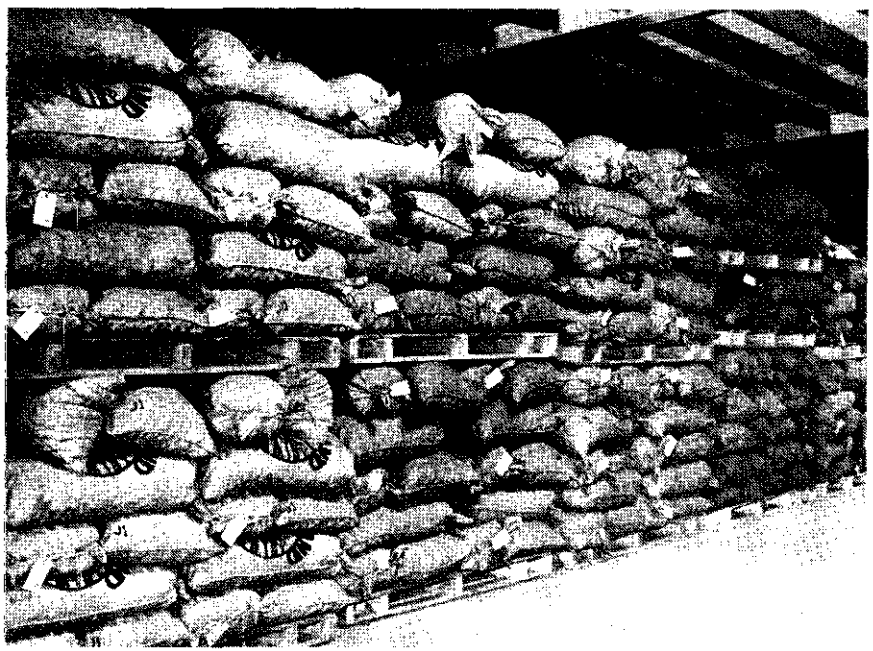
Verpakkingsmiddelen

Bij grootverpakking praten we over zakken van jute, kunststof en papier en over kratten en dozen, en soms ook speciale containers of kisten. Veelal worden zakken gebruikt met een inhoud van 25 of 50 kg aardappelen.

■ *Jutezakken*

Jute is een bekend en reeds lang toegepast materiaal voor de fabricage van zakken. Voor aardappelen is het zeer geschikt (zie fig. 20.10). Het is goed luchtdoorlatend, weinig lichtdoorlatend en het weefsel kan vocht opnemen.

Fig. 19.10 Aardappelen in jutezakken



Bij export moeten jutezakken een bepaald gewicht hebben, afhankelijk van de inhoud. Voor bestemming binnen Europa gelden lagere gewichten dan voor bestemmingen buiten Europa.

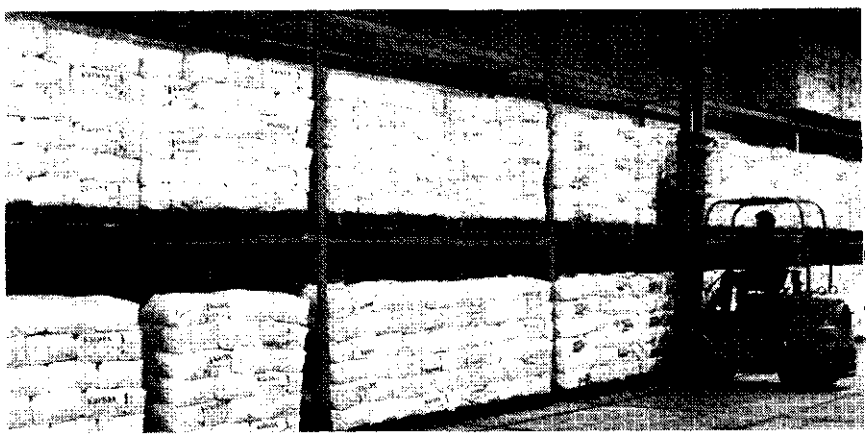
■ *Kunststofzakken*

Gebreide kunststofzakken worden dikwijls toegepast. De zakken hebben een zeer goede luchtdoorlatendheid, maar de lichtdoorlatendheid is groter dan die van jutezakken.
Hoewel deze zakken goedkoper zijn dan jutezakken, hebben ze toch een aantal practische bezwaren. Ze worden b.v. gemakkelijk beschadigd.
Er zijn ook kunststofzakken van geweven weefsel. De zakken van dit materiaal worden slechts op zeer beperkte schaal gebruikt, vanwege de practische bezwaren die er tegen geweven weefsel gelden.
Zakken van kunststoffolie worden vrijwel niet gebruikt voor aardappelen. Zelfs mét perforaties is de luchtdoorlatendheid nog altijd gering. Het gevaar voor condensatie van vocht aan de binnenkant van zo'n zak is dan ook vrij groot. Alleen voor zeer korte perioden kunnen we eventueel van deze zakken gebruik maken, en dan nog liefst in geopende toestand.

■ *Papieren zakken*

Op beperkte schaal worden er tegen vocht geïmpregneerde, meerwandige papieren zakken toegepast, eventueel voorzien van perforaties (zie fig. 19.11). De luchtdoorlatendheid van geperforeerde papieren zakken is niet groot en de lichtdoorlatendheid is minimaal. De zakken worden tamelijk snel beschadigd.

Fig. 19.11 Aardappelen in papieren zakken



■ *Kratten*

Houten kratten worden uitsluitend voor export gebruikt en dan nog hoofdzakelijk voor pootaardappelen. Meestal hebben de kratten een inhoud van 25 kg of 30 kg aardappelen, hoewel 50 kg inhoud ook voorkomt. De luchtdoorlatendheid is zeer goed. Ook in aaneengesloten stapels zijn kratten nog goed te ventileren. De lichtdoorlatendheid is groter dan van jute. Bij transport en handling worden de aardappelen behoorlijk tegen beschadiging beschermd. De kosten van het verpakken in kratten zijn hoog. In de eerste plaats is de prijs van de kratten (per 100 kg produkt) vrij hoog. En in de tweede plaats zijn de kosten van het vullen en sluiten van de kratten ook vrij hoog, vanwege de beperkte mogelijkheden van automatisering.

■ *Dozen*

Soms worden dozen gebruikt die van massief karton of van golfkarton gemaakt zijn. Meestal gaat het dan om export-aardappelen.
De dozen zijn voorzien van ventilatiegaten. De luchtdoorlatendheid is veelal voldoende, afhankelijk van de grootte en de plaats van de gaten. De dozen moeten stevig zijn om ook bij stapeling voldoende druk te kunnen opvangen. Verder moeten ze bestand zijn tegen een tamelijk hoge relatieve luchtvochtigheid.

■ *Andere verpakkingen*

In speciale gevallen gebruikt men soms eenheden, zoals containers, grote kisten, tonszakken e.d. Deze vormen van verpakking kunnen we beter tot de transportmiddelen rekenen dan tot de verpakkingsmiddelen. We zouden deze transportmiddelen semi-bulkvervoer kunnen noemen.

Machines en apparaten voor grootverpakking

Zowel voor het afwegen als voor het sluiten van zakken worden machines en apparaten gebruikt, die qua bediening uiteenlopen van vrijwel volledige handbediening tot geheel automatisch werkende typen.

■ *Weegapparatuur*

Het afwegen kan, in volgorde van mechanisatie, globaal genomen op de volgende manieren gebeuren.
Weegbascules en snelwegers, waarbij alle handelingen: opzetten, afzet-

ten en afwegen van de zakken met de hand moeten gebeuren, worden nog slechts bij uitzondering gebruikt voor kleine hoeveelheden.
Een kleine stap naar volledige mechanisatie vormen afweegapparaten die het juiste gewicht in de zak afwegen. Het aan- en afhalen resp. op- en afzetten van de zakken gebeurt met de hand (zie fig. 19.12).

Fig. 19.12 Afweegapparaat

Om de capaciteit te verhogen, kan de uitvoering ook zodanig zijn dat het afwegen enerzijds en het aan- en afhalen anderzijds onafhankelijk van elkaar gebeuren.

Voorbeeld 1 Er zijn twee afzakmonden, zoals we zien in fig. 19.13. Als één zak is afgewogen, wordt door omzetting van kleppen onder de tweede afzakmond een andere zak gevuld en gewogen. De gevulde en gewogen eerste zak kan dan afgehaakt worden en een volgende lege zak kan aan de eerste afzakmond aangebracht worden.

Voorbeeld 2 De inhoud van een zak wordt afgewogen in een voorraad-
 bak. Zodra deze bak het juiste gewicht heeft bereikt, wordt de bak

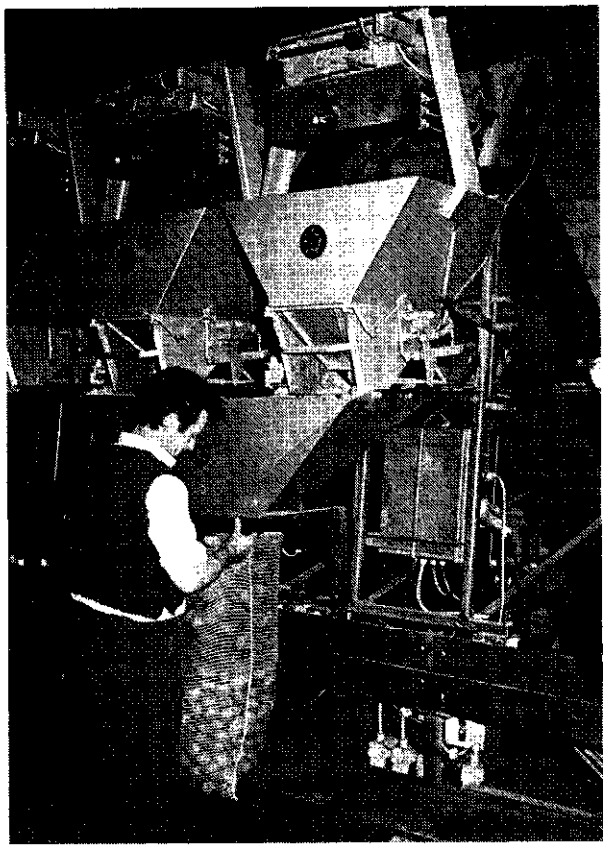


Fig. 19.13 Twee afzakmonden met één doseerbak. Er worden gebreide kunststofzakken gevuld

geleegd in een ondergehangen of ondergehouden zak. Zodra de voorraadbak leeg is, wordt opnieuw met vullen en wegen begonnen. Intussen wordt de volle zak weggenomen en een lege zak aangehaakt.

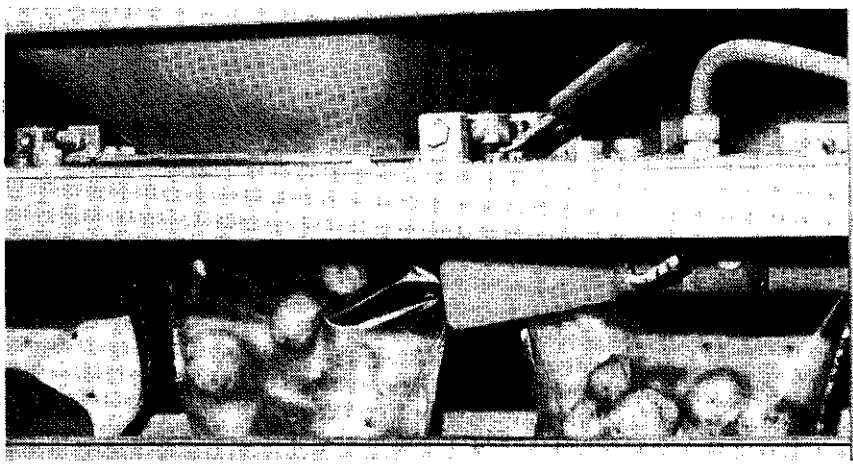
Voorbeeld 3 Een uitbreiding van het systeem in voorbeeld 2 is die, waarbij een aantal voorraadbakken ronddraaien. Het vullen gebeurt op één punt, het lossen op één of twee punten.
Een andere variant is die waarbij de zakken worden bevestigd aan een ronddraaiend raam. Het raam draait onder vastopgestelde voorraadbakken door. Bij het passeren van een voorraadbak stopt het raam; de zak wordt gevuld en daarna draait het raam verder.
Tenslotte is het nog mogelijk dat alleen het aanbrengen van de zakken met de hand gebeurt. De afvoer naar de naaimachine, in het geval van jutezakken, gebeurt dan automatisch.

Verder zijn er nog de geheel automatisch werkende verpakkingsmachines. De aanvoer van lege zakken, het onderhangen, het vullen en afwegen en de afvoer van volle zakken gebeuren geheel automatisch.
Deze volautomatische machines zijn er in uitvoeringen voor verschillende verpakkingsmaterialen, zoals papier, kunststoffolie en kunststofweefsel. Echter niet voor jute. Bij jutezakken is het wel mogelijk dat alleen de lege zakken behoeven te worden aangehaakt, zoals we al opmerkten.
Wel is er sinds kort een kunststof "jutezak", die "vanaf de rol" verwerkt kan worden. Deze "jutezak", die fijnmazig is en uitstekend bedrukt kan worden, is leverbaar in uitvoeringen voor 10, 25 en 50 kg aardappelen.

■ *Het dichtmaken van de zakken*

Bij aardappelen worden grotere zakken overwegend dichtgenaaid. Andere vormen van dichtmaken, zoals kroppen of met een strip sluiten zijn ook mogelijk, maar ze worden slechts beperkt toegepast.
Het dichtnaaien kan gebeuren met een enkeldraads-kettingsteek of met een dubbeldraads-kettingsteek. Bij export is in de regel een dubbeldraads-kettingsteek voorgeschreven.
Naaimachines zijn er als draagbare apparaten, eventueel opgehangen aan een pendel, of als stationaire machines bevestigd aan een kolom, al dan niet uitgerust met twee naaikoppen, met automatische aan- en afvoer van zakken.
Indien nodig, b.v. voor pootgoed, kan er automatisch een label worden toegevoegd en aan de zak worden vastgenaaid.

Fig. 19.14 Vullen van polyethyleen kleinverpakkingen



KLEINVERPAKKING

Verpakkingsmiddelen

Voor kleinverpakking wordt tot nu toe overwegend polyethyleenfolie gebruikt. De zakjes, die we zien in fig. 19.14, zijn geperforeerd om luchtverversing mogelijk te maken. In de regel wordt een aantal zakjes samengevoegd tot een grotere eenheid.
Soms worden b.v. tien of vijf zakjes in een zgn. omzak gedaan. Deze omzak is meestal van papier. Indien de organisatie het toelaat, worden de zakjes dikwijls in stalen draadcontainers (rolcontainers) of kratten gedaan.
Bij de kunststoffolie zakjes kan aan de binnenkant condensatie optreden. Die zakjes kunnen dus eigenlijk alleen maar bij korte verblijftijden worden gebruikt. Indien de verblijftijd bij grote transportafstand wat langer is, moeten er goede ventilatiemogelijkheden zijn.
Voor kleinverpakking kunnen ook zakjes van gebreid kunststofweefsel of netzakjes gebruikt worden. Ten aanzien van de ventilatiemogelijkheden, de luchtdoorlatendheid dus, is deze vorm van verpakking aanzienlijk gunstiger dan folie. Het hangt vooral van de verblijftijd in de zakjes en de kosten van het verpakken af, welke vorm de voorkeur verdient.

Wassen en borstelen van aardappelen voor kleinverpakking

■ *Wassen*

Aardappelen bestemd voor kleinverpakking worden in sommige gevallen gewassen. Het wassen gebeurt meestal op centrale bewerkingsbedrijven, vlak voor het kleinverpakken. Het is duidelijk dat de kans op rot en kieming tijdens transport en opslag van gewassen, kleinverpakte aardappelen groter is dan bij ongewassen knollen.
Er bestaat een aanzienlijk verschil in houdbaarheid tussen de verschillende partijen. Factoren als beschadiging, rasverschillen, verschillen in herkomst, bemesting e.d. spelen een rol. Verder zijn ook de omstandigheden tijdens transport en opslag van belang, zoals de buitentemperatuur; wel of geen ventilatie; verblijftijd in het zakje e.d.
Vroeggerooide aardappelen, die bovendien min of meer ontveld zijn en mogelijk ook andere beschadigingen vertonen, hebben in de regel een intensieve ademhaling. Daar komt nog een verhoogde waterverdamping

bij, vooral bij ontvelde knollen. Het gevaar van condensvorming in de zakjes is dan groot. Bovendien kunnen er in de perioden vlak na het rooien soms ook nog hoge temperaturen voorkomen. Wordt er dan over een lange afstand getransporteerd, met eventueel temperatuurschommelingen, dan kunnen er zeer ongunstige condities ontstaan, die eventueel nog versterkt worden door onvoldoende ventilatie.
Ongunstige omstandigheden doen zich dikwijls ook voor bij hoge buitentemperaturen in het voorjaar. Dan bestaat er vooral gevaar voor kieming, dikwijls gepaard gaande met rotting.
Vooral bij onvoldoende afvoer van ademhalingsprodukten kan een zuurstofarme, vochtige toestand in de zakjes optreden die rotting bevordert.
Om reeds bij het verpakken de aanwezigheid van vocht in het zakje zoveel mogelijk te vermijden, moeten de gewassen aardappelen droog het zakje ingaan. In de eerste plaats moet het aanhangende water dan zo goed mogelijk van de knollen afgesponsd worden. De meeste wasmachines zijn daarvoor met zgn. absorbers uitgerust. Verder moeten de aardappelen dan nog met (verwarmde) lucht gedroogd worden.
Dit nadrogen wordt niet altijd gedaan, omdat de kosten van de installatie plus energie tamelijk hoog zijn.

■ *Borstelen*

Aardappelen die ongewassen worden kleinverpakt, worden wel geborsteld. Dit doet men om de gemakkelijk te verwijderen gronddeeltjes van de knollen af te borstelen. In de eerste plaats krijgt de knol dan een wat "schoner" aanzien. En in de tweede plaats geven geborstelde knollen dikwijls minder aanleiding tot storingen van de volautomatische sealmachines.
Vastzittende grond is ook met borstelen vrijwel niet te verwijderen. Het is raadzaam dit dan ook maar niet te proberen met intensief borstelen, want dat kan de huid van de knollen beschadigen. Verder moeten de knollen die geborsteld worden, droog zijn. Bij vochtige knollen wordt de grond bij het borstelen over de knollen uitgesmeerd. En dat is niet aanbevelenswaardig.

Voorbewerkingsmachines voor kleinverpakking

■ *Wasmachines*

Wasmachines worden in de bewerkingslijnen geplaatst, en wel na het sorteren en lezen en vóór het kleinverpakken.
Een veel voorkomend type wasmachine is dat, waarbij de aardappelen

over een aantal aangedreven rollen worden gevoerd. De rollen zijn voorzien van rubbernoppen.
Tijdens het transport over de rollen, waarbij de knollen ronddraaien, wordt er water op de aardappelen gespoten. Boven de rollen is namelijk een aantal spuitnippels aangebracht. Via deze nippels wordt onder druk water op de knollen gespoten. We zien zo'n machine in fig. 19.15. Om het waseffect te verhogen, gaan de aardappelen bij sommige installaties eerst door een tank met water, om de aanhangende grond enigszins te weken. Pas daarna gaan ze naar de wasmachine. De benodigde hoeveelheid waswater per ton aardappelen is vrij groot, nl. ca. 5 m^3.

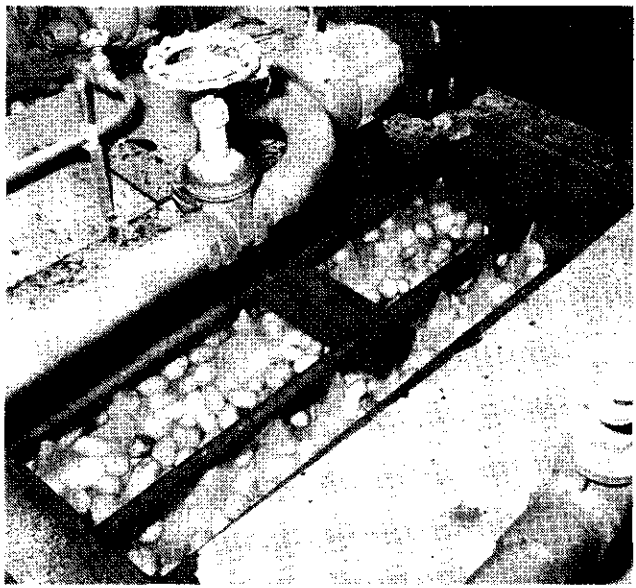


Fig. 19.15 Wasmachine met spuitnippels; de rollen hebben rubbernoppen

In de regel wordt daarom een groot deel van het water via een bezinkbassin gerecirculeerd, met een beperkte toevoeging van vers water. In het bezinkbassin worden de gronddeeltjes via bezinking zoveel mogelijk afgescheiden. Als de knollen uit de wasser komen, gaan ze over een aantal rollen die bekleed zijn met vochtopnemend materiaal, zgn. absorbers.
Het aan de knollen aanhangende water wordt op deze wijze voor een groot deel verwijderd. Aan de onderzijde van de rollen zijn drukrollen aangebracht, die het water dat in het materiaal van de absorbers is opgenomen er weer grotendeels uitpersen.

Een ander type wasmachine bestaat uit een grote tank met water, waarin

in de lengterichting, net onder het wateroppervlak, een schudzeef is aangebracht. Terwijl de aardappelen over de schudzeef en door het water worden getransporteerd, stuwt een ventilator een luchtstroom door het water, waardoor een krachtige werveling ontstaat.

Ook worden er wel trommelwassers gebruikt voor het wassen van aardappelen. De aardappelen worden door een ronddraaiende trommel gevoerd die voorzien is van spleten of gaten. De aardappelen gaan daarbij door het water, terwijl ze soms tevens nog met water worden bespoten. Aan de binnenzijde van de trommel moeten voorzieningen zijn getroffen om beschadiging van de knollen te voorkomen.

■ *Borstelmachines*

Voor het borstelen worden in de regel machines gebruikt die met een aantal borstelrollen zijn uitgerust, zoals afgebeeld in fig. 19.16. Door het

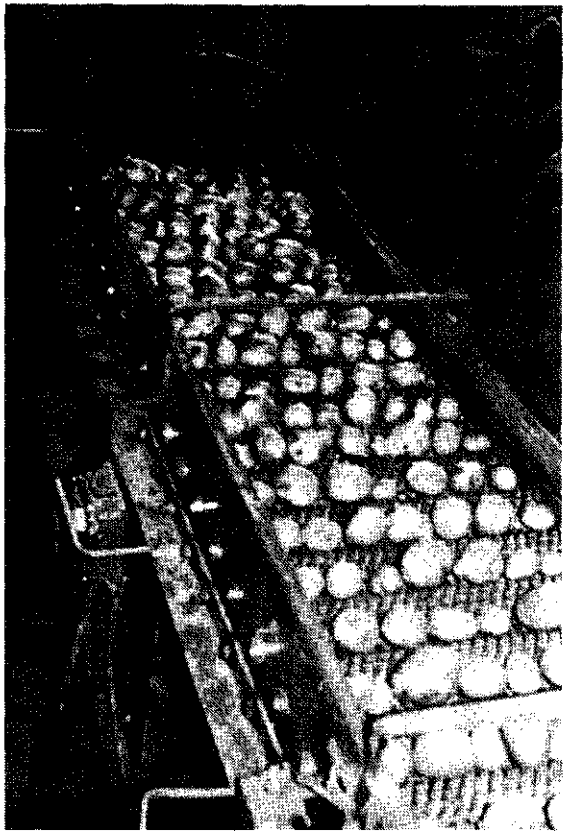


Fig. 19.16 Borstelmachine met borstelrollen

transport van de aardappelen over de rollen wordt niet al te vastzittende grond van de knollen afgeborsteld. Om het borsteleffect te verhogen, brengt men boven de rollen wel een zeil of een kleed aan, waardoor de knollen worden afgeremd. Met hetzelfde doel bevestigt men ook wel stilstaande dwarsborstels boven de borstelrollen. Dikwijls is zowel de hoogte als de stand van de dwarsborstels verstelbaar.

■ *Kleinverpakkingsmachines*

Vooral de centrale bedrijven gebruiken voor het kleinverpakken vrijwel uitsluitend volautomatische machines. In fig. 19.17 zien we zo'n

Fig. 19.17 Volautomatische kleinverpakkingsmachine

machine. Deze machines zijn geschikt voor verpakkingen van 2½ kg en 5 kg inhoud en soms ook nog meer. Het verpakkingsmateriaal, meestal kunststoffolie of kunststofweefsel, wordt veelal "vanaf de rol" verwerkt. Bij folie kunnen we nog onderscheid maken tussen systemen met voorgevormde zakjes en systemen waarbij het zakje tijdens het kleinverpakken wordt gevormd. Het dichtmaken bij folie gebeurt door verhitting (dichtsealen). Bij kunststofweefsel worden de zakjes dichtgenaaid. Het gebruik van netverpakking (buisvulling) en dichtclippen is voor aardappelen ook mogelijk, evenals het gebruik van papieren zakjes, die al dan niet voorzien zijn van een "venster". Beide vormen komen echter betrekkelijk weinig voor.
Er bestaat sinds kort ook een kunststof "jutezak" die vanaf de rol

verwerkt kan worden. Het materiaal is fijnmazig en het kan uitstekend bedrukt worden. Als er aan het eind van de verpakkingslijn ook nog een palletiseermachine staat, verloopt het hele verpakkingsproces volautomatisch.

LITERATUUR

EDENS, F.J. & Ing. G. VAN DE WERKEN, 1984. De organisatie van het lezen en sorteren van aardappelen; een computerprogramma. De Pootaardappelwereld 1984-9 (14-18).

HAAN, P.H. DE, 1981. Packing of potatoes. Storage of potatoes, Pudoc, Wageningen.

HAAN, P.H. DE & B.H. VAN ZWOL, 1981. Grading and sorting of potatoes. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

HAAN, P.H. DE, 1985. Persoonlijke mededelingen.

ZWOL, B.H. VAN, 1985. Persoonlijke mededelingen.

Hoofdstuk 20

VOORBEHANDELING VAN POOTAARDAPPELEN

Na de oogst slaan we onze pootaardappelen op tot het moment dat we ze afzetten of totdat we ze in het voorjaar uitplanten. In verband met de export wordt een groot deel van ons pootgoed reeds voor januari gesorteerd en afgezet. De opslagperiode van onze pootaardappelen varieert dan ook van enkele maanden tot ongeveer acht maanden.
In de bewaarperiode is handhaving van de gezondheid van het pootgoed van het allergrootste belang. Het opbouwen van 'schoon' uitgangsmateriaal en het voorkómen van herbesmetting zijn vereist om de goede naam van het nederlandse pootgoed in binnen- en buitenland in stand te houden.
Voorbehandeling van pootgoed houdt in: effectieve ziektebestrijding, op de juiste wijze bewaren en goed voorkiemen.

ZIEKTEBESTRIJDING

Uitgangspunt hierbij is de bestrijding van Rhizoctonia. We doen dat met een combinatie van maatregelen, die in feite het hele jaar door alle aandacht vragen. Die maatregelen zijn de volgende:

Blank pootgoed poten

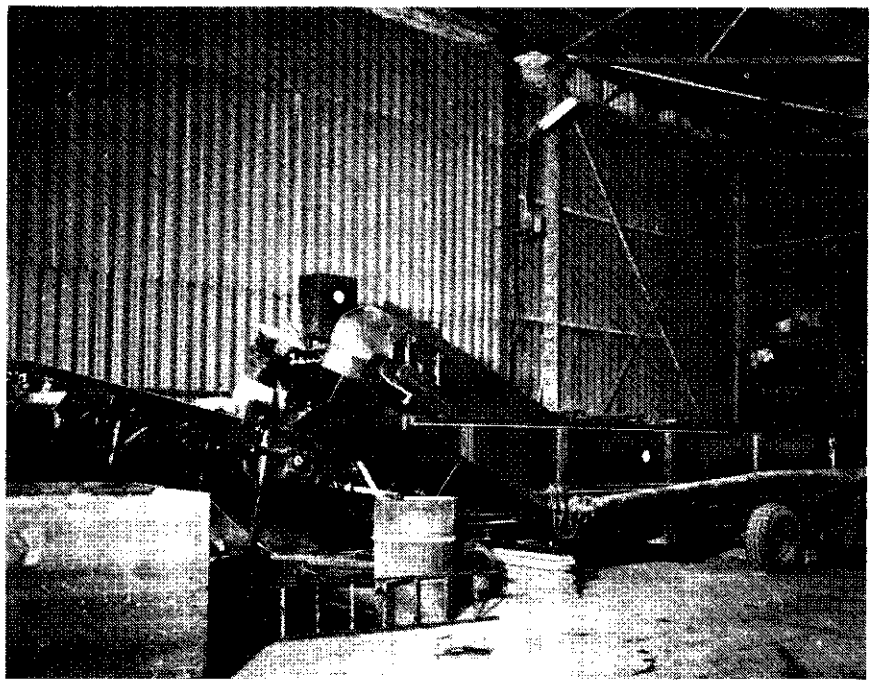
De beste maatregel is nog altijd het poten van gezond, blank pootgoed. Dat is pootgoed waarop zich b.v. geen Rhizoctonia-sclerotien bevinden. Sclerotien vormen de grootste bedreiging van de jonge spruiten. Maar volkomen blanke partijen pootaardappelen zijn zeldzaam. Daarom moeten we al het pootgoed dat bestemd is voor de teelt van pootaardappelen al vroeg in de herfst, na wondheling en sorteren, ontsmetten met een breedwerkend kwikmiddel. Dat moet dus gebeuren voordat de knollen een begin van kieming vertonen.

Ontsmetten met kwik

Om te kunnen voldoen aan de hoge eisen die aan onze pootaardappelen worden gesteld, is ontsmetting met een breedwerkend kwikmiddel in een

dompelbad een onmisbaar hulpmiddel. En daarbij gaat het niet alleen over Rhizoctonia, want bij de intensieve aardappelteelt neemt het aantal ziektebelagers toe.
Het ontsmetten van schone aardappelen heeft grote voordelen boven het ontsmetten van aardappelen met veel aanhangende grond. Veel aanhangende grond belemmert een goede werking van het middel. Verder wordt het kwik in het badwater dan aan de grond gebonden, waardoor de kwikconcentratie in het dompelbad afneemt. Ook geeft het bezonken slib met het daaraan gebonden kwik milieu-technische problemen. Door de poters nu voor het ontsmetten vóór te wassen raken we het grootste deel van de aanhangende grond kwijt. Daardoor blijft het dompelbad vrij van slib. En een slibvrij dompelbad kan langer gebruikt worden, met als resultaat een effectiever kwikgebruik. Om het risico te vermijden dat we via het waswater toch nog weer ziekten overbrengen, is het vóórwassen wel aan regels gebonden. De aardappelen moeten met schoon doorstromend water worden gewassen. Het waswater moet direct worden afgevoerd; het mag niet meer met andere knollen in aanraking komen.
Pootgoedontsmetting wordt over het algemeen uitgevoerd door centrale bedrijven, loonbedrijven dus, die o.a. over mobiele ontsmettingsinstallaties beschikken. Fig. 20.1 toont ons zo'n installatie.

Fig. 20.1 Mobiele ontsmettingsinstallatie voor pootaardappelen



Loofvernietiging, rooien, droogblazen

Als onze grond Rhizoctonia-gevoelig is, moeten we aan looftrekken de voorkeur geven boven doodspuiten. Zo spoedig mogelijk nadat de schil voldoende is afgehard moeten we de aardappelen rooien, en direct na het inschuren moeten we met het droogblazen beginnen.
Al deze maatregelen horen bij elkaar. Ze moeten alle met evenveel zorg worden uitgevoerd.
Verdere bijzonderheden over ziektebestrijding vinden we in hoofdstuk 3.

BEWARING

Bij de bewaring van pootaardappelen streven we naar een bewaartemperatuur van 3 à 4 °C. In ons klimaat kunnen we die temperatuur meestal pas in de maand november halen. Wel kunnen we in de voorafgaande maanden meestal de gemiddelde minimumbuitentemperatuur in de bewaarplaats bereiken, dus: augustus 12 °C, september 10 °C, oktober 7 °C. En bij deze relatief lage buitentemperaturen blijven de aardappelen in het algemeen in kiemrust.

Als we ons pootgoed vroeg in de herfst sorteren, wanneer de poters nog een temperatuur van 8 à 10 °C hebben, dan behoeven we ze voor het sorteren niet op te warmen.
De hoogste klassen pootgoed worden altijd het eerst gesorteerd. Na het sorteren moeten we opnieuw een wondhelingsperiode in acht nemen. Gedurende een paar weken moeten we de temperatuur dan niet beneden de 8 à 10 °C laten komen. Na die periode kunnen we de bewaartemperatuur naar beneden brengen.
Het ventileren met buitenlucht is het meest effectief indien de temperatuur van de buitenlucht ca. 1½ graad beneden die van de aardappel ligt.
Overigens mogen we niet ventileren met lucht die een temperatuur heeft die 2 graden onder de geadviseerde bewaartemperatuur ligt. Want dan loopt de kiemkracht van de poters terug. Bovendien kunnen de aardappelen dan koudebeschadiging gaan vertonen, in de vorm van rotte plekken (zie fig. 20.2). Dat kan vooral voorkomen bij mechanische koeling, als de poters die direkt bij de luchtinlaat liggen gedurende lange tijd aan lucht van b.v. ½ °C blootgesteld worden.
Onder nederlandse omstandigheden kunnen we over het algemeen met behulp van buitenlucht goede bewaaromstandigheden voor pootaardappelen realiseren. Met mechanische koeling, die wel een stuk duurder is, levert dat uiteraard helemaal geen probleem op. Voor rassen die gevoelig zijn voor onderzeeërvorming verdient mechanische koeling wel

de voorkeur. Een voordeel van mechanische koeling is overigens dat het tijdrovende en riskante afkiemen van de poters meestal niet nodig is.

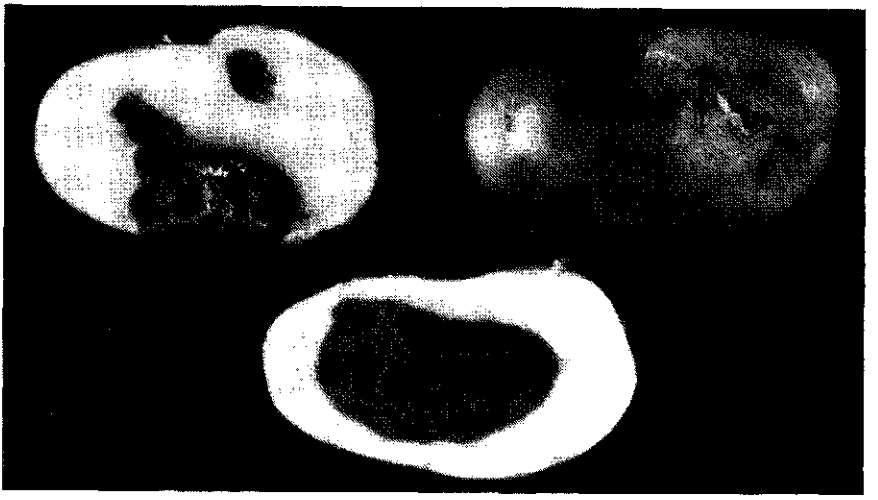


Fig. 20.2 Koudebeschadiging

Najaarsteelt

Willen we pootgoed bewaren voor de najaarsteelt, dan zijn we natuurlijk aangewezen op mechanische koeling. We moeten de poters dan in de koeling houden tot ongeveer tien dagen voor het poten. Gedurende die tien dagen moeten we de poters dan in poterbakjes of in zakken bewaren. Tussen 1 en 10 augustus kunnen de aardappelen dan gepoot worden.
Wat de huidvastheid van de oogst van de tweede teelt betreft, moeten we er rekening mee houden dat het ongeveer vijf weken duurt voordat de aardappelen schilvast zijn. Het huidvast-worden verloopt in het najaar trager dan in de zomer. Het is daarom zeer belangrijk dat we uiterst voorzichtig rooien, om beschadiging en ontvelling te voorkomen. Ook is het gewenst dat we de aardappelen behoedzaam inschuren en direct droogblazen. Ter bevordering van een vlottere kieming van het fysiologisch zeer jonge pootgoed in het voorjaar, moeten we het pootgoed daarna vrij warm bewaren, bij ca. 10 °C, behalve als we voor Fusarium-aantasting moeten vrezen; dan is bewaring bij 5 à 6 °C het beste. Als we optreden van Fusarium verwachten, moeten we de knollen bovendien behandelen met thiabendazol.

Kiemremmers en ethyleen

We moeten pootgoed nooit opslaan in cellen die met kiemremmingsmiddelen "besmet" zijn. Zelfs indien het drie of meer jaren geleden is dat we kiemremmers in een cel gebruikt hebben, kunnen we toch nog een duidelijk vertraagde kieming en een minder goede opkomst van onze poters verwachten.
Evenmin moeten we onze pootaardappelen opslaan in cellen waarin kort daarvoor fruit, groenten of bollen bewaard werden. Deze produkten produceren namelijk de vluchtige stof ethyleen. En reeds zeer kleine hoeveelheden ethyleen veroorzaken afwijkende, dikke, ronde kiemen, die bij het poten heel gemakkelijk afbreken. Dat kan tevens tot opbrengstderving leiden. We moeten zo'n cel eerst twee à drie dagen intensief ventileren om de ethyleen te verwijderen en pas dan kunnen onze poters erin.

Gewichtsverliezen

De gewichtsverliezen waarmee we bij de opslag van pootaardappelen moeten rekenen, bedragen de eerste maand na de oogst 2 à 4 % en vervolgens 1/3 à ½ % per maand.

VOORKIEMEN

Invloed van voorkiemen

Onder voorkiemen verstaan we het kweken van meer of minder goed ontwikkelde spruiten op de knollen gedurende een vrij korte periode vóór het poten. Ook uit een oogpunt van ziektepreventie is voorkiemen van pootaardappelen een goede zaak. Voorkiemen geeft het gewas in de regel een vlottere start, de tijd tussen poten en opkomst wordt er aanzienlijk door bekort, en het gewas krijgt een regelmatigere stand. Dit laatste maakt vroegtijdige selectie mogelijk.
Een bijkomend voordeel is dat we hiermee een voorsprong opbouwen op belagers als Rhizoctonia. En door het eerder optreden van de zgn. ouderdomsresistentie is de plant later minder vatbaar voor infectie met virusziekten.
Door naar goed ontwikkelde kiemen te streven (1½ - 2½ cm), zoals

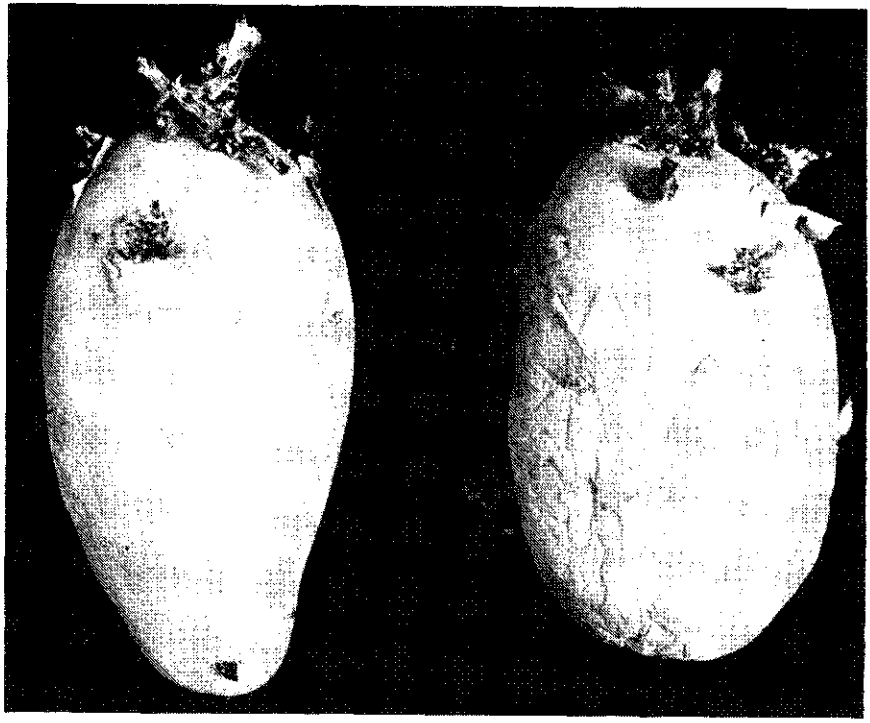


Fig. 20.3 Goed ontwikkelde kiemen

afgebeeld in fig. 20.3, verkrijgen we onder normale weersomstandigheden een vlotte, regelmatige opkomst, een vroege knolzetting en een zich matig in het loof ontwikkelend gewas, dat reeds vroeg een behoorlijke opbrengst oplevert.

Goed voorgekiemd pootgoed is bijzonder geschikt voor de teelt van pootgoed en van vroege consumptie-aardappelen; in het algemeen dus voor een kort groeiseizoen.

Als we in beperkte mate of in het geheel niet voorkiemen, zullen de opkomst en de knolzetting in het algemeen vertraagd worden en wel des te meer, naarmate we minder ver hebben voorgekiemd. De loofontwikkeling is wel forser dan na voorkiemen. Maar als het gewas normaal kan uitrijpen, is de opbrengst op lichtere gronden niet of nauwelijks lager dan bij goed voorkiemen. Op zware kleigrond geeft goed voorkiemen in de regel de hoogste opbrengst.

Een voorbeeld van beperkt voorkiemen zien we in fig. 20.4. Dit minder ver voorkiemen wordt vooral voor de normale teelt van consumptie-aardappelen en aardappelen voor de verwerkende industrie toegepast; in het algemeen dus voor een lang groeiseizoen.

Aan de andere kant moet het 'koud' uit de (mechanisch gekoelde) be-

Fig. 20.4 Beperkt voorgekiemde poters

waarplaats poten, dus zonder enige vorm van voorkiemen, sterk ontraden worden. Want zelfs bij volledig uitrijpen wordt de achterstand in opkomst dan niet meer ingehaald en de opbrengst blijft achter bij die van goed voorbehandeld pootgoed. Ook is 'koud' gepoot pootgoed soms gevoeliger voor het optreden van Fusarium en /of Rhizoctonia. Mechanisch gekoelde pootaardappelen moeten we voor het poten dan ook tenminste gedurende één week aan de omgevingstemperatuur blootstellen.

Als we goed voorkiemen, dan is het noodzakelijk dat we de kiemen laten afharden, zodat ze bij het poten een stootje kunnen verdragen en niet afbreken of beschadigd worden. Dit afharden gebeurt onder invloed van dag- of kunstlicht. In het algemeen kunnen we stellen dat we bij plaatsing in voldoende daglicht een betere afharding verkrijgen dan bij plaatsing in kunstlicht. Voor het afharden is het verder van belang dat we het pootgoed "luchtig" opstellen. De wind moet er doorheen kunnen.

Fysiologische ouderdom

Afhankelijk van de weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen en de

hoogte van de bewaartemperatuur, kan de fysiologische ouderdom in het voorjaar, ook bij hetzelfde ras, nogal uiteenlopen. Door warm bewaren, eventueel gecombineerd met afkiemen, kunnen we een fysiologisch zeer oude knol krijgen.

In het verleden heeft men altijd gedacht dat degeneratie van pootgoed het gevolg was van aantasting door virusziekten of door ongunstige klimaat- of cultuuromstandigheden tijdens de groei en knolvorming. Meer en meer is men echter tot de conclusie gekomen dat ook de fysiologische conditie van de pootaardappelen een belangrijke rol speelt bij degeneratie. Los van de moederplant vertoont iedere knol namelijk zijn eigen karakteristieke groei, afhankelijk van het stadium van de levenscyclus waar de knol zich in bevindt. Het hangt namelijk van dat stadium af of de nieuwe kiemplant optimaal groeit. Het fysiologische stadium van de knol op een bepaald moment noemen we de fysiologische ouderdom. Die fysiologische ouderdom komt sterk tot uitdrukking in de mate van spruitontwikkeling bij het poten. In het veld reageren de diverse rassen echter zeer verschillend op hun fysiologische ouderdom.

Fysiologisch verouderde poters kunnen in het veld ook lagere opbrengsten te zien geven. Onder minder gunstige weersomstandigheden na het poten kunnen sterk verouderde, fysiologisch "versleten" poters een slechte opkomst geven door het optreden van onderzeeërs. Een versleten poter met onderzeeërvorming zien we in fig. 20.5.

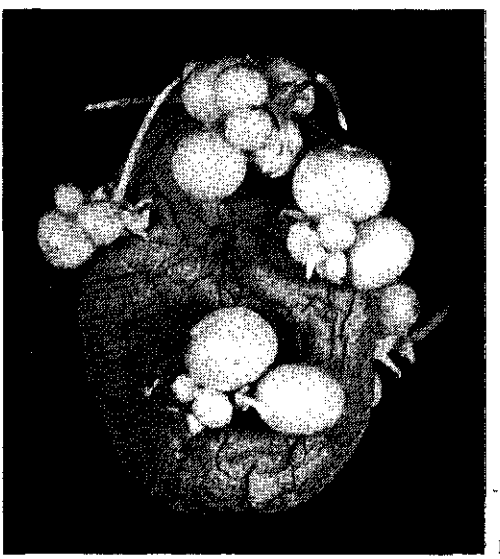


Fig. 20.5 Versleten poter met onderzeeërs

De fysiologische conditie van de pootaardappel wordt beïnvloed door de groei-omstandigheden. Maar méér nog door de bewaaromstandigheden.

Zo is vastgesteld dat een koude bewaring tijdens een flink deel van de bewaarperiode de fysiologische veroudering vertraagt. Licht heeft het zelfde effect.
In onderzoekkringen wordt gezocht naar een methode om de fysiologische ouderdom van pootaardappelen op een snelle manier te bepalen en ook naar bewaarmethodieken om de veroudering te beïnvloeden.

Aantal stengels

Het aantal stengels dat zich uit een poter ontwikkelt bepaalt in hoge mate de grofheid van sortering. Veel stengels betekent in het algemeen ook veel, maar minder grote knollen en omgekeerd. Bij de pootgoedteelt wensen we veel knollen van een niet al te grote maat. Hier moeten we dus streven naar veel stengels per m^2; men adviseert daarbij in de regel minstens 30 stengels per m^2. Bij de teelt van consumptie-aardappelen en aardappelen voor de verwerkende industrie verlangt men echter een grove sortering. Bij deze teelt zijn dus minder stengels gewenst; we streven in dat geval naar 15 tot 20 stengels per m^2.
Het aantal stengels per knol is sterk rasgebonden, maar door de methode van voorbehandeling kunnen we dit aantal enigszins beïnvloeden.
Wensen we weinig stengels, dan zullen we een matige tot hoge bewaartemperatuur moeten aanhouden (6 à 8 °C). Er ontwikkelt zich dan in eerste instantie gewoonlijk alleen een topspruit. Als we deze topspruit vroegtijdig afkiemen, dan zullen zich enkele zijkiemen gaan ontwikkelen. Een koude bewaring, gevolgd door een warmtestoot (18 à 20 °C), bevordert het ontstaan van veel kiemen en in doorsnee des te meer, naarmate die warmtestoot later in het bewaarseizoen, dus korter vóór het poten gegeven wordt. Deze eigenschap is teelttechnisch bezien hinderlijk, omdat we voor de pootgoedteelt goed moeten voorkiemen en we dus al vroeg met een warmtestoot moeten beginnen, nl. half/eind februari. Een warmtestoot kort voor het poten wordt daarom nog maar zelden toegepast.
Bij goed voorgekiemd pootgoed kunnen we een redelijke schatting maken van het aantal te verwachten hoofdstengels. Daartoe moeten we dan de goed ontwikkelde kiemen met wortelbeginsels tellen. De daarnaast op de knol aanwezige kleine kiemen kunnen we overslaan. Wanneer de kiemen nog erg klein zijn, b.v. na een warmtestoot, is een voorspelling van het aantal te verwachten hoofdstengels niet goed mogelijk.
Bij het poten treedt vaak kiembeschadiging op. Indien een enkele kiem geheel afbreekt, zal daarvoor geen nieuwe in de plaats komen. Breken alle kiemen af, dan ontwikkelen zich weer ongeveer evenveel nieuwe

kiemen, maar de groei van het gewas zal daardoor uiteraard vertraagd worden. Bovendien vormen de kiembreukplaatsen ideale invalspoorten voor diverse ziekteverwekkers. Indien het topje afbreekt, hetgeen een veel voorkomende kiembeschadiging is, dan zal dit in het algemeen bij een kleine kiem hetzelfde effect hebben als totaal afbreken. Betreft het echter een goed ontwikkelde kiem, dan zal een beschadiging van de top veelal een vertakking van de kiem tot gevolg hebben. Er ontstaan dan twee hoofdstengels; de ontwikkeling hiervan is echter trager en minder fors dan die van een niet-beschadigde kiem.
Volledigheidshalve merken we nog op dat we het aantal stengels per m^2 ook kunnen beïnvloeden door de potergrootte (een grotere knol geeft meer stengels) en uiteraard ook door de plantdichtheid. Onder gelijke omstandigheden ontwikkelen zich op lichte grondsoorten meer stengels dan op zware gronden.

Voorkiemmethoden voor de diverse teelten

Er zijn diverse methoden van voorkiemen bekend. Het zou te ver voeren ze hier alle uitvoerig te behandelen. Daarom volstaan we met de beschrijving van drie hoofdgroepen voor a) de zeer vroege consumptieteelt, b) de teelt van pootgoed en middelvroege consumptie-aardappelen en c) de teelt van consumptie- en fabrieksaardappelen.

a) Zeer vroege consumptieteelt

Voor deze teelt willen we met het voorkiemen slechts enkele goed ontwikkelde kiemen krijgen. We moeten het pootgoed vanaf de oogst tot november kiemvrij bewaren, losgestort of in zakken. Vervolgens moeten we de poters opslaan in poterbakjes bij temperaturen van 6 à 8 °C. Zodra de kiemen ca. 5 mm lang zijn, moeten we het pootgoed in dag- of kunstlicht verder voorkiemen.

b) Teelt van pootgoed en middelvroege consumptie-aardappelen

Ten behoeve van deze teelt streven we naar veel en goed ontwikkelde kiemen.
We moeten proberen het pootgoed, losgestort of in zakken, tot medio/eind februari kiemvrij te bewaren, bij voorkeur bij een temperatuur van 3 à 5 °C. Vervolgens moeten we de temperatuur vrij snel opvoeren naar 18 à 20 °C, dus: een warmtestoot geven. Bij erg traag kiemende rassen moeten we daar trouwens wat eerder mee beginnen. Alvorens de warmtestoot toe te dienen, moeten we eventuele topspruiten verwijderen.

Zouden we dat niet doen, dan zouden er minder spruiten uit de zij-ogen uitlopen. De duur van de opwarmingsperiode hangt sterk af van het ras; hij varieert van enkele dagen tot 1 à 2 weken. Zodra de meeste knollen één of meer witte puntjes van 5 mm lengte vertonen, moeten we de bewaartemperatuur verlagen naar 6 à 8 °C en het pootgoed tot de pootdatum in dag- of kunstlicht zetten om de kiemen te laten afharden. Minimaal is een afhardingsperiode van 4 tot 5 weken gewenst. Daarmee moeten we dus rekening houden met het oog op de aanvang van de warmtestoot en de geplande pootdatum.
Tijdens het toedienen van de warmtestoot moeten we er op letten dat er geen condensatie ontstaat. Nat-worden van fust en poters kan namelijk tot ongelijke kieming leiden. Zo nu en dan moeten we dus even ventileren.
Verdere bijzonderheden over het opwarmen vinden we in hoofdstuk 17.

c) Teelt van consumptie- en fabrieksaardappelen.

Hier behoeft het voorkiemen alleen te resulteren in het ontstaan van witte puntjes.
Voor de consumptie- en fabrieksaardappelteelt heeft een groot aantal kiemen, met als gevolg daarvan meer kleinere knollen, nogal wat bezwaren. Daarom wordt er voor deze teelt veelal een voorkiemmethode toegepast waarbij geen warmtestoot wordt gegeven. Het pootgoed voor deze bestemming wordt vaak in zakken of houten tons- of m^3-kisten in mechanisch gekoelde cellen bewaard. Voor een goede, regelmatige opkomst is het nodig dat het pootgoed bij het poten 'de ogen los' heeft, d.w.z. dat er kleine witte puntjes aanwezig zijn. Er is dan weinig kiembreuk bij het poten. Om dit zonder warmtestoot te bereiken, moeten we het pootgoed 3 à 4 weken voor het poten uit de bewaarcel halen of de koeling afzetten en de temperatuur in de cel langzaam tot 7 à 8 °C laten oplopen.
Deze opwarmingsperiode kan korter zijn indien er al een begin van kieming aanwezig is. Mocht het poten uitgesteld worden, dan zal de kieming toch niet zo vlug uit de hand lopen. En als we over een mechanisch gekoelde cel beschikken, dan kan het pootgoed eventueel daar nog weer worden ingebracht. Daarbij is het gewenst dat we een bewaartemperatuur van niet lager dan 5 à 6 °C aanhouden. Blijken de poters ongeveer een week voor het poten lange witte kiemen te hebben, dan kunnen we die in de regel het beste afkiemen. Bij het poten hebben zich dan wel weer 'witte puntjes' gevormd. Pootaardappelen met een ver gevorderde fysiologische ouderdom, kunnen we beter niet afkiemen zo kort voor het poten.

Indien, door wat voor omstandigheden dan ook, het koud (3 à 4 °C)

bewaarde pootgoed eerst kort voor het poten uit de cel wordt gehaald, moeten we proberen het pootgoed door een warmtestoot toch 'los' te krijgen. Zo'n warmtestoot kan dan tot enkele dagen beperkt blijven. In elk geval wordt het poten van 'koud' pootgoed sterk ontraden. Het geven van een warmtestoot is overigens wel wat riskant indien het poten moet worden uitgesteld; we kunnen de kieming dan moeilijk meer in de hand houden.
Er kunnen zich echter omstandigheden voordoen dat het poten langdurig, b.v. tot half mei of later moet worden uitgesteld. Pootgoed dat al een warmtestoot gehad heeft moeten we dan weer gaan koelen om de kieming in de hand te houden. Als het pootgoed in kistjes zit kunnen we de kiemen vrij taai en kort houden; bij poters die in zakken zitten is dat wel moeilijk.

Fust voor poters

■ *Poterbakjes*

Voor een goede voorkieming kunnen we de poters het beste onder goede beluchting in poterbakjes bewaren (zie fig. 20.6), zeker als het hoog-

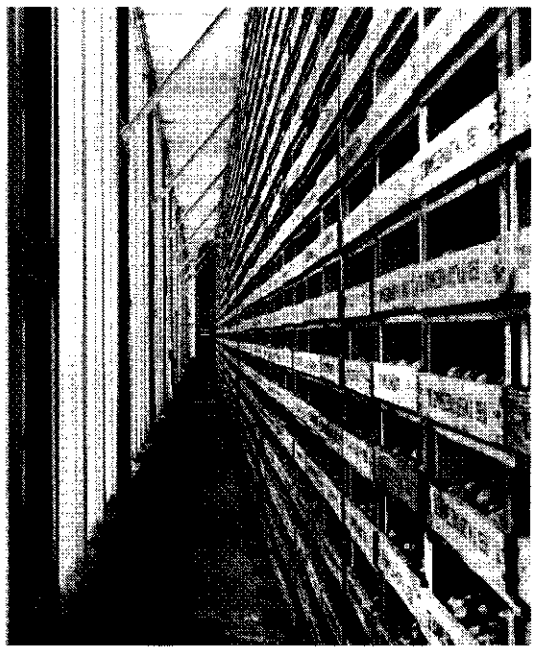


Fig. 20.6 Bewaring in poterbakjes

waardig pootgoed betreft. De knollen kunnen dan droog blijven. We kunnen het pootgoed in bakjes beter in de gaten houden en eventueel voorkomende rotte knollen pikken we er zo uit. Al met al kunnen we de kieming beter in de hand houden en als afkiemen nodig is, dan kan dat zorgvuldig gebeuren.

De poterbakjes kunnen van hout of van kunststof zijn. De bakjes mogen niet te vol zijn; we moeten niet meer dan 1½ à 2 lagen knollen in een bakje leggen. Tijdens het voorkiemen moet er voldoende dag- of kunstlicht kunnen toetreden om de gewenste afharding te verkrijgen en om te voorkomen dat de kiemen te lang worden. Het aantal naast elkaar staande rijen poterbakjes mag derhalve niet zo groot worden dat er plaatselijk te weinig licht komt. In het algemeen zullen we bij gebruik van daglicht tot drie à vier rijen aaneen kunnen gaan, vooropgesteld dat het daglicht onbelemmerd kan toetreden. Bij kunstlicht is maximaal twee rijen naast elkaar verantwoord.
De afharding kan plaatshebben in:

- een glazen poterbewaarplaats (fig. 20.7),
- een schuurkas (fig. 20.8),
- een schuur met veel transparante polyester platen,
- buiten in daglicht, onder transparant plastic folie (fig. 20.9),
- buiten op pallets of op landbouwwagens, al dan niet onder plastic folie (fig. 20.10),
- binnen in donkere ruimten voorzien van voldoende kunstlicht (fig. 20.11.): 1 TL-standaard per 4 à 5 m², 40 of 65 Watts lampen, kleur 33 of 57.

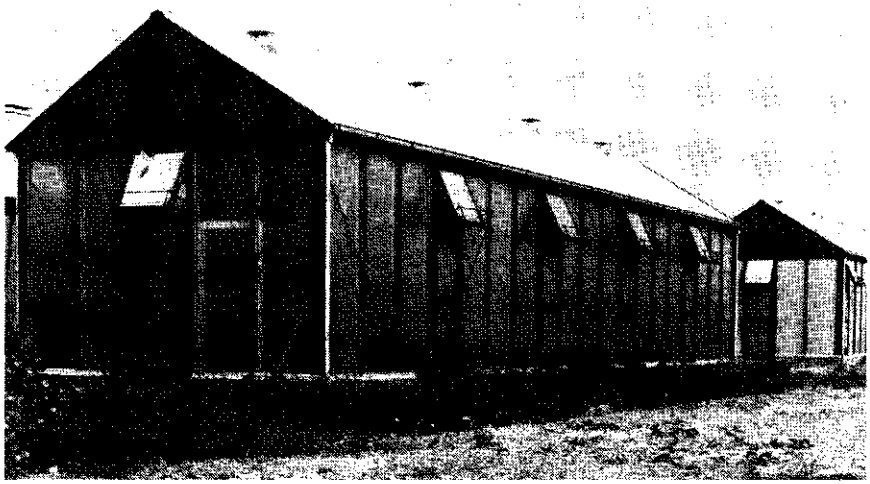


Fig. 20.7 Glazen poterbewaarplaats

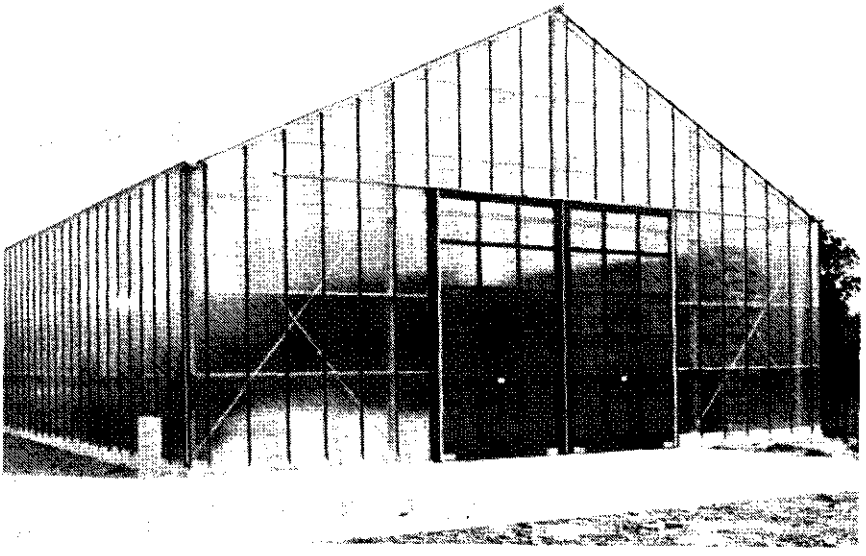
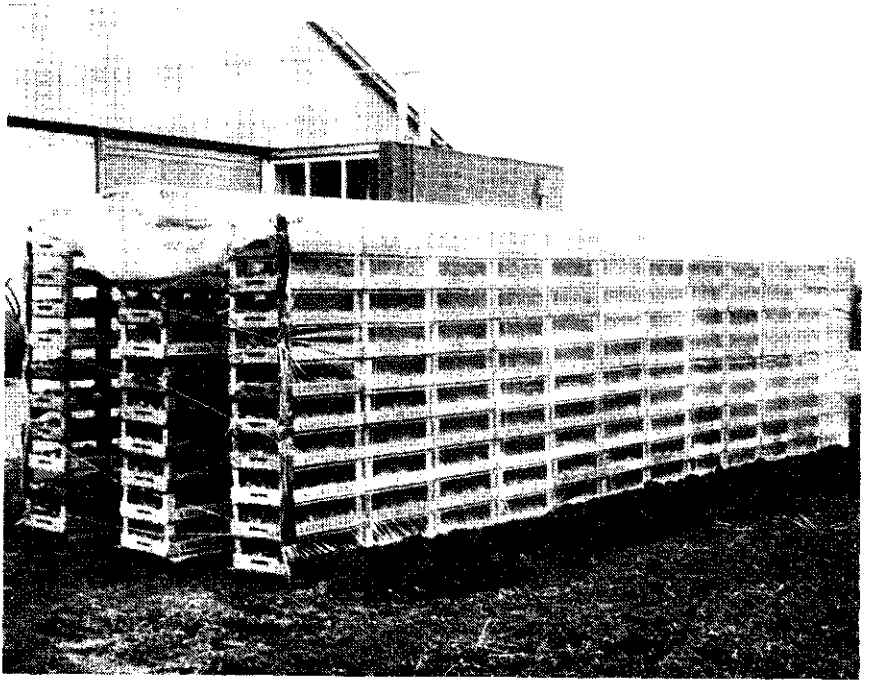


Fig. 20.8 Schuurkas

Fig. 20.9 Buiten voorkiemen, in daglicht, onder transparant plastic folie



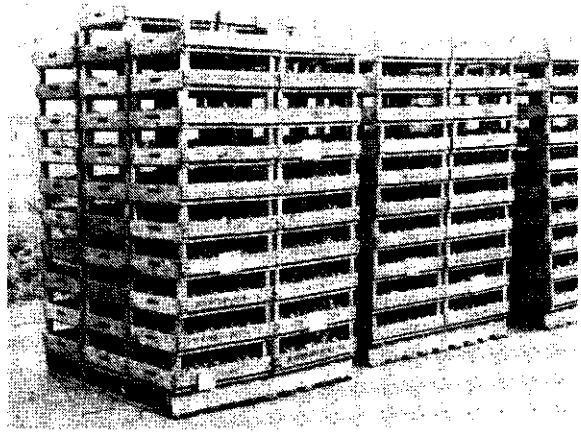
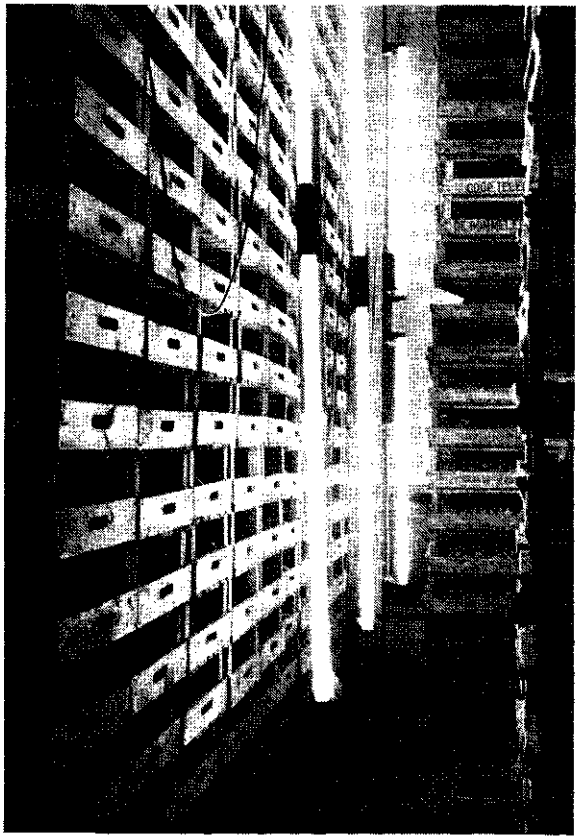


Fig. 20.10 Buiten voorkiemen op pallets

Fig. 20.11 Binnen voorkiemen bij kunstlicht



Bij gebruik van transparant plastic folie buiten, moeten we de poterbakjes in twee of drie rijen plaatsen, 40 à 50 cm van elkaar en 10 à 12 bakjes hoog. De lange zijden moeten steeds met dit folie bedekt blijven; de korte zijden blijven open en worden alleen gesloten bij ongunstig weer, b.v. nachtvorst. Als folie word aanbevolen: pvc van 0,15 mm dikte, dat vrij sterk is, of polyethyleen van 0,10 à 0,15 mm, maar dat scheurt bij veel wind nogal gauw. Het wapperen van het folie kunnen we tegengaan door netten of enkele stevige touwen rond de stapel aan te brengen. Deze methode is in het algemeen bruikbaar vanaf begin maart in Zuid-Nederland en langs de kust, en vanaf half maart in de rest van ons land. Indien we de korte zijden tijdig sluiten, b.v. aan het eind van de middag, kan een nachtvorst van -3 tot -4 °C geen kwaad aanrichten. Om te voorkomen dat de knollen bij hoge dagtemperaturen in de bovenste bakjes "gekookt" worden en anderzijds bij sterke nachtvorst na neerslag bevriezen, moeten we boven de twee of drie rijen poterbakjes een houten frame in dakvorm aanbrengen. Het daarboven gelegde plastic folie kan dan niet op de knollen in de bovenste laag kistjes komen en er blijft een zekere ventilatie aanwezig.

Indien we in kunstlicht voorkiemen, dienen we de TL-standaards zodanig op te stellen, dat er aan weerszijden van elke rij lichtbakken slechts één rij poterbakjes staat. Eventueel kunnen we op het aantal TL-buizen bezuinigen door deze elke dag te verplaatsen.

Het buiten voorkiemen in poterbakjes op laadborden of landbouwwagens heeft het voordeel dat we ze bij ongunstig weer naar binnen kunnen brengen. We moeten namelijk voorkomen dat het pootgoed langdurig vochtig blijft, omdat er dan wortelvorming kan optreden. Deze wortelvorming kan de opkomst ongunstig beïnvloeden wanneer er direct na het poten een periode van droog weer volgt.
Als de poters goed op de wind staan treedt er trouwens geen wortelvorming op.

■ *Kunststofzakken*

In principe is het ook mogelijk om in wijdmazige kunststofzakken voor te kiemen.
Deze methode vraagt echter veel aandacht. Het beste kunnen we de zakken op pallets of balken of zo buiten zetten, twee aan twee, schuin tegenover elkaar, zodat licht en lucht zoveel mogelijk kunnen toetreden. Om te bereiken dat alle poters regelmatig in het licht komen, moeten we de zakken enkele malen omzetten of overstorten. Als de kiemen onvoldoende afharden en te lang worden, ontstaat er echter veel kiembreuk bij het leegstorten van de zakken. Het voorkiemen in zakken wordt op grote

schaal toegepast door telers van consumptie-aardappelen en aardappelen voor de verwerkende industrie.

■ *Grote kisten*

Op een aantal bedrijven worden de poters voorgekiemd in houten kisten met een inhoud van 500 à 1000 kg. Het pootgoed wordt bij voorkeur vroeg gesorteerd en ontsmet en daarna aan een zgn. kistenwand met buitenlucht geventileerd, waarbij bewaartemperaturen van 5 à 8°C worden aangehouden. Zodra er kieming van enige betekenis optreedt, worden de kisten omgestort. Hierbij laat men met behulp van een heftruck, hefmast of voorlader, voorzien van een kistenkantelaar, de inhoud van de ene kist in de andere lopen.
Vele kiemen breken hierbij af of ze worden beschadigd. Het omstorten wordt herhaald zodra de kiemen weer 1 à 2 cm lang zijn. Wanneer er half februari nog geen kiemen aanwezig zijn, dan wordt er een warmtestoot gegeven. Slechts weinig kiemen overleven dit omstorten, maar díe het overleven worden op den duur taai. Bovendien vormen ze nogal wat zijscheuten, zodat het aantal stengels doorgaans niet minder is dan bij voorkiemen in poterbakjes. Gemiddeld blijven de opbrengsten nogal wat achter bij die van voorkiemen in poterbakjes, in ieder geval bij de pootaardappelteelt.
We moeten ons wel realiseren dat herhaaldelijk omstorten Fusariumrot tot gevolg kan hebben, doordat de schimmels via afgebroken kiemen de knollen kunnen infecteren. Indien er dan ook rotte knollen in de partij zitten, moeten we dit omstorten zeker achterwege laten. Anders worden er nog meer knollen aangetast. Als we bij de oogst of later de daarvoor aangewezen chemische middelen toegepast hebben, zal het gevaar voor een Fusariumaantasting echter klein zijn.

■ *Draadcontainers*

We hebben in Nederland ook enige ervaring opgedaan met de Blackburn kiemkist. Deze kist bestaat uit een raamwerk van hoekijzer, met daartussen gazen korven van 15 cm breedte. Tussen deze korven zit een open ruimte van ca. 8 cm breedte voor toetreding van licht. De kist kan ongeveer 500 kg pootaardappelen bevatten.
De lichttoetreding is echter onvoldoende, zodat op een deel van de knollen te lange witte kiemen ontstaan die gemakkelijk afbreken. Dat afbreken wordt nog bevorderd doordat de kiemen door de mazen van het gaas heen groeien.

Momenteel zijn er grote draadcontainers in ontwikkeling waarin 1 à 2 ton pootgoed kan worden voorgekiemd. Deze containers kunnen o.a. op een

bepaald type pootmachine worden meegenomen en tijdens het poten in de voorraadbunker worden gelost. We dienen uiteraard wel over een terreinheftruck te beschikken om zulke zware containers te kunnen vervoeren. In fig. 20.12 zien we zo'n draadcontainer.

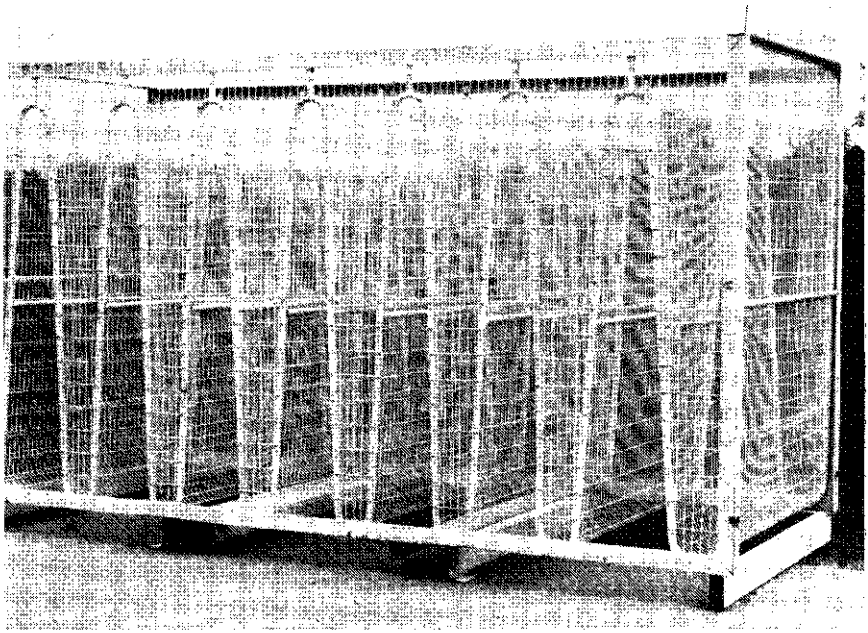


Fig. 20.12 Draadcontainer voor pootaardappelen

■ *Bulkzak*

Na de reeds eerder op de markt verschenen bulkzak voor export van consumptie-aardappelen, is er nu ook een bulkzak voor de bewaring van pootaardappelen.
De zak is vervaardigd van ultraviolet-bestendig polypropyleen en hij kan 700 kg poters bevatten.
In de bodem en de zijden van de zak zitten om de 10 cm ventilatiestroken van 2 cm breed. Deze stroken moeten voldoende ventilatie garanderen. Volgens de fabrikant blijkt het voorkiemproces in deze zak normaal te verlopen.
De zak is uitgerust met vier hijslussen en aan de onderkant zit een uitloopventiel met een diameter van 35 cm; dat is de zgn. "losslurf". Omstorten en lossen gebeuren door deze losslurf. De vier hijslussen maken het vullen van de bulkzak erg gemakkelijk. Door de hijslussen over de vorken van een heftruck te schuiven (zie fig. 20.13), wordt de zak

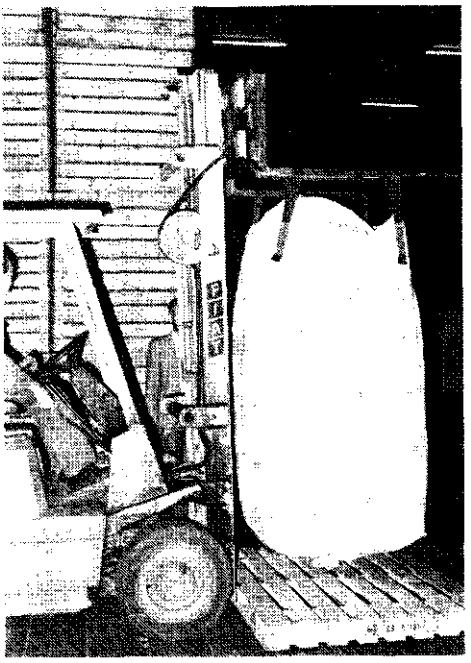


Fig. 20.13 Bulkzak voor bewaring van pootaardappelen

opengehouden en kan hij met behulp van een transportband of een zig-zag chute volgestort worden. De hijslussen en het uitloopventiel maken de zak ook geschikt voor dosering van de pootmachine.

BEDRIJFSHYGIËNE

Laten we bedenken dat we afkiemen zoveel mogelijk moeten voorkómen, omdat het vanuit bedrijfshygiënisch oogpunt ongewenst is. Door afkiemen krijgen schimmel- en bacterieziekten een kans om zich te verspreiden.
Nu is afkiemen niet altijd te voorkomen. Want niet iedere teler heeft de mogelijkheid om z'n pootgoed kiemvrij te bewaren. Ook kunnen we te maken hebben met erg kiemlustige rassen of partijen. Als we dus moeten gaan afkiemen, laten we het dan wel zorgvuldig doen, het liefst met de hand. Ook als is deze methode erg arbeidsintensief. Door met de hand af te kiemen beperken we zoveel mogelijk het versmeren van zieke of rotte knollen. Voor afkiemdoeleinden een poets- of borstelmachine inzetten kan dan ook alleen maar als de pootgoedpartij voor honderd procent gezond is. Indien we de poters met borstels bewerken, dan ontstaan er niet alleen wondjes van afgebroken kiemen, maar we veroorzaken ook

wondjes in de schil. Is de pootgoedpartij niet voor de volle honderd procent gezond, dan is poetsen of borstelen levensgevaarlijk! Ook al zit er maar hier en daar een rotte knol in de partij, dan zal de machine besmet raken en de ziektekiemen kunnen zich optimaal door de partij verspreiden.
Tussen de bewerking van verschillende partijen moeten we alle gebruikte machines en apparatuur grondig reinigen en laten drogen.
Bij omstorten lopen we in principe natuurlijk de zelfde risico's als bij poetsen en borstelen. Zitten er dus enkele of meer rotte knollen in de pootgoedpartij, dan moeten we niet omstorten.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1981. Bewaartechniek voor pootaardappelen. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 267.

ANONYMUS, 1983. NNZ ontwikkelt bewaarzak voor poters. De Pootaardappelwereld nr. 2 - september 1983.

ANONYMUS, 1984. Bedrijfshygiëne in de pootaardappelteelt. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 386

ANONYMUS, 1984. Tweemaal pootaardappelen in één jaar kan en mag óók. Boer en Tuinder 5 april 1984, pag. 59.

BUITELAAR, N., 1984. De invloed van lage bewaartemperaturen op de pootgoedkwaliteit. De Pootaardappelwereld, juni 1984.

ES, A. VAN, K.J. HARTMANS & C.P. MEIJERS, 1981. Wat doet het IBVL voor de pootaardappelsector? De Pootaardappelwereld, december 1981. IBVL-Publikatie 344.

GALIËN, M. VAN DER, 1984. Bewaring en voorbehandeling pootaardappelen. Boer en Tuinder 15 maart 1984.

LOON, C.D. VAN, 1985. Persoonlijke mededelingen.

MEEMS, J., 1977. Het ontsmetten van aardappelpootgoed in de IJsselmeerpolders. Bedrijfsontwikkeling 8 (1977) 1(januari)

MEIJERS, C.P., 1981. Chitting of seed potatoes. Storage of potatoes. Pudoc, Wageningen.

SCHEPERS, A., 1983. Pootaardappelen telen. Landbode 25 (1983) - pag. 17.

SCHEPERS, A., 1984. Zo mogelijk met de hand afkiemen. Boederij/Akkerbouw - 69 (1984) - 11 januari.

TOREN, G.A., 1982. Voorbehandeling van pootaardappelen. Landbouwmechanisatie 33 (1982) 3 (maart).

Hoofdstuk 21

BEDRIJSHYGIËNE

Bij bedrijfshygiëne denken we niet alleen aan het produkt zelf, maar ook en vooral aan alles waarmee dat produkt in aanraking komt. Dus aan alle dingen waarmee we het produkt met een besmetting kunnen opschepen. Bedrijfshygiëne is een bittere noodzaak. Dat geldt voor het totale akkerbouwbedrijf, maar vooral toch wel voor onze pootgoedteelt. Als we spreken over grondversleping, dan denken we in de eerste plaats aan zeefgrond en sorteergrond, die vrijkomt bij de bewerking van onze pootaardappelen.
En als we het hebben over het schoonspuiten van machines bij verhuizing van het ene perceel naar het andere, dan denken we in de eerste plaats aan de machines in de pootgoedlijn: de pootmachine, de rijenfrees, de spuitmachine, de looftrekker, de oogstmachines, sorteer- en leesapparatuur, fust, tot en met de bewaarplaats toe. Maar het is bijna weggegooid geld als we op de rest van ons bedrijf, bij de suikerbietenteelt of bij de uien- en graanteelt niet bedrijfshygiënisch denken en handelen. Bedrijfshygiënisch denken en doen moet dus betrekking hebben op het gehele complex van bedrijsactiviteiten. Er zijn ook bij de aardappelbewaring heel wat maatregelen te bedenken waarmee we voor binnen en buiten ons bedrijf de risico's van besmetting kunnen beperken. In de voorgaande hoofdstukken zijn verschillende van deze maatregelen al aan de orde geweest, maar voor de volledigheid, en vanwege het belang van de bedrijfshygiëne, zetten we ze nog eens op een rijtje.

Beschadiging voorkómen

De hoge mechanisatiegraad van onze aardappelproduktie brengt met zich mee dat onze aardappelen op vele momenten en plaatsen beschadigd kunnen worden. En beschadigingen zijn ideale invalspoorten voor ziektekiemen. We hebben daar in diverse hoofdstukken op gewezen.
Tijdens de bewaring moeten we het voorkómen van beschadiging vooral zoeken in valhoogten van minder dan 40 cm, bandsnelheden die niet hoger zijn dan 30 à 40 m per minuut en het gebruik van valbrekende materialen op plaatsen en werktuigen die daarvoor in aanmerking komen. Er mogen geen harde of scherpe onderdelen in onze transportketen voorkomen. Een constructeur heeft het eens zó uitgedrukt: ''we moeten aardappelen als eieren behandelen''!

Moederknollen uitsorteren

Oude, niet vergane poters vormen een bron van besmetting met bacteriën. Daarom moeten we ze voor het inschuren verwijderen. Het beste kunnen we ze al op de rooimachine uitzoeken.

Schimmelziekten bestrijden

Fusarium en zilverschurft zijn schimmelziekten waarmee de knollen al in de grond worden besmet. Tijdens de bewaring breidt de aantasting zich uit, vooral in de eerste weken na de oogst als de omstandigheden voor de schimmels gunstig zijn. Te weten een hoge relatieve luchtvochtigheid en een temperatuur boven de 4 °C.
In hoofdstuk 3 hebben we het al gehad over de toediening van chemische middelen. We kunnen ten aanzien van middelen en hun toepassing ook raadplegen: de "Handleiding voor de chemische bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden in landbouwgewassen".

Stortkegels vermijden

Bij het inbrengen van de aardappelen moeten we vermijden dat er stortkegels ontstaan. In stortkegels blijft de temperatuur langer op een hoger niveau en de knollen drogen er langzamer, met alle gevolg van dien.

De aardappelen drogen

De moderne oogstmethoden brengen met zich mee dat de aardappelen en gronddelen tussen het rooien en inschuren niet of nauwelijks kunnen drogen. Daarom moeten we na het inbrengen direct met droogblazen beginnen, ook al is de cel nog niet helemaal vol. Door de aardappelen te drogen, kunnen we de uitbreiding van Rhizoctonia en zilverschurft in belangrijke mate beperken en bovendien drogen o.a. door Phytophthora aangetaste knollen op. Partijen waar nog moederknollen in zitten moeten we ventileren totdat deze moederknollen opgedroogd zijn.

Wondheling

Na het drogen of na het inschuren van droge, schone knollen moeten we de aardappelen een week of twee met rust laten, om de wonden van het oogsten te laten helen. Daardoor beperken we de kans op besmetting

door Fusarium en Phoma.

Lezen en sorteren

Bij het sorteren ontstaan er dikwijls beschadigingen aan de knollen, invalspoorten dus voor bacteriën en schimmels. Dat betekent dat we, in ieder geval bij pootaardappelen, de zichtbaar rotte knollen vóór het sorteren uit de partij moeten halen. In dat geval dus eerst lezen en daarna sorteren.

Reinigen

De sorteer- en leesapparatuur, transportbanden, kisten, bunkers, ja de gehele bewaarplaats dienen we grondig schoon te houden.
Nadat we "zieke" of ook maar enigszins "verdachte" partijen hebben afgehandeld, moeten we onze apparatuur beslist reinigen. Dat valt vaak niet mee, maar het moet.
Vooral bij bunkersorteermachines zal het reinigen de nodige aanpassing vragen. Zo zullen we de zeven en valbrekers snel moeten kunnen demonteren. Is onze sorteerapparatuur verrijdbaar, dan kunnen we de schoonmaakbeurt op het erf uitvoeren, met een hogedrukreiniger (zie fig. 21.1).

Fig. 21.1 Sorteerapparatuur schoonmaken met een hogedrukreiniger

Motoren, schakelkasten, leidingen en contactdozen moeten natuurlijk waterdicht gemaakt zijn. Ook moeten we de waterstraal niet recht op de lagers richten.
Gereinigde apparatuur en kisten moeten uiteraard eerst drogen voor we ze weer kunnen gebruiken.
Voor afval moeten we apart gemerkt fust gebruiken.

Afvoer sorteer- en zeefgrond

Bij het inschuren van 1 ha pootaardappelen komt gemiddeld zo'n 10 m^3 grond vrij. Ongeveer 3 m^3 sorteergrond en circa 7 m^3 zeefgrond. Ook komt er grond vrij bij het reinigen van de bewaarplaats, b.v. uit ondergrondse luchtkanalen. In sorteergrond, maar ook in zeefgrond, komt in geval van besmetting een veel hogere concentratie schadelijke ziektekiemen en aaltjes voor dan in de bouwvoor. Bovendien kan de grond in geval van consumptie-aardappelen poedervormige kiemremmingsmiddelen bevatten. Daarom is het ten zeerste af te raden dat we die grond terugbrengen naar het perceel van herkomst. We moeten op de één of andere manier die grond dus onschadelijk zien te maken. Daar zijn verschillende mogelijkheden voor.

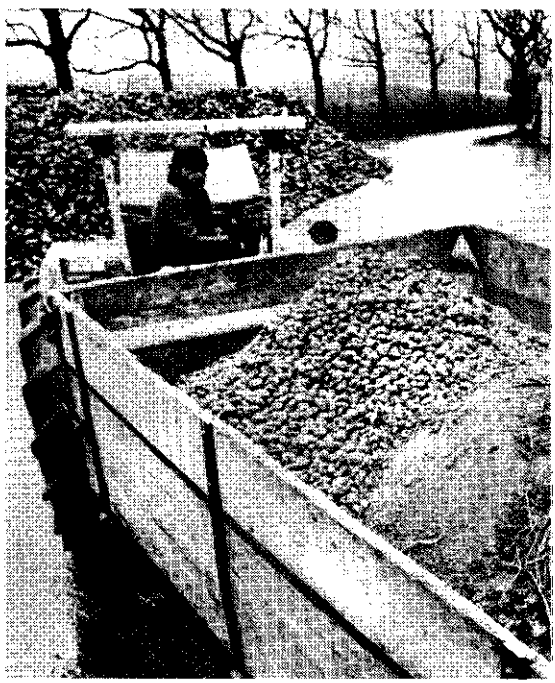


Fig. 21.2 Afvoer van uitgesorteerde knollen en zeefgrond

■ *Naar vuilstort*

In veel gemeenten kunnen we met de sorteer- en zeefgrond op de gemeentelijke vuilstortplaats terecht. Maar dat kost veel geld, waar we dan ook de transportkosten nog bij moeten tellen.

■ *Stomen*

Door stomen van de grond worden de schadelijke organismen in die grond gedood. Stomen wordt uitgevoerd met een mobiele installatie, die in principe van bedrijf tot bedrijf gaan kan. De grond wordt gedurende 1 uur op een temperatuur van minimaal 70°C gehouden. Na behandeling kunnen we de grond zonder meer naar het perceel van herkomst terugbrengen. Echter: ook stomen kost tamelijk veel geld, omdat een stoominstallatie nogal wat energie gebruikt.

■ *Begraven*

Sommige telers begraven hun sorteer- en zeefgrond. Op het eigen erf wordt dan een gat gegraven van zeg 1,5 m diep, waarin dan een 1 m hoge laag zeef- en sorteergrond wordt gestort. Voor de laatste halve meter wordt dan grond gebruikt die uit het gat gekomen is. De rest van de grond, die uit het gat gehaald is, gaat dan naar het veld.
Het voordeel van deze methode is dat de sorteer- en zeefgrond amper getransporteerd behoeft te worden; we kunnen dus onderweg geen besmette grond verliezen. Ook is deze methode goedkoop. De enige kosten bestaan uit het huren van een kraan.

■ *Andere methoden?*

Andere "begraaf"-methoden moeten ontraden worden. We denken dan b.v. aan het dempen van een oude sloot. Is zo'n sloot namelijk op een moment helemaal vol, dan wordt de grond vaak weer bij een perceel getrokken en dan zijn we weer even ver van huis.

LITERATUUR

ANONYMUS, 1984. Bedrijfshygiëne in de pootaardappelteelt. Ministerie van Landbouw en Visserij. Vlugschrift voor de Landbouw nr. 386.

LOON, C.D. van & W. Th. RUNIA, 1983. Stomen van sorteergrond van aardappelen. Verslag nr. 11. Proefstation voor Tuinbouw onder Glas te Naaldwijk en Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond te Lelystad.

VERMEER, A., 1983. Bedrijfshygiëne, een bittere noodzaak. Bedrijfsontwikkeling 14 (1983) pp. 165-169.

Hoofdstuk 22

EEN AARDAPPELBEWAARPLAATS OPZETTEN

Als we een aardappelbewaarplaats willen gaan bouwen, dan komt daar het nodige teken- en rekenwerk voor kijken. In diverse hoofdstukken hebben we gezien hoe we de doorsnede van luchtverdeelkanalen, de ventilatorcapaciteit e.d. berekenen. Nu kunnen we dat rekenwerk het beste overlaten aan deskundigen. Waar we die deskundigen kunnen vinden, zien we aan het eind van dit hoofdstuk.

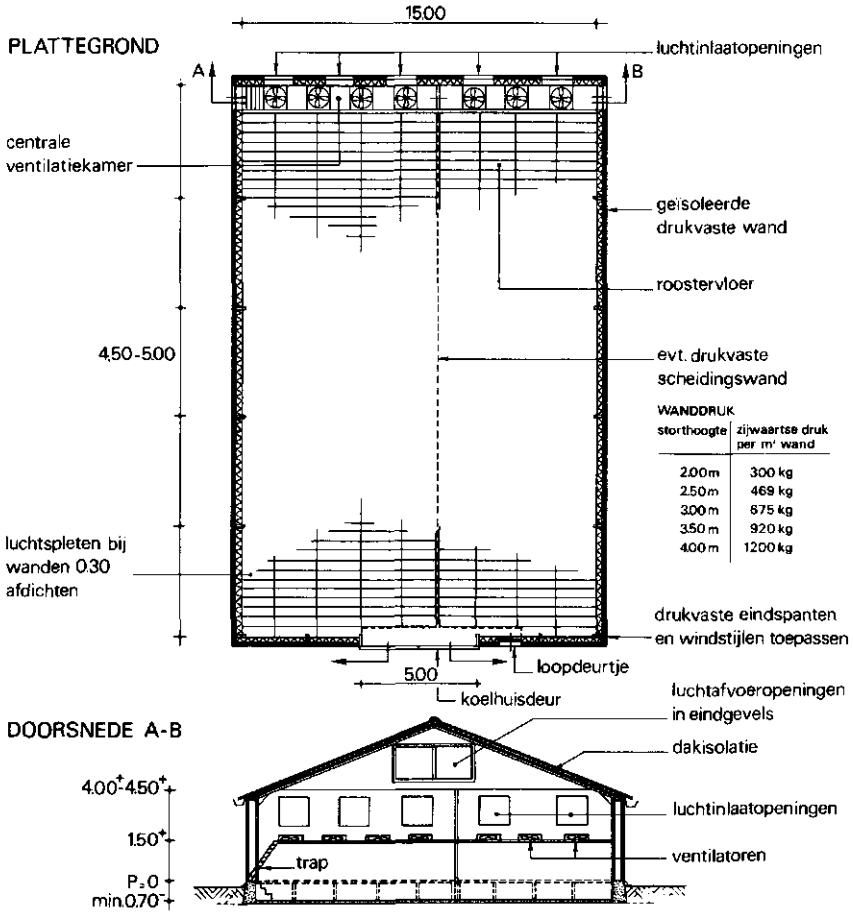


Fig. 22.1 Bewaarplaats met roostervloer, voor max. 900 ton aardappelen

Om er toch een idee van te krijgen hoe een aardappelbewaarplaats opgezet wordt, en wat voor investeringen en kosten daar globaal mee gemoeid zijn, zetten we in dit hoofdstuk nog even enkele dingen onder elkaar. We hanteren daarbij allereerst figuur 22.1.

Berekeningen/dimensioneringen

Het gaat in dit voorbeeld om een mechanisch gekoelde bewaarplaats met roostervloer, voor maximaal 900 ton aardappelen.
De centrale ventilatiesluis is tegen de eindgevel geplaatst. Eventueel kunnen we in deze bewaarplaats één of meer drukvaste scheidingswanden aanbrengen, waardoor we meer partijen kunnen bewaren. De luchtaanvoeropeningen zijn in de eindgevel aangebracht. Dus om luchtvermenging te voorkomen, moeten de luchtafvoeropeningen in de voorgevel gesitueerd zijn.
De bewaarplaats heeft een lengte van 21,5 meter, een breedte van 15 meter en een zijwandhoogte van 4,5 meter. We storten de aardappelen 3,5 meter hoog, zodat we totaal 1129 m^3 aardappelen kunnen bergen, met een gewicht van 734 ton. We willen in deze bewaarplaats pootaardappelen gaan bewaren, met mechanische koeling. Direct na drogen en wondheling sorteren we de aardappelen bij 10 °C en we koelen ze in 14 dagen tot 4 °C.

■ *Isolatie*

We voeren de wanden uit in 20 cm dikke gasbetonplaten, voorzien van 5 cm polyurethaanschuim. De wanden hebben daardoor een isolatiewaarde van k = 0,35 W/m^2.K.
Het dak isoleren we met 15 cm dikke polystyreenplaten, waardoor het dak een isolatiewaarde heeft van k = 0,16 W/m^2.K. De bewaarplaats heeft nu een gemiddelde k-waarde van 0,26 W/m^2.K.

■ *Koelcapaciteit*

Uitgaande van een buitenluchttemperatuur van 10,7 °C, een aardappeltemperatuur van 10 °C bij aanvang van het koelen, een koeltijd van 14 dagen bij een maximale draaitijd van 10 uur per etmaal, moet de koelmachine een totale capaciteit hebben van 63,2 kW.

■ *Ventilatiecapaciteit*

 We hebben zeven ventilatoren in de luchtsluis. De totaal benodigde

hoeveelheid lucht per uur rekenen we als volgt uit:

lengte × breedte × storthoogte × luchthoeveelheid per m^3 aardappelen per uur =
$21{,}5 \times 15 \times 3{,}5 \times 100 = 112875\ m^3$ bij een tegendruk van 150 Pa.
Per ventilator hebben we dus een capaciteit nodig van:
$\frac{112\ 875}{7} = 16\ 125\ m^3$ per uur bij een tegendruk van 150 Pa.

■ *Ventilatiesysteem*

Nu het ventilatiesysteem. Bij een roostervloer worden de luchtkanalen aansluitend naast elkaar gelegd, zonder onderlinge afstand aan te houden. We willen bij de kanaalingangen een luchtsnelheid aanhouden van 5 meter per seconde; de vereiste totale doorsnede van alle luchtkanalen samen bereken we als volgt:

$$\text{totale kanaaldoorsnede in } m^2 = \frac{\text{capaciteit ventilator per uur}}{\text{luchtsnelheid per uur}} = \frac{112875}{5 \times 3600} = 6{,}27\ m^2$$

Maken we negen luchtkanalen, dan moet ieder kanaal een doorsnede hebben van

$$\frac{6{,}27}{9} = 0{,}70\ m^2$$

De kanalen worden afgedekt met betonnen roosterplaten. In die platen of tussen de platen zitten ventilatiespleten met een onderlinge afstand van maximaal 20 à 30 cm.
Als we bij deze uitblaasopeningen een luchtsnelheid van 4 meter per seconde willen realiseren, dan berekenen we als volgt de totale oppervlakte van alle ventilatiespleten:
totale oppervlakte ventilatiespleten in m^2 =

$$\frac{\text{capaciteit ventilatoren per uur}}{\text{luchtsnelheid per uur}} = \frac{112\ 875}{4 \times 3600} = 7{,}84\ m^2.$$

Bij een netto spleetbreedte van 2 cm moet er dan netto 392 strekkende meters spleet in de vloer worden aangebracht.
Omdat ongeveer tweederde van de spleetoppervlakte met aardappelen is bedekt, moeten we de spleetlengte twee- à driemaal zo groot maken; dus: 784 à 1176 m. Bij een onderlinge afstand tussen de spleten van iets minder dan 25 cm, komen we dan aan 80 spleten met een lengte van 13 m elk; totaal ca. 1040 m.

■ *Luchtaan- en -afvoeropeningen*

Dan de aan- en afvoeropeningen voor de ventilatielucht. Bij de luchtaan-

voeropeningen willen we een luchtsnelheid van maximaal 5 m. De totale oppervlakte van de aanvoeropeningen wordt dan:

$$\frac{\text{capaciteit ventilatoren per uur}}{\text{luchtsnelheid per uur}} = \frac{112\,875}{5 \times 3600} = 6{,}27 \text{ m}^2.$$

Als we vijf aanvoeropeningen maken, dan moet elke opening een nettooppervlakte hebben van $\frac{6{,}27}{5} = 1{,}25$ m². Op de zelfde wijze berekenen we de oppervlakte van de luchtuitlaatopeningen; alleen houden we dan een luchtsnelheid aan van 4 meter per seconde.

■ *Hoofdkanaal*

Voor een goede luchtverdeling vanuit de centrale ventilatiesluis, die als hoofdkanaal fungeert over alle aangesloten luchtkanalen, moet de doorsnede van de ventilatiesluis gelijk zijn aan of groter zijn dan de doorsnede van alle luchtkanalen samen. In dit geval dus minimaal 6,27 m². In de ventilatiesluis kan de ingang van elk luchtkanaal worden afgesloten. Op die manier kunnen we, indien dat wenselijk is, de ventilatie per sectie van de bewaarplaats oftewel per aardappelpartij afzonderlijk regelen.

■ *Kostenraming*

Dan nog een globaal idee van de kosten van het gebouw uit fig. 22.1, met een opslagcapaciteit van maximaal 900 ton aardappelen. De kostenraming heeft alleen betrekking op het gebouw; dus onderbouw, bovenbouw, binnenbouw, inrichting en installaties.
Zaken als de koelinstallatie zijn er niet bij inbegrepen. Op grond van een aantal gegevens zoals storthoogte, luchtverdeelsysteem e.d., én op basis van een bepaalde bouwtechnische keus ten aanzien van onderbouw, bovenbouw e.d., komt er in dit geval een globale prijs uit de bus van ca. *f* 370,-- per ton aardappelen aan investeringen en van ca. *f* 45,-- per ton aardappelen aan jaarlijkse kosten (op annuïteitsbasis).
Deze bedragen geven uiteraard niet meer dan een idee. Er zijn namelijk vele variaties mogelijk, zowel ten aanzien van opslagcapaciteit, storthoogte, ventilatiesysteem als ten aanzien van de bouwtechnische uitvoering.

■ *Bewaarplaatsen*

Dan kijken we vervolgens nog even naar de figuren 22.2 en 22.3. In figuur 22.2 zien we ongeveer zo'n bewaarplaats als in fig. 22.1. Alleen bevindt de centrale luchtaanvoersluis zich nu langs een zijgevel van de bewaarplaats. De luchtkanalen staan dan haaks op de lengterichting van het

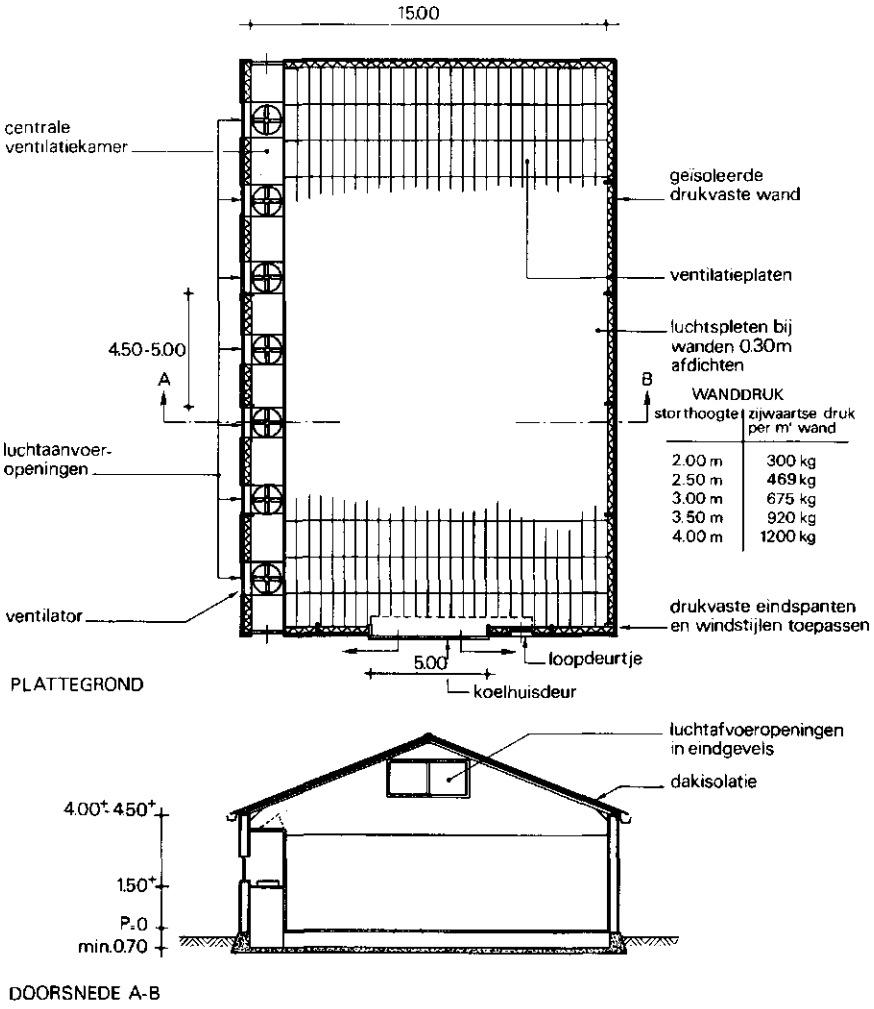


Fig. 22.2 Bewaarplaats met roostervloer, voor max. 850 ton aardappelen

gebouw. Doordat de roostervloer bij het inschuren in feite per luchtkanaal wordt gevuld, kunnen we in deze bewaarplaats snel met ventileren beginnen, zonder dat we kanalen behoeven af te dekken of af te sluiten. Een nadeel van deze bewaarplaats is wel dat hij eigenlijk alleen geschikt is om er één grote partij aardappelen in op te slaan. Want we kunnen in dit gebouw niet afzonderlijk méér partijen ventileren en bereiken.
Omdat deze bewaarplaats, net zoals die in fig. 22.1 een betrekkelijk kleine inhoud heeft, behoeft er alleen maar dakisolatie aangebracht te worden; een plafond is niet nodig.

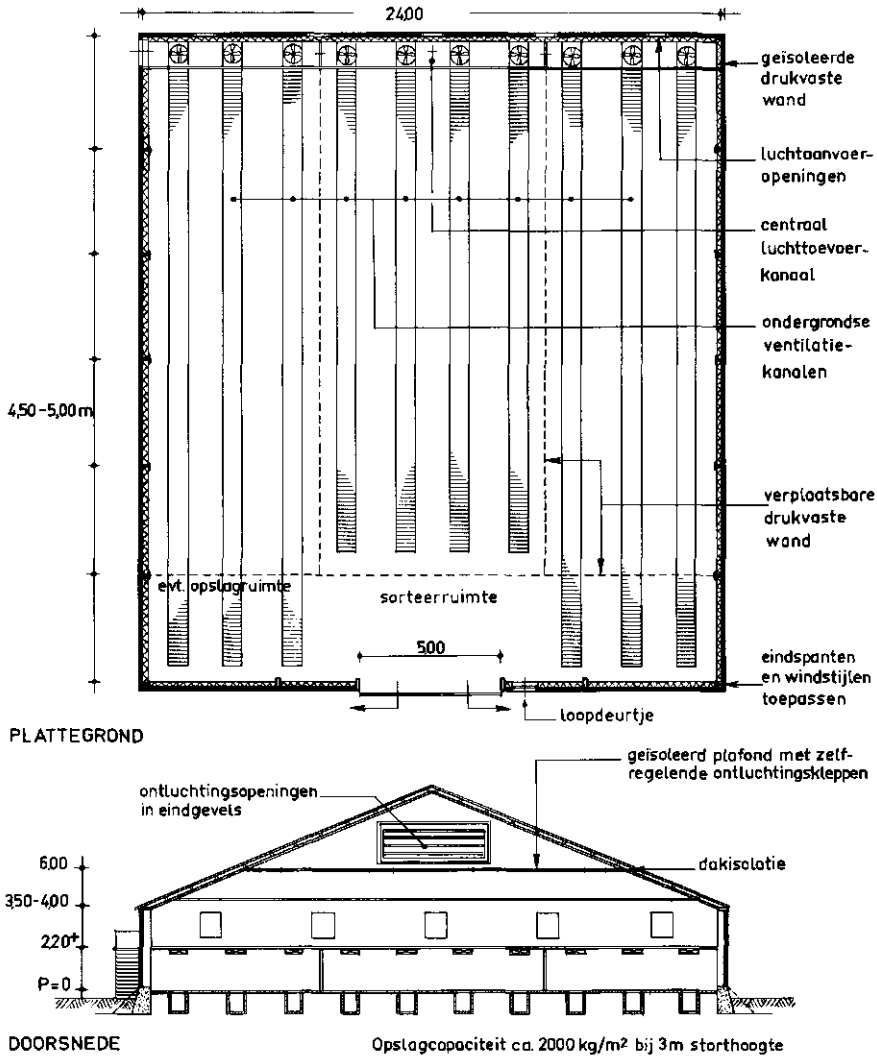


Fig. 22.3 Bewaarplaats met ondergrondse ventilatiekanalen, voor max. 1000 ton aardappelen

Dan de bewaarplaats in fig. 22.3. Dit is een bewaarplaats voor ca. 1600 ton aardappelen. Een centraal luchttoevoerkanaal, het hoofdkanaal dus, en ondergrondse luchtkanalen zorgen voor de ventilatie van de aardappelen. Door drukvaste tussenwanden te plaatsen, kunnen we meerdere partijen opslaan. Om de inhoud van de bewaarplaats te beperken, is een geïsoleerd plafond aangebracht met zelfregelende ontluchtingskleppen.

 De afstand tussen de kanalen moet beperkt blijven tot 0,8 maal de

storthoogte. Storten we 3,5 m hoog, dan moet de afstand tussen de kanalen niet meer dan 2,8 m hart op hart bedragen.
De kanaaldoorsnede bereken we als volgt:

$$\text{kanaaldoorsnede in m}^2 = \frac{\text{capaciteit ventilator per uur}}{\text{luchtsnelheid per uur}}$$

Voor een goede luchtverdeling over alle aangesloten verdeelkanalen moet de doorsnede van het hoofdkanaal, het centrale luchtaanvoerkanaal in dit geval, gelijk zijn aan of groter zijn dan de doorsnede van alle zijkanalen samen.

Op de volgende pagina's staan nog enkele afbeeldingen van bewaarplaatsen.

■ *Advisering*

Wie kunnen ons nu adviseren t.a.v. de bewaring van aardappelen?
In de eerste plaats de bedrijfsvoorlichters en specialist(en) bij de diverse Consulentschappen voor Akker- en Tuinbouw in de regio. Vervolgens de Consulentschappen in Algemene Dienst voor Kwaliteit en Bewaring van Akker- en Tuinbouwprodukten en voor Bedrijfsuitrusting in de Akker- en Tuinbouw, beide te Wageningen.En tenslotte kunnen we ons licht opsteken bij het IBVL te Wageningen.

LITERATUUR

CAD-KB, tekeningen van aardappelbewaarplaatsen

RASTOVSKI, Ir. A., 1985. Persoonlijke mededelingen

SWIERSTRA, D. en J.H. VAN OOYEN, 1984. Bouwkostenramingen van aardappelbewaarplaatsen met behulp van de computer. (Niet gepubliceerd).

TOREN, Ing. G.A., 1985. Persoonlijke mededelingen

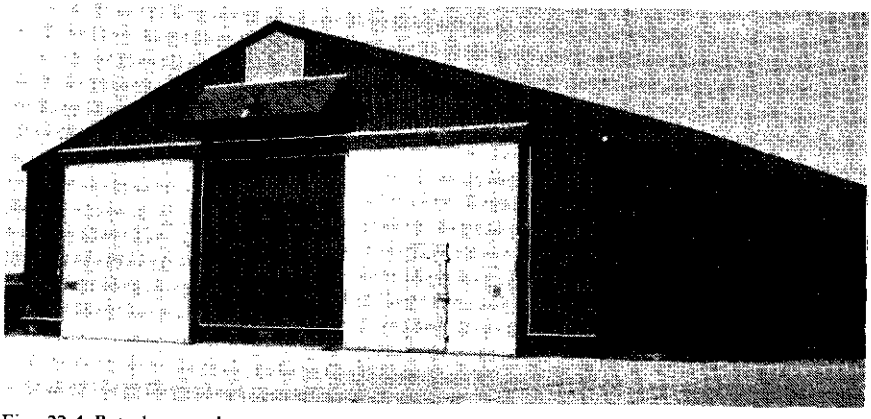


Fig. 22.4 Poterbewaarplaats

Fig. 22.5 Bewaarplaats voor consumptie-aardappelen

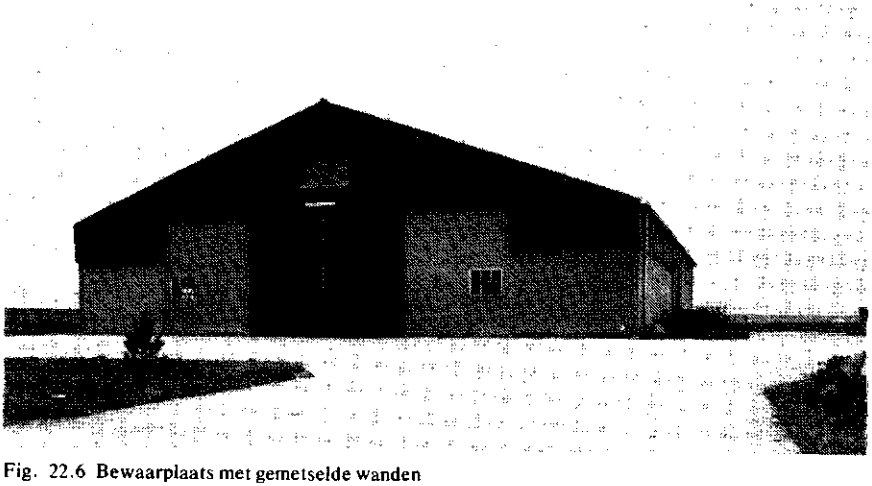


Fig. 22.6 Bewaarplaats met gemetselde wanden

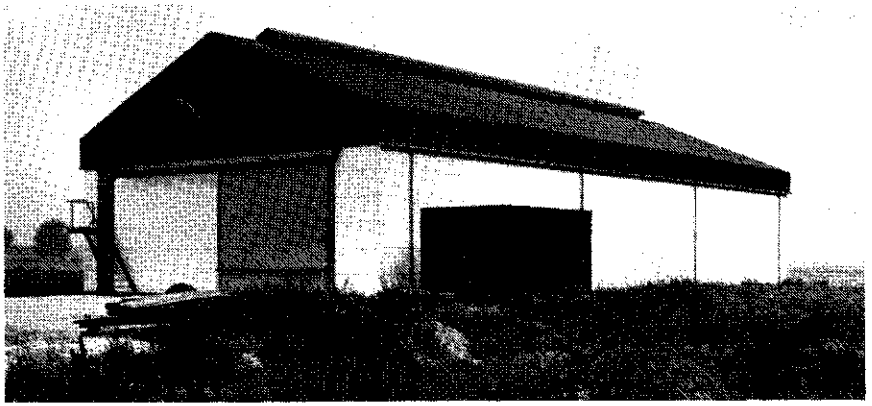


Fig. 22.7 Uitvoering met wandplaten van gasbeton en nokontluchting

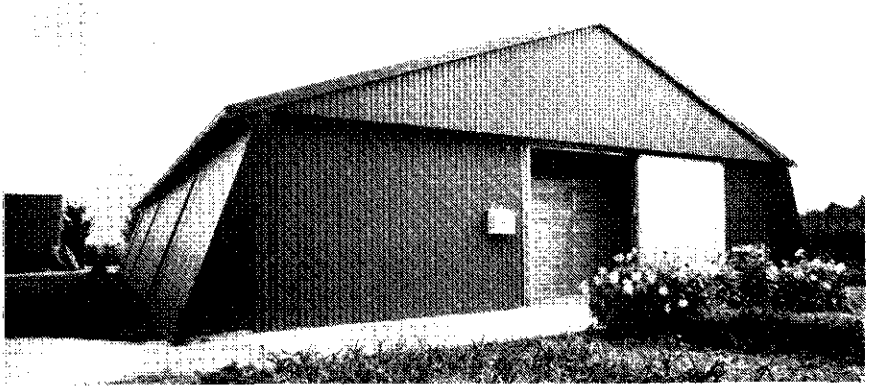


Fig. 22.8 Aluminium gevelplaten

Fig. 22.9 Stalen, geïsoleerde sandwich-panelen

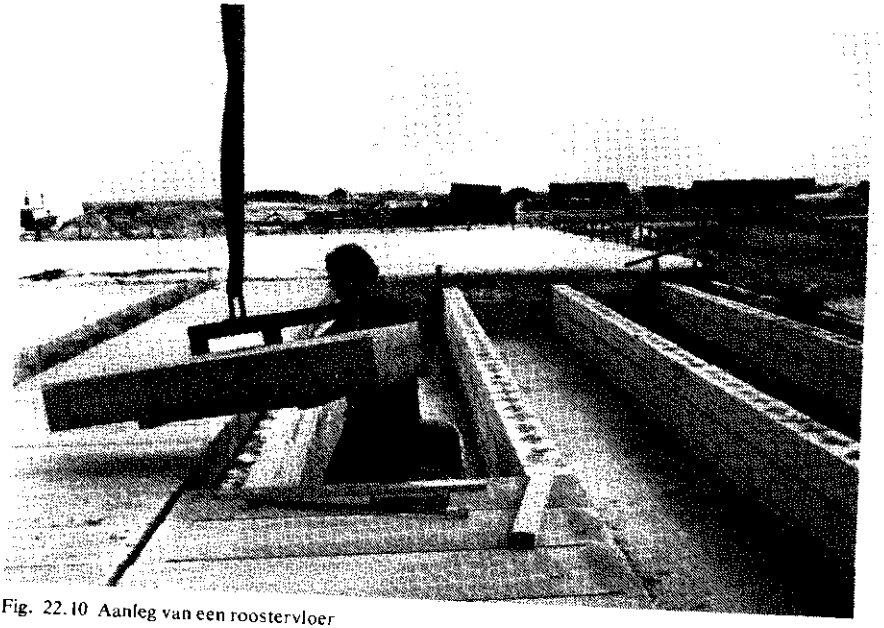


Fig. 22.10 Aanleg van een roostervloer

Fig. 22.11 Bewaarplaats in aanbouw; ondergrondse ventilatiekanalen

TREFWOORDENREGISTER

De pagina's die achter de trefwoorden staan zijn de pagina's waar de belangrijkste behandeling van de betreffende onderwerpen plaatsvindt.

aardappelmot 55
aardappelprodukten 19, 107, 190
aardappelziekte 43
ademhaling 35 e.v.
ademhalingsverliezen 39 e.v.
ademhalingswarmte 39
afkiemen 265 e.v.
afzuigventilator 27
automatisering 144, 146, 147

bandsnelheid 168
bedrijfshygiëne 275, 277-281
beschadiging 38, 61, 168, 183, 229
bewaartemperaturen 78, 203
bewaarverliezen 31 e.v., 85
bewaarvoorzieningen 77
bewaarziekten 43 e.v., 169
blauw 63 e.v.

chipsaardappelen 14, 19
CIPC/IPC 188 e.v.
computer 144, 147
condensatie 23 e.v., 91 e.v.
condensatiebestrijding 27, 28, 93
conservering 103, 104

dak 101
dakventilator 28
dampdrukverschil 39, 40, 205
dauwpunttemperatuur 24
dimensioneringen 125 e.v., 284 e.v.
doorwas 68
drogeboltemperatuur 25
drogestofgehalte 14 e.v.
drogen 199
droogaardappelen 14, 19
droogblazen 199, 202
druk(lucht) 123
drukkleppen 151, 153
drukplekken 66, 67, 157
drukverlies 113

ethyleen 166, 261

fabrieksaardappelen 81
fritesaardappelen 14, 19, 190
fusarium 49
fust 268
fysiologische ouderdom 263

gassen 195
gebreken 61 e.v.
geforceerde ventilatie 106 e.v.
gelijkedoorsnedekanaal 126
gelijkedrukkanaal 124
gewichtsverliezen 41, 261
glazigheid 68
groen 17, 244
grond 168

hogedrukreiniger 164
hoofdkanalen 127, 286
horizontale ventilatie 136
huidirritatie 189

inbrengsystemen 170 e.v.
inschuren 167 e.v.
intern ventileren 108, 195
investering 286
IPC/CIPC 188 e.v.
isolatie 91 e.v., 284
isolatiematerialen 93
isolatiewaarde 92, 95

kanalen 121 e.v., 285
kieming 20
kiemremming 187 e.v.
kiemremmingsmiddelen 188 e.v.
kiemrust 20
kistenbewaring 88
kleppen 151, 153
koelcapaciteit 109, 284
koelen 203 e.v.
koelhuisdeur 101
koelinstallatie 111
koolzuurgehalte 22, 215
kuilbewaring 81 e.v.
kwikdompelbad 257

laden 226
leeghalen 219 e.v.
lezen 234 e.v.
luchtaanvoeropening 135, 285
luchtafvoeropening 136, 285
luchtbevochtiging 157 e.v.
luchtkanalen 121 e.v., 285
luchtsnelheid 123 e.v., 205
luchtverdeelsystemen 127 e.v.
luchtverhitters 214

luchtverplaatsing 123
luiken 135

mechanische koeling 108, 147
micro-processor 144, 146
moederknollen 72

natrot 54
natteboltemperatuur 25
natuurlijke trek 81, 105

omstorten 273
onderwatergewicht 15
onderzeeërs 264
ontsmetten 257
opschepmachine 223
opvangdoseerbak 171
opvoerband 172
opwarmen 211 e.v.

phoma 52
phytophthora 43
plafond 101
plafondventilator 28
poederbrand 189
poederen 189 e.v.
pootaardappelen 257 e.v.
produktbescherming 56 e.v.
psychrometer 25

reconditionering 19
reducerende suikers 17 e.v.
relatieve luchtvochtigheid 23, 201
residuen kiemremmingsmiddelen 189
rhizoctonia 48
rijpheid 37
roostervloer 129, 283

schil 13, 36, 40
soortelijk gewicht 16, 70
sorteergrond 280
sorteren 227 e.v.
storthoogte 88, 169, 202
stortkegel 167

tafelaardappelen 11, 78, 203
temperatuurmeting 139 e.v.
temperatuurregeling 139 e.v.
temperatuurvoeler 142
thermometers 140
thermostaten 142
transportband 133, 223

valhoogte 168
ventilatiecapaciteit 114
ventilatoren 113 e.v.
ventileren 121 e.v.
verdamper 110
verdamping 39 e.v.
verdeelkanalen 127
verkurking 184
vernevelapparatuur 59, 193 e.v.
verpakken 244 e.v.
verstikking 72, 215
vloerbelasting 103
vloeren 103
vochttransport 40, 205
vochtverliezen 39
voorkiemen 261 e.v.
vullen 167 e.v.

wandconstructies 96 e.v.
wanddruk 96
warmtetransport 39, 91, 204
waterdamp 39
waterzakken 70
weerhuisje 143
wondheling 183-185

zeefgrond 280
ziektebestrijding 43 e.v., 257
zijwaartse druk 96
zilverschurft 44
zoutwaterbadscheiding 70, 236
zuurstofgebrek 72, 74, 215
zuurstofgehalte 22, 74
zwarte harten 72
zwarte spikkel 46

VERANTWOORDING FIGUREN

- IAC: 1.5
- IBVL: 1.1; 1.2; 1.3; 1.4; 1.6; 1.7; 1.8; 3.6; 3.7; 3.9; 3.12; 3.14; 3.15; 3.16; 4.1; 4.2; 5.1; 5.2; 5.3; 6.2; 7.1; 9.1; 9.2; 9.4; 9.5; 9.6; 9.7; 9.12; 10.1; 10.2; 10.3; 10.7; 10.8; 10.9; 10.10; 10.11; 10.12; 10.13; 11.1; 11.2; 11.3; 13.1; 13.2; 13.3; 13.4; 13.7; 13.8; 13.9; 13.10; 13.11; 13.12; 13.13; 13.14; 14.1; 14.2; 15.1; 15.2; 15.3; 15.4; 16.1; 18.1; 18.2; 18.3; 18.4; 18.5; 18.6; 18.7; 18.8; 18.9; 19.1; 19.2; 19.3; 19.4; 19.5; 19.6; 19.7; 19.8; 19.9; 19.10; 19.11; 19.12; 19.13; 19.14; 19.15; 19.16; 19.17; 20.2; 20.3; 20.4; 20.5; 20.6; 20.7; 20.8; 20.9; 20.10; 20.11
- Michigan State University: 2.1
- Min. van L&V/CAD-KB: 1.9; 1.10; 3.10; 6.1; 6.3; 6.4; 6.5; 6.6; 6.7; 6.8; 6.9; 7.2; 7.3; 8.1; 8.2; 8.3; 9.3; 9.8; 9.9; 9.10; 9.11; 9.13; 9.14; 10.4; 10.5; 10.6; 12.1; 12.2; 13.5; 13.6; 15.5; 15.6; 15.7; 17.1; 20.1; 20.12; 21.1; 21.2; 22.1; 22.2; 22.3; 22.4; 22.5; 22.6; 22.7; 22.8; 22.9; 22.10; 22.11
- PD: 3.1; 3.2; 3.3; 3.4; 3.5; 3.8; 3.11; 3.13; 3.17
- Redaktie Aardappelwereld: 20.13
- TFDL: 2.2

Fotografie omslag: P. Stad (fotodiens: CABO)