

S P R E N G E R I N S T I T U U T

Haagsteeg 6, Wageningen

Tel.: 08370-19013

*(Publikatie uitsluitend met
toestemming van de directeur)*

Rapport no. 2022

Ing. O. Wiersma

TEMPERATUREN BIJ OPSLAG VAN STAPELGROENTEN IN
TENS PALLETKISTEN EN VOLMEGEWICHTEN
WIERINGERWERF 1976/'77

Uitgebracht aan de directeur van het Sprenger Instituut
Project no. 35, 78

174355

Inleiding

De belangstelling voor opslag van wortel- en knolgewassen in palletkisten neemt de laatste jaren sterk toe. In Noord-Holland worden palletkisten voor de bewaring van kool reeds op een flink aantal bedrijven toegepast, voornamelijk uit overwegingen van arbeidsbesparing en vergemakkelijking van de transporthandelingen.

De opslag vindt plaats in de gangbare koelcellen met vrije luchtcirculatie, (plafondkoelers) rondom de verpakkingen. Bij deze grotere eenheden zoals palletkisten in dit type koelcellen kan de koeling in het centrum van de kist problemen geven, doordat de koude (lucht) er onvoldoende toetreedt. Omhierover geïnformeerd te zijn, werden in het seizoen 1973/74 op de Proeftuin Wieringermeer temperatuurmetingen bij een viertal wortel- en knolgewassen in palletkisten uitgevoerd.

Deze waren van het type fruitkist, met afmetingen van 120x150x75 cm (60 cm inwendige hoogte) met dichte wanden en bodem.

Het criterium voor het beoordelen van de geschiktheid van de kist, en het betreffende produkt was dat het temperatuurverschil tussen het centrum van de kisten en de buitenkant niet veel groter mocht zijn dan ca 1°C.

Die resultaten zijn vermeld in rapport no. 1893.

De conclusies waren dat deze kist geschikt was voor rode biet en winterwortel, met enige reserve voor knolselderij en ongeschikt voor witlofwortel.

Eerste Proef

November-december 1976

Dit onderzoek werd evenals dat in 1973/74 en de tweede proef 1976-januari 1977 uitgevoerd in samenwerking met de heer G.J.M. Schroën van de proeftuin die een aantal waarnemingen verrichtte, en de heren B. van Zoest en M.J. Stienen van het Consultantschap voor de tuinbouw te Hoorn.

Opzet en uitvoering

In een koelcel op de proeftuin Wieringerwerf werden palletkisten met een vijftal bewaarprodukten gevuld en temperaturen gemeten.

De palletkist, een zogenaamde boxcontainer, was een prototype van de Fa. Halbertsma met afmetingen van 160x125x115 cm, inwendige hoogte 100 cm.

Het bruto volume afgeleid van de buitenwerkse afmetingen was 2,3 m³, de netto-inhoud binnenwerks 1,884 m³ en het eigen gewicht van de opzetcontainer ca 100 kg.

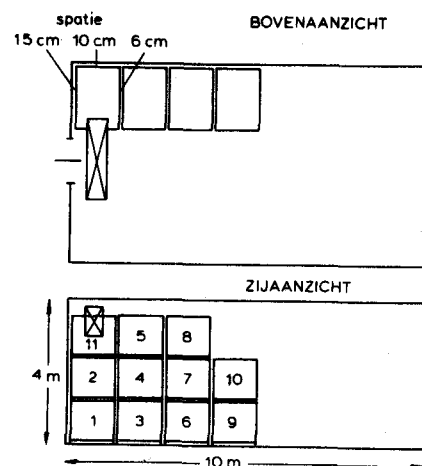
Deze opzetcontainer, bestaande uit een dubbeldeks, tweewegs pallet met een demontabele opbouw van wanden, is geconstrueerd uit thermisch verzinkte stalen buizen met tussenruimte van 12 cm. Dit type kist met buiswanden is in gebruik voor kool. Voor de beproefde fijnere produkten knolselderij, witlofwortel, kroot en winterwortel werd er een interieur van geplastificeerd duims kippegaas ingezet. Zodoende zijn het kisten met open wanden. De temperaturen werden geregistreerd met een Honeywell recorder en thermokoppels. In elke kist 2 meetpunten, één meetpunt in het centrum van de kist, en één meetpunt in een hoek onderin. Uit vorige proeven met palletkisten was gebleken dat op deze beide plaatsen resp. de hoogste en de laagste temperaturen worden gevonden. De proef liep van 8 november tot 13 december 1976.

Ingezet werden:

- 2 kisten kool, rood en wit.
- 2 kisten kroot
- 2 kisten winterwortel
- 2 kisten witlofwortel
- 1 kist knolselderij

Eén houten kist met spleten en afwijkende afmetingen van 120x100x90 cm (inwendig 80 cm) afkomstig uit Duitsland. De stapeling van de kisten in de koelcel en de plaats van de meetpunten is aangegeven in fig. 1.

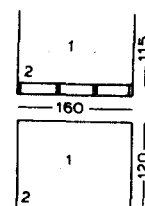
De onderzochte produkten werden per kist gewogen zodat de volumegewichten konden worden berekend. De ventilator draaide continu behalve als er produkt werd binnengebracht. Dit was het geval op de 3e, 7e, 9e, 10e, 11e en 19e dag. Dan stond de koeling en de circulatie stil. Er was een luchtbevochtiger, vernevelaar in de cel geplaatst van het fabrikaat Kooi, type Mistmaster die werkte op een hygrostaat.



plaats kisten

plaats meetpunten in kist

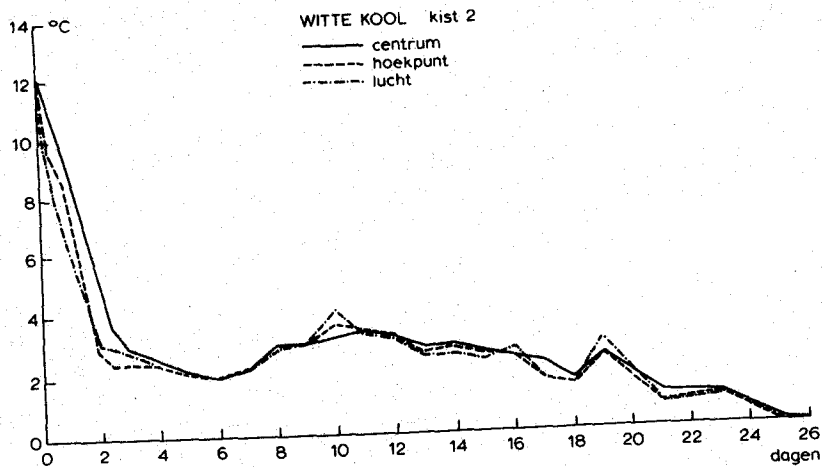
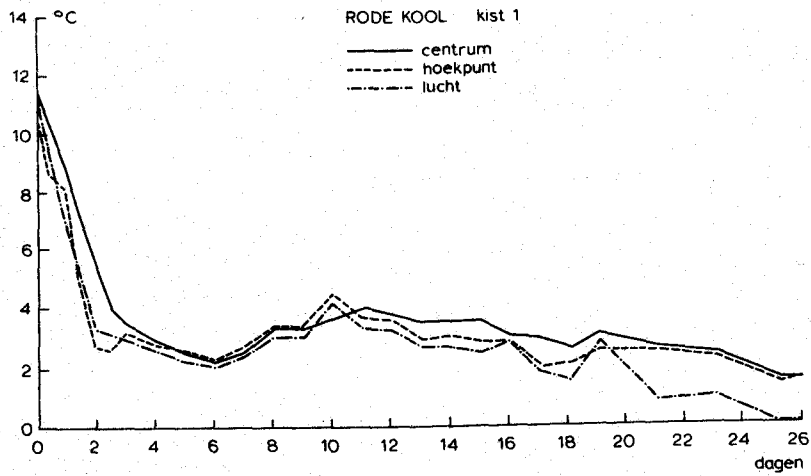
- 1 rode kool
- 2 witte kool
- 3 knolselderij
- 4 witlofwortel
- 5 kroot
- 6 peen (winterwortel)
- 7 kroot
- 8 peen (winterwortel)
- 9 witlofwortel
- 10 vervalt
- 11 rode kool (Duitse kist)



1 = oneven centrum kist
2 = even hoekpunt onder ca. 15 cm vanaf buitenzijden

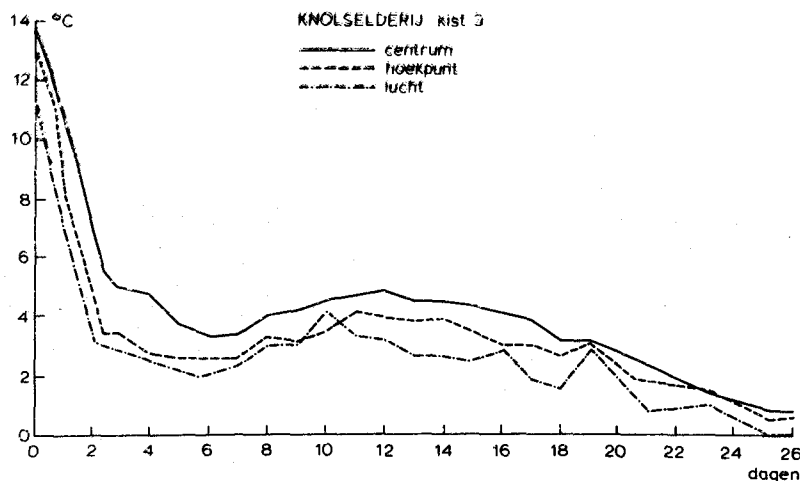
Uitkomsten temperatuurmetingen

De uitkomsten van de temperatuurmetingen zijn in de grafieken weergegeven.
Die van de rode- en wittekool in fig. 2 en 3.

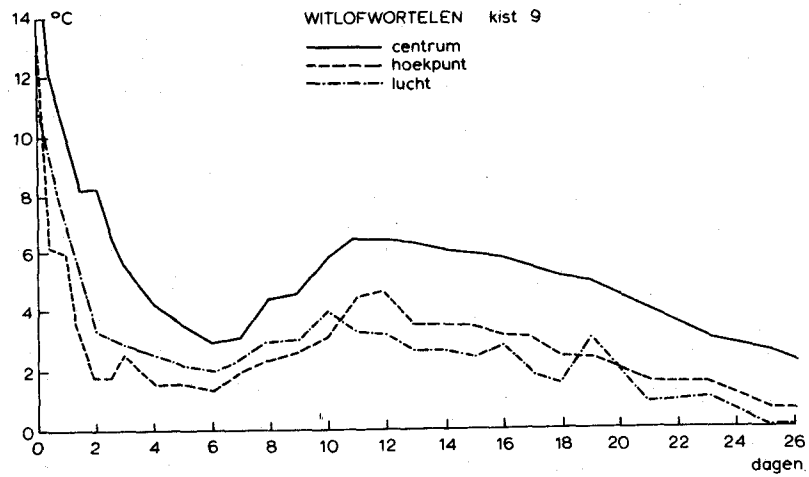
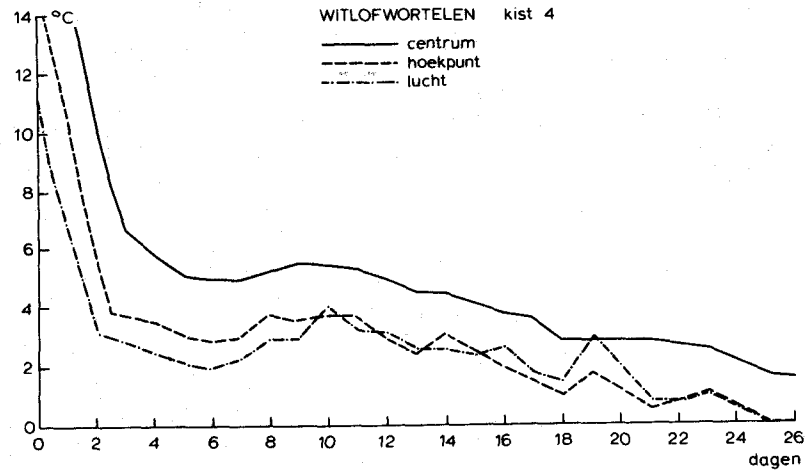


Het produkt volgt vrijwel onmiddellijk de luchttemperatuur. Nadat de celtemperatuur gestabiliseerd is, zijn er vrijwel geen verschillen binnen de kist. In deze bewaarperiode varieert de celtemperatuur als gevolg van het binnenbrengen van andere produkten buiten de proef. Dit geldt ook voor de andere proefkisten.

Knolselderij in fig. 4 laat aanvankelijk iets hogere centrumtemperaturen zien, na 18 dagen waren de verschillen vrijwel verdwenen.

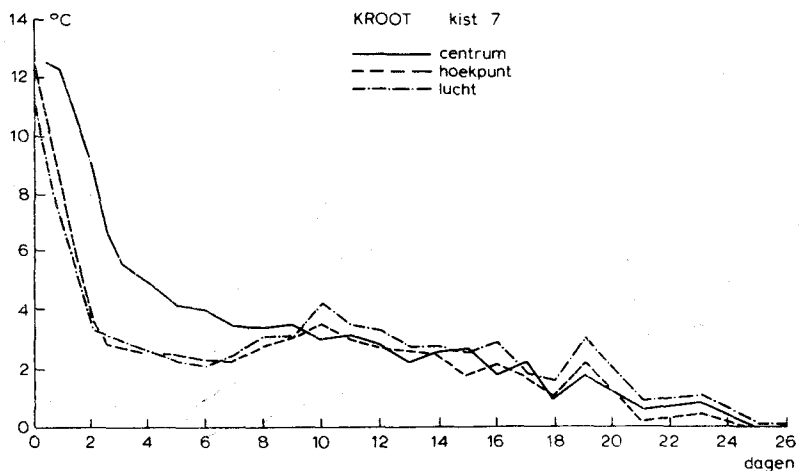
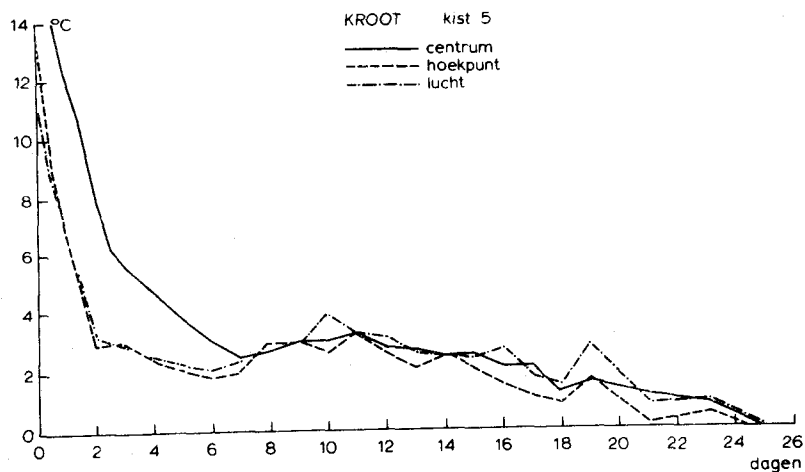


Witlofwortel in fig. 5 en 6. Beide kisten geven hetzelfde temperatuurverloop te zien.

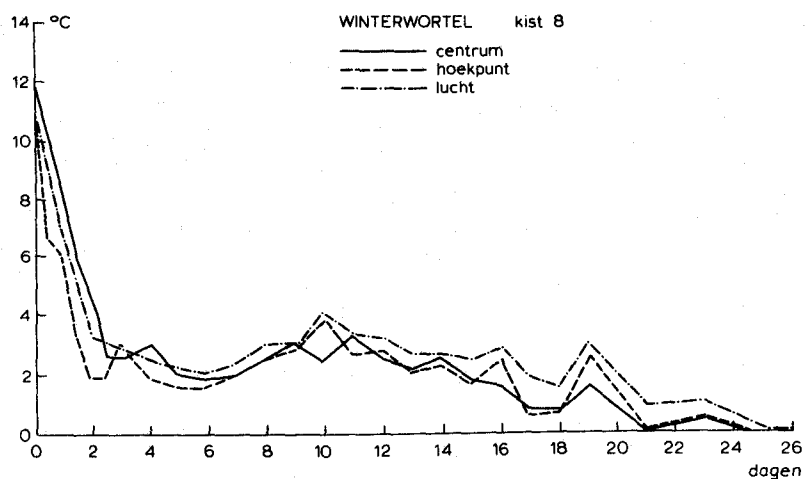
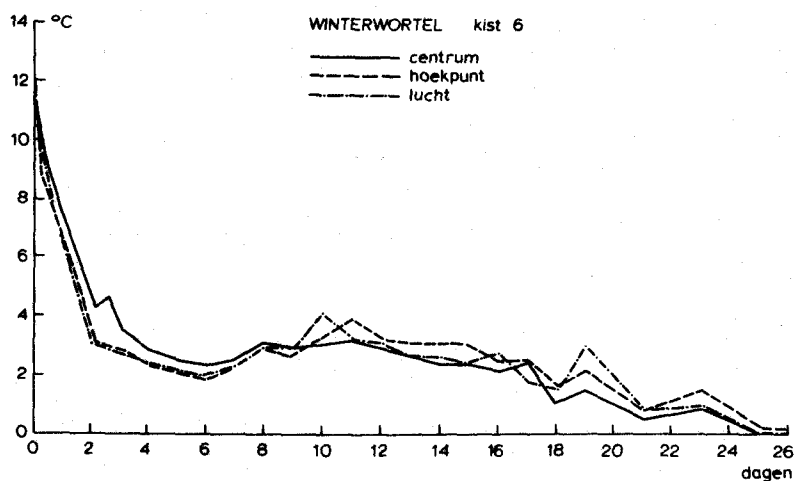


De afkoeling in het centrum loopt duidelijk achter en tenslotte blijven de temperaturen in het centrum ca 2°C hoger. Voor langdurige opslag zal dit het bezwaar geven van ongelijk uitlopen.

Kroot in fig. 7 en 8. Het duurt één week voor het centrum in de kisten is afgekoeld. Daarna zijn de temperaturen vrijwel gelijk.



Winterwortelen fig. 9 en 10. De afkoeling verloopt in beide kisten vrijwel even snel als bij de kool



De temperatuurverschillen binnen de kist zijn gering.

Tenslotte was er nog een houten kist van een Duits type met afmetingen van 120x100x90 cm met kool en voorzien van één meetpunt in het centrum. Het temperatuurverloop hierin was gelijk aan dat van de beide andere kisten met kool.

Produkt

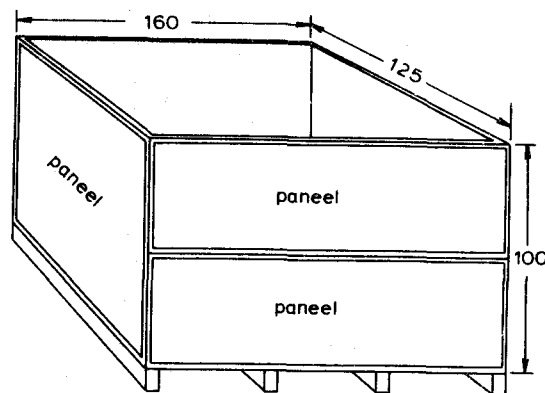
De produkten werden op 11 februari 1977, dat was na 95 dagen bewaring, op hun algemene conditie beoordeeld. De wortel- en knolgewassen aan de buitenkant van de kist vertoonden enige indrogingsverschijnselen voornamelijk aan de zijde van het pad. Bij de ingesloten zijden bij de wand en tussen de kisten waar slechts geringe spaties waren was dat minder.

Kroot en knolselderij waren "één knol diep" soms zeer slap aan de padzijde. Ook de winterwortelen en witlofwortelen waren aan de buitenkant merkbaar ingedroogd. De witlofwortelen waren in het centrum van de kist wel iets meer uitgelopen dan aan de buitenkant, maar, mede door de betrekkelijk lage celtemperaturen van omstreeks 2°C, was dit nog geen bezwaar. Bij de kool was er minder zichtbare indroging

Tweede proef december 1976 - januari 1977

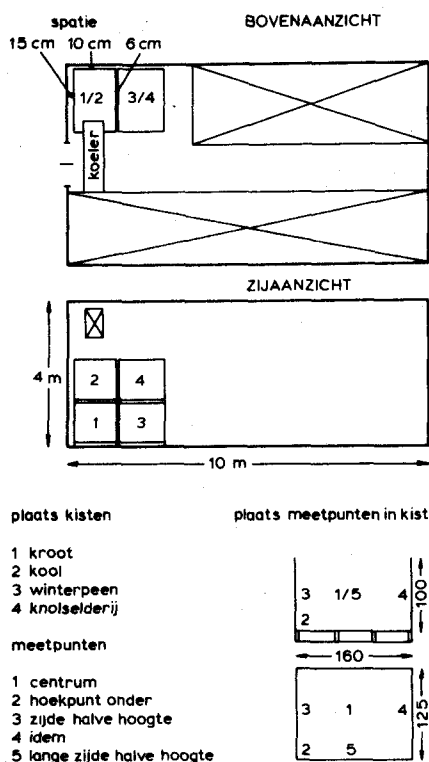
Opzet en uitvoering

Ook deze tweede proef werd weer in een koelcel van de proeftuin Wieringerwerf uitgevoerd maar nu met opzetboxcontainers van de Fa. Hordijk waarvan de wanden voorzien waren met panelen van hard board. De ventilatiemogelijkheden werden hierdoor beperkt tot de randen van de panelen. De afmetingen van containers waren gelijk aan die van de eerste proef. Een schets van de boxcontainer wordt gegeven in fig. 11 waarbij tevens de ventilatiemogelijkheden zijn vermeld.



schets boxcontainer (stapelkist)

Met de produkten kroot, kool, winterpeen en knolselderij werden elk één kist gevuld en in de koelcel geplaatst. De werkwijze was overeenkomstig die in de eerste proef. De temperaturen worden weer door een Honeywell recorder geregistreerd. De situatie van de kisten in de koelcel en de plaats van de meetpunten zijn aangegeven in fig. 12



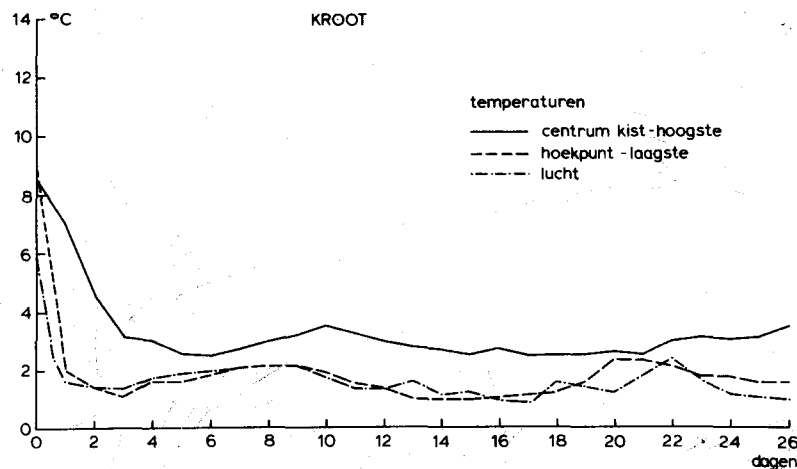
In afwijking van de eerste proef werkte de ventilator nu automatisch, d.w.z. deze draaide alleen als er koude werd gevraagd. Een Mistmaster zorgde voor luchtbevochtiging. De proef werd op 29 december 1976 ingezet en de temperatuurregistratie werd beëindigd op 24 januari 1977. Toen was de stationaire temperatuurtoestand ruimschoots bereikt.

Uitkomsten temperatuurmetingen

De uitkomsten van de temperatuurmetingen zijn in grafieken weergegeven. Hierin zijn van twee meetpunten namelijk de oneven nummers in het centrum nr. 1, ..., enz. waar de hoogste temperaturen optraden vermeld en even nummers in het hoekpunt 2, ..., enz. waar steeds de laagste waarden werden gemeten, aangegeven.

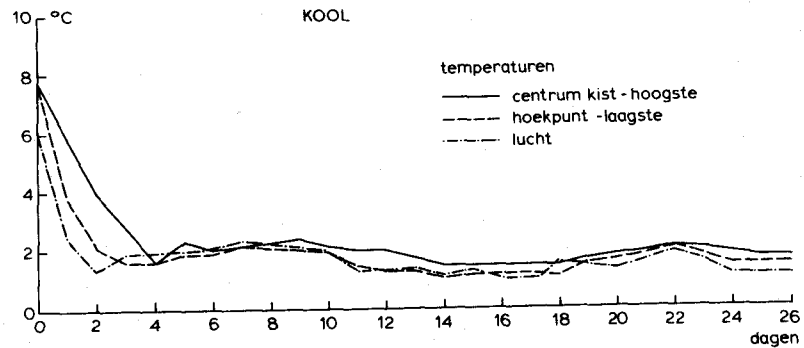
Ook nu traden er weer variaties op in de temperaturen onder andere door het inladen en uithalen van andere produkten. Enig nadeel is dat van drie produkten de begintemperaturen met ca 8°C vrij laag waren waardoor het afkoelproces niet erg spectaculair verloopt. De knolselderij begon bij omstreeks 12°C.

Kroot in figuur 13 laat zien dat tijdens de afkoeling de centrumtemperatuur duidelijk achterloopt bij die aan de buitenkant van de kist. De buitenkant is na één-twee dagen gelijk aan de celtemperatuur, het centrum nauwelijks na vijf dagen. Daarna blijft er voortdurend een verschil van 1 à 2 °C bestaan.

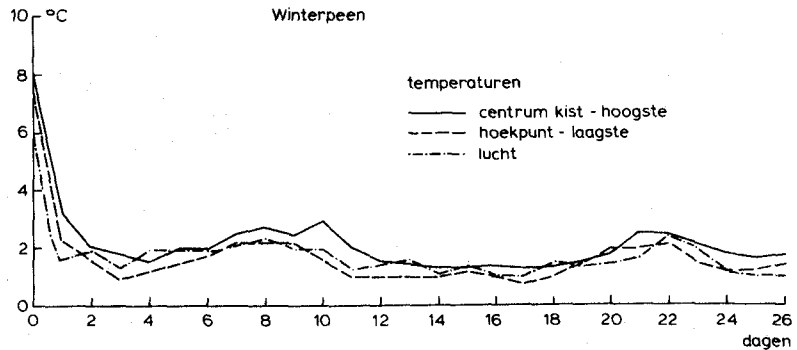


Hierbij moet worden opgemerkt dat er nogal wat grond aan de krotten zat wat de warmtewisseling in het centrum heeft bemoeilijkt.

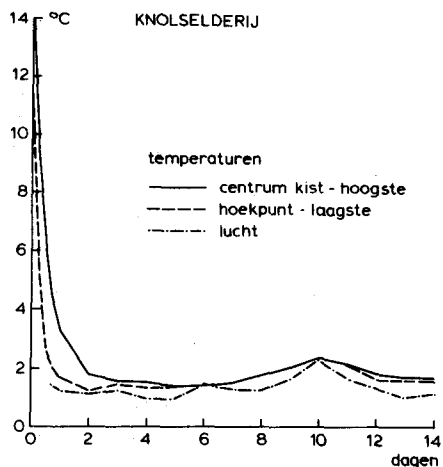
Kool in figuur 14 geeft betere afkoeling te zien. Tijdens de afkoeling loopt de centrumtemperatuur wat achter bij de buitenkant naar na vier dagen zijn ze vrijwel gelijk en dat blijft de gehele periode zo.



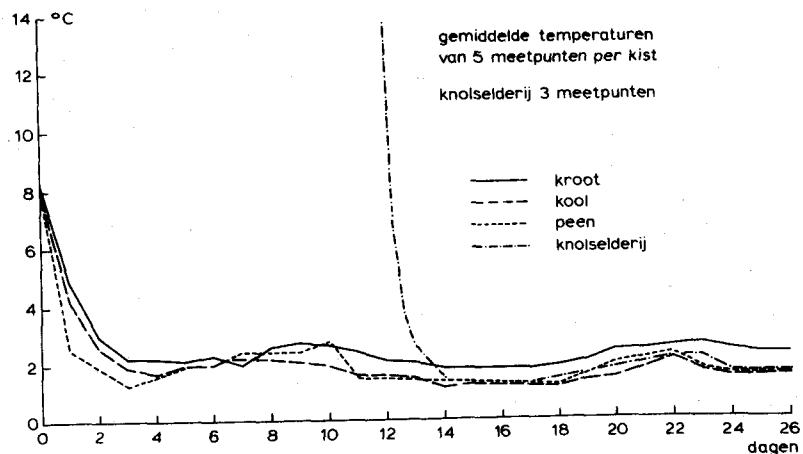
Winterpeen in figuur 15 koelt zelfs nog wat sneller af dan de kool en daarna zijn de verschillen tussen centrum en buitenkant meestal minder dan 1°C en dus vrij gering



Knolselderij werd op 10 januari binnengebracht met een begintemperatuur van ca 12°C. In figuur 16 blijkt de afkoeling vrij snel te verlopen. Na 2-3 dagen waren ze tot in het centrum doorgekoeld en daarna waren er praktisch geen verschillen in temperatuur.



Tenslotte zijn de temperaturen van de vier produkten uitgezet in grafiek 17. Dit zijn de gemiddelden van 5 meetpunten per kist, maar van knolselderij 3 meetpunten.



Na het inkoelen, als de stationaire toestand is bereikt, zijn de onderlinge verschillen tussen kool, winterpeen en knolselderij met ca $\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$ vrij gering.

De temperatuur van de krotten is nadien ca $\frac{1}{2}$ tot 1°C hoger dan die van de drie andere produkten.

Produkt

Op 28 maart 1977, dat was na 89 dagen bewaring in de kisten, werden de produkten geruimd en beoordeeld.

De kwaliteit van de krotten en knolselderij was toen goed, die van de winterwortelen redelijk. De kool werd als slecht beoordeeld, ze waren rot en schimmelig. Een deel van de partij in een andere cel, bij een wat lagere temperatuur, was beter, wij merken hierbij op dat de celtemperatuur niet lager is geweest dan 1°C , vaak zelfs 2°C . De cel was namelijk afgesteld voor een partij witlofwortelen. Voor kool verdient een temperatuur nabij 0°C de voorkeur.

Volumegewicht

Bij het vullen van de kisten worden de produkten gewogen. De resultaten van deze wegingen, waarbij ook het volumegewicht in kg/m^3 werd berekend, worden hier vermeld. De afmetingen van de opzetcontainers waren.

A. Halbertsma, opbouw buizen, eigen gewicht ca. 100 kg.

uitwendig, $160 \times 125 \times 115 \text{ cm} = 2,3 \text{ m}^3$

inwendig, $157 \times 120 \times 100 \text{ cm} = 1,884 \text{ m}^3$

B. Hordijk, opbouw panelen eigen gewicht ca. 120 kg

uitwendig, $160 \times 125 \times 115 \text{ cm} = 2,3 \text{ m}^3$

inwendig, $155 \times 118 \times 100 \text{ cm} = 1,829 \text{ m}^3$

C. Duitse kist,

inwendig, $118 \times 97 \times 80,5 \text{ cm} = 0,921 \text{ m}^3$

Produkt	container			volumegewicht
	A	B	C	
	kg	kg	kg	kg/m ³
rode kool 1½-2 kg/st	1040			552
id.		994		543
id. 1½-2 kg/st			471	511
witte kool 3,3 kg/st	1030			547
kroot	1123			596
id.	1099			583
id. vrij veel grond		1128		617
winterpeen	946			502
id.	974			517
id.		899		492
witlofwortel	818			434
id.	819			435
knolselderij 0,85 kg/st	1060			563
id. vrij veel grond		1082		592

Container A met buizenopbouw geeft een hoger volumegewicht in kg/m³ bij rodekool en winterpeen dan container B met panelen. Dit is toe te schrijven aan het feit dat de produkten een beetje tussen de spijlen zakten.

Bij container B was dat niet mogelijk. Dat desondanks bij kroot en knolselderij in container B het volumegewicht groter was, is toe te schrijven aan meer grond tussen de knollen. Wij merken op dat de witlofwortels wat ruig waren.

Gladde pennen kunnen mogelijk een wat hoger volumegewicht hebben.

Onder het voorbehoud dat het aantal waarnemingen met 2 of 3 kisten per produkt beperkt is, bieden de cijfers toch wel enig houvast voor het benaderen van de volumegewichten voor losgestorte opslag.

Bij de wanden ontstaat altijd enig ruimteverlies.

Daardoor is het vullings- of volumerendement in een grote verpakking hoger dan in een kleine verpakking en bij losgestorte opslag nog wat hoger. Het lagere volumegewicht van 511 kg rodekool per m³ bij de kleinere Duitse kist, t.o.v. 552 kg/m³ bij kist A wijst in die richting. Bij losgestorte opslag neemt het nadelige "wandeffect" nog verder af.

Voor produkten met een kleinere diameter dan kool, zoals kroot en knolselderij en waarschijnlijk ook bij winterpeen en witlofwortel is het nadelige wandeffect geringer.

Overigens kunnen de volumegewichten per partij uiteenlopen, bij wortel- en knolgewassen bijvoorbeeld door meer of minder aanhangende grond, wortels, en door vertakte wortels bij witlof.

Samenvatting en conclusies

In zgn. tons - palletkisten met een netto inhoud van ca. 1,8 m³ werden bij opslag in een koelcel met vrije luchtcirculatie bij enkele stapelprodukten temperaturen gemeten.

Na het inkoelen werd na 3 tot 7 dagen een stationaire toestand bereikt waarbij de gemiddelde temperatuur in het centrum wat hoger bleef dan aan de buitenkant van de kist.

De grootte van dit temperatuurverschil is afhankelijk van:

- de afmetingen en de circulatiemogelijkheden van de kist.
- de aard van het produkt ten aanzien van de luchtcirculatiemogelijkheden.
- de hoogte van de ademhalingswarmteproductie van het produkt.

Als wij een temperatuurverschil van ca. 1°C toelaatbaar achten dan zijn kool, winterpeen en knolselderij geschikt om in tons palletkisten op te slaan. Hoewel bij krotten het temperatuurverschil vaak 2°C bedroeg, lijkt dit produkt toch wel geschikt voor deze palletkisten.

Bij witlofwortelen gaf het temperatuurverschil van 2°C na 4 maanden in het centrum merkbaar meer uitlopen van de kroppen te zien dan aan de buitenkant van de kist. Dit is de reden waarom opslag in deze kisten wordt afgeraden.

In kisten met wanden van panelen waarin 13,45 % van de wandoppervlakte open was voor circulatie verliep de afkoeling vrijwel gelijk aan die in palletkisten (box-containers) met een open opbouw van stalen buizen.

Voor losgestorte opslag werden de volgende volumegewichten gevonden:

	kg/m ³
rode- en witte kool	550
kroot	600
winterpeen	500
witlofwortel	430
knolselderij	600

Met dank aan allen die aan dit onderzoek hebben medegewerkt.

Wageningen, 1-6-1978

OW/MB