

Instituut voor  
Agrotechnologisch  
Onderzoek  
ATO-DLO  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
6700 AA Wageningen



Voortgangsrapportage  
september 1999

A162

## Ontwikkeling van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites

Ir. L.A. Vrijhoef  
Ir. F.I.N.G. Kreft  
Ir. H. Uitslag  
Ir. P.C.M. van Eijck

**VERTROUWELIJK**



ato-dlo



ato-dlo

**Voortgangsrapportage september 1999**

**Ontwikkeling van een "on-line" meetsysteem voor  
drogestofgehalte bij de productie van  
voorgebakken frites**

**VERTROUWELIJK**

**Instituut voor  
agrotechnologisch  
onderzoek  
(ATO-DLO)  
Bornsesteeg 59  
Postbus 17  
3720 AA  
Zaandam  
Telefonnummers  
0317.475000  
0317.475347**

Ir. L.A. Vrijhoef  
Ir. F.I.N.G. Kreft  
Ir. H. Uitslag  
Ir. P.C.M. van Eijck

*Eigendom van ATO-DLO. Niets uit dit document mag worden gebruikt, vermeerderd of  
gedistribueerd zonder schriftelijke toestemming van ATO-DLO.*

2251135

**Inhoud**

pagina

**SAMENVATTING ..... 1**

**1. INLEIDING ..... 4**

1.1 DOEL ..... 4

1.2 ACHTERGROND EN PERSPECTIEVEN ..... 4

1.3 PROJECTINDELING ..... 4

1.4 AANPAK DEEL 5, 6 EN 7 VAN FASE 2 ..... 5

1.5 RAPPORTINDELING ..... 5

**2. HET TRAJECT NAAR DE BOUW VAN HET PROTOTYPE VOOR HET “ON-LINE”  
SYSTEEM..... 6**

2.1 HET MONSTERNAMESYSTEEM..... 7

2.2 HET MONSTERVEROEBEREIDINGSSYSTEEM..... 8

2.3 HET MEETSYSTEEM ..... 9

2.4 HET BESTURINGSSYSTEEM ..... 10

**3. HET EINDCONCEPT EN HET PROTOTYPE ..... 12**

3.1 HET MONSTERNAMESYSTEEM..... 12

3.2 HET MONSTERVEROEBEREIDINGSSYSTEEM..... 12

3.3 HET MEETSYSTEEM ..... 12

**4. EXPERIMENTEEL WERK ..... 13**

4.1 DEELTJESGROOTTE..... 17

4.2 WEGLENGTE MEETCEL ..... 18

4.3 OPLEVERING PROTOTYPE ..... 18

**5. CONCLUSIES..... 22**

## Samenvatting

Het doel van dit project is het ontwikkelen, testen en valideren van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites. Het "on-line" meten van het drogestofgehalte en in het verlengde hiervan de ontwikkeling van een regelalgoritme voor de waterverdamping gedurende het proces biedt duidelijke voordelen op economisch niveau en op productniveau.

Het project maakt deel uit van een onderzoeksprogramma dat ATO-DLO voor de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI) uitvoert. Het project is verdeeld in twee fasen, waarvan fase 1 de benodigde basisinformatie heeft geleverd voor de ontwikkeling van het "on-line" meetsysteem. Fase 1 is eind 1997 voltooid. Fase 2 bestaat uit twee delen. In het eerste deel (deel 5, 6, 7) wordt de technische tekening van het systeem gemaakt en wordt het systeem (prototype) gebouwd en geïmplementeerd in de pilot-lijn van ATO-DLO.

In het tweede deel (deel 8, 9 en 10) wordt de ijklijn ontwikkeld en wordt het prototype getest, geoptimaliseerd en gevalideerd. Het tweede deel start oktober 1999. Dit deel wordt afzonderlijk aan NOVEM gerapporteerd. Hiervoor is inmiddels subsidie toegekend.

De volgende aanpak is voor fase 2 (deel 5, 6 en 7) gekozen:

- Opstellen van een conceptueel model voor het "on-line" systeem;
- Keuze van leveranciers van onderdelen (monsternamesysteem, maalsysteem en meetsysteem);
- Aanvraag van offertes en keuze van apparaatbouwer;
- Detail en technische tekening;
- Bouw van het prototype systeem;
- Implementatie en test van het prototype systeem in de pilot-lijn van ATO-DLO.

In de rapportage over 1998 is beschreven hoe het conceptuele model tot stand is gekomen en hoe tot een "eind-concept" is gekomen. Het "eind-concept" bevatte voor elk onderdeel van het "on-line" meetsysteem 1 of 2 opties voor de uitvoering. In deze rapportage wordt beschreven hoe de definitieve uitvoering en de bouw van het prototype zijn gerealiseerd.

Allereerst is een keuze gemaakt voor een apparaatbouwer. Met de apparaatbouwer is op basis van het "eind-concept" overlegd en gekozen voor de definitieve uitvoering. Voor de keuze van het maalsysteem werden aanvullende testen gedaan en een keuze voor een maalsysteem gemaakt.

Het uiteindelijke prototype is als volgt opgebouwd:

monsternamesysteem: Het monsternamesysteem bestaat uit een schuifbalk met een priksysteem, dat vanuit de productstroom, op de transportband naar de koeler, een monster van circa 200 g neemt. Deze constructie bestrijkt de gehele bandbreedte en kan product op diverse punten nemen. Het complete monster wordt gedeponerd in het monstervoorbereidingsysteem. Ten minste iedere anderhalve minuut wordt een monster genomen. Wanneer een bedrijf het "on-line meetsysteem" gaat implementeren is het mogelijk het monsternamesysteem aan te passen aan de specifieke bedrijfssituatie.

Aanvankelijk had in dit onderdeel het prikblok-systeem de voorkeur ten opzichte van een grijper-systeem, vanwege de complexiteit van het grijper-systeem. Er is uiteindelijk wel gekozen voor een prik-systeem, maar dan uitgevoerd als grijper. Naar verwachting heeft de combinatie van prikken en grijper een minimale kans op terugvallend produkt. Uit oogpunt van vervuiling is de verwachting, dat grijper en prikblok niet veel verschillen.

monstervoorbereidingsysteem: In het monstervoorbereidingsysteem wordt het monster m.b.v. vloeibare stikstof bevroren, vervolgens gemalen en gehomogeniseerd. Het monster valt in een dompelvriezer en wordt naar de molen getransporteerd. Na vermaling bereikt het monster, via een afsluitklep, het meetsysteem.

Bij het invriezen staan in principe drie methodes ter beschikking. Koelen met vloeibaar N<sub>2</sub> is de enige methode waarmee het mogelijk is om het product snel genoeg (binnen ca. 70 seconden) te

bevriezen. Bestond aanvankelijk de voorkeur voor een spindel, omdat hiermee continu gewerkt kan worden, is de keuze uiteindelijk gemaakt voor dompeling in vloeibaar N<sub>2</sub>. De frites wordt hiertoe opgevangen in een geperforeerde bak, ondergedompeld in vloeibaar N<sub>2</sub> en vervolgens in de molen gestort. Na bevriezen wordt het produkt vermalen. Voor het vermalen is de keuze gevallen op een granulator, waarbij het produkt loodrecht op de valrichting in de molen wordt gevoerd en een raspachtig systeem voor verkleining zorgt. Het gekozen maalsysteem had de beste prijs-kwaliteit verhouding.

meetsysteem: de keuze voor het analyseapparaat is gemaakt naar aanleiding van marktonderzoek uit de vorige fase van het project. Vanwege de bepalingen nauwkeurigheid en de goede inpasbaarheid is de uiteindelijke keuze gevallen op de "On-line Infratec 1725" van Foss Benelux. In het meetsysteem wordt het vocht- en vetgehalte van het bereide monster m.b.v. Nabij-Infrarood in transmissie bepaald. Na meting verlaat het monster middels een cellenradsluis het meetsysteem naar een afvalcontainer. Omdat vanwege bevriezing de reiniging van het meetsysteem niet kan met vloeibare stikstof, pers- of omgevingslucht, moest een keuze gemaakt worden uit vier andere mogelijkheden. Voorlopig is gekozen voor N<sub>2</sub>-injectie aangezien dit het eenvoudigst realiseerbaar is. Hiertoe wordt continu "afgas" door de behuizing van de meetcel geleid. Of dit principe uiteindelijk functioneert zal door middel van testen moeten worden aangetoond.

De onderdelen zijn samengebouwd in een geïsoleerde omkasting waarin een stikstofatmosfeer wordt gevormd om condensvorming op koude oppervlakken te voorkomen. Het geheel wordt aangestuurd m.b.v. een overall besturingssysteem (PLC). Doordat het monsternamesysteem onafhankelijk kan worden gekozen van de rest van het systeem, is het mogelijk om afhankelijk van de fabriekslay-out het geschikte monsternamesysteem te bouwen. Voor het prototype is gekozen voor het prikken met een grijper-systeem.

Omdat de benodigde korrelafmeting van het monster in eerste instantie bepalend is voor de keuze van het maalapparaat is een deeltjesgrootte analyse gedaan. Met behulp van SEM is bepaald wat de deeltjesgrootte volgens de "at-line methode" is. Resultaat was een korrelgrootte kleiner dan 2 mm, zie het voorgaande verslag (Rapportage 1998, fase 2 d.d. 5 januari 1999).

Voor de uiteindelijke configuratie van het prototype zijn aanvullend testen uitgevoerd met betrekking tot de deeltjesgrootte. Voor een goede werking van het "on-line" meetsysteem is een goede doorvoer van het gemalen produkt essentieel, daar anders de kans op storing van het meetsysteem onacceptabel wordt. De doorloopeigenschappen zijn een resultante van deeltjesgrootteverdeling en afmeting (weglengte) van de meetcel.

Verschiedende fracties variërend van <1.0 tot >2.8mm zijn op doorloopeigenschappen beoordeeld. Het blijkt, dat deeltjes van 1.0-2.8mm het beste in het meetsysteem doorgevoerd kunnen worden. De optimale weglengte (breedte van de cel) ligt tussen de 18 en 30mm. Hiermee moet een concessie worden gedaan aan de constatering, dat de optimale weglengte voor meting (transmissiepad) <18mm is en dat de optimale deeltjesgrootte maximaal 2mm is (Rapportage 1998, fase 2 d.d. 5 januari 1999)..

Voor de keuze van het maalsysteem is eerst gekeken naar rollenbrekers (zie voorgaande verslag Rapportage 1998, Fase 2). Versmering bleek hierbij een probleem. Vervolgens is gekeken naar molens volgens een snij-/slagprincipe.

Eerst zijn 4 verkleinsystemen vergeleken, te weten een blender, een cutter, een Wanner molen en een Quadro Mill (conische rasp molen). Het principe van een rasp molen blijkt goed aan de verwachting te voldoen. De voorkeur ging uit naar de Quadro Mill boven de Wanner molen. Een vijfde molen, een Peppink molen voldeed niet.

De Quadro Mill bleef de voorkeur houden. Echter, gezien de prijs werd het noodzakelijk geacht naar soortgelijke goedkopere alternatieven te zoeken. De Quadro Mill werd met twee alternatieven vergeleken, namelijk een Fritsch-molen en een Powtec Granulator.

Als criterium werd genomen de opbrengst aan deeltjes groot 1.0-2.8mm. Tevens werd gekeken naar reinigingsmogelijkheden, ombouwmogelijkheden en prijs. Uit het vergelijk kwam een granulator van Powtec duidelijk als beste naar voren. Deze had bovendien de beste prijs/kwaliteit verhouding.

## Inleiding

### 1.1 Doel

Het doel van het project "Ontwikkeling van een on-line meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites" is het ontwikkelen, testen en valideren van een "on-line" meetsysteem voor drogestofgehalte bij de productie van voorgebakken frites. Het project maakt deel uit van een onderzoeksprogramma dat ATO-DLO voor de Vereniging voor de Aardappelverwerkende Industrie (VAVI) uitvoert.

### 1.2 Achtergrond en perspectieven

Bij de productie van voorgebakken frites verdampt veel water. Momenteel zijn de mogelijkheden om de waterverdamping gedurende het proces te sturen beperkt. Het feit dat een "on-line" drogestofbepaling ontbreekt is één van de belangrijkste redenen hiervan. Het "on-line" meten van het drogestofgehalte en in het verlengde hiervan de ontwikkeling van een regelalgoritme voor de waterverdamping gedurende het proces biedt duidelijke voordelen:

1. op economisch niveau:

- minder energieverbruik;
- minder vetverbruik;
- hoger productrendement.

2. op productniveau:

- de mogelijkheid om beter aan specificaties te voldoen;
- het leveren van een constant eindproduct van hoge kwaliteit.

Iedere procent vermindering in waterverdamping resulteert in:

- 13 % minder energieverbruik (174 TJ op jaarbasis) met een economische tegenwaarde voor de sector van Mfl 1,8 (op jaarbasis);
- een meeropbrengst van het eindproduct met een economische tegenwaarde voor de sector van Mfl 20,6 (op jaarbasis).

### 1.3 Projectindeling

Het project is verdeeld in twee fasen. Fase 1 levert de benodigde basisinformatie voor de ontwikkeling van het "on-line" meetsysteem. Deze fase is eind 1997 voltooid. Hierbij zijn de grote lijnen van het "on-line" systeem vastgesteld.

Fase 2 bestaat uit twee delen:

- In het eerste deel (onderdeel 5, 6 en 7; uitvoering in 1998/1999) wordt de technische tekening van het systeem gemaakt en wordt het systeem (prototype) gebouwd en geïmplementeerd in de pilot-lijn van ATO-DLO.
- In het tweede deel (onderdeel 8, 9 en 10; uitvoering in 1999/2000) wordt de ijklijn ontwikkeld en wordt het prototype getest, geoptimaliseerd en gevalideerd.

Zowel voor het eerste deel van fase 2 (onderdeel 5, 6 en 7) als voor het tweede deel van fase 2 (onderdeel 8, 9 en 10) is door de NOVEM subsidie toegekend (programma Voeding- en genotmiddelenindustrie).

## 1.4 Aanpak deel 5, 6 en 7 van fase 2

Voor deze fase is voor de volgende aanpak gekozen:

- Opstellen van een conceptueel model voor het “on-line” systeem;
- Keuze van leveranciers van onderdelen (monsternamesysteem, maalsysteem en meetsysteem);
- Aanvraag van offertes en keuze van apparaatbouwer;
- Detail en technische tekening;
- Bouw van het prototype systeem;
- Implementatie en test van het prototype systeem in pilot-lijn van ATO-DLO.

De activiteiten werden tot januari 1999 uitgevoerd in samenwerking met ingenieursbureau Innogas. De eerste 3 punten van bovenvermeld rijtje zijn grotendeels uitgevoerd in 1998, zie hiervoor de voorgaande rapportage. De keuze van de apparaatbouwer alsook de definitieve keuze voor het maalsysteem en uitvoer van het monstername-systeem zijn in de eerste helft van 1999 gedaan. De bouw en implementatie van het prototype zijn in september 1999 afgerond. Detail- en technische tekening alsook de bouw van het prototype zijn uitgevoerd door machinebouwer DeMaCo.

## 1.5 Rapportindeling

Dit rapport beschrijft de activiteiten en resultaten bereikt in 1999 in het eerste deel van fase 2 van dit project. In hoofdstuk 2 zijn de overwegingen bij de definitieve uitvoering van het prototype voor het “on-line” systeem beschreven. In hoofdstuk 3 worden het uiteindelijke conceptuele model en het prototype beschreven. In hoofdstuk 4 worden de resultaten van het uitgevoerde experimentele werk getoond. Tenslotte zijn in hoofdstuk 5 de belangrijkste conclusies gepresenteerd.



## 2 Het traject naar de bouw van het prototype voor het “on-line” systeem

Het traject naar de bouw van het prototype voor het “on-line” meetsysteem bestaat uit twee delen. Eerst dient een overweging te worden gemaakt van de procesvereisten en randvoorwaarden. Deze overwegingen zijn vertaald in conceptuele modellen voor het “on-line” meetsysteem. Vervolgens dient een keuze te worden gemaakt voor de definitieve uitvoering.

Het eerste deel, het traject naar het conceptuele model is beschreven in het voorgaande verslag (Rapportage 1998, Fase 2).

Het tweede deel, het traject naar de bouw van het prototype wordt in dit hoofdstuk beschreven. Er wordt een beschrijving gegeven van de mogelijke concepten per deelsysteem van het “on-line” meetsysteem voor bepaling van drogestof-gehalte en de overwegingen in verband met de definitieve uitvoering van het prototype.

Het uiteindelijke totale conceptuele model en het prototype worden beschreven in hoofdstuk 3.

Zoals in de vorige fase is vastgesteld, is het “on-line” systeem verdeeld in 3 onderdelen.

1. **monsternamesysteem:** Het monsternamesysteem moet ervoor zorgen dat een aardappelproduct met een bepaalde frequentie uit een industriële aardappelverwerkingslijn wordt genomen. Het moet een representatieve monsternamen zijn.
2. **monstervoorbereidingsysteem:** Dit onderdeel van het systeem moet ervoor zorgen dat een bepaalde hoeveelheid monster wordt gemalen, gehomogeniseerd en naar het meetsysteem wordt vervoerd. Daarnaast moet er een bepaalde hoeveelheid vloeibare stikstof aan het monster worden toegevoegd vóór het malen, zodat het product wordt bevroren.
3. **meetsysteem:** Dit onderdeel van het systeem moet ervoor zorgen dat het bereide monster wordt gemeten, vervoerd en verwijderd. Het vocht- en vetgehalte van het monster wordt m.b.v. Nabij-Infrarood (NIR) bepaald.

Voor de bouw van het prototype diende een apparaatbouwer te worden gekozen. In december 1999 was op basis van cryogene expertise gekozen voor DeMaCo. Echter, de offerte werd als te duur bevonden. Daarnaast was inmiddels meer kennis over het systeem ontwikkeld op basis waarvan scherpere offertes mogelijk waren. In een tweede ronde werden twee apparaatbouwers nogmaals benaderd om een nieuwe, concurrerende offerte te doen.

Voor beoordeling van de offertes zijn de volgende aspecten aangegeven:

- Prijs; richtlijn: niet meer dan 100 Kfl, prijs van DeMaCo is niet genoemd.
- Levertijd; installatie en ingebruikname bij ATO-DLO per 1 mei 1999.
- Eigen inbreng; worden nieuwe inzichten naar voren gebracht.
- Cryogeen; wordt voldoende kennis op dit gebied ingebracht.

In tabel 2.1 wordt het vergelijk gemaakt. Uit het vergelijk bleek opnieuw DeMaCo als beste uit de bus te komen. De definitieve uitvoering van het prototype is dan ook in overleg met machinebouwer DeMaCo tot stand gekomen. DeMaCo heeft hiertoe de detail- en technische tekening gemaakt alsook de bouw van het prototype uitgevoerd.

De voortgang met betrekking tot de bouw werd bewaakt door maandelijks overleg en door een ‘overzichts-lijst voortgang’, waarin de diverse aandachtspunten zijn genoteerd.

Voorafgaand aan de afnametesten is een korte opzet gemaakt van de te volgen procedure. De resultaten van de afnametesten zijn beschreven in hoofdstuk 4.3.

Tabel 2.1: vergelijk apparaatbouwers

|   | SMB  | Norde                                    | DeMaCo   |
|---|--|--|--|
| Offerte-bedrag (excl. transportband, molen en analyser) | GEEN   | 115 Kfl                                  | 132 Kfl  |
| Bijzonderheden  | willen evt. alleen bouw/installatie doen   | Budget, indicatief, af fabriek           | Incl. afname Waarland, transport, installatie ATO        |
| Levertijd   | 15 weken definitief na detail-ontwerp  | 12-14 weken definitief na detail-ontwerp | 10 weken (vanaf week 6)                                  |
| Eigen inbreng   | Twijfels over uitvoer dompelen en doorvoer gemalen monster Principe-keuzes ten aanzien van koelen en malen zijn aan hen gegeven, maar hier is niks mee gedaan. | SCADA/visualisatie besturing             | Referentie   |
| Cryogeen  | Studie/verdieping nodig  | Geen                                     | Kennis aanwezig  |
| Offerte-opbouw  | Overzichtelijk   | Overzichtelijk                           | Bevat alle info, maar niet overzichtelijk gestructureerd |
| Betaling  | Niet aangegeven  | Nader overeen te komen                   | 30/10/60   |

## 2.1 Het monsternamesysteem

Het monsternamesysteem dient flexibel te zijn en moet kunnen worden aangepast aan de fabriekslay-out. Er wordt vanuitgegaan dat op ca. 3 tot 5 plaatsen op de band frites bemonsterd kan worden. Dit moet binnen 84 seconden kunnen. Het invoerpunt in het vriessysteem zal klein moeten zijn om N<sub>2</sub> verlies en condensatieproblemen te voorkomen. (Rapportage 1998, Fase 2).

De meest kansrijke principes voor bemonstering zijn het kameleon-, het grijper- en het prikblokprincipe.

Het kameleonprincipe heeft de minste invloed op de productstroom. Het is echter de vraag of er in de praktijk altijd voldoende ruimte is voor dit systeem tussen de twee transportdelen. Daarom is besloten om uit te gaan van een systeem dat van boven af de band bemonstert.

Voor bemonstering van bovenaf zijn het grijper- en het prikstelsel favoriet.

In eerste instantie is gekozen voor het prikblok-principe, omdat een grijper-systeem te complex zou zijn. Een aanprikpunt "valt" op diverse punten in de productstroom, produkt wordt door de prikker "gepakt". Boven de stikstof wordt het product "afgestroopt". Voordelen hiervan zijn:

- het is een eenvoudig en flexibel systeem;
- het geeft weinig verontreiniging;
- er is geen ruimte tussen zeef en band benodigd;
- de monstergrootte is goed instelbaar.

Echter, een groot nadeel van het prikbloksysteem is dat beschadigd product terug zou kunnen vallen in de produktstroom. Een systeem van weerhaakjes aan de prikkers zou dit kunnen voorkomen. Echter, mogelijk blijft er dan juist weer product aan de prikkers hangen bij het storten. Er is uiteindelijk wel gekozen voor een prik-systeem, maar dan uitgevoerd als grijper. Het produkt lijkt hiermee de minste kans te hebben op terugvallen in de produktstroom en kan net als bij het prikblok-systeem eenvoudig van de grijpers afgeschoven worden.

## 2.2 Het monstervoorbereidingssysteem

In dit systeem wordt het monster ingevroren en verkleind. Dit deel en het meetsysteem zijn niet vrij van elkaar te selecteren.

### *Vriezen:*

In fase 1 is geconcludeerd dat het product gevroren en gemalen moet worden. Bij het invriezen staan in principe een aantal methodes ter beschikking:

- vriezen middels conventionele vriesmethodes;
- vast CO<sub>2</sub> (droogijs) toevoegen;
- vloeibare N<sub>2</sub> toevoegen.

Gekozen is om te koelen met vloeibaar N<sub>2</sub>. Dit is de enige methode waarmee het mogelijk is om het product snel en homogeen genoeg (in ca. 70 seconden) te bevriezen. Ook is berekend dat dit kostentechnisch gunstiger uitvalt dan koelen met droogijs. Per gram product is ca. 2,1 gram N<sub>2</sub> nodig om dit te bevriezen. Proefondervindelijk kan vastgesteld worden tot welke temperatuur gekoeld moet worden om het product gedurende voorbereiding en meting onder -15°C (kerntemp.) te houden zodat de installatie nog niet vervuult. In verband met stikstofverbruik dient deze temperatuur zo hoog mogelijk gehouden te worden.

De mogelijkheden voor het invriezen worden hieronder in het kort uitgelegd (zie tevens Rapportage 1998, Fase 2).

- *Schuifbuis*; Het product valt in een buis gevuld met vloeibare stikstof. Na de koeltijd hevelt een schuif (pneumatisch of elektrisch) het product over in de molen.
- *Spindel*; Dit is het zelfde principe als voorgaand. In plaats van een schuif wordt een spindel gebruikt. Het onderste deel van de buis kan geperforeerd in een bak met stikstof gedompeld zijn om zo een bepaald niveau te handhaven.
- *Schuifbak*; Variant op de buis, voordeel kan zijn dat minder storingen door opeenhoping van kruimels e.d. worden veroorzaakt.
- *N<sub>2</sub> injectie*; Stikstof wordt in de opvangbak vanaf het monsternamesysteem gedoseerd, voordeel is dat dit bakje ook gekoeld wordt. Nadeel kan zijn dat het product eerder vastvriest aan de bak.
- *Roterende trommel*; Een draaiende trommel gevuld met stikstof koelt het product. Als de opening onder gekomen is wordt de inhoud overgestort in de molen.

Er is gekozen voor een niet beschreven variant, welke gelijkenis heeft met zowel de schuifbak als de roterende trommel. Het produkt valt in een geperforeerde bak. Na opvangen van het produkt wordt de bak gedurende een zekere tijd ondergedompeld in een bad vloeibaar N<sub>2</sub> en vervolgens wordt de bak gekanteld, waardoor het produkt in de toevoerbuis naar de molen valt. De kans op vasthechten aan de wand en de kans op vervuiling lijken hierbij minimaal.

### *Verkleinen:*

Diverse molenprincipes zijn beschikbaar. Gezocht werd naar eenvoud, lage prijs en weinig gevoeligheid voor vervuiling. De voorkeur ging vanwege de relatieve grootte van het gemalen product uit naar een breker. Hierbij is gekeken naar rollenbrekers of kaakbrekers.

Uit tests is gebleken dat rollenbrekers niet in staat zijn het koudgevroren monster te malen waardoor ze versmeren. Verondersteld wordt dat bij maalprincipes waarin het product met een relatief groot maaloppervlak in contact komt (hamers of rollen) relatief veel energiedissipatie naar het product optreedt.

Omdat een breker niet mogelijk is werd alsnog gekeken naar een molen. De verwachting was dat door het relatief kleine contactoppervlak in de maalbeweging snij- of raspmolens beduidend minder energie zouden overdragen naar het te malen product. Tests met normale keuken(snij)apparatuur en een konus(rasp)molen bevestigden deze verwachting. Versmering vond hier nauwelijks plaats. Uit testen met (keuken)snij-apparatuur, te weten een blender, een cutter, een Wanner molen, een Peppink-molen en een konus(rasp)molen, te weten een Quadro Mill, bleek de voorkeur uit te gaan naar de Quadro Mill. Echter, gezien de prijs werd het noodzakelijk geacht naar soortgelijke goedkopere alternatieven te zoeken.

De Quadro Mill werd vervolgens met twee alternatieven vergeleken, namelijk een Fritsch-molen en een Powtec Granulator (tabel 2.2). Als criterium werd genomen de opbrengst aan deeltjes groot 1.0-2.8mm. Tevens werd gekeken naar reinigingsmogelijkheden, ombouwmogelijkheden en prijs. In onderstaande tabel staan de resultaten van de vergelijking. De granulator van Powtec kwam duidelijk als beste naar voren. Bovendien had deze de beste prijs/kwaliteit verhouding.

Rekening houdend met de eis van een maximale deeltjesgrootte van 2.0mm (volgens de at-line methode) en de ervaring met de loopeigenschappen van verschillende fracties is bepaald dat de optimale deeltjesgrootte ligt tussen 1.0 en 2.8mm. De opbrengst van Powtec is circa 60%. De fractie <1.0mm is maximaal circa 30%.

**Als randvoorwaarde kan gesteld worden, dat circa 60% van de deeltjes ligt tussen 1.0 en 2.8mm en maximaal circa 30% <1.0mm.**

## **2.3 Het meetsysteem**

### *Analyse*

De keuze voor het analyseapparaat is gemaakt naar aanleiding van een onderzoek uit de vorige fase van het project.

Vanwege de bepalingen nauwkeurigheid is de uiteindelijke keuze gevallen op de "On-line Infratec 1725" van Foss Benelux. Een ander voordeel van dit instrument is dat het de beste mogelijkheden biedt om in het "on-line" systeem te worden ingepast.

Er is gekozen voor een doseerklep na het analyseapparaat. Hiermee is op eenvoudige wijze de volumestroom door het apparaat goed te regelen. Gezorgd wordt dan voor een zekere overmaat in de analysebuis.

Op basis van voorgaand onderzoek was de eis aan het transmissiepad: <18mm. Echter, op basis van de doorloopeigenschappen van het product is deze eis bijgesteld. Het transmissiepad moet liggen tussen 18 en 30mm, bij voorkeur circa 24mm. Bij de opgegeven deeltjesgrootte geeft 30mm een nauwkeuriger voorspelling, maar liggen de gemeten absorptiewaarden soms buiten het betrouwbaar bereik van de analyzer.

### *Reinigen*

Voor de bepalingen nauwkeurigheid is het van groot belang dat de vensters goed schoon zijn tijdens de meting. Daarnaast is het noodzakelijk om een referentiescan te kunnen maken, waarbij een lege, schone buis nodig is. Een reinigingssysteem is benodigd dat de analysebuis op zekere momenten kan reinigen. Reiniging kan niet met vloeistof, pers of omgevingslucht vanwege de bevroering hiervan bij de lage temperaturen.

Voor het reinigingssysteem zijn de volgende concepten opgesteld:

*Stikstof injectie*; Via een aftakking aangebracht net boven de analysebuis wordt voor de referentiescan stikstof door de buis geblazen. De verwachting is dat hierdoor nog aanwezig product uit de buis zal worden verwijderd.

- *Zuiger*; Een mechanische zuiger schrobt de buis schoon.
- *Carrousel*; Er wordt gebruik gemaakt van meerdere buizen die afwisselend in de productstroom geplaatst worden. Tijdens gebruik van 1 buis wordt een andere gereinigd.
- *Ultrasone reiniging*; Vastklevend product wordt middels ultrasone trillingen losgetrild van de wand.

In het conceptuele model was aanvankelijk gekozen voor N<sub>2</sub>-injectie. Volgens de apparaatbouwer DeMaCo zou de vervuiling in de meetcel als gevolg van de omgevingstemperaturen (<-15°C) verwaarloosbaar zijn en een voorziening voor N<sub>2</sub>-injectie niet nodig zijn. Echter, bij de eerste afnametest is gebleken dat bij storingen product dat in de meetcel blijft iets kan ontdooien en derhalve voor ongewenste ophoping kan zorgen en dat er kans op condensvorming bestaat. Daarop is alsnog voor N<sub>2</sub>-injectie gekozen. Hiertoe wordt "afgas" vanaf het dompelbad naar de behuizing van de meetcel geleid. Door deze niet-rechtstreekse "injectie" is bovendien de kans dat meetcel en cellenradsluis beschadigd kunnen raken geminimaliseerd.

Een knelpunt blijkt de afvalverwerking. Het prototype is dusdanig, dat weinig ruimte voor de gewenste grootte van de afvalbak over is. Voor de situatie bij de pilot-lijn zal een ad-hoc oplossing worden bedacht. Bij de bouw van het meetsysteem op fabrieksschaal zal dit aangepast moeten worden.

## **2.4 Het besturingssysteem**

Naast de reeds onderscheiden componenten is een overal besturingssysteem noodzakelijk voor de aansturing van de drie subsystemen. Aangezien het analyseapparaat digitaal functioneert is het nodig om de besturing ook digitaal te laten geschieden. Dit gebeurt via PLC.

Tabel 2.2: vergelijk maalsystemen voor het "on-line" meetsysteem

|   | Van Dijk<br>Quadro Mill  | Proton Wilten<br>Fritsch molen  | Powtec<br>Granulator  |
|---|--|---|---|
| % deeltjes gemiddeld<br>2.0mm (1.0-2.8mm) | 40   | 30-40   | 60  |
| % deeltjes < 1.0mm                        | 37-44  | 35  | 24  |
| Reproduceerbaarheid                       | Redelijk   | Redelijk  | Goed  |
| Koude-bestendigheid<br>materialen         | RVS, ok,<br>1 dag vriezer  | Materiaal niet RVS,<br>minder koude-bestendig   | RVS, ok<br>1 dag vriezer  |
| Ombouw-<br>mogelijkheden                  | Afstand<br>screen/impellor in te<br>stellen na<br>gedeeltelijke<br>ontmanteling                                      | Mes-afstand lastig in te<br>stellen   | Afstand<br>screen/hamers<br>uitwendig in te<br>stellen  |
| Reiniging                                 | Eenvoudig  | Meer vervuiling.<br>Redelijk eenvoudig<br>(messen moeten met<br>imbussleutels<br>verwijderd worden) | Eenvoudig   |
| Principe                                  | Impellor beweegt het<br>materiaal langs rasp-<br>achtig screen.<br>Beweging impellor<br>haaks op toevoer<br>produkt. | Messen slaan produkt<br>kapot en duwen produkt<br>door het screen                                   | Roterende bladen<br>bewegen produkt<br>langs rasp-achtig<br>screen.<br>Bladen bewegen in<br>de richting van de<br>produktstroom,<br>trekken ahw produkt<br>mee de molen in. |
| Bijzonderheden                            | Molen slaat<br>regelmatig af.<br>Veel tijd<br>geïnvesteed in<br>vinden juiste<br>configuratie.                       | Fritsch wil niet kijken<br>naar mogelijkheden<br>voor aanpassingen                                  | Jong bedrijf,<br>Test bij ATO ook<br>gebruikt om verdere<br>verbeteringen aan te<br>brengen<br>(bijvoorbeeld<br>overgang screen en<br>houder)                               |
| Benodigde<br>aanpassingen                 |  | Materiaal ivm<br>temperatuur  | Nee   |
| Levertijd (weken)                         | 8 weken  | 4-6 weken   | 8 weken   |
| Prijs                                     | f 38.000,=   | f 9500,= excl. zeven  | f 12.000,=  |

### 3. Het eindconcept en het prototype

Uit de diverse deelconcepten is een eindconcept samengesteld. Dit concept is geschetst in figuur 3.1. In figuur 3.2 is een detailtekening van het prototype weergegeven. Detailtekening en bouw zijn uitgevoerd door DeMaCo. In figuur 3.3 zijn foto's van het prototype opgenomen.

Het systeem bevindt zich in een geïsoleerde omkasting waarin een stikstofatmosfeer heerst om condensatie op de koude oppervlakken te vermijden. De elektronica van de analyser en de aandrijvingscomponenten bevinden zich buiten de omkasting.

Eén van de voordelen van het uiteindelijke conceptuele model is dat het monsternamesysteem onafhankelijk kan worden gekozen van de rest van het systeem. Hierdoor is het mogelijk om afhankelijk van de fabriekslay-out te kiezen voor een bepaald concept. Wanneer een fabrikant bezwaar heeft tegen het priksysteem en ruimte heeft voor het kameleonsysteem kan deze fabrikant besluiten om de monsters middels dat systeem te nemen. Hij hoeft dan slechts rekening te houden met de interface naar het bewerkings- en besturingssysteem.

#### 3.1 Het monsternamesysteem

Het monsternamesysteem bestaat uit een schuifbalk met een door perslucht aangedreven priksysteem, dat uit de productstroom, op de transportband naar de koeler, een monster van 200 g neemt. Het monsternamesysteem wordt vast opgesteld over de transportband. Deze constructie bestrijkt de gehele bandbreedte en neemt product op diverse punten. Na samenstelling van het complete monster wordt dit gedeponereerd in het monstervoorbereidingssysteem. Ten minste iedere anderhalve minuut wordt een monster genomen.

#### 3.2 Het monstervoorbereidingssysteem

Het is van belang de temperatuur nauwkeurig te regelen. Dit is te realiseren door sturing van de onderdompeltijd in de stikstof. Er zal gebruik worden gemaakt van een bad met een overmaat aan N<sub>2</sub>. Mits de onderdompeltijd lang genoeg genomen wordt is het mogelijk het product volledig te koelen tot -196°C. Door de producttemperatuur na de molen te meten is het mogelijk om een regeling te bouwen die stuurt op de verblijftijd van het product in het dompelbad. Als eis is gesteld, dat vlak voor de analysebuis een temperatuursensor dient te komen die ook kan dienen als referentie voor de analyser. Hierin is niet voorzien. De apparaatbouwer verwacht een constante produkttemperatuur bij de maximaal ingestelde dompeltijd. Testen zullen dit moeten uitwijzen.

Na het invriezen wordt het monster naar de molen getransporteerd waar het wordt gemalen en gehomogeniseerd. Voor de molen is gekozen voor een Granulator FG90x75 van Powtec. Na malen bereikt het monster, via een afsluitklep, het meetsysteem.

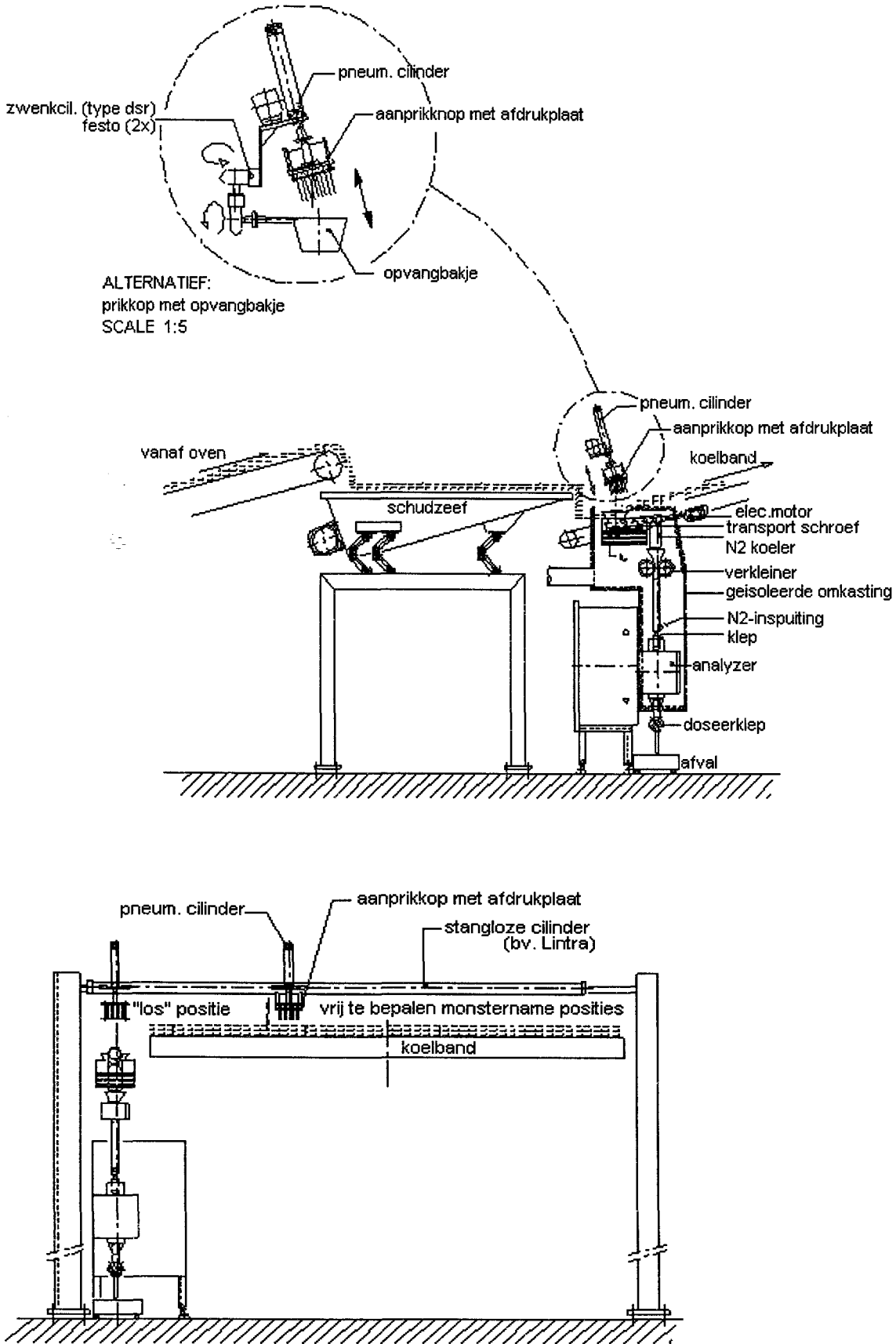
Het meetsysteem

In het meetsysteem wordt het vocht- en vetgehalte van het bereide monster met behulp van Nabij-Infrarood bepaald. Hiervoor is de "On-line Infratec 1725" van het bedrijf Foss Benelux gekozen. Na de bepaling van de productsamenstelling verlaat het monster middels een cellenradsluis het meetsysteem naar een afvalcontainer. Het meetsysteem blijft schoon door constante doorvoer van N<sub>2</sub> afkomstig van de "afgasstroom".

### 3.3 Het meetsysteem

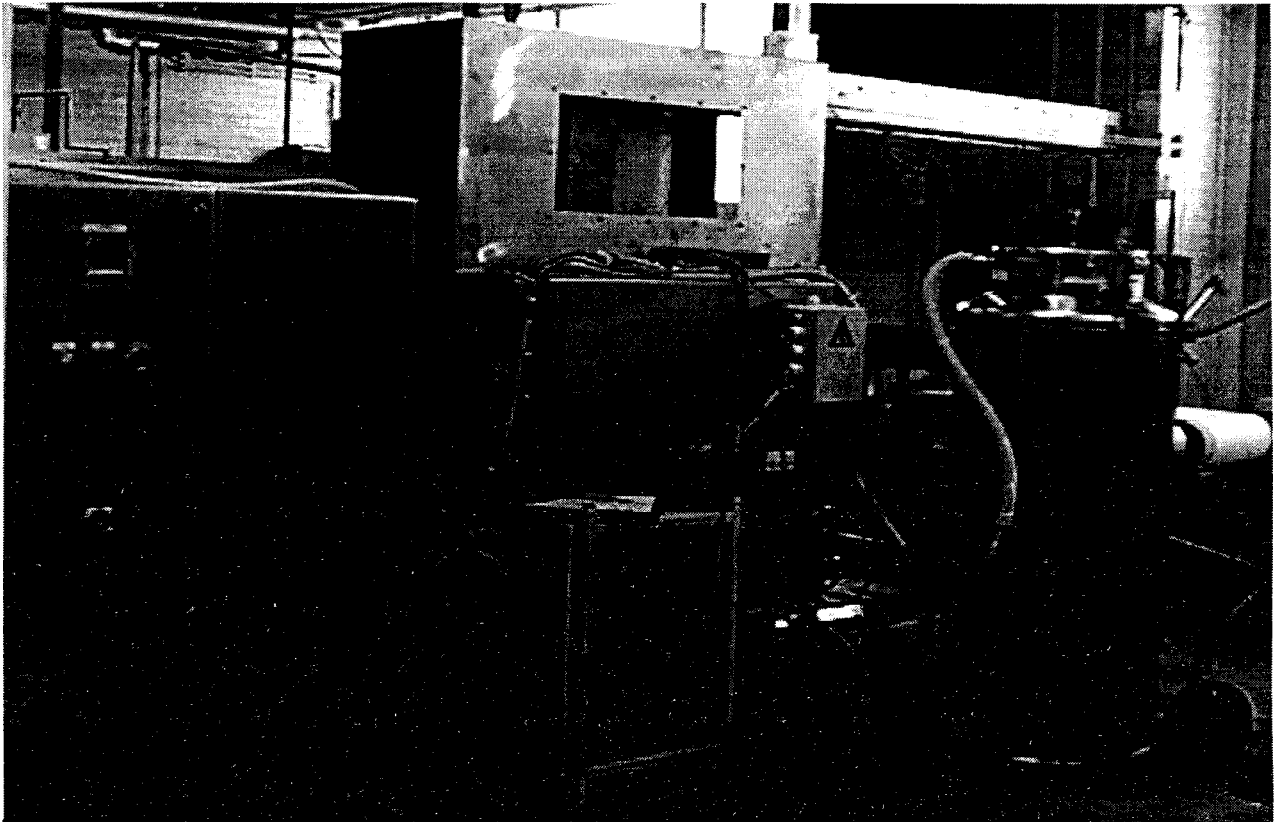
In het meetsysteem wordt het vocht- en vetgehalte van het bereide monster met behulp van Nabij-Infrarood bepaald. Hiervoor is de "On-line Infratec 1725" van het bedrijf Foss Benelux gekozen. Na de bepaling van de productsamenstelling verlaat het monster middels een cellenradsluis het meetsysteem naar een afvalcontainer. Het meetsysteem blijft schoon door constante doorvoer van N<sub>2</sub> afkomstig van de "afgasstroom".



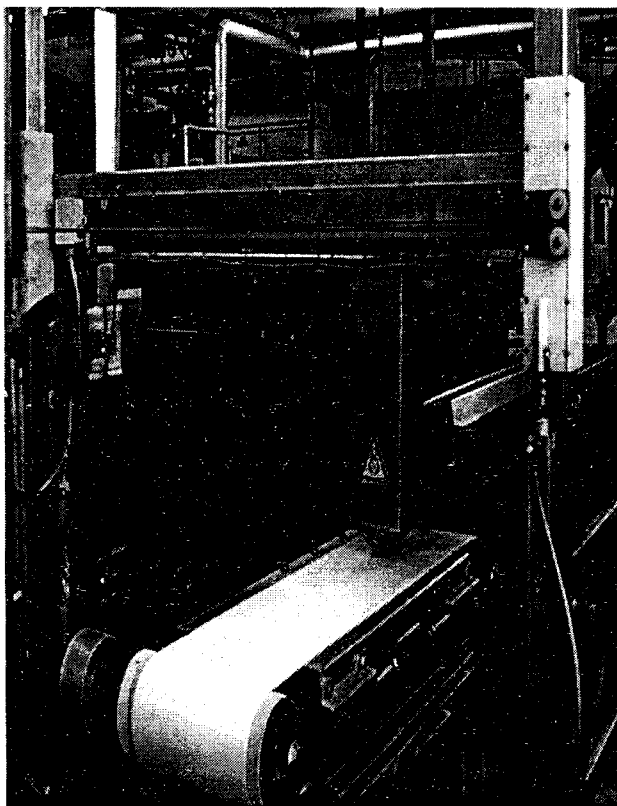


Figuur 3.1: Schets van het conceptuele model voor het "on-line" meetsysteem.

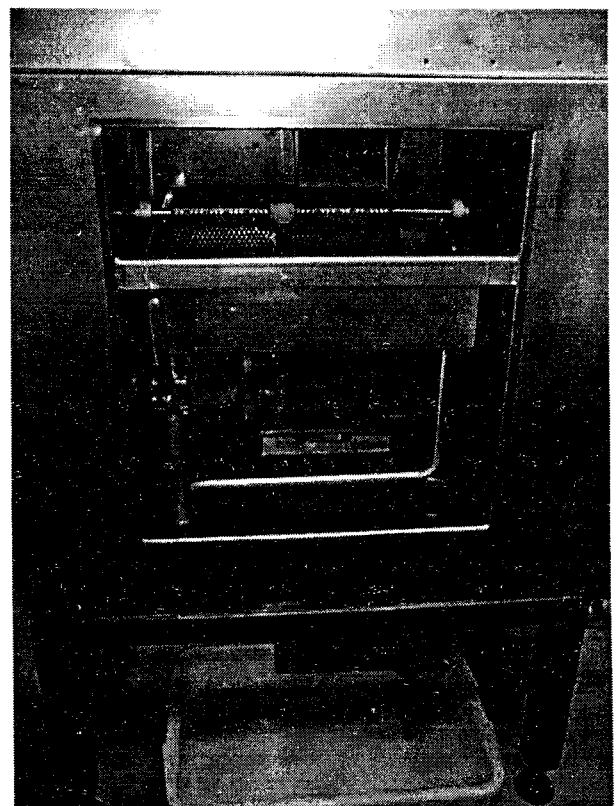




*Figuur 3.3a: prototype "on-line" meetsysteem droge-stofgehalte in de pilot-lijn*



*Figuur 3.3b: monsternamesysteem*



*Figuur 3.3c: monstervoorbereidingsysteem*

## 4. Experimenteel werk

### 4.1 Deeltjesgrootte

Eén van de voorwaarden voor de keuze van het maalapparaat is dat het moet voldoen aan de eisen die aan de korrelafmeting van het gemalen monster worden gesteld. Om deze eisen vast te stellen is een deeltjesgrootte analyse gedaan op een monster dat is voorbereid volgens de “at-line”-methode. Uit deze bepaling kon worden vastgesteld dat de korrelgrootte kleiner dan 2 mm moet zijn, zie het voorgaande verslag (Rapportage 1998, Fase 2).

In navolging op bovengenoemde experimenten is tevens gekeken naar de “doorloopeigenschappen” van het materiaal in de “on-line” situatie. In de “on-line” situatie is het een absolute vereiste, dat produkt het meetsysteem niet verstopt raakt door zich ophopend produkt.

Om vast te stellen wat de gewenste deeltjesgrootteverdeling is zijn monsters, gemalen met een Quadro Mill opgedeeld in een aantal fracties en beoordeeld op “doorloopeigenschappen”. De fracties waren:

<0.5mm  
0.5-2.0mm  
2.0-2.8mm  
>2.8mm  
gehele monster

De fracties zijn zowel door een meetcel met weglengte 10 als 18mm gegaan. De fracties 2.0-2.8mm en >2.8mm werden beoordeeld als zijnde met de beste doorloopeigenschappen. Op basis hiervan moet geconcludeerd worden, dat de eis van een maximale deeltjesgrootte van 2mm niet toereikend is om een goede werking van het systeem te garanderen. Inbouwen van zeefstappen in het systeem is niet gewenst, omdat hierdoor meer materiaal nodig zal zijn en tevens de cyclustijd verlengd wordt. Daarnaast moet uitgezeefd materiaal afgevoerd worden, wat voor ongewenst extra produktstromen leidt. De inbouw van zeven zou ook complex worden, omdat dan gezorgd moet worden voor onderdruk of een tril-mechanisme. Dit laatste is ongewenst voor een goede werking van de analyzer.

Rekening houdend met de eis van een maximale deeltjesgrootte van 2.0mm (volgens de at-line methode) en de ervaring met de loopeigenschappen van de verschillende fracties is bepaald dat de optimale deeltjesgrootte ligt tussen 1.0 en 2.8mm. De fracties <1.0mm en >2.8 moeten zo laag mogelijk zijn.

Uiteindelijk zijn op basis van deze vaststelling een Quadro Mill, een Fritsch-molen en een Powtec granulator vergeleken. Het vergelijk is opgenomen in tabel 2.2. Het blijkt, dat Powtec aan deeltjes tussen 1.0 en 2.8mm een opbrengst heeft van circa 60% tegenover “slechts” 40% voor de twee andere molens. De loopeigenschappen van deze Powtec monsters, dus niet uitgezeefd, waren goed. **Als randvoorwaarde wordt gesteld, dat circa 60% van de deeltjes ligt tussen 1.0 en 2.8mm en maximaal circa 30% <1.0mm.**

## 4.2 Weglengte meetcel

In fase 1 is voor de at-line methode vastgesteld, dat de optimale weglengte <18mm is. Echter, refererend naar de voorgaande paragraaf, dient in de "on-line" situatie rekening te worden gehouden met de doorloopeigenschappen, derhalve blijkt een weglengte van **minimaal 18mm** noodzakelijk. Een nadere keuze voor de weglengte wordt verder bepaald door de voorspellende waarde van de gemaakte scans. Omdat gekozen is voor de Powtec Granulator FG90x75 dienen monsters gemalen met deze granulator als uitgangsmateriaal. Beschikbaar zijn een meetcel van 18mm en één van 30mm. Hiermee worden in duplo scans van 10 monsters gemaakt. Het blijkt, dat bij een weglengte van 30mm de voorspellende waarde het grootst is, echter de gemeten absorptiewaarden vallen dan deels buiten het betrouwbaar bereik van de analyzer. Er dient een compromis te worden gesloten tussen enerzijds doorloopeigenschappen van het materiaal en anderzijds de voorspellende waarde van de scans gemaakt van dit materiaal.

**Geadviseerd wordt een meetcel tussen 18 en 30mm te gebruiken.**

Wanneer gemeten wordt maakt de analyzer subscans, welke worden gemiddeld. Standaard werd 15 subsamples aangehouden.

Vergelijk van monsters gemeten met 10 subscans respectievelijk 15 subscans bij een weglengte van 30mm laten zien, dat meting met 10 subscans een betere correlatie geeft. Een redelijke verklaring hiervoor is niet te geven, daar in het algemeen meer gegevens een beter gemiddelde geven.

**Geadviseerd wordt om de ijklijn te ontwikkelen met 10 subscans.**

## 4.3 Oplevering prototype

De oplevering van het prototype is in een aantal stappen verdeeld. Aanvankelijk was één oplevering bij DeMaCo gepland en één oplevering bij ATO. Omdat de eerste oplevering bij DeMaCo nog een aantal essentiële verbeterpunten te zien gaf werd een tweede oplevering gepland. Deze is uitgevoerd op 17 augustus 1999. De mechanische punten zijn eind augustus afgerond, terwijl de besturingstechnische punten 1 september waren afgerond. Het prototype is 9 september 1999 geïnstalleerd in de pilot-lijn van de sectie aardappelverwerking van ATO-DLO.

Hoofdpunten voor de oplevering bij DeMaCo waren:

- Afwerking van het prototype;
- Veiligheid van het prototype;
- Werking en besturing van het prototype;
- Probleemoplossen bij storing.

Onderdeel van de afnametesten waren:

- 1) Aantonen goede werking afzonderlijke onderdelen;
- 2) Aantonen goede werking van het systeem als geheel;
- 3) Test op intermitterende werking;
- 4) Duurtest van 1 dag (te Wageningen, na installatie).

Aansluitend op de afnametesten zijn een aantal gebruikstesten uitgevoerd.

Gedurende de ontwikkeling van het prototype door DeMaCo is een lijst bijgehouden met betrekking tot voortgang van de tekening en bouw van het prototype. De punten zijn grotendeels ook vastgelegd in de notulen van de werkbeprekingen met DeMaCo.

De lijst diende als hulpmiddel bij de afnametesten (pre-afname en feitelijke afname-test) bij DeMaCo en bij ATO-DLO. De lijst is aan DeMaCo ter inzage gegeven.

DeMaCo heeft een afnamerapport opgesteld.

Gedurende de afname- en gebruikstesten zijn verschillende verbeterpunten naar voren gekomen. De belangrijkste punten zijn hieronder genoemd en tevens is aangegeven hoe de punten al dan niet zijn opgelost respectievelijk konden worden opgelost.

- a) **Monstername:** Produkt valt soms naast de invoeropening naar het dompelbad; Drie oorzaken liggen hieraan ten grondslag, namelijk de grijper komt niet altijd recht boven de stortpunten. Deze positionering is verbeterd. Ten tweede schraapt produkt langs de opstaande rand van de stortopening. De 'linker' opstaande rand is weggehaald. Ten derde is de snelheid waarmee de pennen uit elkaar bewegen te groot, zodat produkt wordt weggeslingerd. Deze snelheid is bij de tweede afnametest verkleind. Met deze verbeteringen is het niet meer noodzakelijk om de randen van de stortopeningen te verhogen en onder een scherpe hoek te plaatsen.
- b) **Monstername:** Er kan produkt tussen de twee schuivende platen van de invoer komen; Dit is opgelost door het aanbrengen van afdichting.
- c) **Grijper:** De bewegende grijper levert gevaar op voor operators; Plaatsing van een zwaailicht cq. signaleringslamp is gewenst om in-bedrijf-zijn aan te geven. Een in-bedrijf-lamp is aanwezig op de besturingskast. Volgens ontwerp-normen is een signaleringslamp op het apparaat niet noodzakelijk, aldus DeMaCo. Rondom de bewegende grijper wordt een afscherming/hek geplaatst.
- d) **Grijper:** In de eerste afnametest bleek de hoeveelheid monster aan de grijper iets te weinig (circa 150g). Het aantal pennen aan de grijper is daarom verhoogd. In de tweede afnametest is specifiek gekeken naar de geschiktheid voor verschillende vormen produkt. Zowel lange en korte dunne staafjes alsook schijfjes worden door de grijper goed gepakt. Het blijkt niet nodig om de dikte van de pennen aan te passen, zoals eerder werd aangenomen. De hoeveelheid monster blijkt sterk afhankelijk van de laagdikte van de frites. Deze moet constant zijn.
- e) **Grijper:** De grijper moet zo kort mogelijk in de produktstroom blijven. Bij het verlagen van de snelheid van de pennen tijdens lossen is ook de bewegingssnelheid van de grijper in verticale richting verlaagd. Echter, de grijper moet zich zo kort mogelijk in de produktstroom bevinden. De verticale beweegsnelheid is derhalve weer iets verhoogd.
- f) **Verlengstuk horizontale geleiding grijper:** In verband met plaatsing in produktiesituaties is een verlengstuk voor de horizontale geleiding van de grijper beschikbaar. Zo kunnen ook bredere bandbreedtes worden bemonsterd.
- g) **Molen:** In de eerste afnametest is de rasp van de molen kapotgegaan (zie figuur 4.3); De molen werd voor de inbouw getest in een vriescel bij  $-20^{\circ}\text{C}$  met een niet geharde rasp. Hierbij is geen probleem opgetreden. In verband met slijtvastheid werd gekozen voor een gehard RVS rasp. Echter, als gevolg van het doorstromen van het 'kokende'  $\text{N}_2$  is de temperatuur veel lager dan  $-20^{\circ}\text{C}$ . Hiertegen bleek de rasp niet bestand. In de tweede afnametest is weer een standaard RVS-rasp gebruikt. Deze is heel gebleven. Het RVS is bij voorkeur austenitisch, hardheid 304 of 316.  
Daar het moeilijk blijkt, direct de molen te openen om instellingen te veranderen is het raadzaam voor elke opstart (voordat het systeem onder  $\text{N}_2$ -condities is gebracht) de instelling van de molen te testen. Dit kan met reeds ingevroren produkt.
- h) **Molen:** In de eerste afnametest bleek relatief veel produkt terug uit de molen te komen en valt o.a. in het dompelbad; In eerste instantie werd gedacht aan de noodzaak het toerental van de molen te verlagen. Deze is echter noodzakelijk in verband met de gewenste fijnheid. De mogelijkheden voor afvangen leken ook beperkt. Er moet rekening mee worden gehouden, dat brugvorming kan optreden. Dit is niet gewenst. Gedacht werd aan de mogelijkheid om de schotten van de trechter naar de molen te verhogen of een smaller toelopende toevoer naar de molen te maken. In de tweede afnametest werd geconstateerd, dat er nauwelijks tot geen produkt terugsprong van de molen. De verklaring die hiervoor gegeven wordt, is dat met de plaatsing van een standaard RVS-rasp het materiaal direct in de molen vergruisd wordt en door de rasp heen wordt afgevoerd, terwijl bij de kapotte rasp het materiaal weer omhooggeslingerd kon worden en terug kon springen in de dompelruimte. Bovendien is voor de tweede afnametest de rasp fijner afgesteld, waarmee de ruimte in de maalkamer verkleind is en het materiaal minder neiging heeft om weer mee omhoog te gaan richting toevoeropening.

- i) **Klep toevoer analyzer:** Boven de klep naar de analyzer hoopt monster zich op; De klep opende en sloot niet goed. Dit is verbeterd, zodat het produkt goed doorstroomt naar de analyzer.
- j) **Verplaatsen prototype:** Het prototype blijkt nog niet geschikt te zijn om met een heftruck te verplaatsen; "Onderlangs" het prototype is niet mogelijk, omdat er leidingen e.d. lopen. De beste oplossing lijkt nu plaatsing van "beugeltjes" aan de poten van het prototype. DeMaCo stelt voor tegen meerwerk wieltes te plaatsten. DeMaCo stelt, dat het prototype niet bedoeld is voor 'heen en weer' rijden.
- k) **Plaatsen analyzer:** De analyzer is constructie-technisch niet geïntegreerd met de rest van het prototype. Het staat op de grond en wordt met enig kunst en vliegwerk onder de uitloop van de molen geplaatst; ATO geeft de voorkeur aan een verstelbare hoogte van het prototype, zodat de analyzer eenvoudig onder het prototype geschoven kan worden. Plaatsing zou eenvoudiger kunnen als de "beugeltjes" zoals genoemd in punt j) aangebracht worden.
- l) **Doorstroom analyzer:** Met name tijdens storing kan friet ontdooien in de meetcel, waardoor verstopping en vervuiling optreedt. Dit is op te lossen door een gedeelte van het afgas naar de meetcel behuizing te voeren.
- m) **Storingen:** Het laag-alarm voor het stikstof-niveau in het dompelbad reageert niet goed (grijper blijft doorgaan); de besturing zal worden aangepast.  
Hoog-alarm geeft geen probleem.
- n) **Storingen:** De analyzer moet aan blijven als er ergens een storing optreedt, anders moet deze steeds opnieuw opstarten (kost circa 4-5 minuten). De analyzer reageert niet op stop of reset tijdens analyzer busy. Dit zal in overleg met de besturingsmensen worden opgelost.
- o) **Storingen:** In de PLC zit een time-out error, welke voor het prototype niet zinvol is omdat deze in bedrijf dient te blijven, en zal worden verwijderd.
- p) **Storingen:** De meetcel moet na iedere storing eerst worden leeggedraaid voordat verder wordt gegaan met monsternamen en meten; Mogelijkheid 1. is dompelbakjes leegstorten d.m.v. reset en vervolgens gewoon opstarten. Dan moeten de eerste twee metingen worden genegeerd. Dit is in de pilot-situatie werkbaar. Mogelijkheid 2. is de besturing van het prototype aanpassen (meerwerk DeMaCo). Mogelijkheid 3. is de besturing van de analyzer aanpassen (meest voor de hand liggend, dit zal in overleg met de leverancier van de analyzer worden uitgevoerd).
- q) **N<sub>2</sub>-verbruik:** De hoeveelheid stikstof was aanvankelijk ingeschat op 120ltr voor een dag. Dit is bijgesteld naar 180ltr. Dit lijkt vooral veroorzaakt door de opstart, waarbij het vullen van het systeem relatief veel kost. Het werkelijk N<sub>2</sub>-verbruik zal aan de hand van de volgende fase nauwkeuriger moeten worden bepaald.
- r) **Afvalbak:** er is te weinig ruimte voor als gevolg van de benodigde ruimte voor de cryogene opstelling, dit blijft een min-punt. De minimale verbetering die hier wordt bereikt is, door de uitstroomconus van de analyzer te verwijderen en het prototype iets hoger te zetten. Voor een continue afvoer wordt gedacht aan het plaatsen van een transportbandje of vijzel, welke het produkt in een aanpalende afvalbak kan deponeren.

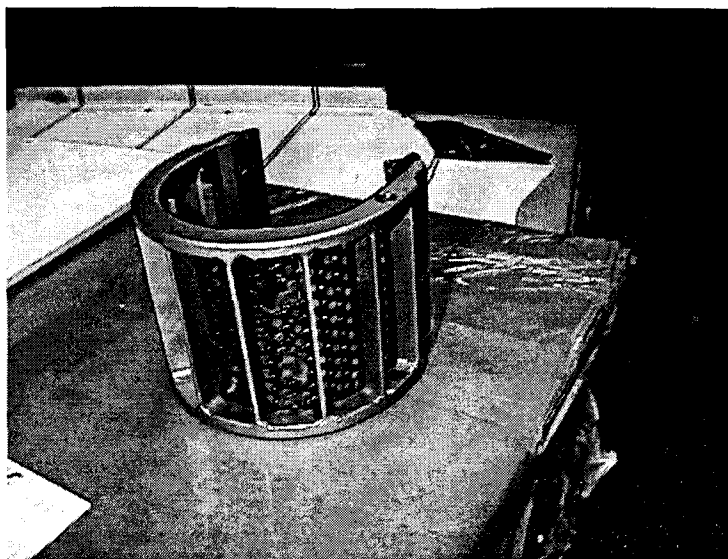
Overig:

\* Uitvoering PUR, steenwol, vacuum; DeMaCo adviseert om ook voor productie-systemen niet de vacuum uitvoering, omdat deze minimaal circa f70.000,= meer kosten.

### **Realisatie planning**

Aan het begin van het jaar stond realisatie van fase 2 nog gepland voor 15 mei 1999. De realisatiedatum voor bouw en implementatie van het prototype in de pilot-lijn is 9 september 1999. De overschrijding is te verklaren door verscheiden oorzaken.

- keuze apparaatbouwer is om budgettaire redenen uitgelopen;
- keuze maalsysteem is om prijs/kwaliteitsredenen uitgelopen;
- de eerste oplevering leverde een aantal essentiële verbeterpunten op;
- levertijden onderdelen langer dan ingeschat/afgesproken (relatief klein aandeel voor de overschrijding);
- oplevering bij ATO uitgesteld wegens niet beschikbaar zijn monteurs apparaatbouwer.



*Figuur 4.3: Geharde rasp na de eerste afnametest*



## Conclusies

In dit project wordt een systeem ontwikkeld waarmee het vocht- en vetgehalte van aardappelproducten gedurende het productieproces wordt bepaald. Dit zogenoemde “on-line” systeem zorgt ervoor dat een monster uit de verwerkingslijn wordt genomen, wordt voorbereid (ingevroren, gemalen en gehomogeniseerd) en wordt geanalyseerd.

In deze fase van het project is het conceptuele model voor het “on-line” systeem opgesteld. Van het concept is een technische detailtekening gemaakt en is het prototype gebouwd. In de ontwikkeling van het conceptuele model is bepaald hoe het monster wordt genomen, voorbereid en geanalyseerd. Daarnaast is een pakket van eisen voor het systeem en voor ieder onderdeel afzonderlijk vastgesteld. Het conceptuele model is samen met ingenieursbureau Innogas gemaakt.

Op basis van het conceptuele model en het pakket van eisen is een raming van de kosten opgesteld en zijn offertes bij machinebouwers aangevraagd. DeMaCo is, vanwege zijn expertise op cryogeen gebied, gekozen als de bouwer van het prototype. In overleg met de machinebouwer en de leveranciers van onderdelen is het detailontwerp gemaakt. DeMaCo heeft het prototype gebouwd en in de pilot-lijn van ATO-DLO geïnstalleerd.

De “doorloopeigenschappen” van het vermalen produkt zijn van belang voor een goed functioneren van het “on-line” meetsysteem. Vastgesteld is, dat de deeltjesgrootte zoveel mogelijk moet liggen tussen 1.0 en 2.8mm (ca. 60%) en dat de fractie deeltjes < 1.0mm maximaal circa 30% bedraagt. De weglengte van de meetcel is een compromis tussen optimaal meetresultaat (< 18mm) en praktisch haalbaar (30mm).

Uit de afname- en gebruikstesten bleken een aantal kritische punten, namelijk de koudegevoeligheid van de rasp, het loslaten van monstermateriaal boven de toevoer naar het dompelbad en de klepwerking voor toevoer van gemalen monster naar de analyzer. De ruimte voor de afvalbak is beperkt, door de totale omvang van de cryogene opstelling. Het prototype wordt momenteel op basis van de ervaringen uit de afname- en gebruikstesten operationeel gemaakt in de pilot-lijn van ATO-DLO.