

**Bestrijding van milieuverontreiniging door
procesgeïntegreerde maatregelen en
trendbreuken**

Referentienummer 93-108
Dossiernummer 112322-23825
Datum maart 1993
P

Trefwoorden

- procesgeïntegreerde bestrijding
- innovatieve technieken
- suikerindustrie
- zetmeelindustrie
- olie-industrie

Auteur

ir. J.W. Assink
ir. C.E. Krist-Spit
dr.ir. J.A. Zeevalkink

Bestemd voor

Ministerie van VROM
Postbus 30945
2500 GX 's-Gravenhage

Samenvatting

Zoals in vele beleidsnota's is aangegeven, zullen de bestaande emissies in Nederland nog aanzienlijk moeten worden gereduceerd om tot een situatie te komen waarin de 'milieuwaarden' niet meer worden aangetast en er sprake is van een duurzame samenleving en ontwikkeling.

Daarbij wordt in de uitvoering van het beleid een zekere nadruk gelegd op het gebruik van procesgeïntegreerde maatregelen, zoals bijvoorbeeld uit de Wet Vervroegde Afschrijving Milieu-investering (VAMIL) blijkt. Hierbij wordt procesgeïntegreerde technologie afgezet tegen zogenaamde toegevoegde of end-of-pipe technologie.

Een actuele vraag is in hoeverre milieu-emissies door bedrijven nog verder vermindert kunnen worden door zogeheten procesgeïntegreerde maatregelen, naast de vele andere, reeds gerealiseerde milieumaatregelen. De introductie van procesgeïntegreerde maatregelen kent namelijk zijn technische, economische en praktische grenzen. In deze studie zijn de mogelijkheden van procesgeïntegreerde maatregelen onderzocht en zijn deze vergeleken met de zogenoemde trendbreuken, waarbij van geheel andere processtappen gebruik wordt gemaakt. De vraag is of fundamentele proceswijzigingen mogelijk op de middellange tot lange termijn de milieubelasting verdergaand reduceren.

Aan de hand van case-studies in een drietal bedrijfstakken zijn de mogelijkheden geïnventariseerd voor procesgeïntegreerde maatregelen, alsmede mogelijke trendbreuken, ter beperking van milieu-emissies.

Achterliggend doel van de studie is aan te kunnen geven welke knelpunten zich voordoen bij de realisatie van procesgeïntegreerde maatregelen en eventuele trendbreuken en welk onderzoek gewenst is om deze knelpunten op te heffen.

Ten behoeve van de case-studies zijn een drietal bedrijfstakken binnen de voedingsmiddelenindustrie geselecteerd:

- Suikerindustrie (SBI 20.51);
- Zetmeelindustrie (SBI 21.11);
- Productie van plantaardige oliën (deel van SBI 20.61).

In de studie, die voor het grootste deel is gebaseerd op bestaande literatuurgegevens en gegevens van deskundigen binnen en buiten TNO, is met name aandacht besteed aan:

- a. De definiëring van de begrippen 'procesgeïntegreerde bestrijding' en 'trendbreuk' ten behoeve van deze studie.
- b. Het per bedrijfstak inventariseren en beschrijven van:
 - De verschillende basisprocessen, de belangrijkste bedrijven en hun globale omvang en positionering in de bedrijfskolom.
 - De huidige milieu-emissies uit de verschillende processen; waar mogelijk met indicatie van de belangrijkste bronnen.
 - De mogelijkheden van procesgeïntegreerde bestrijding.
 - De mogelijke trendbreuken (op basis van huidig of vroeger researchwerk).
 - De kwalitatieve inschatting van de effecten van procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken op de milieu-emissies.

Milieubelasting en mogelijke maatregelen

In de drie onderzochte bedrijfstakken is een aantal punten met een relatief hoge milieubelasting aangegeven en zijn hiervoor meerdere mogelijke maatregelen gesuggereerd. Enkele belangwekkende c.q. kansrijke suggesties met betrekking tot zowel procesgeïntegreerde maatregelen als trendbreuken zijn in onderstaande tabel weergegeven en daarna per bedrijfstak kort toegelicht.

Tabel 1 Overzicht van belangrijkste emissiebronnen en mogelijke maatregelen

Emissies/afvalstromen	Bron	Procesgeïntegreerde maatregel	Trendbreuk
<i>Plantaardige oliën/vetten</i> Hexaanemissie Bleekaaarde Geur Afvalwater (zoutlast)	Extractie Raffinage Desodoriseren Ontzuring/verzeping	– luchtdichte apparatuur – hexaan beter terugwinnen (diepkoeling, sorptie) – regenerereerbare adsorbentia – behandeling (biofiltratie) – beter luchtdichte apparatuur – indirecte condensers – membraantechnieken (RO, ED)	– extractie mijden (beter persen) – ander extractiemiddel (CO₂, H₂O) – ? – ? – fysische raffinage
<i>Zetmeelindustrie</i> Tarra (pathogenen, verontreiniging) Geur Stof Afvalwater	Aanhangende grond aardappelen Indampen proceswater Drogen bijprodukten Drogen/transport van zetmeel Condensaat/proceswater	– verwerken ('composten'; secundaire toepassingen) – behandeling (biofiltratie) – luchtdichte apparatuur; gesloten koeltorens – beter voorontwateren schroot – efficiënte drogers (lage Q_D) – gesloten luchtcircuits – behandeling (doekenfilters) – onder druk weken (mais) – beter malen (tarwe) – inzet enzymen (minder SO₂ en water) – hergebruik condensaat (na behandeling)	– ? – membraanfiltratie (mijden indampstap) – nat verwerken schroot (inkuilen; eiwitten enzymatisch winnen) – diëlektrisch drogen – zie verder geur – HD desintegratie (mais) – alternatief voor hitte- – coagulatie (aardappel)

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

Tabel 1 Overzicht van belangrijkste emissiebronnen en mogelijke maatregelen (vervolg)

Emissies/afvalstromen	Bron	Procesgeïntegreerde maatregel	Trendbreuk
Suikerindustrie	Geur	Carbonatatie	– naverbranding in pulpdroger
		Indampen en koeltorens	– indirecte condensors
	NH ₃ en (koolwaterstoffen)	Pulpdrogen	– membraantechnologie
		Tarravelden	– mechanische damprecompressie
Stof	Carbonatatie	– condensaat gecontroleerd hergebruiken of zuiveren	– stoomdrogen
		– lagere ingangstemperatuur?	– ?
	Indampen (en koeltorens)	– deels droog reinigen	– membraantechnologie
		– dunsap strippen	– mechanische damprecompressie
Verbrandingsemissies (en energieverbruik)	Pulpdrogen	– naverbranding in pulpdroger	– stoomdrogen
		– indirecte condensors	– stoomdrogen
	Calcinatië	– absorptie?	– mechanische damprecompressie en gasturbines
		– filter?	– stoomdrogen
		– continue kristallisatie	– ?
		– platenverdamers	
		– beter voorontwateren (enzymen en HD-persen)	
		– alkalische extractie	
		– O ₂ -rijke verbranding	
		– fluid-bed kalkoven	

De milieubelasting van de drie bedrijfstakken die naar verwachting in de komende jaren van betekenis blijft, zijn de tarraproblematiek, de CO₂- en NO_x-emissies (tengevolge van energie-intensieve indamp- en droogprocessen) en incidenteel geurhinder en NH₃-emissies (met name suikerindustrie). Daarnaast zijn bleekarde en schuimaarde uit de olie- respectievelijk suikerindustrie te noemen als belangrijke, maar ongevaarlijke reststoffenstromen (schuimaarde wordt nuttig toegepast). De van oudsher bekende milieuknelpunten in de drie bedrijfstakken zijn de laatste 10-20 jaar door een scala van maatregelen reeds sterk in omvang gereduceerd.

Plantaardige oliën

Er zijn diverse mogelijkheden om de bestaande milieu-emissies in de bedrijfstak te reduceren. De belangrijkste optie is daarbij het verdergaand overgaan van de klassieke loograffinage op de fysische raffinage. Verder kan worden gedacht aan procesgeïntegreerde maatregelen als synthetische c.q. regenererbare bleekarde, het verdergaand vermijden van ventilatie/verdringingslucht en/of betere terugwinning van hexaan uit afgassen. In een aantal gevallen zullen mogelijke maatregelen gepaard gaan met relatief hoge investeringen (bijvoorbeeld verbeterde oliepersen, beter ontslijmen, uitvriezen), doch de consequenties voor de operationele kosten zijn naar verwachting niet extreem. Voor geurbestrijding is tevens een belangrijke inbreng van end-of-pipe technologie te verwachten, zoals biofiltratie.

Vooralsnog zijn er weinig nieuwe alternatieven inzake trendbreuken gesignaleerd die de bestaande productieprocessen op termijn zullen vervangen. Wel is het denkbaar dat op afzienbare termijn door de verbeterde persen het gebruik van hexaanextractie voor een belangrijk deel overbodig wordt. Verder bieden membraanscheidingstechnieken mogelijk op de lange termijn enige toepassingsmogelijkheden.

Zetmeelindustrie

In de zetmeelproductie is een groot deel van de optredende emissies een direct of indirect gevolg van de samenstelling van de grondstof. Afgezien van de mogelijkheid andere rassen van granen en aardappels te kweken en te telen, is een beperkt aantal mogelijkheden aangegeven voor een aanzienlijke reductie van de milieubelasting door procesgeïntegreerde maatregelen of trendbreuken. De belangrijkste opties lijken inmiddels bij één of meerdere bedrijven te zijn gerealiseerd of in ontwikkeling te zijn. Een veelbelovende strategie voor reductie van de milieubelasting kan worden gebaseerd op verdere procesoptimalisatie binnen de afzonderlijke bedrijven, eventueel op termijn gevolgd door het overnemen van de verhoudingsgewijs schone (deel)processen die zich in de bedrijfstak (bij andere bedrijven) hebben bewezen.

Binnen de graanzetmeelindustrie zijn momenteel de belangrijkste ontwikkelingen: de inzet van enzymen, het onder druk weken, en optimalisatie van de droge maaltechniek. Hiermee zullen de emissies (indirect) worden verminderd.

Verdere reductie van emissies bij de aardappelzetmeelproductie lijkt mogelijk als een goed alternatief wordt gevonden voor de eiwitafscheiding via hitte-coagulatie. In bredere zin dient men te streven naar rendabele manieren voor het winnen van stoffen uit de vruchtwaterstroom. In samenhang daarmee is de ontwikkeling van nieuwe producten nodig (cf. kalvervoederingsrediënten). In hoeverre een proces voor de winning en afzet van de relatief grote kaliumvracht kan worden gevonden is onduidelijk (nu bereikt een deel het milieu via veevoeder).

Suikerindustrie

De samenstelling en de kwaliteit van de bieten zijn van grote invloed op de procesvoering bij de productie van kristalsuiker. Afgezien van maatregelen op het gebied van de kweek en teelt van bieten zijn verschillende mogelijkheden voor procesgeïntegreerde reductie van de milieubelasting aan te geven.

Omdat het suikerproces een hoge mate van verknoping van deelprocessen kent door warmtewisseling en hergebruik van condensaatstromen grijpt een maatregel op niveau van een deelproces in het algemeen in op de gehele balans van massa- en energiestromen. De toepassing van bijvoorbeeld hoge-druk-pulppersen, waarmee pulp tot een droge-stofgehalte van 50% kan worden ontwaterd, reduceert de thermische droging, maar heeft door de verandering van de hoeveelheid en de samenstelling van het pulpperswater tevens invloed op de extractie, waarin het pulpperswater wordt gebruikt. Van enkele ontwikkelingen zoals alkalische extractie is het milieu-effect nog niet geheel te overzien, mede door de veranderingen die dit proces met zich meebrengt in de daarop volgende sapzuiveringsstap.

Wat betreft trendbreuken zijn slechts enkele ontwikkelingen gesignaleerd, waaronder de toepassing van membranen en de toepassing van mechanische damprecompressie, al of niet in combinatie met een gasturbine. Deze laatste ontwikkeling is als een trendbreuk betiteld, omdat deze ingrijpt in de gehele lay-out van massa- en energiestromen

in de fabriek en een gehele herziening van de onderlinge verknoping van de deelprocessen met zich meebrengt.

Bij diverse mogelijke milieumaatregelen is een samenhang te zien met de reductie van het energieverbruik. In deze bedrijfstak blijkt bovendien de scheidslijn tussen procesgeïntegreerde oplossingen en trendbreuken vaak niet helder te trekken.

Procesgeïntegreerde maatregelen versus trendbreuken

Een onderscheid tussen procesgeïntegreerde technologie en 'trendbreuken', zoals in deze studie is gehanteerd, lijkt minder belangrijk met betrekking tot de mogelijkheden tot reductie van de industriële emissies in de drie onderzochte bedrijfstakken. Via beide wegen blijken belangrijke emissiereducties te kunnen worden bereikt. De te bereiken omvang van emissiereductie blijkt daarbij sterk te kunnen verschillen per situatie c.q. per bedrijf. Bovendien zijn er diverse voorbeelden van maatregelen te noemen, waarbij de indeling naar 'trendbreuk' of 'procesgeïntegreerde maatregel' niet evident is.

Dit betekent dat de beste mogelijkheden tot reductie van milieu-emissies in ieder afzonderlijk geval moet worden geïnventariseerd en geëvalueerd. De middelgrote tot grote bedrijven mogen goed in staat worden geacht zelf mogelijkheden tot procesgeïntegreerde of andere maatregelen te vinden en te beoordelen op praktische haalbaarheid.

Een aantal belangrijke knelpunten die de introductie van procesgeïntegreerde maatregelen of trendbreuken in de praktijk in de weg staan, in geïnventariseerd. Het betreft zowel technische al niet-technische belemmeringen. Enkele belangrijke voorbeelden hiervan zijn:

- De ontwikkeling en introductie van nieuwe technologie (trendbreuken) gaat gepaard met risico's van financiële aard en met mogelijke consequenties voor de produktkwaliteit en de marktinbedding.
- Trendbreuken vereisen veelal belangrijke vervangingsinvesteringen en een adequate bijscholing van personeel.
- Procesgeïntegreerde maatregelen resulteren in het algemeen in een complexer proces met mogelijke gevolgen voor de produktkwaliteit en de beheersbaarheid van het proces.
- Het productieplan en de installatie lay-out laten niet altijd een procesgeïntegreerde maatregel toe, zonder ingrijpende aanpassingen.

Rol overheid

Gelet op de meerledige taken van de centrale overheid lijkt het gewenst via (vernieuwend) technologisch onderzoek langs verschillende lijnen te werken aan enerzijds een versterking van de concurrentiepositie van het Nederlands bedrijfsleven en anderzijds 'milieusparende' technologieën. Door in alle fasen contact met de betrokken bedrijfstakken te onderhouden, worden de kansen op en mogelijkheden tot implementatie vergroot.

Naast de stimulatie van vernieuwend onderzoek (waaronder 'trendbreuken') zijn de volgende onderzoeksgebieden geïdentificeerd; dit zijn 'milieusparende' technieken die in het algemeen een bredere inzetbaarheid hebben dan de hier onderzocht bedrijfstakken:

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

- technieken gericht op hergebruik van proceswater (bijvoorbeeld condensaatreining en koelwater);
- technieken voor verwijdering van vermestende stoffen uit water (N, P, K);
- geurverwijdering uit ventilatiegassen;
- alternatieve droogtechnieken (klein tot zeer klein luchtdebiet);
- energierugwinning;
- gebruik van biotechnologie c.q. enzymtechnologie ter verbetering processen.

De meeste van deze en andere technieken zouden goed in de bestaande onderzoeksprogramma's ontwikkeld kunnen worden. Te overwegen valt om via een aanvullend onderzoeksprogramma een sterkere stimulans te geven aan milieusparende *proces*technologie.

Bij het opleggen van milieu-eisen (in bijvoorbeeld vergunningen) en bij het ontwikkelen van technologie zou meer aandacht moeten worden gegeven aan de mogelijke verschuivingen in stofstromen en/of secundaire milieu-effecten. In dit verband dient de overheid veel aandacht te geven aan de formulering van eenduidige en onderling samenhangende eisen, die een tijdhorizon van meer dan 5 jaar bestrijken.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	2
1	Inleiding	9
2	Werkwijze	11
3	Begripsomschrijving	12
4	Plantaardige oliën	19
4.1	Bedrijfstak	19
4.2	Processen	21
4.2.1	Crushing	21
4.2.2	Raffinage (exclusief harding)	22
4.3	Emissies	26
4.4	Procesgeïntegreerde maatregelen	28
4.5	Mogelijke trendbreuken	30
4.6	Résumé	32
4.7	Referenties	32
5	Zetmeelindustrie	38
5.1	Bedrijfstak	38
5.2	Processen	39
5.3	Emissies	44
5.4	Procesgeïntegreerde maatregelen	46
5.5	Mogelijke trendbreuken	48
5.6	Résumé	49
5.7	Referenties	50
6	Suikerindustrie	57
6.1	De bedrijfstak	57
6.2	Processen	58
6.3	Emissies	64
6.4	Procesgeïntegreerde maatregelen	66
6.5	Trendbreuken	71
6.6	Résumé	74
6.7	Referenties	74
7	Evaluatie	80
8	Conclusies en aanbevelingen	87
9	Verantwoording	89

Bijlage 1 Ledenlijst VERNOF per januari 1992

1 Inleiding

Het Nederlandse milieubeleid heeft ertoe geleid dat er in de jaren tussen ca. 1965 en 1985 een groot aantal emissiereducerende maatregelen zijn getroffen door de industrie. De betreffende maatregelen hebben voor een belangrijk deel betrekking gehad op zogenaamde toegevoegde technologie c.q. end-of-pipe maatregelen. Dit houdt in dat emissies naar de lucht en het oppervlaktewater zijn bestreden door het plaatsen van apparaten of installaties in de te lozen eindstromen van procesgassen en proceswater.

In de tweede helft van de tachtiger jaren heeft alom de opvatting post gevat dat emissies beter bij de bron bestreden en soms zelfs geheel voorkomen kunnen worden. In deze periode komen begrippen naar voren als 'Pollution Prevention Pays', procesgeïntegreerde bestrijding, zero-discharge-technology en good-housekeeping. Ook krijgen preventie en hergebruik van afvalstoffen aanzienlijk meer aandacht dan in de voorafgaande periode.

In de huidige periode worden de verschillende beleidslijnen zoveel mogelijk doorgetrokken naar een integrale benadering van de milieuproblematiek. Het bedrijfsleven volgt hierin, onder meer door de introductie van milieuzorgsystemen.

Er mag dan ook worden geconstateerd dat de milieu-aspecten in de achterliggende decennia zijn uitgegroeid van een sluitpost tot een volwaardig element in de procesvoering en besluitvorming van de meeste bedrijven.

Niettegenstaande de vele inspanningen het milieu te ontlasten, is er in Nederland nog steeds sprake van een situatie waarin de 'milieuwaarden' langzaam maar zeker worden aangetast. Zoals in vele beleidsnota's is aangegeven, zullen de bestaande emissies nog aanzienlijk moeten worden gereduceerd (NMP+, NMP, Zorgen voor morgen). Dit betekent dat men zich ook in de komende jaren grote inspanningen moet getroosten om de milieubelasting te verminderen. Daarbij zal naar verwachting het huidige beleid van de overheid vooralsnog worden voortgezet, i.e. het nastreven van milieudoelstellingen met inzet van een breed scala aan instrumenten. Twee voorbeelden zijn het afsluiten van convenanten en het stimuleren van 'schone' technologie.

In beide voorbeelden is het van toenemend belang dat de overheid zich bij de besluitvorming goed informeert over de mogelijkheden, beperkingen en gevolgen op onder meer economisch en milieuhygiënisch vlak van de mogelijke maatregelen.

Een actuele vraag is in hoeverre milieu-emissies nog verder verminderd kunnen worden door zogeheten 'procesgeïntegreerde maatregelen', naast de vele andere, reeds gerealiseerde milieumaatregelen.

Er zal namelijk een technische of economische grens aan de haalbaarheid van (verdergaande) procesgeïntegreerde maatregelen verbonden zijn. Deze grens kan per bedrijf verschillend zijn. Bij het naderen van zo'n grens kan namelijk een geheel afwijkend productieproces aantrekkelijk worden. Bij invoering van een dergelijke alternatieve technologie is er sprake van een 'trendbreuk'. In beginsel is procesgeïntegreerde bestrijding belangrijk voor de korte termijn, terwijl 'trendbreuken' veelal voor de langere termijn relevant zijn.

In dit rapport wordt verslag gedaan van een studie, uitgevoerd in opdracht van DGM van het Ministerie van VROM, waarbij de mogelijkheden voor procesgeïntegreerde maatregelen in een aantal bedrijfstakken zijn onderzocht, alsmede de potentiële mogelijkheden tot emissiereductie door trendbreuken.

Doel van de studie

Binnen een drietal geselecteerde bedrijfstakken zullen de mogelijkheden worden geïnventariseerd voor procesgeïntegreerde maatregelen ter bestrijding c.q. voorkoming van milieu-emissies. Deze procesgeïntegreerde maatregelen zullen worden gezet naast de perspectieven van eventuele 'trendbreuken', die eveneens tot een vermindering van milieu-emissies leiden.

Achterliggend doel is aan te kunnen geven welke knelpunten zich voordoen bij de realisatie van procesgeïntegreerde maatregelen en eventuele trendbreuken en welk onderzoek benodigd is om deze knelpunten op te heffen.

In overleg met de opdrachtgever zijn een drietal bedrijfstakken binnen de voedingsmiddelenindustrie geselecteerd als onderwerp voor de case-study, te weten:

- Suikerindustrie (SBI 20.51);
- Zetmeelindustrie (SBI 21.11);
- Productie plantaardige oliën (deel van SBI 20.61).

2 Werkwijze

De volgende stapsgewijze aanpak is gehanteerd.

- a. Begripsbepaling. De begrippen 'procesgeïntegreerde bestrijding' en 'trendbreuk' zijn ten behoeve van deze studie zo strak mogelijk gedefinieerd; ze zijn daarbij afgezet tegen andere begrippen, zoals 'preventie' en 'end-of-pipe', en worden met enkele voorbeelden verduidelijkt (zie hoofdstuk 3).
- b. Deskstudie per bedrijfstak. Deze richtte zich op het inventariseren en beschrijven van:
 - De verschillende basisprocessen, de huidige positie in de productieketen/bedrijfskolom, de belangrijkste bedrijven en hun globale omvang en organisatie;
 - De huidige milieu-emissies uit de verschillende processen; daarbij is waar mogelijk geïndiceerd wat de belangrijkste bronnen van deze emissies zijn.
 - De mogelijkheden van procesgeïntegreerde bestrijding.
 - De mogelijke trendbreuken (op basis van huidig of vroeger researchwerk).
 - De kwalitatieve inschatting van de effecten van procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken op de milieu-emissies.

De deskstudie is voor het grootste deel gebaseerd zijn op bestaande literatuurgegevens en is aangevuld met gegevens van deskundigen binnen en buiten TNO.
- c. Tussenrapportage. De resultaten van de onderdelen a. en b. zijn in een tussenrapportage vastgelegd. Tevens is aangegeven welk onderzoek is benodigd c.q. welk ontwikkelingstraject moet worden afgelegd teneinde de genoemde mogelijkheden inzake trendbreuken en procesgeïntegreerde maatregelen te realiseren.
- d. Terugkoppeling met opdrachtgever en vertegenwoordigers van de bedrijfstakken. Dit is via een schriftelijke en/of mondelinge beoordelingsronde uitgevoerd. Er is afgezien van één of meerdere (workshop-achtige) bijeenkomsten, aangezien dit naar verwachting geen bijzondere meerwaarde zou opleveren ten opzichte van individueel commentaar.
- e. Evaluatie en eindrapportage. De uitkomsten van de terugkoppeling zijn geëvalueerd en in de eindrapportage verwerkt. In de evaluatie is verder gelet op eventuele verschillen en parallellen tussen de drie onderzochte bedrijfstakken en is gelet op wijze waarop procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken kunnen bijdragen aan een vermindering van de milieubelasting.

3 Begripsomschrijving

In dit hoofdstuk worden ten behoeve van deze studie de begrippen ‘procesgeïntegreerde bestrijding’ en ‘trendbreuken’ gedefinieerd. Deze begrippen worden zo eenduidig mogelijk afgebakend van andere in de milieutechnologie gebezigde begrippen. In het bijzonder zullen daarbij de begrippen ‘procesgeïntegreerd’ en ‘trendbreuk’ worden afgezet tegen de begrippen ‘preventie’ en ‘end-of-pipe maatregelen’.

Procesgeïntegreerde bestrijding

Het ligt voor de hand om het begrip ‘procesgeïntegreerd’ zo dicht mogelijk te laten aansluiten bij de letterlijke betekenis ervan. Daartoe dienen we eerst te definiëren wat een proces is.

Een proces wordt gedefinieerd als een systematisch uitgevoerde behandeling, in één of meerdere stappen, van een materiaal of stof, gericht op het verkrijgen van het gewenste resultaat. Gewoonlijk is er in een *produktieproces* sprake van een transformatie van ingekochte of gewonnen grondstoffen en/of halfprodukten tot één of meerdere verkoopbare produkten. Daarbij wordt meestal gebruik gemaakt van hulpstoffen en energie. Verder kunnen in een proces nevenprodukten (met een lage of geen toegevoegde waarde) en reststoffen/emissies (met in principe een negatieve waarde) vrijkomen. In figuur 3.1 is een en ander schematisch weergegeven.

In de procesindustrie zijn processen vaak opgebouwd uit een aaneenschakeling van zogenaamde unit-operations, zoals malen, mengen, indampen, strippen, spoelen, verwarmen en chemische reactie.

Binnen een proces kan nog onderscheid worden gemaakt tussen de volgende categorieën van bewerkingen c.q. unit-operations:

- basisproceselement; maakt een essentieel onderdeel uit van de feitelijke transformatie van grondstof tot produkt;
- ondersteunend proceselement; dit voorziet het basisproces van de noodzakelijke hulpstoffen of energie (vergelijk: utility);
- procesoptimaliserend element; dit zijn processtappen die aan het basisproces (of de ondersteunende processen) zijn toegevoegd om de opbrengsten te maximaliseren, de kosten te minimaliseren, de produktkwaliteit te verbeteren of te kunnen voldoen aan bepaalde randvoorwaarden (waaronder milieu-eisen).

Een en ander is schematisch weergegeven in figuur 3.2. In veel bestaande productieprocessen zijn deze procesoptimaliserende elementen reeds vanaf de ingebruikname ingebouwd. Ze vormen min of meer een integraal onderdeel van het gehele proces. Voorbeelden zijn warmtewisselaars voor energierugwinning en destillatietorens voor het terugwinnen (en opwerken) van oplosmiddel. Ook kunnen na de ingebruikname ‘procesoptimaliserende elementen’ worden toegevoegd als gevolg van gewijzigde omstandigheden in de markt of regelgeving of door het beschikbaar komen van nieuwe technologieën. Voorbeelden zijn het hydrocracken van zware oliefracties en hergebruik van marineerbaden na een ultrafiltratiestap.

Tegen deze achtergrond en de constatering dat de meeste processen een lange technische levensduur hebben, is het begrip 'procesgeïntegreerde bestrijding' als volgt te definiëren:

*Het nemen van maatregelen bij een **bestaand** proces ter bestrijding van een ongewenste belasting van het milieu, waarbij de maatregelen direct of indirect ingrijpen in het feitelijke productieproces.*

Met de term 'direct' wordt hier bedoeld op maatregelen die ingrijpen op de basis-proceselementen, zonder het productieproces fundamenteel te veranderen. De 'indirect ingrijpende' maatregelen zijn verbonden aan de ondersteunende of optimaliserende proceselementen, maar hebben wel duidelijke aanwijsbare consequenties voor het totale proces.

In geval van *procesgeïntegreerde bestrijding* van milieuverontreiniging kan dus worden gesteld dat:

- er een bestaand proces is, met andere woorden het basis-proces is niet meer vrij te kiezen;
- het proces resulteert in een zekere (ongewenste) verontreiniging van het milieu;
- de emissie door een procesgeïntegreerde maatregel wordt bestreden (geheel of gedeeltelijk weggenomen);
- de procesgeïntegreerde maatregel is toegesneden op het proces en hierop ingrijpt c.q. consequenties heeft voor de procesvoering of de produktkwaliteit.

Essentieel is hierbij dat bij het treffen van de maatregel goed geanalyseerd wordt hoe de verontreiniging in het proces ontstaat en hoe het proces functioneert. Op deze informatie dient de te treffen maatregel te worden gebaseerd.

De laatste opmerking geeft een belangrijk verschil aan met toegevoegde of end-of-pipe technologie. Deze is namelijk gericht op het bestrijden van een milieuverontreiniging op een manier die niet in het verloop van het proces ingrijpt. De 'toegevoegde maatregelen' zijn op de grens of buiten het feitelijke productieproces gepositioneerd.

Procesgeïntegreerde bestrijding van milieuverontreiniging omvat echter meer dan alleen technologische maatregelen; ook een aanpassing in het gebruik van *hulpstoffen* (bijvoorbeeld andere oplosmiddelen) kan ertoe gerekend worden, mits deze geen wezenlijke consequenties voor het basis-proces heeft.

Op voorhand niet geheel duidelijk of het toepassen van andere, schone (bijvoorbeeld cadmiumvrije) *grondstoffen* tot een procesgeïntegreerde maatregel kan worden gerekend. Hetzelfde geldt voor het toepassen van reststoffen als grondstof. Voor deze studie wordt aangenomen dat dit *niet* het geval is, omdat dit maatregelen zijn die feitelijk buiten de procesgrenzen zijn gelegen, *tenzij* door het gebruik van alternatieve grondstoffen een wezenlijke verandering in bepaalde procesonderdelen en procescondities wordt geïntroduceerd.

Een verbeterd apparaat dat bijvoorbeeld door kleine aanpassingen in de uitvoering zuiniger met energie of hulpstoffen omgaat, vormt volgens de gegeven definitie geen procesgeïntegreerde maatregel. In tegenstelling hiermee zijn belangrijke wijzigingen in de procescondities wel als procesgeïntegreerde maatregelen te beschouwen; voorbeelden hiervan zijn het gebruik van katalysatoren in chemische reacties, waardoor minder nevenprodukten ontstaan, en het gebruik van lagere procestemperaturen, zodat stoffen minder sterk vervluchtigen.

'Procesgeïntegreerde bestrijding' is dus duidelijk gekoppeld aan een (bestaand) proces en de wijze waarop op dat proces wordt ingespeeld.

Het definiëren van specifieke procesgeïntegreerde apparatuur is op basis van de bovengegeven omschrijvingen niet mogelijk. In beginsel kan alle apparatuur op een procesgeïntegreerde wijze worden ingezet voor de bestrijding van milieuverontreiniging. Verder kan worden opgemerkt dat vaak dezelfde technologieën kunnen worden ingezet voor zowel end-of-pipe bestrijding als procesgeïntegreerde bestrijding.

Trendbreuk

Een trendbreuk kan hier worden gedefinieerd als:

het introduceren van alternatieve processen, die afwijken van de bestaande en algemeen gebruikte processen (in het bijzonder de basisprocessen) en die hun aard een andere (en bij voorkeur lagere) milieubelasting veroorzaken.

Een alternatief proces kan voortkomen uit onderzoek (een nieuwe technologie) maar kan ook een reeds zeer lang bekende technologie zijn die door bepaalde omgevingsfactoren nooit in zwang is gekomen.

In deze studie wordt een essentiële verandering in slechts één unit-operation van het basisproces (of van de meest wezenlijke ondersteunende processtappen) ook als een trendbreuk gezien.

Het zal duidelijk zijn dat een trendbreuk iets wezenlijk anders is dan een procesgeïntegreerde maatregel zoals hiervoor omschreven. Op de laatste pagina van dit hoofdstuk zijn de onderlinge verschillen verduidelijkt aan de aan van enkele voorbeelden.

Bij procesgeïntegreerde bestrijding gaat het veelal om maatregelen die op de korte en de middellange termijn een oplossing bieden voor milieuproblemen. Het kan daarbij gaan om vrij gecompliceerde en veel omvattende procesmodificaties. Een procesgeïntegreerde maatregel kan in een aantal gevallen een duurzame oplossing betekenen, bijvoorbeeld als daarmee een stofkringloop praktisch kan worden gesloten. Soms zal echter een trendbreuk nodig zijn -of spontaan optreden- die verder gaat dan één of meerdere procesgeïntegreerde maatregelen. De consequenties daarvan zijn voor het betreffende bedrijf groter, onder meer omdat de medewerkers zich een nieuwe werkwijze moet eigen maken, de produktkwaliteit kan veranderen en de investeringen in het algemeen groot zijn.

De voorwaarde voor het optreden van een trendbreuk is dat een alternatief proces beschikbaar is en voldoende ontwikkeld is om in de praktijk te kunnen worden toegepast. Het tijdstip van een relatief grote investering dient bovendien te passen binnen het investeringsplan van het bedrijf.

De redenen voor een daadwerkelijke investering van een bepaald bedrijf in een dergelijk alternatief proces kunnen uiteenlopen:

- het alternatieve proces is beter en/of (inmiddels) goedkoper geworden dan conventionele processen, al dan niet uitgerust met procesgeïntegreerde milieutechnologie of end-of-pipe technologie;
- het bedrijf wordt door derden (vergunningverlener) gedwongen;
- nieuwbouwplannen of vervangingsinvesteringen.

Bij de eerste twee punten kan worden opgemerkt dat een alternatief proces interessant kan worden mede als gevolg van de 'wet van de verminderde meerprijs'. Het steeds verder terugdringen van milieu-emissies bij een bestaand proces kan immers een sterk toenemende inspanning (c.q. kosten) vergen. Vanaf een zeker punt wordt een alternatief proces aantrekkelijk.

Belang van procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken voor vermindering van de milieubelasting

De begrippen 'procesgeïntegreerd' en 'trendbreuk' kunnen beide onder het begrip *preventie*¹⁾ worden geschaard. In tegenstelling tot curatieve of end-of-pipe maatregelen wordt bij preventieve maatregelen immers voorkómen dat verontreinigende stoffen ontstaan dan wel buiten de grenzen van het proces kunnen treden en als emissie of afvalstof het milieu belasten.

Op zichzelf is dit een belangrijk punt, omdat dan geen of slechts een geringe inspanning behoeft te worden geleverd om deze stoffen met end-of-pipe technologie te verwijderen. Dit laatste is immers bijna altijd contraproductief en werkt dus kostenverhogend.

Desalniettemin mag hier niet voorbij worden gegaan aan het feit dat preventieve maatregelen ook kostenverhogend kunnen werken. Men kan in dit verband het milieu, en in het bijzonder de milieuregelgeving, zien als een van de factoren c.q. randvoorwaarden waarmee het bedrijf rekening dient te houden bij haar continue streven naar procesoptimalisatie c.q. winstmaximalisering.

Voor de oplossing van milieuproblemen op de lange termijn, passend in een ontwikkeling naar een duurzame samenleving, kan procesgeïntegreerde bestrijding in een aantal gevallen voldoende zijn. Typisch is echter de procesgeïntegreerde aanpak, met resultaten voor de korte en middellange termijn. In zoverre trendbreuken voor de lange termijn milieudoelstellingen noodzakelijk zijn, worden deze er niet rechtstreeks door bewerkstelligd.

Een bedrijf zal veelal een voorkeur hebben voor procesgeïntegreerde maatregelen, omdat deze in het algemeen direct aansluiten bij de know-how en het belang van het bedrijf. Een uitzondering doet zich in het algemeen slechts voor bij nieuwbouw of belangrijke vernieuwingsinvesteringen.

Soms zullen nieuwe grondstoffen nodig zijn of geproduceerd moeten worden door een toeleverancier. De consequenties daarvan kunnen in de betreffende bedrijven verder reiken dan de procesgeïntegreerde oplossingen in het specifieke bedrijf.

Een trendbreuk kan dan ook gevolgen hebben voor meerdere bedrijven in een productieketen/bedrijfskolom, zodat in de praktijk mogelijke trendbreuken op sterke tegenwerking kunnen stuiten.

Opgemerkt zij dat in het bovenstaande is aangenomen dat de trendbreuken zich reeds hebben ontwikkeld tot een stadium dat zij feitelijk operationeel zijn. In het ontwikkelingstraject tot dit stadium is het echter niet altijd duidelijk welke kansen en voordelen, ook milieuhygiënisch, aan de trendbreuk zijn verbonden. De hoge researchkosten en de risico's die aan R&D kleven, verklaren de terughoudendheid van kleine en middelgrote bedrijven op het terrein van 'trendbreuken'.

De volgende voorbeelden kunnen worden gegeven ter verdere illustratie van de begrippen procesgeïntegreerde bestrijding en trendbreuk:

¹⁾ Preventie is echter breder dan beide begrippen.

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

- Vervanging van chemische processen door biotechnologische omzettingen kan milieuhygiënisch een trendbreuk betekenen die verder gaat dan procesgeïntegreerde bestrijding binnen de chemische procesroute.
- In de papierindustrie is een aanmerkelijke beperking van de hoeveelheid afvalwater bereikt door vaste deeltjes af te scheiden en water opnieuw te gebruiken. Dit proces kan nog geoptimaliseerd worden door geavanceerde zuiveringstechnieken toe te passen; hiernaar wordt momenteel onderzoek uitgevoerd.
In het kader van een trendbreuk zou de ontwikkeling van nieuwe papierbereidingsmethodes passen die zonder water werken. Daarvoor is een nieuwe technologie vereist.
- In drukkerijen wordt veelal met oplosmiddel bevattende inkt gewerkt. Een procesgeïntegreerde aanpak is het absorberen van het in dampvorm vrijkomende oplosmiddel en het vervolgens opwerken ervan.
Een trendbreuk kan de ontwikkeling zijn van een drukprocédé dat met water als oplosmiddel werkt of dat zelfs geheel zonder oplosmiddel werkt.
- Bij de productie van chloor uit een brijn zal in de nabije toekomst geen gebruik mogen worden gemaakt van kwikelektrolyse; het alternatief is membraanelektrolyse. Men kan hierbij spreken van een trendbreuk, hoewel hiertegen pleit dat het proces in de basis gelijk is gebleven (elektrolyse).
- In de zetmeelindustrie is de hoeveelheid afvalwater die vrijkomt, bij nieuwe fabrieken ten opzichte van het verleden aanmerkelijk teruggedrongen door tal van procesverbeteringen.
Een trendbreuk is een watervrije verwerking van grondstoffen tot zetmeel in één of meerdere processtappen.
- Door tal van procesgeïntegreerde maatregelen toe te passen is de emissie van hexaan bij de oliewinning uit soja en dergelijke reeds sterk beperkt, terwijl een verdere terugdringing langs deze weg mogelijk is. Nieuwe procesroutes kunnen gebaseerd zijn op extractie met superkritische kooldioxyde; een dergelijke stap is echter pas op middellange tot lange termijn mogelijk.

Waar het gaat om complexe ingrepen in bestaande processen kan het verschil tussen beide begrippen wel vervagen. Zo kan een nieuwe zetmeelfabriek met een sterk verlaagd verbruik van water ook als een nieuwe generatie plant worden omschreven, terwijl het feitelijk het resultaat is van een reeks van procesgeïntegreerde maatregelen.

Tenslotte wordt opgemerkt dat het in de praktijk voor een bedrijf heel aantrekkelijk kan zijn een mix te kiezen van verschillende typen maatregelen. Een trendbreuk sluit dus procesgeïntegreerde maatregelen noch end-of-pipe technieken uit.

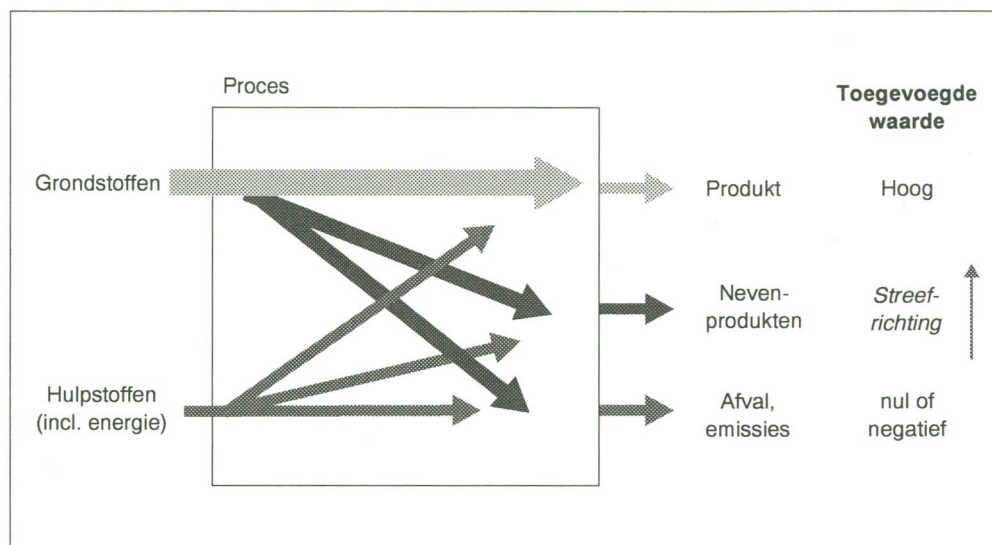
In tabel 3.1 wordt ter verduidelijking een kort overzicht gegeven van de begrippen procesgeïntegreerd, trendbreuk, preventie en end-of-pipe.

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

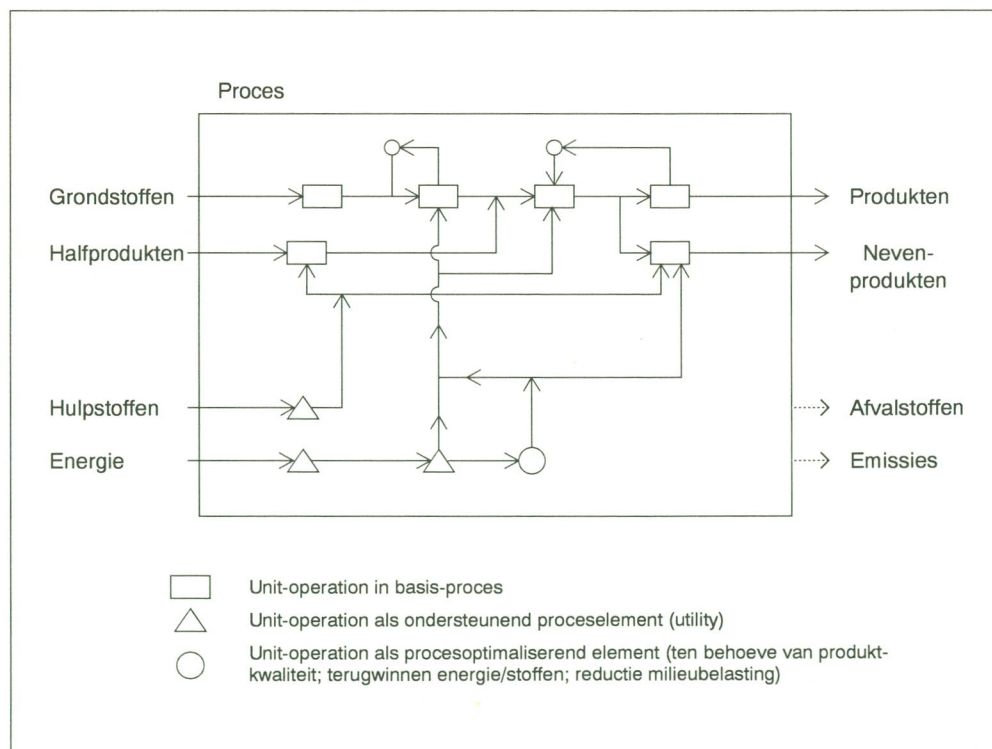
Tabel 3.1 Schematisch overzicht van de begrippen 'procesgeïntegreerd', 'trendbreuk', 'preventie' en 'end-of-pipe'

	Proces-geïntegreerd	Trendbreuk	Preventie	End-of-pipe
Aangrijpingspunt op proces	Additioneel, maar <i>binnen</i> bestaand productieproces (geen wezenlijke wijziging basisproces)	Alternatief proces (vervanging van gehele of wezenlijke elementen in het basisproces door andere handelingen/bewerkingen)	Proces of procesonderdelen, andere produkten of grondstoffen	Additioneel, buiten het productieproces (afvalwater, afgassen, reststoffen)
Grenzen, kaderstelling	Het proces c.q. het bedrijf; <i>niet</i> andere produkten of grondstoffen (?); <i>wel</i> andere utilities/hulpstoffen (mits geen wezenlijke wijziging in het basisproces)	Het proces; ook produkten en grondstoffen (<i>mits</i> andere bewerkingen/processtappen nodig worden)	Het proces; ook andere produkten, grondstoffen, hulpstoffen en/of utilities (<i>niet</i> end-of-pipe methoden)	Primair de uitgaande (hulp)stofstromen, buiten het basisproces
Mogelijke aanleiding en voorwaarden	Stringentere (milieu-)regelgeving; mogelijke besparing of kwaliteitsverbetering;	Regelgeving c.q. geboden en verboden; alternatief is bewezen beter of goedkoper; nieuwbouw op algehele vervangingsinvestering mogelijk	(maatschappelijk) streven naar een geringe milieubelasting via stelsel van maatregelen, ingrijpend op produktieketens of stofkringlopen	Stringente(re) milieuregelgeving
Consequenties voor bedrijf	(sub)Optimalisatie van bestaand proces als gevolg van gewijzigde omgevingsfactoren; maakt bestaand proces veelal groter en/of complexer; sluit in het algemeen goed aan bij know-how van bedrijf	Algehele aanpassing aan gewijzigde inzichten/omgevingsfactoren; relatief grote inspanning (opbouw know-how, investeringen); eventueel afbouw oude produktie-units	Een mix van de consequenties vermeld onder 'procesgeïntegreerd' en 'trendbreuk'; ook is sanering van bedrijf denkbaar	Geen grote consequenties voor proces (soms wel enkele aanpassingen nodig); introductie van bedrijfsvreemde activiteit; hogere kosten

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken



Figuur 3.1 Het productieproces als transformatieproces



Figuur 3.2 Het productieproces als stelsel van unit-operations

4 Plantaardige oliën

4.1 Bedrijfstak

In de bedrijfstak wordt bij de oliewinning¹⁾ onderscheid gemaakt naar crushing en raffinage. In deze studie is zowel de crushing als raffinage nader beschouwd, maar niet de oliemodificatie (in het bijzonder de harding²⁾).

Tevens is geen aandacht gegeven aan de verwerking van dierlijke vetten en oliën, hoewel deze in beginsel langs de zelfde processtappen loopt als plantaardige oliën.

De ledenlijst van de branchevereniging VERNOF kent 3 crushers, 7 raffinagebedrijven (inclusief oliemodificatie) en 3 gecombineerde bedrijven; zie bijlage 1. Dit zijn de belangrijkste producenten in Nederland. In totaal zijn 3160 mensen in deze branche werkzaam (1988).

De produktiegegevens van de bedrijfstak zijn gegeven in tabel 4.1. Het betreft de via crushing/raffinage in behandeling genomen grondstoffen. Daarnaast zijn er relatief grote hoeveelheden plantaardige oliën/vetten en vetzuren die rechtstreeks worden ingevoerd en een beperkte of geen raffinage behoeven. De totale binnenlandse productie plus invoer bedraagt ca. 2.318.000 ton plantaardige oliën/vetten en vetzuren per jaar; daarvan wordt ca. 1.471.000 ton uitgevoerd. De productie in Nederland vormt ca. 1,5% van de totale wereldproductie aan plantaardige oliën/vetten en vetzuren.

Tabel 4.1 Produktie plantaardige oliën/vetten en vetzuren (*1000 ton per jaar, 1991, [12])

	Verwerkte zaden	Olie/vetzuren	Schroot	Waarde olie (fl/ton)	Waarde schroot (fl/ton)
sojabonen	3276	608	ca. 2600	850	350
zonnebloempitten	377	155	ca. 160	870	220
raapzaad	318	128	ca. 130	770	270
overige	15	9	nb	740	nb
totaal	3985	897	2977	ca. 850	ca. 350

nb = geen gegevens beschikbaar

- 1) Het is niet zinvol een onderscheid te maken tussen plantaardig vet (bijvoorbeeld palmvet) en olie; daarom worden in het navolgende beide stofgroepen bedoeld met de term olie.
- 2) De milieuproblematiek rond hardingsprocessen betreft in het bijzonder de nikkelhoudende katalysatorafvalfen; volledigheidshalve wordt hier opgemerkt dat momenteel op diverse plaatsen onderzoek wordt verricht om deze afvalfen te voorkomen of op te werken.

Positionering

De bedrijfstak betreft haar grondstoffen via handelaren en beurzen uit binnen- en buitenland, al naar gelang de beschikbaarheid, prijsstelling en kwaliteit van de oliehoudende zaden. Naast sojabonen en zonnebloempitten worden zaden, kiemen en noten van voornamelijk rapenzaad (c.q. koolzaad), mais, lijnzaad en cacao verwerkt. Bijna 98% van de (onbewerkte) grondstoffen wordt uit het buitenland betrokken. Op produkt-basis i.e. de totale hoeveelheid olie/vetzuren is dit zelfs meer dan 99%.

De hoofdprodukten van de crushing zijn de ruwe plantaardige olie, die verdere raffinage behoeft, en het 'schroot' (de van olie ontdane zaadresten), dat volledig wordt afgezet in de veevoederindustrie. Het schroot heeft een belangrijke restwaarde (afhankelijk van het oliegehalte ca. 300 tot 500 fl/ton) en bepaalt mede de wijze en intensiteit van oliewinning.

Meer dan de helft van de geproduceerde plus ingekochte oliën wordt in het buitenland afgezet. Er is dus sprake van een wereldomspannende markt, vergelijkbaar met diverse andere, in bulk verhandelde basisgrondstoffen en -produkten.

In de raffinage worden ongewenste stoffen uit de ruwe olie verwijderd. Het belangrijkste produkt is de geraffineerde olie (spijsolie of olie ten behoeve van de margarineproductie).

Secundaire produktstromen (zie 4.2.2) kunnen vrijwel volledig bij derden worden afgezet. Het betreft:

- Ontslijmingsprodukten (onder andere fosfolipiden); hieruit wordt lecithine gewonnen dat veelvuldig in de voedings- en genotmiddelenindustrie wordt gebruikt (margarine, chocolade). Ook in de veevoeder- en technische industrie wordt lecithine toegepast (kalvermelkpoeder, drukinkten en plastic- en verfindustrie).
- Ontzuringsprodukten (soapstock); door de soapstock op te koken met zwavel- of zoutzuur worden de gebonden vetzuren vrij gemaakt ('acid oil'). De 'acid oil' wordt gebruikt als grondstof voor de veevoederindustrie en voor de bereiding van zeep en oleochemicals.
- Afvalbleekarde (met onder andere olie/vet, fosfolipiden, pigment); via een extractie en/of was/kookproces wordt de olie uit de vette bleekarde gewonnen. Deze oliën en vetten vinden toepassingen in zowel de veevoeder- als in de industriële sector.
- Het stomerdestillaat c.q. condensaat van de desodorisatie (met onder andere vetzuren); destillatievetzuren worden toegepast in de veevoedersector (voornamelijk voor pluimvee); het condensaat wordt ook wel gebruikt als grondstof voor de winning van onder andere steroïden.

De bedrijven zetten hun geraffineerde olie vooral af in de margarine-industrie of via intermediären op de consumentenmarkt (bijvoorbeeld sausen, mayonaise, spijsolie); in geringe mate ook bij andere industrieën zoals de cosmetische industrie. Bij slechts één bedrijf is de olieraffinage en aansluitende margarineproductie gecombineerd aanwezig.

Voor de toekomst wordt het gebruik van methylveresterde koolzaadolie als motorbrandstof overwogen ('biodiesel').

4.2 Processen

4.2.1 Crushing

Crushing is, binnen de technische en economische mogelijkheden, in het algemeen gericht op het winnen van een zo groot mogelijk deel van de in zaden opgesloten oliën en vetten.

Het algemene verwerkingsschema is in figuur 4.1 weergegeven.

a. Opslag en voorreiniging

Oliehoudende zaden worden vrijwel uitsluitend als bulkgoed aangevoerd, slechts enkele bijzondere en kwetsbare produkten worden in zakken aangeleverd.

Om broei en ongewenste omzettingen in de zaden als de groei van schimmels, gisten en dergelijke te voorkomen, worden de ontvangen zaden *opgeslagen* onder continue circulatie en bij een relatieve luchtvochtigheid van ca. 75%. Tevens wordt hierdoor de vorming van geurstoffen geminimaliseerd. Ook beschadiging van zaden dient zoveel mogelijk voorkomen te worden, aangezien hierdoor oxydatie optreedt en vrije vetzuren ontstaan, waardoor de opbrengst van de raffinage vermindert.

De *voorreiniging* (het 'schonen') dient ter verwijdering van ongerechtigheden, zoals planteresten, stenen, zand, stof, stukjes metaal en andere zaden. Daartoe worden verschillende zeven, windzifters en magneten ingezet.

Verder kunnen eventuele zaaddoppen en schillen vooraf worden verwijderd met speciale apparatuur (walsen, molens), met name indien hiervan een negatief effect wordt verwacht met betrekking tot de olie-opbrengst en de olie- en/of schrootkwaliteit.

Indien de schillen en doppen niet aan het schroot kunnen worden toegevoegd, hebben deze nog een energetische waarde (verbranden).

b. Conditioneren en persen

Om het vet/olie voldoende beschikbaar te maken voor winning uit zaden, is het nodig dat de membranen c.q. celwanden waarbinnen de olie is opgeslagen, worden opengebroken. Bij vrijwel alle zaden gebeurt dit door een verkleining en een 'conditionering'. De *verkleining* wordt uitgevoerd met verschillende typen walsen (breekwals, pletwals), waardoor uiteindelijk volvette flakes (schilfers) ontstaan. Om de extractie met hexaan optimaal te laten verlopen is het gewenst dat de flakes uniform zijn en aan bepaalde vormspecificaties voldoen, in het bijzonder ten aanzien van de dikte. In de *conditionering* wordt het zaad aan een vochtige warmtebehandeling onderworpen; de procescondities verschillen per type zaad. Hierdoor worden onder meer enzymen en micro-organismen gedeactiveerd en wordt de winbaarheid van olie vergroot (door gedeeltelijke coagulatie van eiwitten en verlaging van de affiniteit tussen celwand en oliedruppels). De behandeling wordt in horizontaal roterende, buisvormige installaties of in ketels met meerdere etages ('warmpannen') uitgevoerd; de verwarming wordt met stoom direct én indirect verzorgd.

Olie- of vetrijke zaden (waaronder zonnebloemzaad en raapzaad) worden *mechanisch geperst* om het oliegehalte tot ca. 15-25% te verminderen. Zaden met minder dan ca. 20% olie (met name sojabonen) worden niet geperst, maar in de vorm van flakes toegevoerd aan de extractie-unit (zie processtap c). Het persen geschiedt in een soort extruder waar de persdruk geleidelijk toeneemt tot ca. 3000 bar. Moderne persen

kunnen olierijke zaden in hun geheel verwerken (dus zonder voorafgaande verkleining) en de olie tot een restgehalte van ca. 10% of zelfs 5% verwijderen. Een aansluitende hexaanextractie is dan niet meer nodig. De gewonnen olie wordt vervolgens gefiltreerd om zwevende deeltjes te verwijderen.

c. Extractie

In de moderne installaties met een capaciteit tot enkele duizenden tonnen per dag worden de schilfers in continu werkende *carroussel- of bandextractors* van hun olie ontdaan tot een restgehalte van ca. 1%. Bij de meestvoorkomende zaden wordt technisch hexaan als oplosmiddel in het tegenstroom extractieproces gebruikt. Hoewel in beginsel ook andere oplosmiddelen kunnen worden gebruikt, zoals pentaan, heptaan of bepaalde alcoholen, worden deze om procestechnische en economische redenen niet of nauwelijks ingezet.

Het extractieschroot wordt via een verwarmde schroeftransporteur, die reeds een deel van de aanwezige hexaan afdampt, naar een zogenaamde *toaster* gevoerd. Hier wordt de hexaan bij ca. 100 °C verregaand verwijderd via directe en indirecte stoomverhitting. Tevens worden bepaalde enzymen geïnactiveerd. Na drogen en koelen is het schroot tenslotte geschikt voor verdere verwerking in de veevoederindustrie.

De oplossing van olie in hexaan ('miscella') wordt in enkele processtappen door middel van *indampen en strippen* gescheiden in olie en oplosmiddel. Daartoe worden atmosferische verdampers en vacuüm-filmverdampers (of stripkolommen) ingezet. De vrijkomende hexaandampen worden direct of indirect gecondenseerd met water en vervolgens over een olie/waterscheider geleid. Meer dan 99,9% van het oplosmiddel wordt zo afgescheiden en teruggewonnen voor hergebruik.

Ventilatie- en verdringingslucht wordt op diverse plaatsen afgezogen en via absorptie/adsorbentia (minerale olie, silicagel, actieve kool) en/of koeling ontdaan van hexaan. Afhankelijk van de uitvoering wordt het hexaan tot ca. 40 g/m³ verwijderd. De beladen ab- of adsorptiemiddelen worden via stoomstrippen geregenereerd. Zie ook figuur 4.3.

4.2.2 Raffinage (exclusief harding)

Het raffinageproces heeft tot doel de ongewenste stoffen uit de ruwe olie te verwijderen. Het betreft onder meer vrije vetzuren, geurstoffen (onder andere terpenen), slijmstoffen (fosfolipiden, lecithine), kleurstoffen (onder andere caroteenachtigen, chlorofyl), tocoferolen, enzymen/eiwitten en wassen. De kwaliteit van de producten (geur, kleur, smaak en houdbaarheid) wordt sterk bepaald door de aan- of afwezigheid van deze stoffen, die overigens een klein gewichtspercentage van de ruwe oliën uitmaken (meestal 1 - 5%).

Er zijn twee basisprocessen te onderscheiden; het klassieke raffinageproces met behulp van loog (de loograffinage) en het modernere 'fysische' raffinageproces, ook wel de droge raffinage genoemd. Het laatste proces wordt toegepast bij de verwerking van ruwe plantaardige oliën van een goede kwaliteit. De loograffinage is meer geschikt voor oliën/vetten van een mindere kwaliteit, bijvoorbeeld met een slechte oxidatietoestand. Het proces wordt voornamelijk toegepast voor soja- en lijnzaadolie en voor dierlijke oliën en vetten.

In principe beschikken alle bedrijven over beide raffinageprocessen, omdat van dezelfde apparatuur gebruik kan worden gemaakt. In toenemende mate wordt de voor-

keur gegeven aan fysische raffinage, mede omdat daarmee de emissies naar het afvalwater sterk worden beperkt.

Loog raffinage

In figuur 4.4 is het blokschema van het raffinageproces weergegeven.

a. Ontslijmen

In het klassieke proces wordt de ruwe olie bij 70-90 °C ontslijmd door het met 1-5% m/m heet water of condenserend stoom te mengen. Na 5 tot 30 minuten worden de gehydrateerde fosfolipiden als vlokken ('lecithinedroes') verwijderd door middel van centrifuges of door uitzakken/sedimentatie. De lecithinedroes wordt op het schroot gespreid of bij derden verder opgewerkt. Het ontslijmen gebeurt bij voorkeur direct na het afdestilleren van hexaan, omdat de olie dan nog warm is. Het resterende fosfolipidegehalte is 0,5 tot 0,6% (ofwel ca. 200 mg/kg P). Eventueel wordt de ontslijming herhaald.

In een verbeterd proces wordt de ontslijming uitgevoerd bij een lagere temperatuur en langere verblijftijd en met gebruik van een hoeveelheid citroenzuur, waardoor de hydratatie van bepaalde componenten verbetert. Het restgehalte fosfolipiden is meestal minder dan 25 mg/kg P.

Er zijn bovendien processen in ontwikkeling die een nog betere ontslijming geven (< 10 mg/kg P), waardoor bij plantaardige olie de loograffinage volledig kan worden vervangen door fysische raffinage en er bovendien minder bleekarde nodig zal zijn.

■ Noot:

Het ontslijmen wordt tegenwoordig veelal bij de crushers uitgevoerd, omdat de vrijkomende lecithinedroes eenvoudig bij het schroot kan worden gevoegd.

b. Ontzuren door loogwassing

Afhankelijk van de kwaliteit van de olie worden vrije vetzuren en andere stoffen (pigmenten, restanten fosfolipiden) uitgewassen met loog bij 40-90 °C. Een meer geconcentreerde loogoplossing (5-10% NaOH) heeft vaak de voorkeur in verband met de geringere volumestroom en de geringere olie verliezen (via emulsievorming), maar zal daarentegen meer olie verzeppen (i.e. splitsen in vrije vetzuren en glyceriden); vooral olie met korte vetzuurketens zijn hiervoor gevoelig. De hoeveelheid loog wordt afgestemd op de hoeveelheid vrije vetzuren. Na afsplitsing van de wasvloeistof (in batch-bedrijf via sedimentatie en in (semi-)continuprocessen via centrifugering) wordt de olie in meestal twee stappen *nagewassen* met achtereenvolgens verdunde loog (0,5 N) en water. Tenslotte wordt de olie *gedroogd* (vacuümdroger).

De geconcentreerde wasvloeistoffen worden opgevangen als 'soapstock'. Het resterende water en de verdunde wasvloeistoffen worden na neutralisatie geloosd. De soapstock (zepen en olie-emulsie) wordt in een separate afdeling gekookt met zwavel- of zoutzuur teneinde de zeppen te splitsen. Hierbij is de vrijkomende hoeveelheid raffina-gevetzuren 1,5 tot 2 maal zo groot als de oorspronkelijke hoeveelheid vrije vetzuren in de ruwe olie (veroorzaakt door het insluiten van neutrale olie). De (zure) waterfase met afbraakresten van fosfolipiden wordt eveneens geloosd na neutralisatie met natronloog.

Alternatieve processen voor loogwassings kennen nauwelijks of geen praktische toepassingen (zie ook 4.5).

c. Bleken

In de bleekstap worden kleurstoffen verwijderd, alsmede resterende fosfolipiden, vetzuren, spoormetalen en diverse oxydatieprodukten. Men neemt aan dat deze oxydatieprodukten via verdere oxydatie aan lucht uiteindelijk tot nadelige smaakveranderingen leiden.

Gewoonlijk maakt men gebruik van *bleekaarde* (i.e. geactiveerde¹⁾ montmorilloniet of bentoniet), dat men onder uitsluiting van lucht in hoeveelheden van 0,2 tot 2,0% mengt met de olie en daarna weer affiltreert (bijvoorbeeld een platenfilter met automatische lossing). Soms wordt meer dan 2% bleekaarde gebruikt, afhankelijk van de oliesoort, -kwaliteit en doel van de behandeling. De bleekaarde adsorbeert de bovengenoemde stoffen. De beste procescondities worden vaak empirisch bepaald, aangezien er een samenhang is met de raffinagestappen a, b en d.

De *afgewerkte bleekaarde* bevat 20-50% olie of vet die deels wordt teruggewonnen door extractie of een wasproces met hexaan of een was/kook-proces met caustic soda gevolgd door wastappen met heet water. Deze stoffen worden meestal extern afgenomen als technische oliën en vetten. Het restant bleekaarde wordt meestal gestort; soms wordt het bij het schroot gevoegd.

Vanwege zijn prijs wordt *actieve kool* in zeer beperkte mate als (additioneel) adsorptiemiddel gebruikt; het betreft vooral de ontkleuring van kokosvetten/olie en arachide-olie en is met name geschikt voor de verwijdering van PAK-verbindingen (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen).

d. Stoomdestillatie (desodoriseren)

Na het bleken zal een deel van het produkt tot spijsoliekwaliteit worden opgewerkt door dit via stoomdestillatie te desodoriseren. De geur- en smaakstoffen, in het bijzonder vluchtige aldehyden en ketonen, laten zich goed door stoomdestillatie verwijderen. Ook andere vluchtige stoffen (alkoholen, steroïden, vetzuren), al dan niet in voorafgaande bewerkingen gevormd, worden grotendeels verwijderd.

De benodigde hoeveelheid stoom is ca. 1-2% m/m (maximaal 10%) waarmee ruwweg 0,2% m/m vluchtige stoffen uit de olie worden verwijderd. De druk wordt zo laag mogelijk gehouden (4 tot 10 mbar) en de temperatuur ligt in het algemeen tussen 180 en 240 °C. Aangezien fosfolipiden en verzepte stoffen bij deze temperaturen thermisch worden omgezet in ongewenste stoffen, dienen deze in de voorafgaande processtappen goed te zijn verwijderd. Lucht moet eveneens worden uitgesloten. Door een ruime en goede dimensionering van de destillatietoren wordt de uitsleep van olie ('spatolie') geminimaliseerd. De stoomdestillatie wordt zowel batchgewijs, halfcontinu als continu uitgevoerd.

In de koelfase van het desodorisatieproces kan eventueel een antioxydant/chelaat (vaak citroenzuur) worden toegevoegd. Tot slot wordt de gedesodoriseerde olie over een polijstfilter geleid waarna de olie wordt opgeslagen in tanks of wordt afgevoerd in drums, blikken of flessen.

Het destillaat is een melkachtige emulsie die na uitzakken bij derden wordt afgezet. Het bevat de oorspronkelijk in zaden/olie aanwezige bestrijdingsmiddelen.

¹⁾ De activering omvat een zuurbehandeling (HCl) waardoor een groter specifiek oppervlak wordt gecreëerd. Dit vindt plaats bij de toeleveranciers van bleekaarde.

Fysische raffinage

In figuur 4.2 is het blokschema van het 'fysische' raffinageproces weergegeven (ook wel destillatieve ontzuring of droge raffinage genaamd). Het proces wordt fysisch genoemd, omdat de vrije vetzuren niet via loogwassings worden verwijderd maar primair via stoomdestillatie. Het proces wordt vooral gebruikt voor zonnebloem-, palm- en raapolie. Ook sojaolie van goede kwaliteit is fysisch te raffineren, mits 'upfront-dehulling' wordt toegepast.

a. Ontsliming

Hiervoor wordt de 'verbeterde' ontslijmingsmethode gebruikt, zoals vermeld onder loograffinage. De concentratie fosfolipiden dient namelijk tot minder dan 100 mg/kg P te worden verlaagd, bij voorkeur zelfs minder dan 25 mg/kg, zodat de klassieke methode niet geschikt is.

b. Voorbehandeling met zuur

Voor bepaalde oliën (met name palmolie) is een voorbehandeling nodig die bestaat uit een additie van zuur (bijvoorbeeld fosfor- en citroenzuur) gevolgd door een wachttijd. Eventueel wordt de overmaat zuur geneutraliseerd met krijt. Hierna wordt de (geactiveerde) bleekarde of adsorbent aan het mengsel toegevoegd.

c. Bleken

Het bleken geschiedt identiek aan het bleken in de klassieke loog raffinage, doch met gebruik van meer bleekarde om resterende fosfolipiden voldoende te adsorberen.

d. Stoomdestillatie

Deze processtap verloopt eveneens zoals bij de loograffinage. Om een goede eindkwaliteit van de olie te bewerkstelligen dient extra aandacht te worden besteed aan het vacuüm (ca. 4-10 mbar) en de temperatuur (ca. 240 °C). De vetzuren komen daarbij in het stomerdestillaat c.q. condensaat terecht, waardoor deze processtroom veel groter is dan bij de loograffinage. Deze vetzuren zijn doorgaans van een goede kwaliteit, die goed is af te zetten in de technische sector c.q. veevoer sector.

Een fysisch geraffineerde olie heeft vaak een betere kwaliteit c.q. houdbaarheid dan een met loog geraffineerde olie, omdat meestal alleen de kwalitatief betere (of beter ontslijmde) oliën in aanmerking komen voor dit proces. Een voordeel van fysisch raffineren is dat er geen of nauwelijks chemicaliën worden gebruikt. Daaruit resulteert een geringere mate van milieubelasting via het afvalwater (de opwerking van de soapstock vervalt). Ook wordt in beginsel een hogere kwaliteit vrije vetzuren verkregen, echter mét bestrijdingsmiddelen en bepaalde geurstoffen. Dit is echter voor de externe afzet c.q. waarde van deze stroom geen probleem.

4.3 Emissies

Milieurichtlijnen

De bedrijfstak heeft reeds sinds haar ontstaan veel gedaan om emissies via procesgeïntegreerde maatregelen terug te dringen. Voor wat betreft hexaan liggen hier ook duidelijke economische en veiligheidsmotieven aan ten grondslag.

Op basis van onder meer het NMP(+), het NAP/RAP, de nota 'Energiebesparing', KWS-200 en de beleidsnotitie 'Waterbesparing' kan worden verwacht dat de branche met aanvullende eisen zal worden geconfronteerd. De meest relevante doelstellingen zijn hieronder aangegeven, waarbij kan worden opgemerkt dat praktisch alle op landelijk niveau gelden:

- Nota Stankbeleid (VROM 1992): per 1-1-1994 dienen bedrijven een plan gereed te hebben om de geurconcentratie in de bebouwde omgeving te reduceren tot 1 geureenheid per m³ (98 en 99,5 percentiel voor bestaande respectievelijk nieuwe installaties).
- Koolwaterstofemissies: in 2000 dient de emissie van koolwaterstoffen in Nederland te zijn gehalveerd. Voor de betrokken bedrijfstak gaat het om hexaan. Het vereiste percentage is nog niet geconcretiseerd, maar zal vermoedelijk 50% of meer bedragen ten opzichte van 1981 (4200 t/a in 1981).
- Stof: in 2000 dient de emissie van stof vermoedelijk met 75% te zijn gereduceerd ten opzichte van 1985 (250 t/a in 1985). In de NER 1989 is bovendien de stofemissie gelimiteerd tot 10 mg/m³, indien filterapparatuur kan worden toegepast.
- Waterverontreiniging: in 2000 zal de emissie van fosfaat en totaal stikstof 90% respectievelijk 70% lager moeten zijn dan in 1985 (primair bij lozing op oppervlaktewater). Voor organische microverontreinigingen ligt dit percentage op 50-90% (NAP/RAP).
- Waterverbruik: in 2000 zal het industriële waterverbruik met ca. 25-50% moeten zijn afgenomen.
- Energieverbruik: in 2000 zal de energie-efficiency ca. 20% beter moeten zijn ten opzichte van 1989.
- Milieuzorg: alle grotere bedrijven moeten in 1995 over een integraal milieuzorgsysteem beschikken.

De bedrijfstak is betrokken in het doelgroepenoverleg, waarbij zal worden vastgesteld in hoeverre de landelijke doelstellingen door de branche moeten worden overgenomen.

Verder zijn de individuele bedrijven vergunningplichtig en zullen zij met hun vergunningverleners tot overeenstemming dienen te komen met betrekking tot eisen over de afvalwaterlozingen, geur- en geluidsbelasting, maatregelen voor preventie van bodemverontreiniging en eventueel de vermindering van procesafvalstoffen en het gebruik van milieubelastende hulpstoffen.

De Wet Milieubeheer zal in dit verband een betere afstemming van de emissies naar de verschillende compartimenten mogelijk maken.

Emissies

De emissies naar lucht en water zijn voor de gehele branche en per ton verwerkte grondstof geschat en in tabel 4.2 weergegeven. Over de bronnen van de emissies kan het volgende worden opgemerkt. De getotaliseerde waarden voor lucht zijn afkomstig van Emissieregistratie en hebben betrekking op 5 bedrijven (crushers) in 1988.

Crushen

De opslag, het voorreinigen, conditioneren en persen veroorzaken weinig of geen emissies (wél een zekere geurlast, alsmede onvermijdelijk afval in de vorm van vuil en schillen/doppen die met de zaden zijn toegeleverd). De belangrijkste geurbronnen zijn de afgassen van de toaster en de andere, met extractie samenhangende activiteiten (hexaan, uit zaad afkomstige geurstoffen, waaronder de olie zelf). De emissies koolwaterstoffen zijn praktisch volledig terug te voeren op het gebruik van hexaan als extractiemiddel. De belangrijkste emissie van hexaan treedt op bij het verwijderen van hexaan uit schroot. Beide typen emissies zijn voor een deel het gevolg van ondichtheden van de apparatuur (bijvoorbeeld toevoer- en afvoeropeningen). De rest ontwijkt uit het gevormde schroot en via de (behandelde) ventilatielucht c.q. non-condensables.

Raffinage

De belangrijkste emissies betreffen afvalwater en geur. Het grootste deel van de secundaire stofstromen wordt teruggewonnen en als bijproduct bij derden afgezet. Geur is afkomstig van diverse bronnen waar de olie een warme behandeling ondergaat en er een zekere gasstroom (non-condensables en ventilatielucht) is. Ontzuren, maar vooral het desodoriseren, leveren derhalve een belangrijke bijdrage aan de geurlast. De belangrijkste afvalwaterstromen zijn afkomstig van het ontzuren (i.e. loogwassing) plus de zeepsplitsing en de desodorisatie (i.e. stoomdestillatie). Bij de desodorisatie is de milieubelasting geringer, omdat hergebruik van water mogelijk is. In de ontzuring komt de grootste hoeveelheid water vrij met daarin belangrijke hoeveelheden loog, vetzuren en geëmulgeerde olie. De geëmulgeerde olie en vetzuren worden grotendeels afgescheiden (soap stock). Het restant wordt geneutraliseerd (H_2SO_4) en geloosd; de zoutlast is hoog (ca. 500-1500 mg/l), terwijl ook nog een vrij hoge concentratie zuurstofbindende stoffen aanwezig is (vrijwel proportioneel met het fosforgehalte). Uit de zeepsplitsingsafdeling komen overigens de grootste concentraties zouten en zuurstofbindende stoffen vrij.

■ Noot:

De kosten voor behandeling van deze waterstromen is een belangrijke drijfveer om zoveel mogelijk over te gaan op fysische raffinage.

Het destillaat van de desodorisatie bevat 'spatolie' en diverse geëmulgeerde stoffen. Na afscheiding door uitzakken (waarbij de emulsie zonodig wordt aangezuurd of verwarmd) resteert een geringe hoeveelheid afvalwater met een vrij hoge concentratie zuurstofbindende stoffen, die eveneens wordt geloosd.

De grote bedrijven beschikken over een eigen, aërobe waterzuivering.

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

Tabel 4.2 Emissies¹⁾ bij de produktie van (consumptieve) oliën (1988)

	Crushen		Raffinage	
	Totaal (t/jr)	per ton zaad	Totaal (t/jr)	per ton zaad ⁶⁾
Water				
hoev. (m ³)	p.m.	p.m. ²⁾	2 · 10 ⁶	3-4 ³⁾
CZV	-	-	200?	
olie	-	-	20-40	0,05 kg
SO ₄	-	-	1500	3 kg ³⁾
Lucht				
KWS	6250 ⁴⁾	1-2 kg	p.m.	
	3100 ⁵⁾	0,81 ⁵⁾		
stof	900 ⁴⁾	0,2 kg	p.m.	
geur	(aanzienlijk)		(aanzienlijk)	
Afval				
Bleekaarde	-		10000 ton	2-10 kg ⁷⁾
Slib en absorptie-middel (overige)	p.m.		?	?

1) Indicatieve schattingen, tenzij anders vermeld

2) Voor koeldoeleinden wordt tot 10 m³ per ton zaad gebruikt

3) In geval van conventionele loograffinage, anders 1 tot 2 m³/ton en een te verwaarlozen SO₄-emissie

4) gebaseerd op gegevens Emissieregistratie 1988 over 5 bedrijven met 342 medewerkers, deze veroorzaken naar schatting ca. 25% van de totale emissie uit de crush- en raffinagebedrijven

5) KWS 2000 (1991)

6) Gemiddelden, sterke variaties mogelijk per type olie en produktiewijze

7) Niet bij soja-raffinage toegepast

4.4 Procesgeïntegreerde maatregelen

Per processtap kunnen de diverse mogelijkheden voor procesgeïntegreerde maatregelen worden genoemd die in deze paragraaf kort worden beschreven.

Het kwantitatieve (milieu)effect van de maatregelen kan niet worden aangegeven, want dit vereist detailkennis van elk afzonderlijk bedrijf. Waar mogelijk wordt in kwalitatieve zin een opmerking geplaatst over de omvang en aard van het effect, de realiseerbaarheid/inpasbaarheid en/of de kosten.

Persen en hexaanextractie

- a. Gesloten apparatuur: de hedendaagse installaties zijn reeds grotendeels gesloten, maar verdere verbeteringen zijn denkbaar (bijvoorbeeld een verdere integratie van apparatuur). Deze zijn in het algemeen slechts realiseerbaar bij belangrijke vervangingsinvesteringen. Dit type maatregel heeft een duidelijk effect op de benodigde hoeveelheid ventilatielucht. De extra kosten zijn sterk afhankelijk van de situatie en variëren van tamelijk klein tot groot.

- b. Verdergaande terugwinning van hexaan uit non-condensables, bijvoorbeeld door in bepaalde, bestaande apparaten dieper te koelen of sneller de ad-/absorbentia te vervangen/regenereren. Bij concentraties van ca. 40 g hexaan per m³ is een emissiereductie van 50% in het algemeen technisch en economisch mogelijk [6].

Ontslrijven

- a. Het ontslijmen is voor een deel in één processtap te combineren met het ontzuren [3]. Overigens levert dit naar verwachting geen vermindering van de emissies op. In het algemeen zal een sterkere emulsievorming optreden, waardoor meer olie verloren gaat. Bovendien vermindert de kwaliteit van de ontslijmings- en ontzuringen producten.

Ontzuren

- a. De olie in tegenstroom met water wassen; per wasstap de pH op een gunstige waarde brengen. Hierbij zijn veel separatoren nodig, die een hoge investering vergen.
- b. Zoutzuur in plaats van zwavelzuur gebruiken om het waswater te neutraliseren. Hiermee kan de sulfaatlast in het afvalwater sterk worden gereduceerd, maar zal de chloridelast toenemen. Bestaande apparatuur is veelal ongeschikt voor zoutzuurtoevoeging.
- c. Verdergaand olie en vetzuren uit waswaterstromen terugwinnen c.q. concentreren ten behoeve van de soap stock, bijvoorbeeld door membraanscheiding of transmembraanextractie.
- d. Hergebruik van zwavelzuur en loog door dit met elektrodialyse terug te winnen uit de afvalwaterstroom. De milieuverdienste (exclusief de benodigde elektrische energie) alsmede de kosten zijn groot te noemen. Voor de praktijk zal dit vooralsnog niet haalbaar zijn.
- e. Vetzuurverwijdering kan ook worden gerealiseerd via een fysische raffinage (stoomdestillatie onder vacuüm), zodat de ontzuringstap vervalt. Wel is daarbij een goede ontslijmingsstap noodzakelijk. De milieuverdienste voor wat betreft afvalwaterlozingen (zouten en CZV) is groot. De geuremissies kunnen iets toenemen.

Bleken

- a. Bleekarde regenereren met superkritische fluida [9].
- b. Actieve kool gebruiken in plaats van bleekarde, zodat minder of geen reststoffen gestort hoeven te worden (regeneren van kool, verbranden)
- c. Membraanscheidingstechnieken in plaats van bleekarde
- d. Thermisch regenererbare adsorbentia op silica-basis [10, 11]

De onder a) en b) genoemde alternatieven zijn momenteel beide aanzienlijk duurder dan de huidige werkwijze. Bovendien bezitten deze methoden een onvoldoende werking ten opzichte van de huidige werkwijzen, dat wil zeggen niet alle stoffen worden verwijderd met superkritische fluida respectievelijk actieve kool [7, 10, 11]. Alternatief c) is momenteel in onderzoek.

■ Noot:

Het onder c) genoemde kan wellicht beter als een trendbreuk worden beschouwd. De synthetische bleekarde van alternatief d) heeft bij de huidige stand van ontwikkeling een te geringe capaciteit om bedrijfseconomisch te kunnen worden ingezet.

Algemeen

- a. Door biotechnologische technieken kunnen gewassen worden geteeld die vanuit voedingsoogpunt minder ongewenste stoffen in zich dragen. Een belangrijk voorbeeld is raapzaad O-O dat momenteel wordt verbouwd vanwege het lage gehalte erucazuur en glucosinolaat. Door lagere gehalten van ongewenste stoffen in de 'grondstof' kunnen bepaalde opwerkingsstappen minder intensief worden uitgevoerd, mogelijk geheel vervallen en/of kan de milieubelasting lager worden. Te denken valt aan reductie van het fosfolipidegehalte en bliesarme zaden.

■ Noot:

Of dit ook werkelijk een procesgeïntegreerde maatregel conform de definitie in hoofdstuk 3 is, is onduidelijk; de effecten op het feitelijke productieproces zijn vermoedelijk gering. Wel kan er een positief milieu-effect zijn, zoals reductie van de hoeveelheid afvalbleekarde.

- b. Sojabonen worden volledig geïmporteerd. Ter verbetering van de mineralenbalans kan worden overwogen meer raapzaad te verwerken dat in Nederland wordt geteeld en een vergelijkbaar olieproduct oplevert. Gezien de verwerkte hoeveelheid soja en de kwaliteit van het schroot is waarschijnlijk slechts een geringe mate van substitutie mogelijk.
- c. Verdere optimalisatie en het volledig continu maken van processen is denkbaar. Daarvoor zijn onder andere sensoren gewenst, met name selectieve sensoren voor de te verwijderen stoffen in niet-waterig milieu.
- d. Afvalbleekarde is vanwege zijn slechte doorlatendheid ongewenst op stortplaatsen. Bovendien ontstaat bij opslag broei en bestaat er het risico van brand. Een gerichte verwerking of nuttige toepassing van dit materiaal lijkt wenselijk [11]. Momenteel loopt onderzoek naar compostering van afvalbleekarde en nuttige toepassing in de cementbereiding.
- e. Door het bevorderen van fysische raffinage kan de wateremissie sterk gereduceerd worden. Door daarenboven gebruik te maken van:
- uitvriessystemen en/of
 - alkalisch circulatiesystemen
- voor de overige waterstromen (met name de desodorisatiestap), kunnen de wateremissies in principe tot nul worden teruggebracht [11].

4.5 Mogelijke trendbreuken

In de productie van eetbare oliën worden de volgende mogelijkheden gezien voor trendbreuken.

Ontsluiting

- a. Enzymatische ontsluiting van zaden; onderzoek heeft echter uitgewezen dat deze methode in de praktijk niet haalbaar is, mede omdat diverse antinutriële factoren niet uit het schroot worden verwijderd (dit gebeurt wel bij toasten), waardoor de afzet ervan als veevoeder wordt bemoeilijkt [10].

Persen en extractie

- a. Superkritische CO₂-extractie; er is reeds veel kleinschalig onderzoek verricht aan deze mogelijkheid; moeilijk te overwinnen problemen liggen op het terrein van de (continue) toevoer en afvoer van vaste stoffen en de relatief hoge investeringen [7].
- b. Andersoortige extractiemiddelen; in het verleden zijn diverse alternatieven onderzocht, waaronder gechloreerde oplosmiddelen en enkel water ('verdringingsextractie') [3]. Op industriële schaal worden ze om uiteenlopende redenen niet toegepast, terwijl ze vanuit milieu-overwegingen niet direct te prefereren zijn boven hexaanextractie.
- c. In het zogenaamde Filtrex-proces worden zaden tot zeer kleine deeltjes gemalen, intensief geconditioneerd en gedeeltelijk gedroogd (crisping), waarna het wordt geëxtraheerd [3]. Hierdoor vervalt de persstap. De milieubelasting is vermoedelijk iets groter dan in het conventionele proces als gevolg van de conditionering en de crisping.
- d. Verdergaand persen voor olierijke zaden (niet soja); momenteel is juist de tegenovergestelde ontwikkeling van c) gaande, te weten het vermijden van de hexaanextractie door gebruik van verbeterde persen [11]. De moderne persen kunnen olie tot op enkele procenten uit de zaden verwijderen. Het resterende, vette schroot heeft een meerwaarde ten opzichte van volledig geëxtraheerd schroot. De belangrijkste milieuverdienste van dit alternatief is het mijden van hexaan en daarmee de hexaanemissies.

Ontzuren

- a. De vrije vetzuren met glycerine in olie omzetten (onder invloed van een katalysator bij 160-210 °C veresteren). Deze methode wordt reeds incidenteel toegepast voor ruwe olie met een zeer hoog gehalte vrije vetzuren (bijvoorbeeld olijfolie), maar is in Nederland niet toegestaan voor eetbare oliën.
- b. Verwijdering van vetzuren via adsorptiemethoden [3]. Bepaalde adsorptiemiddelen (bijvoorbeeld silicagel en aluminiumoxyde) en ionenwisselaars zijn met succes onderzocht, maar worden niet in de praktijk toegepast.
- c. Selectieve extractie met organische vloeistoffen. Ook hier zijn diverse middelen onderzocht, waarvan een deel incidenteel wordt toegepast. Met name alcohol (methanol) wordt in Nederland reeds toegepast voor de winning van specifieke vetzuren uit bepaalde exotische vruchten. Verder wordt in het buitenland soms furfurol en vloeibaar propaan gebruikt om bepaalde typen onverzadigde respectievelijk verzadigde vetzuren te extraheren.

Genoemde methoden zijn alle beschikbaar en deels operationeel, maar worden in de praktijk niet of nauwelijks gebruikt voor bulk-olieproducten. Economische en kwaliteitsaspecten spelen daarbij uiteraard een belangrijke rol. De milieuverdienste van deze alternatieven zou vrij groot kunnen zijn, omdat de afvalwaterstroom van klassieke ontzuring grotendeels vervalst. Overigens geldt dit in versterkte mate bij overschakeling op fysische raffinage.

4.6 **Résumé**

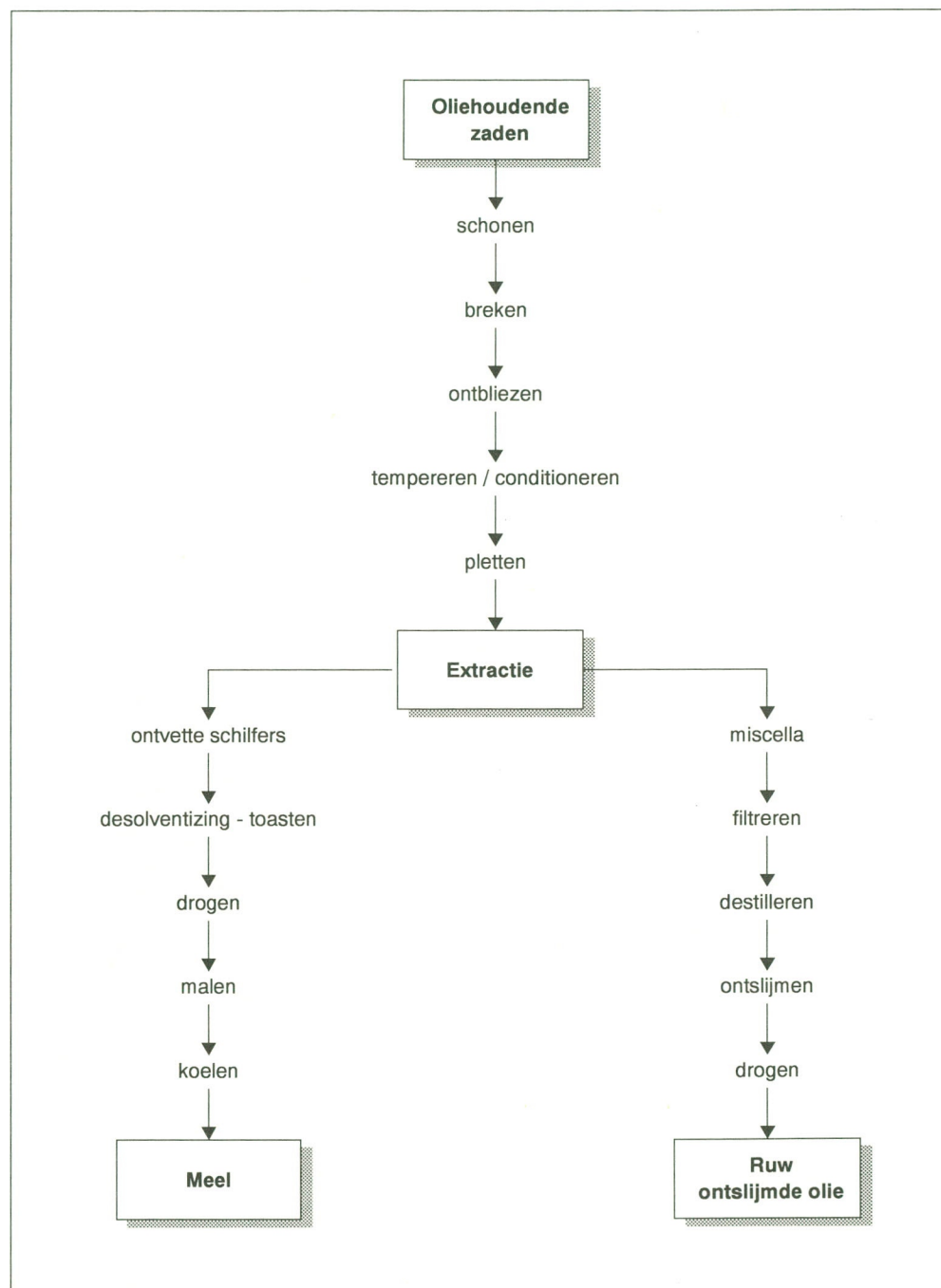
Er zijn diverse mogelijkheden om de bestaande milieu-emissies in de bedrijfstak met procesgeïntegreerde maatregelen in belangrijke mate te reduceren. De belangrijkste optie is daarbij het verdergaand overgaan op de fysische raffinage in plaats van de klassieke loograffinage. Verder kan worden gedacht aan procesgeïntegreerde maatregelen als synthetische c.q. regenereerbare bleekarde, het verdergaand vermijden van ventilatie/verdringingslucht en/of betere terugwinning van hexaan uit afgassen. In een aantal gevallen zullen mogelijke maatregelen gepaard gaan met relatief hoge investeringen (bijvoorbeeld verbeterde oliepersen, beter ontslijmen, uitvriezen), doch de consequenties voor de operationele kosten zijn naar verwachting niet extreem. Voor geurbestrijding is tevens een belangrijke inbreng van end-of-pipe technologie te verwachten (middelvoorschriften, bijvoorbeeld biofiltratie). Vooralsnog zijn er weinig nieuwe alternatieven inzake trendbreuken gesignaleerd die de bestaande productieprocessen op termijn zullen vervangen. Wel is het denkbaar dat op afzienbare termijn door de verbeterde persen het gebruik van hexaanextractie voor een belangrijk deel overbodig bij zaden met een hoog oliegehalte wordt. Verder bieden membraanscheidingstechnieken mogelijk op de lange termijn enige toepassingsmogelijkheden.

4.7 **Referenties**

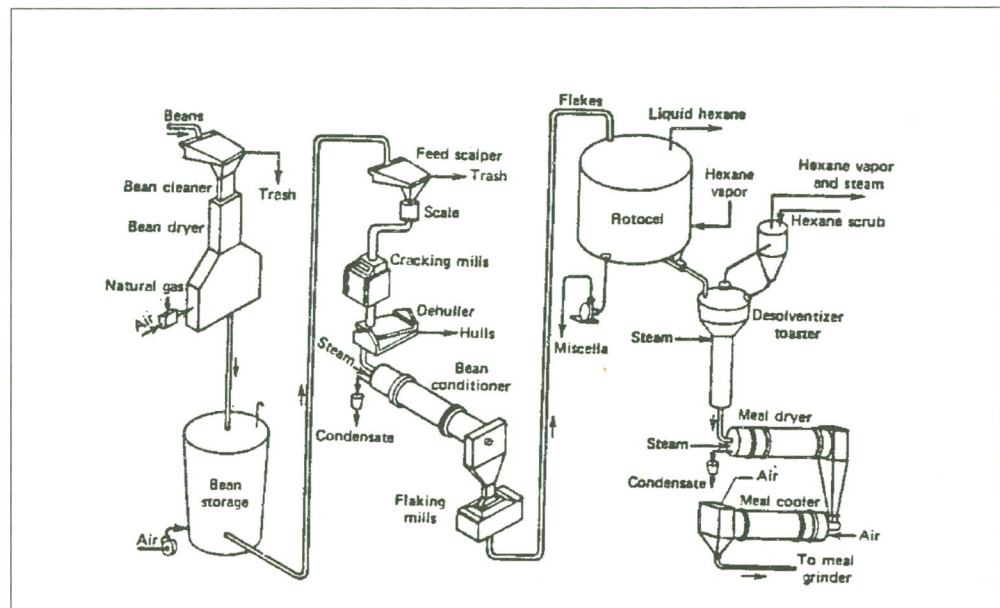
- [1] Milieu en Technologie in Nederland, Tweede Kamer, zitting 1981-1982, 17386, nr. 1-2.
- [2] Het aanbod van milieuproducten en -diensten in Nederland, Tweede Kamer, zitting 1982-1983, 17386, nr. 3.
- [3] Ullmanns Encyclopädie der Technischen Chemie, 4. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim (1981).
- [4] Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, 3rd ed, John Wiley & Sons, New York (1980).
- [5] J.C. Segers, R.K.L.M. van de Sande; Degumming-theory and practice; paper (1989/1990).
- [6] C.E. Krist-Spit; Hexaanemissiereductie door verbetering van condensorkoeling; KWS-2000 rapport (september 1990).
- [7] Superkritische fluid processing; Verslag van de gelijknamige Themadag d.d. 13 september 1989; NRLO-rapport 90/5 (1990).

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

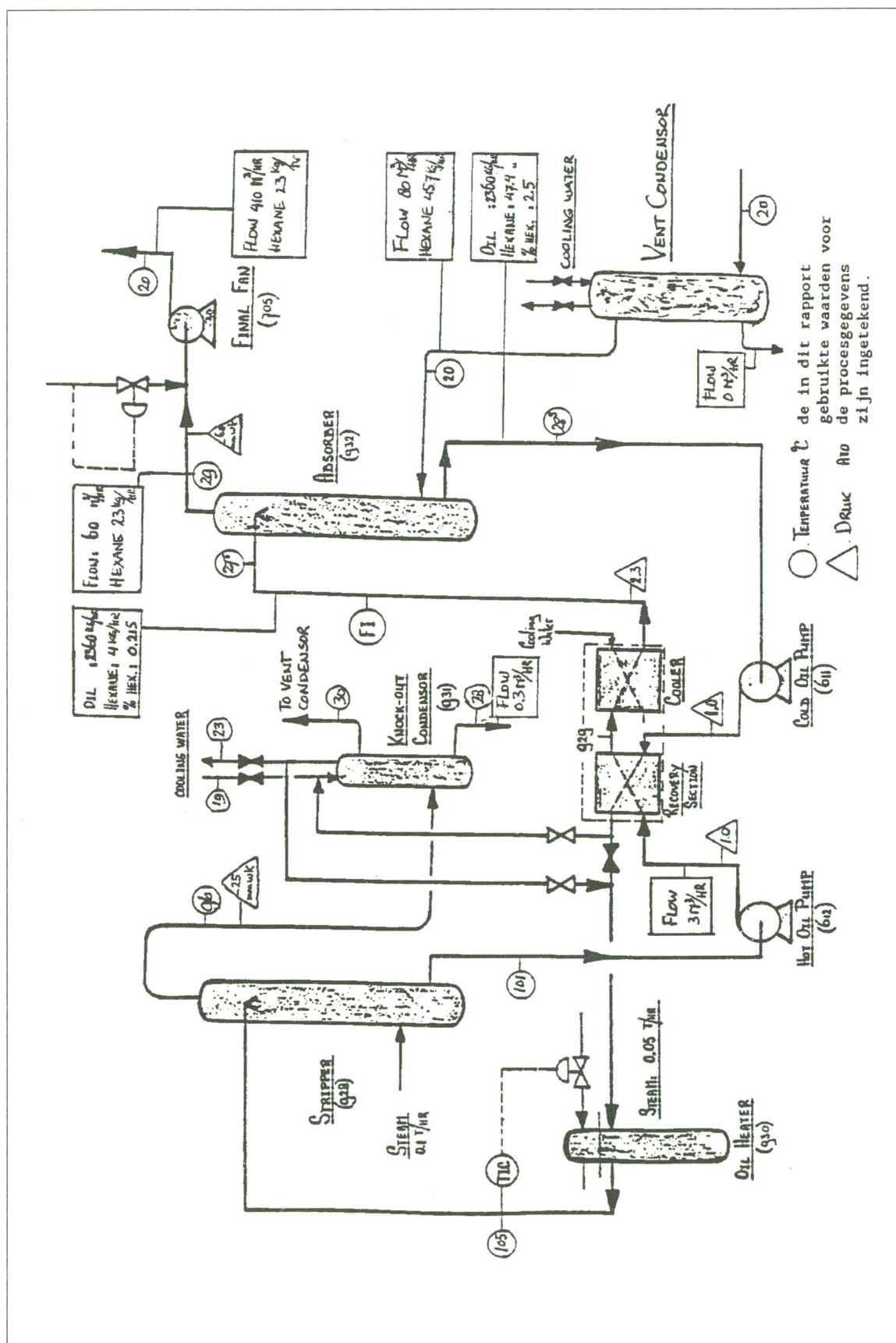
- [8] Emissieregistratie; ER-I bestand.
- [9] S.C. Wilson; Cutting hazardous waste in edible oil facilities; Inform, 3, 2, 177-185 (1992).
- [10] Informatie van de heer Vernooij, TNO-Voeding.
- [11] Interview met A.M. Trommelen en R.K.L.M. van de Sande, Unilever Research.
- [12] Jaarverslag Productschap Margarine, Vetten en Oliën.



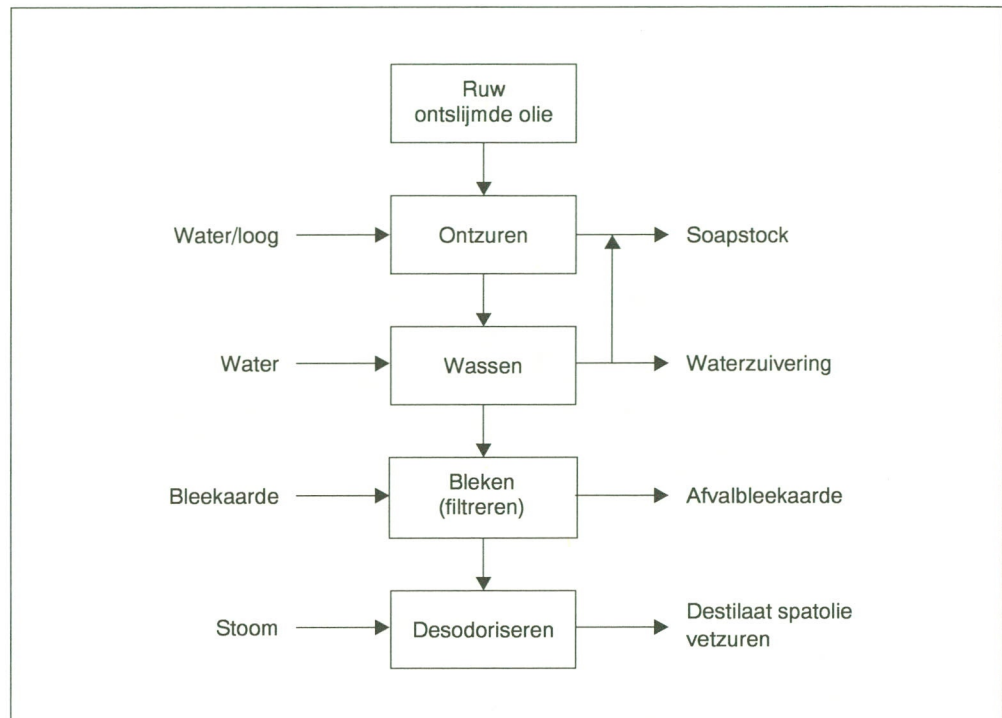
Figuur 4.1 Zaadverwerking en extractie



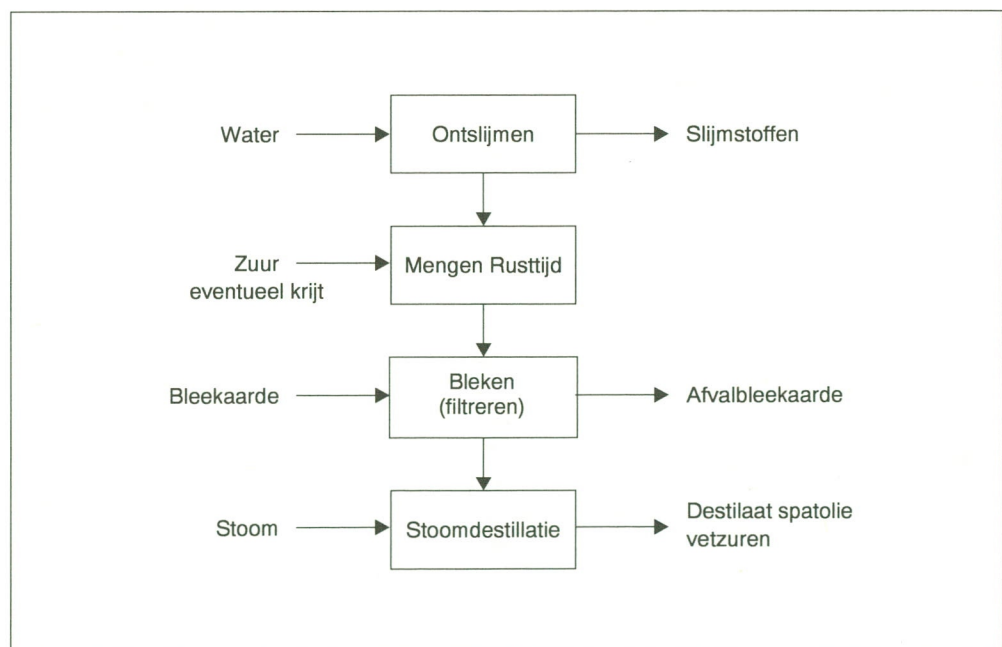
Figuur 4.2 Verwerkingsschema sojabonen; bron: Dravo Corp. [4]



Figuur 4.3 Schematische weergave van het hexaan-verwerkende systeem [6]



Figuur 4.4 Loog raffinage [10]



Figuur 4.5 Fysische raffinage [10]

5 Zetmeelindustrie

5.1 Bedrijfstak

Binnen de bedrijfstak kan onderscheid worden gemaakt naar bedrijven die aardappelzetmeel produceren en de overige zetmeelproducerende bedrijven. De belangrijkste reden hiervoor is dat aardappels voor ca. 80% bestaan uit water met daarin opgeloste bestanddelen, waardoor in de aardappelzetmeelproductie een belangrijke hoeveelheid zogeheten vruchtwater te verwerken valt. De overige zetmeelproducerende bedrijven verwerken tarwe en mais, met daarin minder dan ca. 20% vocht, waardoor andere verwerkingstechnieken dan bij aardappels worden gebruikt. Deze bedrijven worden in het navolgende met graanzetmeelbedrijven aangeduid. Een ander verschil is dat de nevenprodukten van graanzetmeelproductie in het algemeen goed zijn af te zetten bij derden (voornamelijk veevoederproductie), terwijl dit bij de aardappelzetmeelproductie veel moeilijker ligt.

Er zijn in Nederland 8 zetmeelproducerende bedrijven, waarvan er 4 tot de aardappelzetmeelindustrie behoren (AVEBE-concern). Een lijst van bedrijven is in een SPIN-rapport over deze bedrijfstak [1] opgenomen. Er werken in totaal ongeveer 2200 mensen in deze bedrijfstak.

Tabel 5.1 Produktiegegevens zetmeelindustrie 1989

	Grondstof (*1000 t/a)	Zetmeel (*1000 t/a)	Nevenprodukten (*1000 t/a)
aardappel	2.200 ¹⁾	500	230 ²⁾
granen	900 ³⁾	600	270 ⁴⁾
totaal	3.100	1.100	500

1) Schatting op basis van de aanname dat de aardappel 19% winbaar zetmeel en het produkt 20% vocht bevat

2) Schatting; ca. 40% protamylasse, ca. 45% vezels en ca. 15% eiwit

3) Schatting op basis van de aanname dat de winbare fractie zetmeel in granen gemiddeld ca. 60% bedraagt (mais 50-55% en tarwe ca. 70%) en het vochtgehalte van het zetmeel ca. 13% is

4) Schatting; 10 à 15% als tarwegluten (broodverbeteraar), de rest als veevoedercomponenten (kiemen, vezels/zemelen, maiseiwit/gluten)

Positionering

De aardappels worden alle in de directe omgeving van de fabrieken geteeld (in het bijzonder Groningen), terwijl de granen voor het grootste deel uit het buitenland komen (vooral Frankrijk en Griekenland, tarwe voor een deel ook uit Nederland).

Het geproduceerde zetmeel wordt voor meer dan de helft (aardappelzetmeel: 70%) verder verwerkt tot allerlei zetmeelderivaten. Bij twee aardappelzetmeelbedrijven is een zetmeelderivatenfabriek aanwezig (Foxhol en Ter Apeldkanaal); in de overige gevallen wordt het zetmeel als zodanig naar derden of zusterbedrijven afgevoerd. Bij de

4 graanzetmeelbedrijven wordt in alle gevallen in mindere of meerdere mate gederivatieerd.

Belangrijke toepassingen van zetmeel(derivaten) zijn te vinden in de voedingsmiddelenindustrie (bindmiddel, verdikkingsmiddel, stabilisator, verschillende suikers), papierindustrie, textielindustrie (sterkmiddel, appreteermiddel), verf- en inktindustrie (verdikkingsmiddel), aardoliewinning (boorspoelingen) en farmaceutische industrie. Nevenprodukten vinden hun weg naar de kleefstoffenindustrie, veevoederindustrie (met name de glutenkoek en zemelen van mais en vezels, protamylase en gecoaguleerde eiwitten van aardappels) en de voedingsmiddelenindustrie (tarwegluten, maaskiemen en tarwezemelen).

Opgemerkt dient te worden dat de graanzetmeelindustrie door haar hoge zetmeelopbrengst, de uiteenlopende nevenprodukten en de relatief kleine afval(water)stromen een sterke concurrentiepositie inneemt ten opzichte van de aardappelzetmeelindustrie. De laatstgenoemde wordt om agropolitische redenen ondersteund. Daartegenover staat dat aardappelzetmeel door haar eigenschappen en hoge zuiverheid zich tot meer derivaten laat verwerken en derhalve meer toepassingen vindt.

5.2 Processen

Aardappelzetmeel

De geoogste aardappels worden binnen de campagneperiode, die meer dan 5 maanden omvat, zo snel mogelijk verwerkt om de mogelijke zetmeelverliezen te minimaliseren.

In essentie is de winning van zetmeel een nat proces, waarbij het zetmeel met water uit het vermalen weefsel wordt afgescheiden en nagespoeld. Het algemene schema is in figuur 5.1 weergegeven. In de praktijk blijken verschillende apparaten en processeringen mogelijk voor winning en zuivering van zetmeel. Ter illustratie wordt naar de processchema's van de 4 AVEBE vestigingen verwezen in het SPIN-rapport [1]. Het productieproces wordt derhalve hieronder slechts in algemene zin beschreven.

a. Voorreinigen/wassen

De binnenkomende aardappels worden in enkele natte wasstappen ontdaan van aanhangende grond en loofresten (de zogenaamde tarra). Droge voorreiniging is door het vochtgehalte van de grond niet of nauwelijks haalbaar. Gebruikelijke apparatuur is gebaseerd op drukwaterspuiten en tegenstroomwasgoten. Voor de natte wassing is een apart watercircuit voorhanden, met een continue spuistroom en een suppletie van grond- of oppervlaktewater. De benodigde hoeveelheid waswater bedraagt ongeveer 2 tot 3 m³ per ton aardappelen.

De tarra wordt via bezinktanks of vloeivelden uit de waterstroom afgescheiden; hierbij wordt tevens een gedeeltelijke aërobe behandeling gerealiseerd. De waterstroom wordt grotendeels hergebruikt en voor het overige deel via de waterzuivering geloosd. De afgescheiden tarra kan door de strenge regelgeving (ziektekiemen, bestrijdingsmiddelen) slechts gedeeltelijk worden teruggebracht in de landbouw; voor het overige wordt het gestort.

b. Verkleinen (malen)

Het natieve zetmeel ligt als zeer kleine korrels opgeslagen in de cellen van de aardappel. Teneinde deze te kunnen winnen is het nodig de aardappel zeer fijn te vermalen, waardoor de inhoud van bij voorkeur alle cellen vrijkomt. Dit geschiedt tegenwoordig met zogenaamde ultraspen.

Vaak wordt een kleine hoeveelheid zwavelzuur of sulfiet (of SO_2) toegevoegd om de navolgende extractiestap te bevorderen. Het voorkomt verkleuring door tyrosinase en maakt het mengsel beter verpompbaar.

c. Extractie en raffinage

Na het malen is een pulp van vezels (ca. 1,5%), zetmeel (ca. 20%) en vruchtwater (ca. 78%) ontstaan. In de *extractie* worden deze componenten van elkaar gescheiden. Door de relatief hoge soortelijke dichtheid van zetmeel (ca. 1300 kg/m^3 voor gehydrateerd zetmeel) kan dit via methoden op basis van verschillen in sedimentatiesnelheid worden gerealiseerd. Meestal wordt hiertoe een serie hydrocyclonen ingezet. Aansluitend worden door wassing (in tegenstroom) het 'geëxtraheerde' zetmeel zo goed mogelijk ontdaan van aanhangende verontreinigingen; dit wordt *raffinage* genoemd. Naast hydrocyclonen worden zeven, bezinktanks, separatoren en decanters gebruikt. De scheiding van componenten verloopt meestal in meerdere stappen. Ook worden bepaalde deelstromen in eerdere stappen van het proces teruggevoerd om de scheidingsgraad te verbeteren. Recentelijk werd een driefasenseparator ontwikkeld voor toepassing in de aardappelzetmeelindustrie, conform de separatoren in de graanzetmeelindustrie; dit vereenvoudigt de gehele processing, maar heeft vermoedelijk weinig milieuconsequenties.

De vaste stof (vezels c.q. aardappelschroot en zetmeel) wordt van het vruchtwater gescheiden door dit door decanteercentrifuges te leiden. Een scheiding of voorontwatering met hydrocyclonen is eveneens goed mogelijk.

Het zij uitdrukkelijk vermeld dat de volgorde van verwijdering van de drie componenten (zetmeel, vezels en vruchtwater) per bedrijf verschilt. Vaak wordt zetmeel als eerste verwijderd en vervolgens in een serie hydrocyclonen in tegenstroom met onthard water gewassen. In traditionele processen worden de vezels via speciale zeef- en wasmachines als eerste afgescheiden. Vaak wordt ook als eerste het vruchtwater via decanters of centrifuges uit de pulp verwijderd, waarna de vezels uit de resterende massa worden gewassen.

Door optimalisatie van het raffinageproces is door de jaren heen het vers waterverbruik sterk gereduceerd tot momenteel ca. 250 liter per ton aardappelen. Het water van de raffinage wordt grotendeels teruggevoerd naar de extractie; het restant wordt over een afvalwaterzuivering geloosd.

d. Ontwatering en droging

In de laatste raffinagestap wordt de zetmeelsuspensie gewoonlijk ontwaterd tot ca. 30-40% droge stof. Deels kan het zetmeelprodukt nat worden afgezet naar een zetmeelderivatenfabriek. Het grootste deel wordt echter gedroogd (vacuümfilter of centrifuge, gevolgd door een pneumatische droger).

e. Vruchtwaterbehandeling en eiwitwinning

Het vruchtwater heeft tengevolge van de decantatiestap veel schuim, hoewel moderne decaners veel minder luchtinslag en dus minder schuim veroorzaken. Na een eventuele ontschuiming (met schuimbestrijdingsmiddelen) wordt het vruchtwater ontdaan van de coaguleerbare eiwitten; deze omvatten ca. 50% van de totale hoeveelheid eiwit in het vruchtwater. Daartoe worden twee methoden ingezet:

- a. Coagulatie door aanzuring (SO_2) en een korte hittebehandeling met directe stoominleiding ($75\text{--}110^\circ\text{C}$), waarna de eiwitten eenvoudig afgescheiden kunnen worden met een decanter (eventueel bezinker of filter);
- b. Voorconcentrerend van eiwitten met behulp van een ultrafiltratiestap, waarna als nog een coagulatie en ontwatering van de eiwitten in het concentraat plaatsvindt.

De tweede route heeft als voordelen dat minder vloeistof behoeft te worden opgewarmd en dat de eiwitten iets minder verontreinigingen bevatten. In de praktijk vormen de geringe levensduur van de membranen en een relatief grote biologische aangroei in de permeaatstroom een belemmering voor verdere introductie.

De eiwitten worden veelal gedroogd tot minder dan 20% vocht, bijvoorbeeld met een walsdroger.

Het resterende proceswater bevat nog belangrijke hoeveelheden mineralen/zouten, suikers en andere opgeloste organische verbindingen. De behandeling en afvoer van deze waterstroom vormt een belangrijke kostenpost voor het totale proces, omdat het gaat om een groot volume en de in het water aanwezige stoffen een lage intrinsieke waarde vertegenwoordigen.

Momenteel wordt het proceswater vrijwel altijd ingedampt. In één geval (de Krim) wordt het permeaat van een ultrafiltratie-unit voor eiwitafscheiding rechtstreeks anaëroob behandeld (biogaswinning) en aëroob nabehandeld.

Na indampen resteert een stroperig 'protamylasse', dat eventueel bij het droge vezelprodukt (aardappelschroot) wordt gevoegd en als veevoeder wordt verkocht. Het condensaat wordt bij alle bedrijven aëroob gezuiverd en geloosd.

f. Opwerking van vezels/aardappelschroot

De afgescheiden vezels worden mechanisch ontwaterd (decaners, extruders) en gewoonlijk gedroogd (pneumatische of trommeldroger). Het vezelhoudende produkt (aardappelschroot) wordt na eventuele verrijking met de gewonnen eiwitten en protamylasse als veevoeder afgezet.

Het perswater wordt naar de vruchtwaterbehandeling geleid, terwijl condensaat uit de drogers naar de was- en spoelsectie wordt geleid.

g. Afvalwaterbehandeling

Er zijn twee hoofdstromen water te onderscheiden:

- a. Het was- en spoelwater, waarmee de tarra wordt verwijderd.
- b. Het proceswater, dat hoofdzakelijk uit vruchtwater en voor ca. één derde uit vers water bestaat.

Het proceswater wordt, zoals is aangegeven, meestal na de eiwitafscheiding ingedampt, waarna het condensaat aëroob wordt gezuiverd. In één geval (eiwitafscheiding

met UF) is sprake van een anaërobe voorbehandeling en een aërobe nabehandeling, waarna het wordt geloosd.

Het was- en spoelwater vormt een separaat circuit. De tarra wordt via bezinking (bijvoorbeeld vloei velden) zo goed mogelijk verwijderd, waarna het water wordt hergebruikt. Om concentrering van bepaalde stoffen te voorkomen wordt een deel (10-40%) gespuid en via een aërobe zuivering geloosd. Als suppletiewater wordt gewoonlijk oppervlaktewater of grondwater gebruikt.

Zetmeel uit granen

De productie van zetmeel uit granen verloopt in grote lijnen langs de zelfde processtappen als bij aardappelzetmeel. Toch zijn er diverse verschillen aan te geven, waarop hieronder wordt ingegaan. De belangrijkste betreffen de voorbehandeling (weken en malen in plaats van raspen) en de aard van de te winnen producten (waaronder kiemen). Overigens moet worden opgemerkt dat de graanzetmeelbedrijven -net als de aardappelzetmeelbedrijven- onderling verschillen in apparatuur en de uitvoering van de deelprocessen.

a. Voorbehandeling (inclusief weken)

Granen (mais en tarwe) hebben minder aanhangend vuil dan aardappelen, zodat de wassing minder intensief kan verlopen of geheel achterwege kan blijven. Het vuil wordt voor een belangrijk deel of zelfs volledig via zeven en luchtziften verwijderd. Daarna wordt *mais* gedurende ca. 2 dagen met aangezuurd water (ca. 0,1% SO₂; pH = 3 à 4; ca. 48°C) geweld in een serie zogenaamde weektanks. Hierdoor neemt de *mais* water op en wordt deze beter verwerkbaar. Tevens gaan door biochemische processen diverse stoffen in oplossing (voornamelijk eiwitten en melkzuur, maar ook suikers, mineralen); het betreft ca. 5% van de droge stof in *mais*. Zwaveldioxyde heeft een positieve uitwerking op het 'losmaken' van de eiwitten in de matrix, waardoor het zetmeel beter uit het hoornige endosperm kan worden gewonnen. Het proceswater wordt meestal in tegenstroom met de *mais* gevoerd en is afkomstig van de vezelafscheiding (zie b). Daarna wordt het water ingedampt (filmverdamer) en het vrijkomende condensaat hergebruikt. Het residu van de indamping (50-60% ds) is bijzonder geschikt voor veevoedertoepassingen of voor gebruik in de fermentatie-industrie (penicilline).

Vervolgens wordt de geweekte *mais* grof gemalen (ontkiemingsmolen met instelbare spleetbreedte) om de kiem vrij te maken, maar tevens zoveel mogelijk intact te houden (vrije olie moet worden voorkomen). De kiemen worden in één of twee stappen uit een slurry afgescheiden, gewoonlijk met behulp van speciale hydrocyclonen. De kiemen worden gebruikt voor de winning van maisolie, nadat ze zijn gewassen over een serie zeefbochten en tenslotte gedroogd (pijpenbundeldroger). Het gebruikte waswater is afkomstig uit navolgende processtappen (met name de indikkers voor en/of na de zetmeel- en glutenafscheiding).

In geval van *tarwe* zal dit eerst via een aantal stappen (maal- en zeefstappen) tot meel worden vermalen, alvorens de zetmeelextractie uit te voeren. Ook zijn via de maling de kiemen en zemelen (vezelmassa, vliezen) verwijderd. In tegenstelling tot *mais* gebeurt dit via droge processen. Een bevochtiging en korte rust zijn evenwel ook een onderdeel van dit procesonderdeel, opdat het uitmalen van de zetmeel (*tarwebloem*) wordt vergemakkelijkt. Momenteel verzorgen de bedrijven met slechts één uitzondering het malen van *tarwe* zelf. Afhankelijk van kosten- en kwaliteitsfactoren is dit in de laatste decennia beurtelings uitbesteed of zelf gedaan.

b. Extractie en raffinage

De slurry van gebroken *mais* wordt verder nat verkleind via hamermolens of pennenmolens, zodat de cellen van het endosperm worden opengesloten. De vezels en vliezen worden in een meertrapsinstallatie (speciale zeefbochten) uit de zetmeelsuspensie verwijderd. Het proceswater wordt in tegenstroom geleid en met de daarin aanwezige gluten en zetmeel verder opgewerkt. Uiteindelijk wordt het water teruggevoerd naar de weektanks en de wasstappen van de kiemafscheiding. De vezels worden gewoonlijk na ontwatering (45% ds; ontwateringsschroef) bij het concentraat van de indamper (zie weken) gevoegd en tenslotte in een pijpenbundeldroger gedroogd tot een veevoedergrondstof. In plaats van drogen wordt een deel ook als inkuilproduct verkocht; daarmee wordt een milieubelastend en energie-intensief droogproces vermeden.

Van het resterende zetmeel/glutenmengsel wordt het gluten (> 60% eiwit) uitgespoeld en geconcentreerd in een serie apparaten (hydrocyclonen, glutencentrifuges); het gluten laat zich vrij gemakkelijk ontwateren en drogen. Meestal wordt het gluten te zamen met de vezels verwerkt tot een veevoederproduct.

De verdere opwerking en droging van het zetmeel verloopt analoog aan aardappelzetmeel.

Het proceswater wordt voor een groot deel in de te onderscheiden stappen hergebruikt en voor het overige in tegenstroom gevoerd en ingedampt (het condensaat wordt via de biologische zuivering geloosd).

Bij *tarwemeel* wordt in het klassieke proces eerst een deeg gemaakt door ca. 60% water aan de bloem toe te voegen (hydratering en coagulatie van de gluten c.q. eiwitmassa). Na een weektijd van ca. 30 minuten worden vervolgens het gluten en de vezels met water in speciale wastrommels afgescheiden c.q. uitgewassen. Dit proces wordt niet meer toegepast. Tegenwoordig wordt de glutenmassa in zogenaamde homogenisatoren van het zetmeel losgeslagen en geagglomereerd (het HD-proces). De hoeveelheid toegevoegd water is afhankelijk van de samenstelling van het tarwemeel, maar bedraagt rond de 100%. Omdat dan geen deeg maar een suspensie voorhanden is, kan na de agglomeratiestap en na verdere afdunning met water gebruik worden gemaakt van soortgelijke typen scheidingsapparaten als bij de maiszetmeelproductie (een serie hydrocyclonen of decaners). Het voordeel van de moderne processen is dat de verblijftijd aanzienlijk korter is dan in het klassieke proces. Ook kan door terugvoer van proceswater een constante concentratie van 3 à 3,3% opgeloste stof worden bereikt, hetgeen gunstig gevonden wordt voor het totale waterverbruik, de scheiding van producten en produktkwaliteit. Dit percentage bepaalt tevens het vers waterverbruik en de afvalwaterstroom.

Hierbij dient te worden opgemerkt dat uit tarwe in principe twee kwaliteiten zetmeel kan worden gewonnen, te weten de A- en B-kwaliteit; afhankelijk van het gebruikte proces en de kwaliteit van de tarwe vormen deze ca. 90% respectievelijk 10% van de totale hoeveelheid. Het B-zetmeel heeft een veel lagere marktwaarde en wordt gekenmerkt door relatief kleine korrels en als gevolg daarvan een relatief hoog glutengehalte. A-Zetmeel kan goed worden gereinigd, alsmede ontwaterd en gedroogd (centrifuge en pneumatische droger). De B-kwaliteit wordt meestal te zamen met de pentosanen en de 'solubles' verwerkt tot veevoeder (indampresidu).

De separate produktstroom tarwe gluten wordt voornamelijk gebruikt als broodverbeteraar. Door haar taaie en plakkerige natuur zijn speciale drogers nodig, zoals flash- of werveldrogers en hamermolens. Het is een erg energie-intensieve stap die bovendien storingsgevoelig is.

c. Afvalwaterbehandeling

De vrijkomende proceswaterstromen worden ingedampt. Het condensaat wordt gespuid, vooral als gevolg van de aanwezigheid van veel vluchtige en geurveroorzakende stoffen. In alle gevallen gebeurt dit via een biologische zuivering (anaëroob, vaak gevolgd door een aërobe nabehandeling).

5.3 Emissies

De milieu-emissies en in het bijzonder de afvalwateremissies zijn in laatste 2 decennia sterk gereduceerd door tal van maatregelen.

Op basis van onder meer het NMP(+), het NAP en RAP, de nota 'Energiebesparing', de beleidsnotitie 'Waterbesparing' kan worden verwacht dat de branche met aanvullende eisen zal worden geconfronteerd. De meest relevante doelstellingen zijn hieronder aangegeven, waarbij kan worden opgemerkt dat deze in principe op landelijk niveau gelden:

- Nota Stankbeleid (VROM 1992): per 1-1-1994 dienen bedrijven een plan gereed te hebben om de geurconcentratie in de bebouwde omgeving te reduceren tot 1 geureenheid per m³ als 98- of 99,5-percentiel voor bestaande respectievelijk nieuwe installaties.
- Stof: in 2000 dient de emissie van stof vermoedelijk met 75% te zijn gereduceerd ten opzichte van 1985 (250 t/a in 1985). In de NER 1989 is bovendien de stofemissie gelimiteerd tot 10 mg/m³ indien filterapparatuur kan worden toegepast.
- Waterverontreiniging: in 2000 zal de emissie van fosfaat en totaal stikstof 90% respectievelijk 70% lager moeten zijn dan in 1985 (primair bij lozing op oppervlaktewater)¹⁾.
- Waterverbruik: in 2000 zal het industriële waterverbruik met ca. 25-50% moeten zijn afgenomen.
- Energieverbruik: in 2000 zal de energie-efficiency ca. 20% beter moeten zijn ten opzichte van 1989.
- Milieuzorg: alle grotere bedrijven moeten in 1995 over een integraal milieuzorgsysteem beschikken.

De bedrijfstak is betrokken in het doelgroepenoverleg, waarbij zal worden vastgesteld in hoeverre deze landelijke doelstellingen door de branche moeten worden overgenomen of dienen te worden aangepast.

Daarnaast moeten individuele bedrijven met hun vergunningverleners tot overeenstemming dienen te komen met betrekking tot eisen over geluidsbelasting, maatregelen voor preventie van bodemverontreiniging en de eventuele vermindering van procesafvalstoffen c.q. het gebruik van milieubelastende hulpstoffen. De Wet Milieubeheer zal in dit verband een betere afstemming van de emissies naar de verschillende compartimenten mogelijk maken.

¹⁾ In de produktie van aardappelzetmeel is inmiddels ca. 70% van de N-Kjeldahl vracht verwijderd door installatie van een grote waterzuiveringseenheid. Op basis van deze eis kan mogelijk nog een denitrificatiestap worden vereist.

Emissies

De emissies van de aardappelzetmeelbedrijven onderscheiden zich van de overige zetmeelbedrijven. Dit is rechtstreeks het gevolg van de samenstelling van de grondstof. In aardappels bevindt zich meer dan 70% water, waarin bovendien een aantal moeilijk winbare/marktbare stoffen is opgelost. Ook komt bij de aardappelzetmeelproductie een grote hoeveelheid tarra vrij. Een ander onderscheid ten gevolge van de grondstofsamenstelling is dat in de aardappelzetmeelproductie weinig vers water wordt ingenomen in vergelijking met graanzetmelen (1-1,5 m³/ton produkt respectievelijk 2-3 m³/ton produkt).

Voor gegevens over de emissies wordt verwezen naar het SPIN-rapport [1]. In tabel 5.2 zijn enkele kenmerkende emissies overgenomen.

De wateremissies zijn het belangrijkste, vooral bij de aardappelzetmeelproductie. De vermelde waarden hebben betrekking op gezuiverd afvalwater.

■ Noot:

Volgens de auteurs zijn de vermelde gegevens niet erg nauwkeurig. In diverse bronnen worden waarden genoemd die enkele factoren uiteen liggen, terwijl de basisjaren slechts enkele jaren uiteen liggen (verg. [1] en [10], alsmede de referenties [1] en [2] van hoofdstuk 3).

De emissies naar de lucht zijn voornamelijk het gevolg van indampers en drogers en betreffen NO_x (verbrandingsprocessen) en stof (door onvoldoende terugwinning uit drooggassen en ondichtheden van apparatuur). Voor wat betreft geur is dit het gevolg van het drogen van produkten (bijvoorbeeld eiwitten), het indampen van proceswater (condensaat, non-condensibles en koelen in open koeltorens), de maisweektanks en de waterzuiveringsinstallatie. Vooral in de maiszetmeelproductie was de geuremissie groot, maar is deze momenteel door veel onderzoek en de invoering van procesgeïntegreerde en toegevoegde technologie sterk gereduceerd.

De afvalstromen van de graanzetmeelproductie zijn niet bekend. In de tabel is een geschatte bovengrens opgenomen; de werkelijke waarde is vermoedelijk veel kleiner, omdat de grondstof relatief schoon wordt aangeleverd en de bijprodukten goed kunnen worden afgezet.

Het energieverbruik is binnen de bedrijfstak groot: naar schatting ca. 13 GJ/ton graanzetmeel en ca. 16 GJ/ton aardappelzetmeel en is daarmee ca. 9% van het totale energieverbruik in de voedingsmiddelenbranche. Dit wordt grotendeels gebruikt voor het indampen van waterstromen, drogen en de aërobe waterzuivering, alsmede voor de hittecoagulatie van aardappeleiwitten. Met uitzondering van de aardappelzetmeelbedrijven wordt reeds overal warmte/krachtkoppeling toegepast.

Mede als gevolg van het hoge energieverbruik is de thermische verontreiniging en het koelwatergebruik vrij groot. Hiervoor wordt hoofdzakelijk grondwater gebruikt (naar ruwe schatting 2% van het totale koelwatergebruik in de voedingsmiddelenbranche, ofwel 4 miljoen m³ per jaar (1986)).

Tabel 5.2 Enkele emissies bij de productie van zetmeel [1]

	Aardappel		Granen	
	totaal (t/a)	per ton produkt	totaal (t/a)	per ton produkt
Afvalwater				
hoev. ¹⁾	2 · 10 ⁶ ?	4-5 m ³ ?	1 · 10 ⁶ ?	2 m ³ ?
CZV	7425	15 kg	120 ²⁾	0,24 kg
PO ₄	ca. 150	0,3 kg	1,4	0,003 kg
SO ₄ ³⁾	4450	9 kg	?	?
Lucht				
KWS	31	0,06 kg	26 ⁴⁾	0,04 kg?
geur	groot		groot	
stof ⁵⁾	600	1,2 kg	?	?
Afval				
Tarra/afval	235000	470 kg	<30000	<50 kg
AWZI-slib (nat)	25000	ca. 50 kg	?	<10 kg?

1) Exclusief koelwater

2) Op basis van ER-I gegevens kan een totaal van ca. 500 t/a worden geschat (1988).

3) Bij de aardappelzetmeelproductie bovendien aanzienlijke hoeveelheden stikstof- en chloridecomponenten, ca. 2 respectievelijk 15 kg per ton produkt

4) Schatting op basis van het energieverbruik (aardappelzetmeel vergt ca. 40% meer dan granen). Volgens emissieregistratie zou de emissie 75 ton zijn

5) Emissieregistratie geeft voor de 4 aardappelzetmeelindustrie een emissie van ca. 200 ton/jaar (inclusief derivatiseerafdelingen) en voor de overige -na extrapolatie op basis van het aantal werknemers- ca. 50 ton/jaar (1988)

5.4 Procesgeïntegreerde maatregelen

In de 4 aardappelzetmeelbedrijven is in de laatste 20 jaar erg veel geïnvesteerd om de winning aanzienlijk minder milieubelastend te laten zijn. Belangrijkste aandachtspunten waren de water- en energiehuishouding en het winnen van markt-bare bijprodukten uit het vruchtwater. Alle belangrijke waterstromen worden momenteel biologisch gezuiverd; de onder meer vanwege de geur beruchte vloeivelden zijn inmiddels gesloten.

Voor de komende jaren zijn verdere maatregelen voorzien, waarmee de vuilvracht in het afvalwater in de aardappelzetmeelindustrie wordt gereduceerd van de huidige 120.000 v.e. tot ca. 50.000 v.e. Het betreft voornamelijk procesoptimalisatie en additionele end-of-pipe technieken, waarmee ook de stikstof en fosfaatvracht zal worden gereduceerd. De emissies naar de lucht (stof, SO₂, geur) zullen naar verwachting met toegevoegde technologie worden bestreden; zie SPIN [1].

Ook in de graanzetmeelindustrie zijn de laatste 10 jaren veel investeringen gedaan om het productieproces te verbeteren en de milieubelasting te verminderen.

Afgezien van hun economische haalbaarheid, kunnen nog diverse mogelijkheden voor procesgeïntegreerde maatregelen worden genoemd die het water- en energieverbruik en de emissies mogelijk reduceren.

- a. Met enige regelmaat zijn in de literatuur 'verbeterde' processchema's verschenen. In veel gevallen (bijvoorbeeld high density three-stage centrifugation proces [8]) is er ook een beperkt positief milieu-effect in de vorm van een lager water- en energieverbruik; de verschillen met andere processen zijn echter gering (gewoonlijk minder dan 10%).
- b. Alvorens dit te storten, de vrijkomende tarra behandelen om geurcomponenten af te breken en het deels te ontwateren. Momenteel loopt onderzoek naar de toepasbaarheid van enkele moderne composteringstechnieken.
- c. Om de hoeveelheid tarra te beperken, kan worden overwogen bij de oogst de aardappels ter plekke te wassen; hiervoor kunnen financiële prikkels worden gegeven. Een probleem hierbij zijn de optredende kwetsuren waardoor de mogelijke opslagtermijn sterk wordt beperkt.
- d. Het ontwateren en drogen van aardappelschroot kan volgens Kemp [in 2] in principe worden verbeterd door een chemisch-enzymatische voorbehandeling, waardoor een hoger droge-stofgehalte na de ontwatering wordt bereikt (30-35% in plaats van 20-25%). Hierdoor wordt de benodigde droogenergie bijna gehalveerd.
- e. Hyper- of nanofiltratie van proceswater c.q. aardappelvruchtwater; hiermee wordt enerzijds een permeaat verkregen dat geschikt is voor hergebruik als proceswater in de raffinage en anderzijds een beperkte concentraatstroom, die met kleinere apparaten en minder energie kan worden opgewerkt (primair eiwitwinning); er zijn echter nog wel verbeteringen van de techniek nodig, zoals het mijden van biologische aangroei en het verbeteren van de levensduur van de membranen (hyperfiltratie wordt reeds in één aardappelzetmeelbedrijf toegepast, waarbij overigens het permeaat via een aërobe zuivering wordt geloosd).
- f. Gedeeltelijke terugwinning van vermestende stoffen uit het proceswater. Dit is echter tot op heden niet economisch haalbaar gebleken. Mogelijk kunnen nieuwe technieken (nanofiltratie, zeolieten, selectieve ionenwisselaars, elektrolyse, vriesconcentreren) in combinatie met de voornoemde hyperfiltratie een mogelijkheid openen voor gedeeltelijke terugwinning van N, P en K.
- g. Inzet van enzymen om zetmeel en eiwitten beter van elkaar los te maken. Daarmee kunnen zuiverder producten worden verkregen met minder intensieve wassingen, zodat een (beperkte) besparing op proceswatergebruik kan worden verwacht. Ook zal het gebruik van SO₂ worden verminderd [12, 13].
- h. Minimalisering van het weekwatervolume en de weektijd van mais, om daarmee de hoeveelheid opgeloste stoffen en de benodigde indampenergie te verminderen. Als opties worden hier sproei-/recirculatiemethoden en klimaatkasten genoemd. Niet bekend is of deze in het verleden al zijn onderzocht. Verder zijn twee patenten bruikbaar: het onder druk weken (Westfalia) en gebruik van hemicellulase (Dorr Oliver), waarmee eveneens de weektijden sterk bekort worden. Deze worden nog niet toegepast [12]. Bij het onder hoge druk weken is verder geen sulfiet meer benodigd zodat de sulfaatlozing wordt vermeden.
- i. Optimalisatie van de droge maaltechniek voor tarwe, opdat de zetmeelkorrels beter los worden gemaakt van de eiwitten en vezels (zie ook trendbreuk d.) [13].
- j. Verdergaande terugwinning van (opgeloste) stoffen uit proceswater bij graanzetmeelbedrijven; deze stoffen zijn in principe alle goed te gebruiken in veevoederbedrijven. Membraantechnieken lijken ook hier een verdere overweging waard.
- k. Hergebruik van condensaatwater is in de graanzetmeelindustrie wellicht mogelijk, indien de geur- en smaakstoffen voldoende en tegen beperkte kosten kunnen worden verwijderd. Opties zijn adsorptie, strippen en oxydatie (ozon).
- l. Hergebruik van koelwater door verdergaande introductie van circulatiekoelsystemen en een deelstroom als proceswater gebruiken.

- m. Mechanische damprecompressie, ter vermindering van het energieverbruik bij indampprocessen. Een verminderd energieverbruik draagt bovendien bij aan een lagere uitstoot naar de lucht. Deze mogelijke maatregel is in 1986 met succes in een nieuw bedrijf geïntroduceerd [9].
- n. Bepaalde geurhoudende afgasstromen (in het bijzonder non-condensibles) kunnen in principe in bestaande ketels worden verbrand; zwavelrijke stromen (waterzuivering) kunnen echter corrosie- en SO₂-problemen veroorzaken en dienen een voorreiniging te ondergaan.
- o. Om stof- en geuremissies eenvoudiger te controleren, verdient een trommeldroger de voorkeur boven een pneumatische droger [12].
- p. De geuremissie kan door het mijden van open koeltorens in indampcircuits worden verminderd (gesloten koelsystemen zijn echter duur).
- q. Low NO_x-branders (in het algemeen reeds voorzien).
- r. Verwijdering van SO₂ uit rookgassen, mede met het oog op hergebruik van bisulfiet in het zetmeelproductieproces. Momenteel wordt bij AVEBE een praktijkonderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van een membraanproces [7].
- s. Tenslotte kan in algemene zin worden opgemerkt dat in de verschillende procesonderdelen meertrapswassers en multi-effectverdampers worden ingezet. Door het aantal wasstappen of effecten te vergroten, kan het watergebruik en het energieverbruik worden verminderd.

5.5 Mogelijke trendbreuken

- a. Droge verwerking van granen tot zetmeel is tot dusverre niet mogelijk gebleken; er is een te sterke verkleaving tussen zetmeel en andere componenten (met name eiwit) om een adequate scheiding te bewerkstelligen. Voor aardappelzetmeel lijkt droge verwerking niet zinvol omdat het grootste deel van de aardappel uit water bestaat. De mogelijkheid van alternatieve processen waarin *geen water* wordt gebruikt, moeten derhalve sterk in twijfel worden getrokken.
- b. Maiszetmeel blijkt uit de matrix te kunnen worden vrijgemaakt door een desintegratie onder hoge druk. Dit zogeheten HD-proces van Westfalia is sinds het einde van de tachtiger jaren operationeel en wordt wereldwijd op enkele plaatsen toegepast [4]. Het proces verbruikt minder water dan het conventionele proces, waardoor het energieverbruik voor indampen ca. 40% lager is. Tevens komen er door de korte verblijftijd ca. 40% minder opgeloste stoffen in het water, hetgeen tot een verkleining van de noodzakelijke afvalwaterzuiveringsinstallatie leidt. Het zetmeelrendement is echter lager dan bij conventionele processen.
- c. Momenteel wordt in de aardappelzetmeelindustrie gezocht naar een andere methode voor eiwitafscheiding dan de huidige hitte-coagulatie. Gezocht wordt naar onder meer een (enzymatische) conversiemethode voor ongewenste componenten in het vruchtwater, zodat afzet in de voedingsmiddelensector mogelijk wordt [12]. Noot: hetzelfde geldt voor de ontwikkeling van een scheidingsproces waarmee een schone fractie pectinehoudende vezels kunnen worden gewonnen voor menselijke voedingsdoeleinden.
- d. In Duitsland wordt momenteel een tarwezetmeelproces ontwikkeld, waarbij het graan droog gemalen en nat gezeefd wordt [3, 4]. Hierdoor wordt met de zemelen/vezels reeds een belangrijk deel van de oplosbare stoffen verwijderd. Een substantiële reductie van het netto waterverbruik en de vuilvracht van het afvalwater is mogelijk. Een vérgaande reductie van het waterverbruik in het totale proces staat in dit onderzoek voorop.

- e. Het drogen van (neven)produkten kan in principe via diëlektrische processen verlopen. De hoeveelheid non-condensibles (en daarmee de geuroverlast) kan hierdoor vermoedelijk aanzienlijk worden gereduceerd. Indirect wordt hiermee een impuls gegeven aan warmte-krachtkoppeling bij de (aardappelzetmeel-)bedrijven. Diëlektrisch drogen is echter duurder dan conventioneel drogen en is daarom momenteel slechts aantrekkelijk voor het verwijderen van de laatste procenten vocht.
- f. Uit tarwe(gluten) kan met een bepaald enzymatisch proces een waardevol ingrediënt voor kalvervoeder worden gewonnen. In plaats van gluten te drogen in daarna weer op te lossen, is het mogelijk om rechtstreeks uit tarwebloem het zetmeel en het kalverproduct te winnen. Hiermee wordt een moeilijke en kostbare droogstap vermeden. Dit proces zal in toenemende mate worden ingezet [12, 13].
- g. In het geval zetmeel als halfproduct in derivatenfabrieken wordt gebruikt, kan van een ander productieproces gebruik worden gemaakt. AVEBE ontwikkelde in het begin van de tachtiger jaren het aardappelhydrolysaatproces waarbij zetmeel in de aardappelpulp met enzymen wordt omgezet in dextrinen [6]. Uiteindelijk kan een eiwit/vezelkoek en een ruwe dextrine- of glucosestroop worden gewonnen; zie figuur 5.6. Er is geen additioneel water benodigd, terwijl de mineralen in de stroop in diverse fermentatieprocessen een nuttige functie vervullen. Uiteraard is de toepassing van dit proces gelimiteerd tot de afzetmogelijkheden van deze produkten.
- h. Mede door de hierboven genoemde ontwikkelingen is het denkbaar dat de scheidslijnen tussen de bedrijven op basis van de gebruikte grondstoffen in zekere mate vervagen. In dat geval zullen bedrijven in de toekomst naar gelang de marktsituatie in beginsel verschillende zetmeelgrondstoffen kunnen inkopen en verwerken. Aardappelzetmeelbedrijven zouden dan wellicht het hele jaar door kunnen produceren. Het milieuvoordeel is echter naar verwachting beperkt en vermoedelijk vooral gelegen in de potentiële schaalvergroting van de processen en het feit dat in principe bepaalde nevenprodukten uit de aardappelzetmeelindustrie door vermenging beter verkoopbaar kunnen worden. Bijkomend gevolg kan zijn dat de regionale bodem minder belast zal worden door ontsmettingsmiddelen als gedeeltelijk op andere gewassen wordt overgestapt. Dit kan mede worden veroorzaakt door een dalende prijs van granen in de komende jaren (conform GATT-akkoord), waardoor de prijsstelling en markt van aardappelzetmeelprodukten sterk wordt beïnvloed.
Het moet echter worden betwijfeld of de afzetmarkt voor zetmeelprodukten sterk zal groeien, zodat een uitbreiding van de totale productiecapaciteit niet gewenst is.

5.6 Résumé

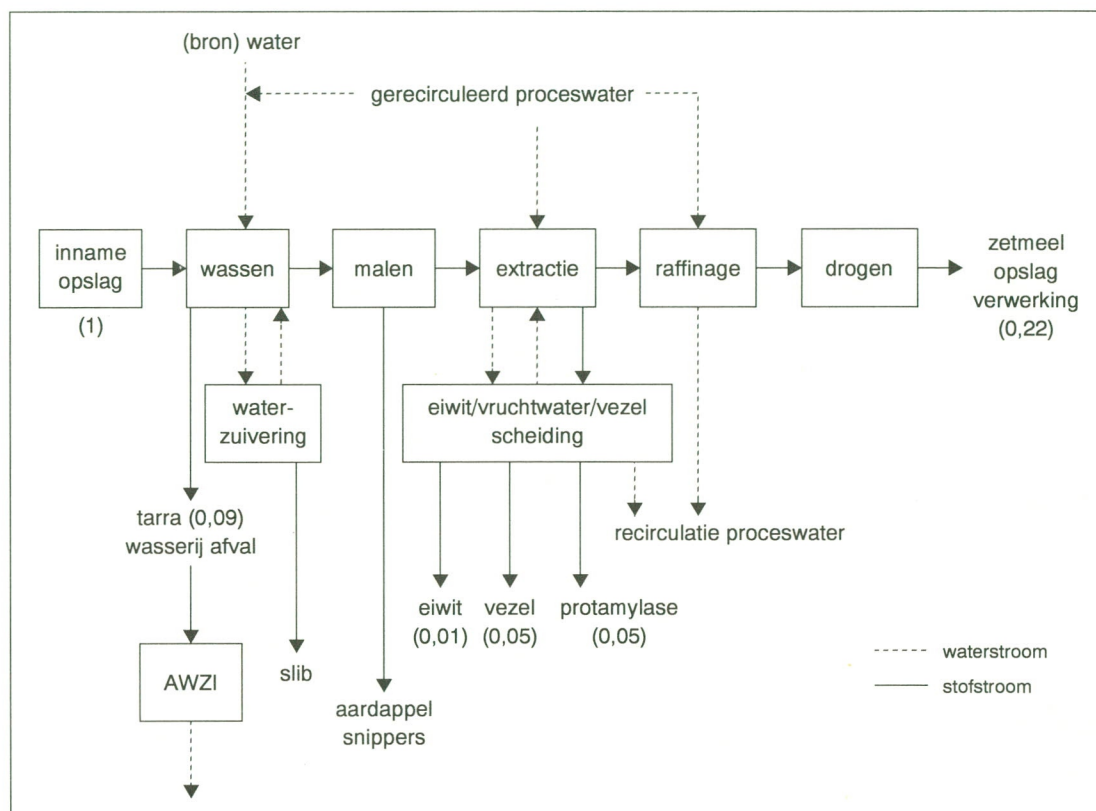
In de zetmeelproductie is een groot deel van de optredende emissies een direct of indirect gevolg van de samenstelling van de grondstof. Afgezien van de mogelijkheid andere rassen van granen en aardappels te kweken en te telen, is een beperkt aantal mogelijkheden aan te geven voor een aanzienlijke reductie van de milieubelasting door procesgeïntegreerde maatregelen of trendbreuken. De belangrijkste opties lijken inmiddels bij één of meerdere bedrijven te zijn gerealiseerd of in ontwikkeling te zijn. Een veelbelovende strategie voor reductie van de milieubelasting lijkt te zijn gebaseerd op verdere procesoptimalisatie binnen de afzonderlijke bedrijven, eventueel op termijn gevolgd door het overnemen van de verhoudingsgewijs schone (deel)processen die zich in de bedrijfstak (bij andere bedrijven) hebben bewezen. Binnen de graanzetmeelindustrie zijn momenteel de belangrijkste ontwikkelingen: de inzet van enzymen, het onder druk weken, en optimalisatie van de droge maaltechniek. Hiermee zullen de emissies (indirect) worden verminderd.

Verdere reductie van emissies bij de aardappelzetmeelproductie lijkt mogelijk als een goed alternatief wordt gevonden voor de eiwitafscheiding via hitte coagulatie. In bredere zin dient men te streven naar rendabele manieren voor het winnen van stoffen uit de vruchtwaterstroom. Daarvoor is dan wel de ontwikkeling van nieuwe producten nodig (cf. kalvervoederingsrediënten). In hoeverre een proces voor de winning en afzet van de relatief grote kaliumvracht kan worden gevonden is onduidelijk (nu bereikt een deel het milieu via veevoeder).

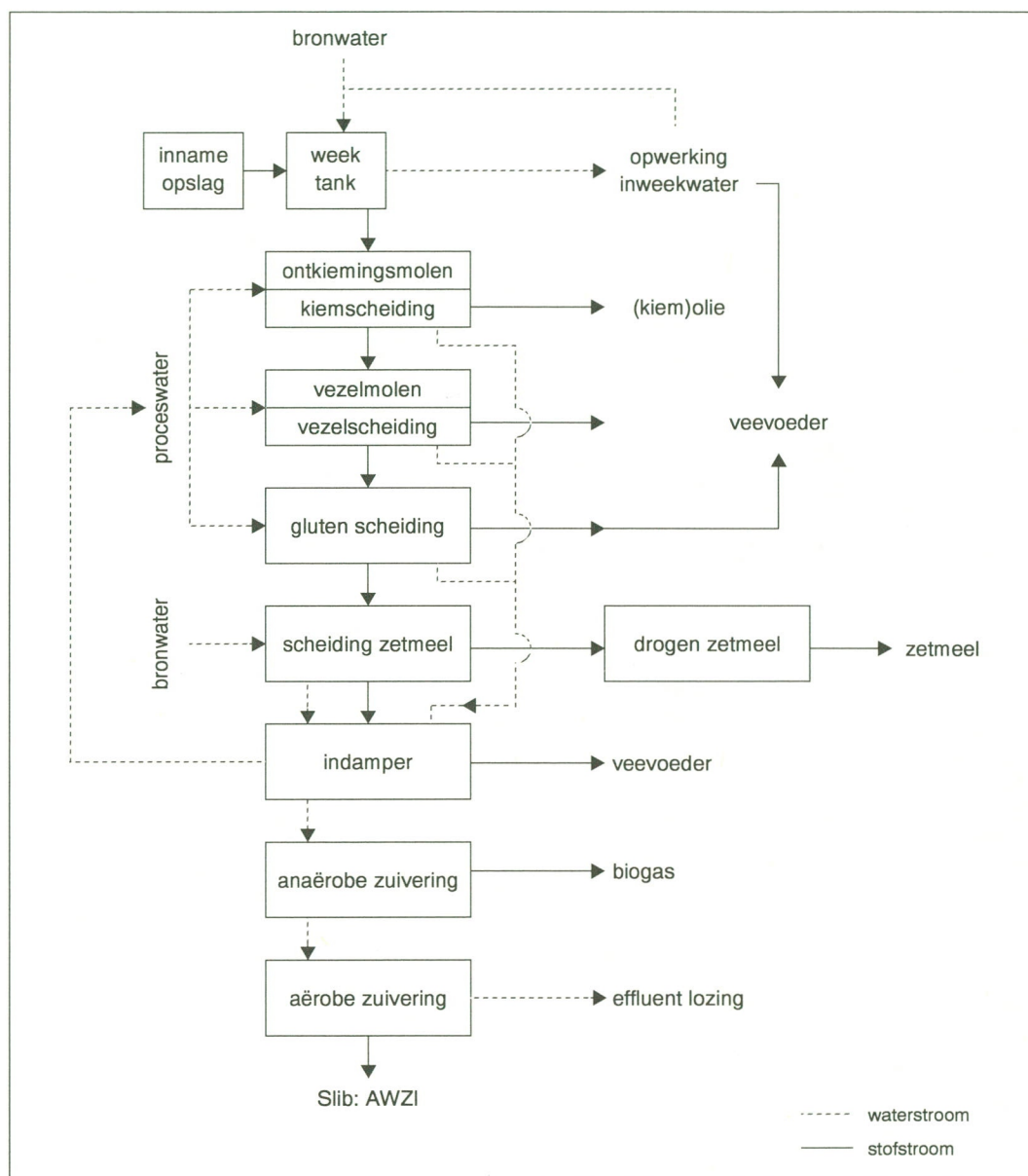
De bedrijfstak toont geen duidelijk interesse in een collectieve, gerichte ontwikkeling van schone productieprocessen. De bedrijven hebben ieder in beginsel zelf voldoende know-how en faciliteiten in huis.

5.7 Referenties

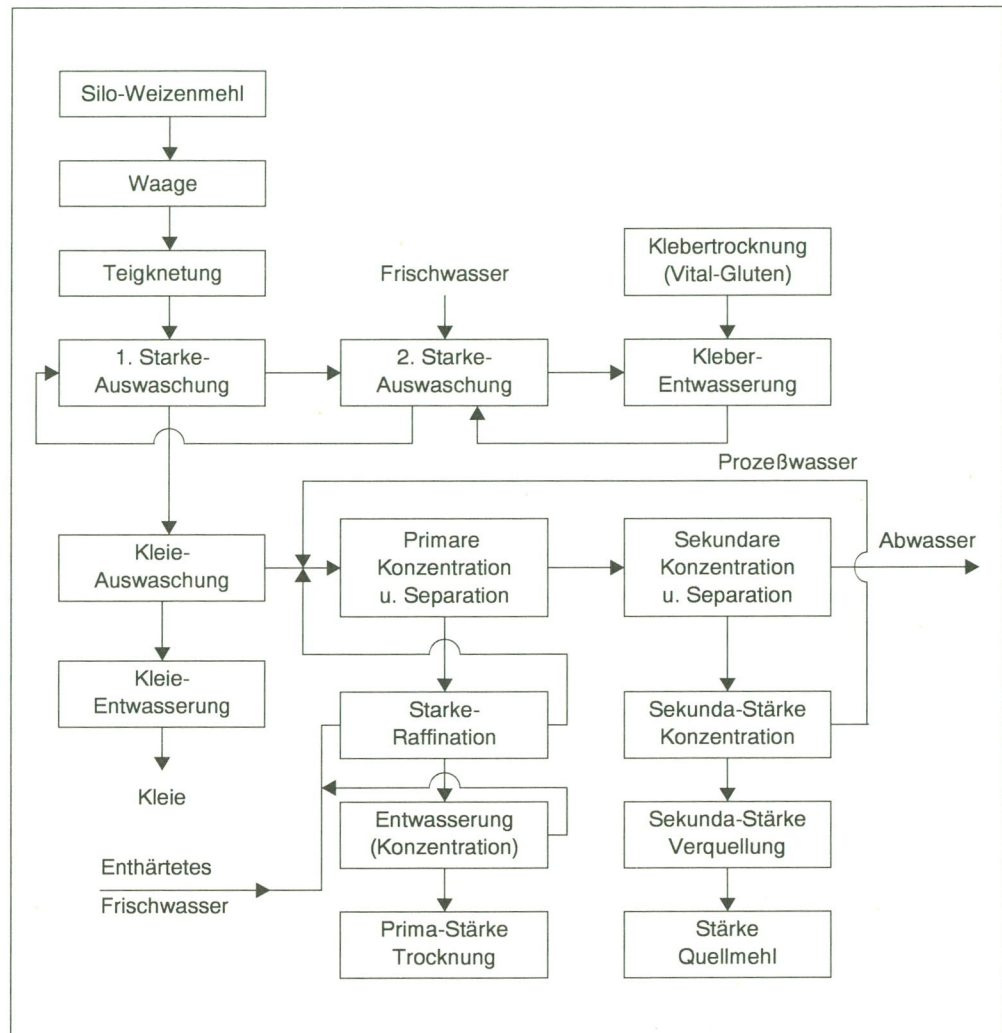
- [1] SPIN-document Zetmeelindustrie (concept; 1992).
- [2] Ullmanns Encyclopädie der Technischen Chemie, 4. Auflage, Verlag Chemie, Weinheim (1981).
- [3] Milieu-ontwikkelingen in de zetmeelindustrie; Verslag van een NOVEM-workshop d.d. 10 mei 1990.
- [4] F. Meuser, F. Althoff; Vergleichende Betrachtung über die Gewinnung von Stärke aus Mais, Weizen und Kartoffeln unter Berücksichtigung der Nebenprodukte und der im Stärkegewinnungsprozess anfallenden Abwässer in ref. 3.
- [5] W.C. Buis et al; Koolhydraten: van landbouwoverschot tot industriële grondstof; Chemisch Magazine, juli 1984, p. 427-431.
- [6] Enzymatische hydrolyse van aardappelen, Biotechnologie in Nederland, 1, 4, 97-98 (1983/84).
- [7] Diverse projektbeschrijvingen NOVEM 'Stimuleringsregeling Milieutechnologie' en 'Schone Technologie'.
- [8] L. Bonnyay; Optimized Water Routing in Corn Wet Milling; Starch/Stärke, 30, 2, 61-64 (1978).
- [9] Vervuiling bij mechanische dampcompressie aangepakt; Energie & Milieutechnologie; maart 1992, nr 3, p 9-10.
- [10] Gegevens Emissieregistratie (basisjaar 1986).
- [11] Mededelingen/commentaar NIKO-TNO (contactpersoon: drs D.J. Wijbenga).
- [12] Interview met de heer ir. H.F. Lameijer, Sta Pro Consultancy B.V.
- [13] Interview met de heer H. Tigelaar, Latenstein Zetmeel B.V.



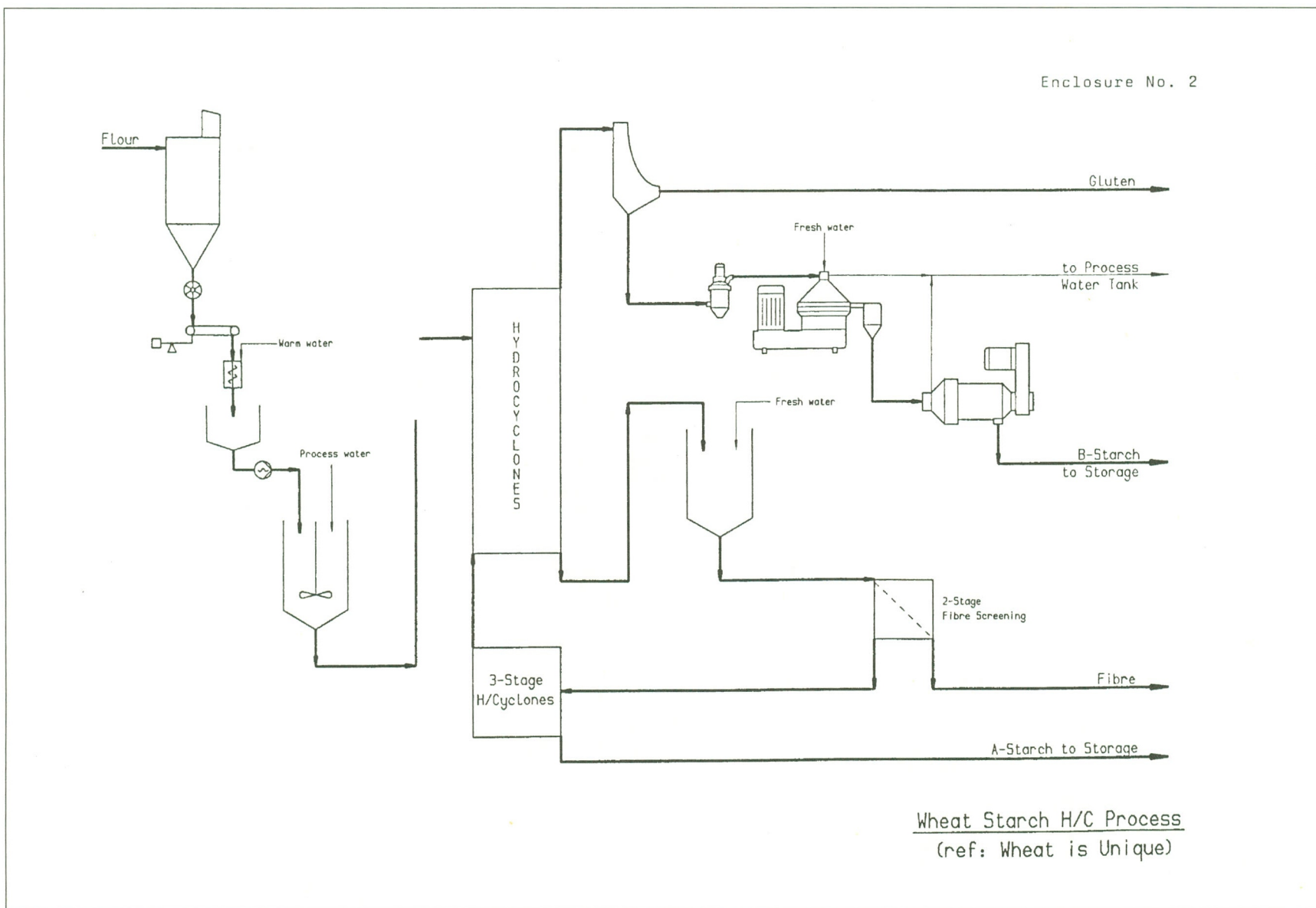
*Figuur 5.1 Processchema voor productie van aardappelzetmeel
 (met tussen haakjes een indicatie van de relatieve massastromen) [1]*



Figuur 5.2 Processchema voor produktie van zetmeel uit granen (maïs) naar [1]

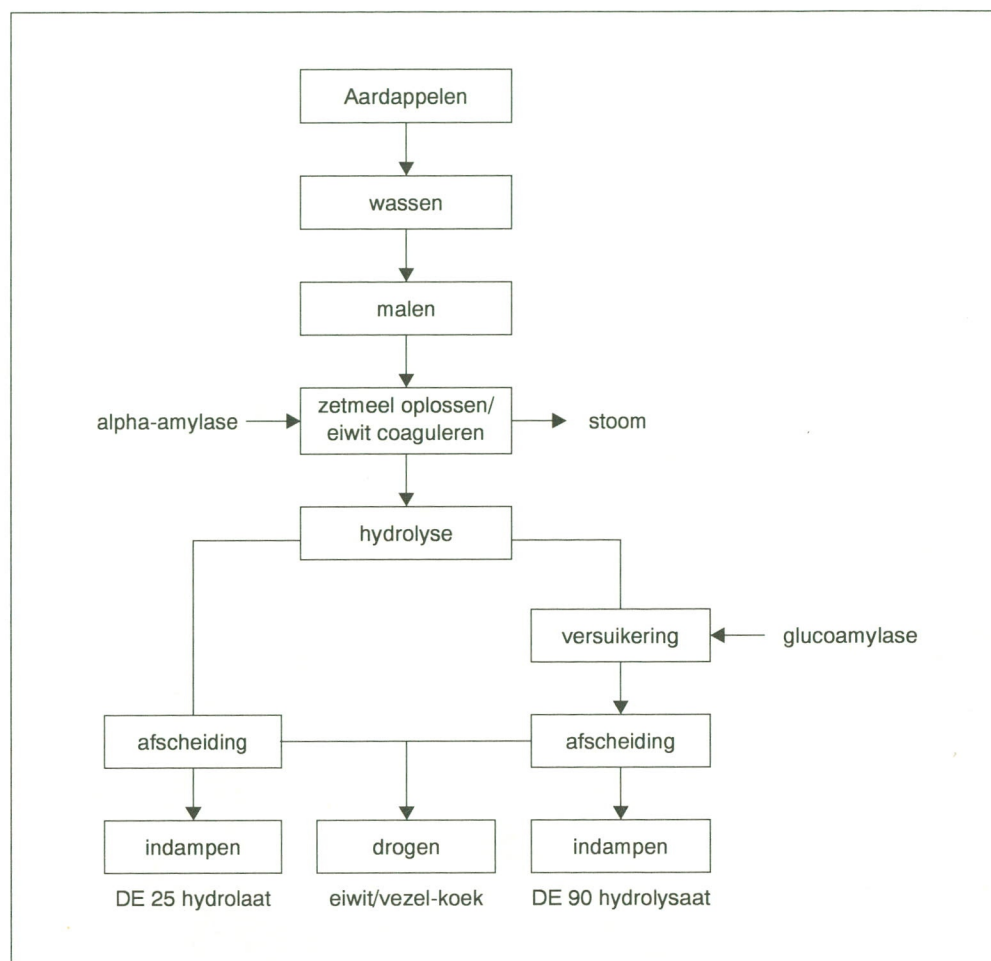


Figuur 5.3 Processchema voor produktie van tarwezetmeel; bron: Dorr-Oliver [2]



Figuur 5.4 Het H/C-proces van tarwezetmeel [3]





Figuur 5.6 Processchema aardappelhydrolysaat-proces

6 Suikerindustrie

6.1 De bedrijfstak

In Nederland wordt kristalsuiker (witsuiker) geproduceerd uit suikerbieten. Er zijn twee maatschappijen, die ieder een aantal fabrieken bezitten. De Coöperatie Suiker Unie U.A. (SU) heeft fabrieken in Dinteloord, Groningen, Puttershoek en Roosendaal.

De CSM Suiker B.V. maakt deel uit van het CSM-Concern en heeft fabrieken in Vierverlaten en Breda. Er werken circa 3.000 mensen in de suikerindustrie.

De produktie van bietsuiker vindt plaats gedurende de maanden september tot en met december. De duur van de campagne hangt af van het aanbod en de kwaliteit van de bieten. Tabel 6.1 geeft een beeld van de produktie gedurende de campagne in 1991. Naast kristalsuiker ontstaan als bijprodukten melasse, pulp en schuimaarde.

Tabel 6.1 Produktiegegevens campagne 1991 [8]

Fabriek	Aantal campagne dagen	Bieten (ton)	Suiker ¹⁾ (ton)	Melasse (ton)	Geperste pulp ²⁾ (ton)	Pulp pellets ³⁾ (ton)	Schuim aarde (ton)
Dinteloord	90	1.372.249	197.004	58.437	102.266	49.173	96.070
Groningen	94	1.409.879	209.471	59.845	115.374	53.389	78.859
Puttershoek	90	1.186.103	163.931	55.504	85.017	43.313	88.958
Roosendaal	94	601.303	87.141	25.053	36.246	27.197	36.979
totaal SU		4.569.534	657.547	198.839	338.903	173.072	300.866
Breda	85	842.000	123.000	.	87.000	27.700	.
Halfweg ⁴⁾	78	487.000	72.000	.	117.000	⁵⁾	.
Vierverlaten	81	1.290.000	193.000	.	111.520	45.300	.
totaal CSM		2.619.000	388.000	.	315.520	73.000	.

¹⁾ Kristalsuiker

²⁾ Ongedroogde, mechanisch ontwaterde pulp (perspulp)

³⁾ Gedroogde, met melasse gemengde, tot pellets geperste pulp

⁴⁾ De produktie in Halfweg is per 1992 gestaakt (deels verplaatst)

⁵⁾ In Halfweg wordt geen pulp gedroogd

Positionering

De produktie van kristalsuiker is binnen de EG gereguleerd: ieder land produceert primair voor de eigen binnenlandse consumptie. Ook de prijs van kristalsuiker wordt kunstmatig vastgesteld. Hierin kan in de toekomst verandering komen, waardoor een zwaardere concurrentie met suiker van buiten de EG zou kunnen ontstaan.

Met een totale verwerking van circa 6,8 miljoen ton bieten per jaar is Nederland in Europees verband één van de kleinere producenten.

De Nederlandse suikerindustrie verwerkt uitsluitend bieten van Nederlandse boeren. Zoals de naam van de SU al aangeeft werkt zij in coöperatief verband. Zij koopt in principe de bieten van de bij haar aangesloten boeren. De CSM werkt niet in coöperatief verband. De gekopte bieten worden afgerekend op hun suikergehalte (basisprijs bij 16% saccharose).

De kristalsuiker wordt grotendeels afgezet op de Nederlandse markt en voor een klein deel geëxporteerd (exportpercentage circa 5%). Er wordt geleverd aan de suikerverwerkende industrie (waaronder snoepfabrikanten, bakkerijen, de frisdranken- en conservenindustrie), de rest wordt afgezet op de consumentenmarkt.

De perspulp wordt verkocht als veevoer, evenals de pulp pellets.

De melasse wordt vooral toegeleverd aan destilleerderijen voor de produktie van alcohol en voor de produktie van fermentatieprodukten als gist en penicilline. Een klein deel van de melasse wordt (na het drogen) aan de pulp toegevoegd.

De schuimaarde bestaat voornamelijk uit calciumcarbonaat en wordt verkocht als kalkmeststof.

Tenslotte dient de aan de bieten klevende grond (de tarra) afgevoerd te worden. De tarra wordt na wassen en opwerken toegepast als afdek- en ophoogaarde.

De suikerindustrie zal wellicht concurrentie gaan ondervinden van de produktie van nieuw ontdekte zoetstoffen met een veel hogere zoetwaarde per gewichtseenheid, zoals Aspartam.

6.2 Processen

De essentie van de suikerproduktie is om de in de biet aanwezige saccharose zo efficiënt mogelijk eruit te halen en om te zetten in de gewenste kristalvorm.

De suikerproduktie bestaat uit, zie figuur 6.1:

- basisproces:
 - bietenontvangst, wassen en opslag
 - sapwinning
 - sapzuivering
 - sapconcentratie
 - kristallisatie en scheiding
 - suiker droging, koeling en
- ondersteunende processtappen:
 - calcinatie
 - stoom- en elektriciteitsopwekking (WKK)
- procesoptimaliserende processtappen:
 - warmtewisseling op vele punten
 - ionenwisseling in het dunsap
 - sulfitaties

Daarnaast vinden er nevenprocessen plaats voor de produktie van verkoopbare pulp en schuimaarde en afzetbare tarra en voor de verwerking van het vrijkomende afvalwater:

- nevenprocessen:
 - persen, drogen en pelletiseren van de pulp
 - bezinken en drogen van de tarra
 - waterzuivering (aëroob, anaëroob)
 - behandeling van de schuimaarde

Elk van de deelprocessen zal kort beschreven worden.

a. Bietenontvangst, wassen en opslag

De aanvoer bestaat uit gekopte bieten, waaraan een zeker percentage tarra blijft kleven (10-30%). Via zwemgoten worden de bieten toegevoerd aan wasmolens of trilzeven, waar de tarra grotendeels verwijderd wordt. Hierbij is het van belang om de bieten zo min mogelijk te beschadigen om suikerverlies te voorkomen. Het vuile waswater wordt via indikkers naar bezinkvelden geleid. De aan de buitenlucht gedroogde tarra wordt afgevoerd als afdek- en ophooggrond. De gewassen bieten worden in een bietenbunker opgeslagen.

De bietenkwaliteit hangt met name af van [9]:

- het saccharose gehalte (gemiddeld 16%);
- het gehalte aan K en Na:
deze bepalen in hoge mate de hoeveelheid saccharose die niet meer economisch door kristallisatie gewonnen kan worden en in de melasse terecht komt
- het gehalte aan stikstofverbindingen:
met name de α -amino-N-verbindingen (onder andere glutamine) veroorzaken de vorming van zuren, waardoor omzetting plaatsvindt van saccharose in invertsuikers (glucose en fructose), hetgeen leidt tot suikerverlies naar de melasse (zie ook onder 'sapzuivering'). Tevens veroorzaken sommige van de N-verbindingen ammoniakemissies bij latere processtappen.
- het invertsuikergehalte:
ook hierdoor ontstaan zuren, met als uiteindelijk gevolg suikerverlies naar de melasse.

b. Sapwinning

De sapwinning bestaat uit het snijden van de bieten en de extractie van de saccharose door uitloging bij verhoogde temperatuur. Bij de procesvoering wordt de balans gezocht tussen het zoveel mogelijk vrij laten komen van saccharose via opening (semi-permeabel maken) van de celwanden en het zo veel mogelijk vermijden van overgang van niet-suikers naar het ruwsap.

Het openen van de celwanden gebeurt enerzijds door het snijden, anderzijds door snelle opwarming van het snijdsel in de broeitrog tot 70-80 °C. De opwarming vindt plaats door warmtewisseling met warm ruwsap (circulatiesap) uit de diffusietoren. Het snijdsel komt vervolgens in de diffusietoren, waar het grootste deel van het extractieproces plaatsvindt. De saccharose komt door diffusie in water, dat in tegenstroom met het snijdsel door de toren gaat. Voor het extractieproces wordt het water uit de pulpersen gebruikt, aangevuld met vers water/condensaat.

Om de pH op een voor de extractie optimaal peil te houden (5.8) wordt het water aangezuurd (onder andere door sulfitatie). De temperatuur en vooral de pH zijn tevens belangrijk om groei van micro-organismen te beheersen (geeft suikerverlies door melkzuurvorming). Er wordt tevens (periodiek) gedesinfecteerd met formaline. Het resultaat van de sapwinning is ruwsap met een brix van circa 14 (brix betekent drogestofgehalte in %).

c. Sapzuivering

Tijdens de sapzuivering gaat het erom zoveel mogelijk niet-saccharose uit het ruwsap te verwijderen. Dit wordt gedaan door in meerdere stappen kalkmelk (CaO in water, wordt $\text{Ca}(\text{OH})_2$) aan het ruwsap toe te voegen, waarbij een pH-traject van 6 tot 12 doorlopen wordt (de voor- hoofd- en nakalking); door in een aantal stappen CO_2 toe te voegen, waardoor een neerslag ontstaat van calciumcarbonaat (CaCO_3) waarin verontreinigingen meekomen (de 1e en 2e carbonatatie); en door telkens het ontstane neerslag te scheiden van het sap door bezinking en filtratie. De precieze volgorde van kalking-, carbonatatie- en filtratie-stappen kan per fabriek iets verschillen. Meestal volgt de eerste carbonatatie na de voor- en hoofdkalking en de tweede carbonatatie na de nakalking.

De temperatuur, pH en tijdsduur spelen een cruciale rol bij de verwijdering van allerlei verbindingen, waarbij er niet teveel saccharose verloren mag worden (wordt in zuur milieu omgezet in invertsuiker). Bovendien is het van belang dat een filtreerbaar neerslag ontstaat en dat uiteindelijk zo min mogelijk kalk achterblijft in het sap (geeft neerslagen in de verdamping).

Verwijderd worden:

- colloïdale N-verbindingen (eiwitten, pectinen) door uitvlokking en ‘meegaan’ met het calciumcarbonaat neerslag;
- kleurstoffen door adsorptie aan het neerslag;
- invertsuiker door omzetting in zuren;
- stikstofverbindingen, deels vergezeld gaande van het vrijkomen van ammoniak. Een deel van de aminozuren blijft in het sap en komt in de melasse terecht.

De ammoniak komt door chemische reacties vrij tijdens de carbonataties onder invloed van de verhoogde temperatuur en pH, maar kan onder omstandigheden in oplossing gebonden blijven of worden. Een deel van de ammoniak komt nog vrij tijdens de verdamping. Hierbij komt een deel terecht in de niet-condenseerbare afgassen en lost een deel op in het condensaat.

Tijdens de carbonataties wordt de calcium door CO_2 toevoeging weer uit het sap verwijderd. Het natuurlijke Na- en K-gehalte in de biet en daarna in het ruwsap, is van belang voor een voldoende verwijdering van calcium. Indien de natuurlijke alkaliteit te laag is, wordt soda toegevoegd.

Tenslotte wordt het verkregen dunsap verder onthard door middel van ionenwisseling. Het dunsap wordt door een bed van kunstharskorrels gevoerd, waaraan Ca-ionen gebonden worden en vervangen door Na-ionen. De kunstharsfilters worden geregenereerd met natronloog of een keukenzoutoplossing en telkens opnieuw gebruikt. Het regeneraat wordt meestal geloosd.

Soms wordt de pH van het dunsap nog iets verlaagd door middel van sulfitatie (SO_2 toevoeging), om kleuringsreacties in het verdere procesverloop tegen te gaan. Bij dunsap-sulfitatie doet ca. 70% van de SO_2 mee aan de reactie.

Het eindresultaat is dunsap met een brix van circa 14 (i.e. 14% droge stof).

De filterkoek uit de filterpersen of trommelfilters vormt de schuimaarde met een droge stof gehalte van circa 60%. Dit bestaat in hoofdzaak uit calciumcarbonaat. De schuimaarde wordt verkocht als kalkmeststof. De CO_2 en de kalkmelk worden aangemaakt in een kalkoven (de calcinatie) en blustrommel, zie punt g.

d. Sapconcentratie

In een meertraps-indamper (en soms een indikker) wordt dunsap geconcentreerd tot diksap. Voor de verwarming van het eerste verdampingslichaam wordt gebruik gemaakt van retourstoom van de turbines van het warmte/krachtstation, eventueel aangevuld met gereduceerde verse stoom. De druk in ieder opvolgend verdampingslichaam is lager, waardoor elk lichaam verwarmd kan worden door de uitgaande damp uit de voorgaande stap (kookpuntsverlaging door drukverlaging). Tevens worden de dampstromen gebruikt in diverse voorwarmers in het proces (voorwarming van circulatiesap en van pers- en verswater van de extractie, dunsap aanwarming, aanwarming in de carbonatatie). Het condensaat, met daarin enig ammoniak, wordt voor een deel gebruikt als ketelvoedingswater. De mindere kwaliteit kan voor aanwarming van voorgekalkt sap worden gebruikt en als verswater of afzoetwater.

Tijdens het indampen verandert de samenstelling van het dunsap. Door de hoge temperatuur vindt er omzetting van amiden in ammoniak plaats en dit komt vrij met de ammoniak die al in het dunsap zat. Dit komt deels terecht in het niet-condenseerbare afgas, deels lost de ammoniak op in het condensaat. Er vindt iets omzetting plaats van saccharose in invertsuiker, dat weer omgezet wordt in melkzuur. Suikerverlies wordt beperkt door beheersing van de pH (voorkomen van zuur milieu). De temperatuur dient niet te laag te worden om kristallisatie van suiker en neerslaan van anorganische niet-suikers op het verwarmend oppervlak te voorkomen; ook niet te hoog vanwege kleurvorming.

Het resultaat van de sapconcentratie is diksap met een brix van 68-70.

e. Koken, kristallisatie en scheiding

Bij de kristallisatie gaat het erom zoveel mogelijk saccharose uit het diksap te laten kristalliseren, zodat het verlies naar de melasse zo gering mogelijk is. Daarbij is het de kunst de kristal grootte te beheersen en samenklontering en 'vals grein' (hele kleine kristalletjes) te voorkomen. Bij de scheiding in centrifuges wordt het optimum gezocht tussen de kristalopbrengst en de procesduur, waarbij met een minimum aan dekwater een mooi schoon kristal verkregen wordt.

De kristallisatie vindt plaats in kookpannen (verdampingskristallisatie). Door indamping wordt een oververzadigde oplossing gemaakt, waarin de kristallisatie plaatsvindt door aangroei van erin gebrachte entkristallen ('entgrein'), i.e. de zogeheten 'full seeding'. Er wordt sap toegevoegd tot de kookpan 'volgekookt' is (tot een bepaald ni-

veau gevuld). De aanvoer wordt gestopt en er wordt afgekookt tot het kooksel de juiste brix heeft. Het mengsel van stroop en kristallen (de zogenoemde massecuite) wordt geloosd in een malaxeur (koeltrog en buffervat), waarna het in een centrifuge van elkaar gescheiden wordt. Hierbij worden de kristallen met water of stoom 'gedekt', dat is schoongespoeld. Het koken kan worden uitgevoerd als continu of discontinu proces. Er zijn zowel discontinu als continue centrifuges. Het eindproduct (witsuiker) wordt nog overwegend discontinu gekookt en gecentrifugeerd.

De kristallisatie en scheiding vinden plaats in meerdere, onderling gekoppelde stappen (waaronder drie kookstappen), die per fabriek enigszins kunnen verschillen. Een mogelijke procesgang is de volgende:

De eerste kookpan wordt gevoed met een mengsap, de zogenoemde standard liquor (zie hieronder). Het produkt uit de eerste kookpan is de A-suiker en vormt het eindprodukt. De tweede kookpan wordt gevoed met de stroop van de eerste (eventueel aangevuld met diksap) die uit de A-centrifuge komt en levert B-suiker (het ruwsuiker tussenprodukt). De derde kookpan wordt gevoed met een deel van de stroop uit de B-centrifuge plus de stroop van de affinade-centrifuge en levert de C-suiker (het naprodukt, ook wel D-suiker genoemd). De stroop uit de C-centrifuge is de melasse. De melasse heeft een brix van 80-85. Voordat de stroop de B- en C-centrifuges ingaat vindt nog koel-kristallisatie plaats.

De C-suiker wordt opgemengd met een deel van de B- of A-stroop. De zo gevormde kunstmatige massecuite wordt over de affinade-centrifuges geleid, waarbij de zogenoemde affinade-suiker ontstaat. De affinade-suiker en de B-suiker worden opgelost in (gezwaveld) dunsap. Dit is het zogeheten klaarsel, dat aan het diksap wordt toegevoegd. Het mengsap dat zo ontstaat is het uitgangspunt voor het koken in de A-pan (de zogenoemde standard liquor). In andere gevallen worden de B- en C-suiker opgelost in het diksap en dient dit mengsel als voeding voor de eerste kookpan.

Deze ingewikkelde procesgang heeft te maken met de reinheid (dat is het aandeel saccharose ten opzichte van het vaste stofgehalte) van het mengsap en de opeenvolgende stroopreinheden en de toenemende viscositeit ervan. De kristallatiesnelheid is namelijk lager bij lagere reinheid en/of hogere viscositeit. Daarom wordt het startmengsel bij het C-koken op hogere reinheid gebracht, dan de stroopreinheden uit de voorgaande kookstap.

De dampen uit de kookpannen worden gecondenseerd in indirecte of (meestal) directe condensers, om in de kookpannen een goed vacuüm te houden. Het koelwater, dat hiervoor nodig is wordt via koeltorens of koelvijvers gerecirculeerd. In de koeltorens/-vijvers vindt emissie van geurcomponenten plaats. De ammoniak die niet al tijdens de carbonatatie is vrijgekomen komt overwegend vrij tijdens de eerste stappen van het indampen en komt derhalve in principe niet in deze koelwaterstroom terecht.

f. Drogen, koelen en opslag van de suiker

Voor bulkopslag in een silo dient de suiker een homogene kwaliteit te hebben en de juiste temperatuur en vochtgehalte om vochtmigratie binnen de silo te voorkomen. Dit wordt bereikt in een droger en koeler of combineerde droger/koeler. De suiker wordt met lucht gedroogd en gekoeld in mee- of tegenstroom. Het fijne suikerstof wordt door een doekenfilter afgevangen. De geconditioneerde silo's bestaan uit meerdere compartimenten, waardoor opslag van verschillende kwaliteiten suiker mogelijk is.

g. Calcinatië

De kalkmelk voor de kalking en de CO_2 voor de carbonatatie worden geproduceerd in een kalkoven en blustrommel. Kalksteen van voldoende zuiverheid (CaCO_3) wordt gebrand met cokes. Dit levert CO_2 en gebrande (ongebluste) kalk (CaO). De ongebluste kalk wordt geblust met bluswater, waarvoor veelal sapdampcondensaat of afzoetwater wordt gebruikt. Hierdoor ontstaat de kalkmelk (Ca(OH)_2). Er wordt een oververzadigde suspensie gemaakt, om het aandeel water laag te houden (dit dient er immers ook weer uit te verdampen te worden).

De verbrandingsemissie waarin zich het geproduceerde CO_2 bevindt wordt niet volledig voor de carbonatatie gebruikt, maar deels naar de lucht geëmitteerd (in verband met de gewenste regelbaarheid van de carbonatatie).

h. Pulpdrogen

Het bietensnijdsel uit de diffusietoren wordt geperst tot een droge-stofgehalte van circa 22%. Daarna wordt een per fabriek variërend deel gedroogd tot een droge stofgehalte van circa 90% in trommeldrogers. Naast verbrandingsemissies zijn er hoge stof- en geuremissies. Met cyclonen of multi-cyclonen wordt de stofemissie bestreden. De gedroogde pulp wordt vervolgens gemengd met een deel van de melasse en tot pellets geperst. De melasse dient om de smaak en de voedingswaarde te verbeteren en als bindmiddel tijdens het persen. De perspulp en de pulppellets worden verkocht als veevoer.

i. Stoom- en elektriciteitsopwekking, warmte/kracht installatie

De warmte/kracht verhouding in de huidige suikerfabrieken is zodanig, dat geheel in de eigen warmte- en krachtbehoefte kan worden voorzien. De retourstoom van de turbine(s) wordt aangewend in het indamp- en kookproces. Voor het voedingswater van de ketel wordt vrijwel uitsluitend condensaat gebruikt.

j. Waterhuishouding

Alleen bij de start van de campagne wordt er nog vers water aan het proces toegevoerd. De biet bestaat voor circa 77% uit water. Dit water levert uiteindelijk een overmaat aan condensaat, dat voor velerlei doeleinden wordt benut:

- voor de vers water aanvulling van het pulpperswater bij de diffusie (eventueel nadat het gesulfiteerd is);
- voor het blussen van de gebrande kalk (soms);
- als afzoetwater van de schuimaarde;
- voor het dekwater in de centrifuges;
- voor het afzoeten van de filters en de ionenwisselaars;
- als aanvulling op het ketelvoedingswater;
- als suppletie van het valwater in de condensors (verdampingsverliezen);
- als waswater voor verschillende doeleinden.

Het overschot aan condensaat wordt na behandeling geloosd (circa 30% van het bieten-gewicht [4]). Het niet-geloosde deel van het water uit de bieten verdampst naar de atmosfeer of komt in de bijprodukten terecht.

Het water van de bietenwassing wordt na de bezinkvelden bij de meeste fabrieken gezuiverd in een gecombineerde anaërobe en aërobe zuivering. Het valwater van de condensators wordt gekoeld deels in koelvijvers en deels via koeltorens. In één geval wordt het koelwater rechtstreeks geloosd.

6.3 Emissies

Milieurichtlijnen en saneringsgraad

De suikerfabrieken vallen onder de Hinderwet, de Wet geluidhinder, de Wet inzake de Luchtverontreiniging en de Wet verontreiniging oppervlaktewateren en zijn derhalve vergunningplichtig.

- Wat betreft de emissies van de installaties voor de energievoorziening is van toepassing het 'Besluit emissie-eisen stookinstallaties WLW'.
- Op de procesemissies is sinds kort van toepassing de Nederlandse Emissie Richtlijn (NER). Ten aanzien van de emissies van stof en ammoniak is voor de suikerfabrieken een bijzondere bepaling in de NER opgenomen (emissieconcentratie van stof uit de multicyclonen van de pulpdrogers maximaal 75 mg/Nm³; voor de wijze van reductie van ammoniak-emissies uit de carbonataties kan lopend onderzoek worden afgewacht).
- In de 'Nota stankbeleid' (VROM juni 1992) zijn de suikerfabrieken opgenomen als 'categorie 1 bedrijven', waarvoor een standaardmaatregelenpakket ontwikkeld kan worden. De suikerindustrie doet al vele jaren onderzoek op het gebied van de geurbestrijding. Er bestaat een goed inzicht in de geursituatie van elk van de fabrieken en veel maatregelen zijn reeds genomen om geur te reduceren.
- De suikerindustrie voert zelfstandig overleg over de Meerjarenafspraken energiebesparing 2000. Tabel 6.2 geeft het huidige energieverbruik per ton suiker (inclusief pulpdrogen), ontleend aan de studie 'Energiebesparingspotentiëlen 2015' [7].
- Wat betreft het waterverbruik en de wasterverontreiniging zijn de beleidsnotitie 'Waterbesparing' en het NAP/RAP van toepassing. Met name zouden de lozingen van vermestende stoffen op het oppervlaktewater in aanmerking komen voor een reductie.
- Tenslotte moeten alle (grotere) bedrijven in 1995 over een integraal milieuzorgsysteem beschikken.

Tabel 6.2 Warmte- en krachtverbruik bij de suikerproductie [7]

Huidig verbruik		Gerealiseerd minimum 1990		Technisch minimum 1990	
specifiek warmte verbruik (MJ/ton)	specifiek kracht verbruik (MJ/ton)	specifiek warmte verbruik (MJ/ton)	specifiek kracht verbruik (MJ/ton)	specifiek warmte verbruik (MJ/ton)	specifiek kracht verbruik (MJ/ton)
10355	820	8195	660	5040	700

Emissies

De emissiegegevens zijn ontleend aan het SPIN-rapport¹⁾ [5] en weergegeven in tabel 6.3. De gegevens in g/ton biet zijn om te rekenen naar g/ton suiker door vermenigvuldiging met een factor 7 (circa 143 kg suiker/ton biet, gebaseerd op de productie in 1991).

Tabel 6.3 Overzicht emissies suikerproductie

Emissies	Totaal (ton/jr)	Per ton biet (g/ton biet)
<i>afvalwater</i>		
hoeveelheid (m ³)	3.4 10 ⁶	0,5 m ³ /ton
CZV	426	63
Kjeldahl-N	25	3,5
N-totaal	300	45
P-totaal	20	3
NaCl e.a. zouten	1.400	210
<i>lucht¹⁾</i>		
CO ₂	704.000	105.000
CO	3070	460
NO _x	840	125
C _x H _y	260	40
SO ₂	360	50
NH ₃	670	100
stof	800	120
geur ²⁾ (geureenheid)	2.4 10 ¹⁴	36 10 ⁶ ge/ton
vaste stof tarra ³⁾	1.7 10 ⁶	25 10 ⁴

1) Gegevens voor de productie van 1988 (75% pulpdrogen), te weten 6.7 miljoen ton bieten

2) Gegevens voor 1989, uitgaande van 114.000 10⁶ ge/uur en 2100 bedrijfsuren

3) Uitgaande van gemiddeld 25% van het bietgewicht bij productie in 1988; de tarra dient opgevat te worden als bijproduct, omdat elders benut wordt als afdek- en ophooggrond

¹⁾ Het SPIN-rapport wordt echter niet door de suikerindustrie onderschreven.

Belangrijkste bronnen

Emissies naar water [4]

- het hoge zoutgehalte is onder andere afkomstig van de regeneratie van de ionenwisselaars met keukenzout. Ref. [4] vermeldt een zoutverbruik van 1 à 2 kg/ ton biet. Diverse fabrieken passen momenteel natronloog toe bij de regeneratie van de ionenwisselaars.

Emissies naar lucht [4, 18]

- de verbrandingsemissies (CO_2 , CO , NO_x , stof, SO_2 en C_xH_y) zijn hoofdzakelijk afkomstig van de energievoorziening, de pulpdroger en de calcinatie.
- SO_2 zal ook enigszins vrijkomen bij de sulfitaties van condensaat en dunsap en wellicht bij de extractie (hoeveelheid onbekend). Het SO_2 verbruik bedraagt circa 0.5 kg/ton biet.
- NH_3 komt in belangrijke mate vrij bij de carbonataties en bij het indampen en koken (zie procesbeschrijving). Via het sapdampcondensaat en via het valwater in de condensators komt het vrij bij de koelvijvers/torens [10]; verder komt het vrij bij het pulpdrogen en bij de kalkblussing (door het gebruik van sapdampcondensaat als bluswater).
- CO en NO_x komen ook vrij bij de carbonataties omdat deze met de CO_2 bevattende afgassen van de calcinatie hieraan toegevoerd worden.
- C_xH_y komt ook vrij bij de carbonataties en in de sapdampen van het indampen en koken (zie ook 6.2).
- stof komt behalve bij het pulpdrogen nog vrij bij het suikerdrogen (zie ook 6.2).
- de belangrijkste geurbronnen zijn de pulpdrogerij, de carbonataties, de koelvijvers/torens en de ruimteluchtventilatie [16].

6.4 Procesgeïntegreerde maatregelen

Opgemerkt dient te worden dat het productieproces van suiker reeds een hoge graad van procesintegratie kent. Vrijwel alle deelprocessen zijn verknoopt aan voorgaande of nakomende processtappen, door warmtewisseling, door direct gebruik van condensaat op vele punten in het proces en door enkele recirculatiestappen (bijvoorbeeld tussen koken en scheiden).

Het gevolg hiervan is, dat aanbevelingen voor maatregelen aan een deelproces niet alleen gevolgen hebben voor de procesvoering van dit deelproces, maar vrijwel altijd ook gevolgen hebben voor de rest van het proces, doordat de balans in massastromen en de bijbehorende energieniveaus vrijwel altijd verstoord zal worden. Een verbetering van een processtap uit milieu- en/of energie-oogpunt leidt daarom niet per definitie tot een verbetering per saldo over het gehele proces. Navolgende opsomming van mogelijke maatregelen geeft dan ook slechts een beeld van de ontwikkelingen, die op het niveau van de deelprocessen plaatsvinden. Over het algehele effect van een maatregel op energieverbruik en milieubelasting kan geen kwantitatieve uitspraak gedaan worden.

Ook maatregelen die primair rendementsverhoging of energiebesparing bewerkstelligen worden genoemd, omdat in de meeste gevallen dit tevens een emissiereductie te weeg brengt.

a. Bietenontvangst, wassen en opslag

1. Verbetering van de samenstelling van de biet met name betreffende het gehalte aan N-verbindingen (onder andere glutamine) die (via omzettingen) een suikerverlies veroorzaken [9]. Enerzijds kan hierdoor de suikeropbrengst per ton bieten iets toenemen, anderzijds zal de sapzuivering beter verlopen. Wellicht kan de ammoniakemissie gereduceerd worden.

Deze maatregel ligt echter op het gebied van de bietenteelt en -veredeling en in feite buiten het bestek van de in dit rapport beschouwde systeemgrenzen.

2. Verbetering van de vorm van de biet, om de hoeveelheid aanhangend tarra te reduceren c.q. effectievere wassing van de biet mogelijk te maken. Dit zou de hoeveelheid te verwerken tarra verminderen en het waterverbruik voor was- en zwemwater (een zekere hoeveelheid water voor transport blijft nodig). Indirect zal dit mogelijk een reductie van de geuremissie van de tarraverwerking bewerkstelligen. Ook deze maatregel ligt op het gebied van de bietenteelt en -veredeling en in feite buiten het bestek van de in dit rapport beschouwde systeemgrenzen.

3. Droge reiniging van de bieten (met name in combinatie met 2).

Hierbij is onderscheid te maken tussen reiniging op het veld en reiniging binnen de fabriek.

Verregaande reiniging op het veld leidt tot minder te vervoeren kilo's en tot minder te verwerken tarra binnen de fabriek.

Een droog reinigingssysteem binnen de fabriek zou het systeem van indikken en bezinken van de tarra overbodig maken en daarmee zowel energie besparen, het waterverbruik verminderen als een emissiereductie bewerkstelligen. Bestaande systemen voor droge reiniging leveren momenteel echter onvoldoende resultaat, waardoor te veel tarra in het proces terecht zou komen hetgeen leidt tot onder andere slijtage en ineffectievere procesvoering. Derhalve kunnen de in de fabrieken aanwezige was- en zwemwatersystemen niet zondermeer worden vervangen.

b. Sapwinning

1. Alkalische extractie

Het snijdsel wordt voorbehandeld met aan dunsap toegevoegde kalkmelk bij omgevingstemperatuur (pH=10,4). Daarna volgt tegenstroomextractie bij 70 °C en pH=8,5. Dit resulteert in een verhoogde ontwatering van de pulp, te weten tot ca. 42% d.s. in plaats van ca. 27% d.s. Hiermee is een aanzienlijke energiebesparing en wellicht verhoging van de suikeropbrengst te bereiken. Tevens wordt gesteld dat de emissies van de pulpdrogerij afnemen.

Onderzoek wordt verricht in een pilot-installatie in Arcis (Frankrijk) [10]. Problemen liggen nog op het gebied van de gevolgen van de veranderde sapkwaliteit voor de verdere procesvoering en van de opschaling.

■ Noot:

onduidelijk is of deze procesaanpassing tot een trendbreuk of een procesgeïntegreerde maatregel moet worden gerekend.

2. Optimalisatie van toevoegingspunt van het pulpperswater in de diffusietoren om de effectiviteit van de diffusie zo hoog mogelijk te houden [10]. Dit is een maatregel,

die het procesrendement beïnvloedt en daarmee indirect een milieu- en energie-effect heeft.

c. Sapzuivering

1. Verbranding van de carbonatatieafgassen in de pulpdroger.

Hieraan wordt onderzoek verricht door de Nederlandse suikerindustrie. Dit zou de ammoniak- en geuremissies van de carbonatatie-afgassen reduceren of zelfs elimineren en mogelijk de NO_x- en CO-emissies van de pulpdroger reduceren [16]. Voorlopige resultaten zijn veelbelovend.

2. Toepassing van een ander type carbonatatie-reactor.

In Duitsland is een 'Schlaufenreaktor' in gebruik genomen, waardoor incrustatie voorkomen wordt en een betere benutting van de CO₂ gerealiseerd wordt [10]. Hierdoor kan emissiereductie van de carbonatatieafgassen bereikt worden en kan met een lagere capaciteit van de kalkoven volstaan worden. Dit laatste leidt tot een lager primair kalkverbruik in de kalkoven, een lager energieverbruik en minder emissies uit de calcinatie.

3. Lucht/damp strippen van ammoniak uit het dunsap.

Hieraan wordt onderzoek verricht op semi-pilotschaal [11]. Strippen met damp bij circa 90 °C geeft meer dan 90% verwijdering van de ammoniak, mits het sap voldoende buffercapaciteit heeft om pH-verlaging te voorkomen (treedt op door verschuiving van de reactie-evenwichten door de ammoniakverwijdering). Met het oog hierop is het strippen van dunsap na de 1e of 2e carbonatatie gunstiger dan strippen van condensaat. Verwijdering van de ammoniak uit het dunsap resulteert in verlaging van de ammoniakemissie via de niet-condenseerbare gassen uit de verdamper en een verlaging van het ammoniakgehalte van het sapdampcondensaat uit de verdamper. Uiteraard dient de uitgestripte ammoniak verder verwerkt te worden.

Vragen liggen nog op het gebied van de verhoogde hardheid van het dunsap, kleurontwikkeling, schuimvorming en de opschaling.

4. verwijderen van kleurvormende componenten door middel van actieve kool.

Door de toepassing van actieve kool kan wellicht de dunsap-sulfitatie achterwege blijven, waardoor het SO₂-gebruik kan worden gereduceerd.

Er ontstaat echter actieve kool, dat moet worden geregenereerd of worden afgevoerd.

d. Sapconcentratie

1. Toepassing van platen-verdampers.

Door hogere warmteoverdracht kan de verblijftijd korter zijn. Hierdoor worden kleurontwikkeling en omzetting in invertsuiker verminderd en daarmee het suikerverlies naar de melasse. In Duitsland en Engeland is hiermee ervaring opgedaan [20,21]. De resultaten met de platenverdampers (zie figuur 6.2) zijn beter dan met de nieuw ontwikkelde shell-and-tube warmtewisselaar 'HUB'.

Effectievere procesapparatuur levert hier naast procestechnologische voordelen energie-besparing en verlaging van de emissiehoeveelheden (hetzij naar water hetzij naar de lucht) per eenheid eindprodukt.

e. Kristallisatie en scheiding

1. Toepassing van continue kristallisatie.
Hieraan wordt op diverse plaatsen onderzoek verricht [13, 14], ondermeer voor toepassing bij de kristallisatie van A-suiker (witsuiker). Tevens is in Aarberg (Zwitserland) een continue kristallisator in gebruik [11, 27]. Naast procestechnische voordelen kan bij gelijkblijvende produktkwaliteit een aanzienlijke energiebesparing in het kristallisatie-proces worden bereikt (tot 20% [14]).
2. Gebruik van stroop als (deel van het) dekwater in de centrifuges.
Dit verhoogt de kristalopbrengst doordat minder suiker oplost in het dekwater [13]. Minder dekwater betekent minder uit te dampen water en dus energiebesparing en mogelijk emissievermindering van onder andere geur en ammoniak.
3. Voorkomen van menging van geurhoudende kookdampcondensaten met het koelwater van de condensoren.
Dit kan door toepassing van indirecte condensoren in plaats van valstroomcondensoren [16]. Hierdoor wordt de koelwaterstroom gereduceerd en blijft het koelwater in het circuit via de koeltorens/vijvers schoon, waardoor ongecontroleerd vrijkomen van onder andere geur en ammoniak wordt voorkomen. Het condensaat kan dan separaat gezuiverd worden.

f. Suikerdrogen en -koelen

1. Toepassen van een fluid-bed droger/koeler.
Naast procestechnologische voordelen (door wisseling van koude en warme lucht minder opwarming van de suiker en minder gevaar op kleuring) kan energie bespaard worden. Tevens wordt de suikerstofemissie gereduceerd omdat door de zachtere mechanische werking minder slijtage van de kristallen zal optreden [24].

g. Pulppersen en -drogen

Gezien het hoge energieverbruik van het pulpdrogen (tot 40% van het totale thermische energieverbruik) is hiernaar en naar het mechanisch ontwateren van bietenpulp veel onderzoek gedaan. De meest belangwekkende mogelijkheden worden hieronder genoemd.

1. Enzymatische behandeling van de pulp voor het drogen.
Hierdoor kan enerzijds een hoogwaardiger veevoer ontstaan en mag verwacht worden dat met een lager energieverbruik gedroogd kan worden [23].
2. Toepassing van een 'hoge-druk-lagen-filterpers'.
In Duitsland is hiermee ervaring opgedaan [12, 20], zie figuur 6.4. Hiermee kan de natte pulp mechanisch worden ontwaterd tot een droge stofgehalte van circa 50%. De noodzakelijke thermische droging wordt hiermee aanzienlijk gereduceerd, en daarmee het thermisch energieverbruik en de emissies van de pulpdroger. Uiteraard heeft de toepassing hiervan gevolgen voor diverse deelprocessen.
3. Gebruik van pershulpmiddelen.
In principe kan het toestaan van infectie door thermofiele bacteriën in de extractie en/

of het toevoegen van Ca-ionen de persbaarheid van de pulp verhogen en daarmee het te bereiken droge stofgehalte [12,20]. De tendens is echter juist om de diffusie sterie-ler te bedrijven met het oog op geuremissievermindering en het vermijden van suiker-verlies.

4. Reductie van de trommelingangstemperatuur.

De geuremissie is afhankelijk van de gaszijdige ingangstemperatuur van de trommel-droger, bij lagere temperatuur is de geuremissie lager. Op basis van onderzoek in Duitsland [19] is al aan enkele fabrieken opgelegd, dat de ingangstemperatuur niet hoger dan 750 °C mag zijn. Opgemerkt wordt, dat in Duitsland in veel gevallen de melasse al vóór het drogen aan de pulp wordt toegevoegd, waardoor er in vergelijking met Nederland grote geuremissies ontstaan. Bij het onderzoek waren echter ook ge-vallen zonder melassetoevoeging betrokken.

Uit Nederlands onderzoek [18] blijkt een sterke toename van de geuremissie bij stij-gende temperatuur tot circa 700 °C, waarna stabilisatie van de emissie optreedt. Al-leen een verlaging van de ingangstemperatuur tot ver beneden 700 °C heeft een wezenlijke invloed op de geuremissie. Omdat daarmee de droogcapaciteit lager wordt, zal compensatie worden gezocht in bijvoorbeeld een hoger gasdebiet.

Per saldo is onduidelijk wat het milieurendement zou kunnen zijn van een lagere in-gangstemperatuur.

h. Calcinatie

1. Toepassing van een fluid-bed kalkoven.

Dit type oven kan energetisch gunstiger bedreven worden en maakt in principe her-gebruik van de schuimaarde mogelijk [25]. Wellicht neemt de geuremissie hierdoor toe. Hoewel de afzet van de schuimaarde momenteel geen probleem is kan deze optie op termijn aantrekkelijk worden, hetzij uit energetisch oogpunt, hetzij door afname van de afzetmogelijkheden van de schuimaarde.

2. Optimalisatie van de kalkblussing met het oog op emissiereductie.

Door optimalisatie van de temperatuur van de blusvloeistof, het soort condensaat/sap dat als blusvloeistof wordt angewend en het debiet per hoeveelheid ongebluste kalk kan de geuremissie beperkt worden.

3. Kalkverbranding met een verhoogd percentage zuurstof.

Door de kalk te verbranden met verbrandingslucht die een verhoogd percentage zuur-stof bevat (of zelfs zuivere zuurstof) ontstaat verbrandingslucht met een hoger percen-tage CO₂. De bij de carbonatatie noodzakelijke hoeveelheid CO₂ kan hierdoor in geconcentreerdere vorm aangeboden worden en derhalve in een kleinere gasstroom, waardoor het uit de carbonatatie te emitteren debiet lager kan zijn. Deze maatregel kan echter ingrijpende veranderingen aan de kalkoven en wellicht aan de carbonata-tiereactors met zich meebrengen aangezien een zeker debiet nodig zal zijn om een goede menging van de CO₂ met het ruwsap te verkrijgen.

i. Algemeen

1. Afdichten van apparatuur.

Emissies via ruimteluchtafvoer kunnen worden gereduceerd door verdere afdichting van apparatuur.

2. Reductie uit te dampen waterhoeveelheid.

In principe zou nader onderzocht kunnen worden of de uit te dampen waterhoeveelheid nog verder kan worden gereduceerd. Op diverse plaatsen in het proces wordt water aan de processtroom toegevoegd. Dit is weliswaar geen extern betrokken vers water, maar condensaat of pulpperswater, maar dit dient in latere stappen toch uitgedampt te worden. Beperking van deze hoeveelheden toegevoegd vocht zou nader kunnen worden onderzocht. Denk bijvoorbeeld aan het droog toevoegen van de ongebluste kalk aan het ruwsap, het extraheren met minder water.

3. Gecontroleerd hergebruik van condensaat.

Hoewel dit zonder gedetailleerdere beschouwing van de stoffenstromen moeilijk te overzien is, lijkt door de vele punten waarop sapdampcondensaat opnieuw in het proces komt een verspreiding van ongewenste geurcomponenten en wellicht ammoniak te ontstaan. Er zou nader onderzoek verricht kunnen worden om de mogelijkheden tot geurreductie via gericht hergebruik van het condensaat te bepalen. Hierbij zouden tevens technieken voor verwijdering van de ongewenste componenten uit het condensaat in kaart kunnen worden gebracht en op hun inzetbaarheid kunnen worden getoetst (onder andere strippen en oxydatie).

6.5 Trendbreuken

a. Toepassing van membranen

De toepassing van membranen in het suikerproces is als trendbreuk te beschouwen. Onderzoek is verricht [28] naar toepassing op een tweetal punten in het proces:

1. bij de sapzuivering door ultrafiltratie;
2. bij de sapconcentratie door omgekeerde osmose.

ad 1. Sapzuivering door ultrafiltratie

Door middel van membranen kunnen de hoogmoleculaire verbindingen uit het ruwsap verwijderd worden. Hierdoor kan de resterende zuivering door kalking en carbonatatie geminimaliseerd of zelfs achterwege gelaten worden.

Problemen liggen bij het verwijderen van deeltjes uit het ruwsap, die de membranen vervuilen, zodat de flux sterk daalt. In principe is dit op te lossen door hoge stroomsnelheden te hanteren. Diverse membraanfilters zijn getest, onder andere het DDS-filter en Wafilin-filter.

Ten aanzien van de rentabiliteit van deze techniek is de levensduur van de membranen bepalend.

ad 2. Sapconcentratie door omgekeerde osmose.

Experimenten met een DDS-systeem tonen aan dat bij 40 bar en circa 80 °C dunsap kan worden geconcentreerd kan worden van 15% naar 20% droge-stofgehalte met een capaciteit van 40 l/m² h. Gedeeltelijke vervanging van de indampers door een systeem voor omgekeerde osmose is onder de huidige omstandigheden economisch niet interessant doordat maar een zeer beperkte reductie van het stoomverbruik is te realiseren.

Opgemerkt dient te worden, dat de membraanmodules regelmatig schoongemaakt dienen te worden. Dit veroorzaakt een emissie van water vervuild met zouten, zuren, chloor en detergentia, afhankelijk van de gekozen methode.

Verwacht wordt volgens ref. [7], dat vergaande toepassing van membranen in combinatie met mechanische damprecompressie (zie punt b.) tot een energiezuiniger suikerproductie kan leiden, waarbij het thermisch verbruik tot 1/3 van het huidige verbruik is teruggebracht en het krachtverbruik met de helft toegenomen is. Dit blijft uiteraard niet zonder gevolgen voor de huidige WKK energievoorziening.

Er wordt daarbij tevens gedacht aan het toepassen van membranen bij de extractie; verder zijn er ideeën om met behulp van membranen de extractie en de sapzuivering te integreren.

b. Toepassing van mechanische damprecompressie in combinatie met pulpdroging met een gasturbine

Mechanische damprecompressie omvat het door middel van een mechanisch aangedreven compressor comprimeren van dampen, die daardoor op een hoger druk- en temperatuurniveau komen. Zo kan een verdamper bij goede uitvoering van het systeem thermisch bedreven worden door de eigen damp, bij een geringe toename van het krachtverbruik [3].

Mechanische damprecompressie kan in een suikerfabriek zinvol toegepast worden bij de verdamping en bij de verdampingskristallisatie. Dit laatste is gemakkelijker bij een systeem voor continue kristallisatie dan bij de nu nog overwegend toegepaste discontinue kristallisatie. Hierdoor komen de dampstromen van de verdamper en de kristallisatie in gesloten kringlopen (eventueel met tussenschakeling van een wasser). Het systeem van valwatercondensoren en koeling middels de koeltorens en/of -vijvers komt hiermee te vervallen. Daarnaast daalt het dampverbruik voor verwarming van indamper en kookpannen. Dit heeft de consequentie, dat het warmte/krachtstation zodanig minder stoom hoeft te leveren, dat de krachtopwekking onvoldoende wordt om de hele fabriek van elektriciteit te voorzien.

Door nu de pulpdroger te bedrijven met de afgassen van een gasturbine kan dit probleem opgelost worden. De gasturbine levert voldoende elektriciteit om aan het krachtverbruik van de fabriek te voldoen. Dit is zelfs zo indien de pulp met een hoger droge-stofgehalte dan nu gebruikelijk is aan de droger zou worden aangeboden.

Baloh [3] geeft rekenvoorbeelden voor suikerfabrieken met mechanische damprecompressie bij de verdamping, bij de kristallisatie en voor de combinatie met pulpdrogen door afgassen uit een gasturbine. Het exergetisch rendement van op deze wijze uitgevoerde fabrieken neemt aanzienlijk toe (het exergieverlies wordt ongeveer gehalveerd). Hoewel Baloh geen consequenties voor de emissies naar lucht en water behandelt, blijkt uit bovenstaande, dat het milieu-effect van deze maatregelen groot kan zijn.

Technisch is de toepassing van mechanische damprecompressie op industriële schaal voldoende ontwikkeld. Momenteel wordt dit in de suikerraffinaderij van Aarberg, Zwitserland reeds toegepast [11, 27]. Ook gasturbines kunnen tot de bewezen technologie worden gerekend, zij het dat er in de suikerindustrie nog geen ervaring mee is opgedaan. Belemmeringen bij de invoering van een dergelijk systeem liggen hoogstwaarschijnlijk op het procestechnologische vlak en op het gebied van de investeringskosten:

- de invloed van damprecompressie op de produktkwaliteit;
- (eventueel) de overgang van batch- naar continue kristallisatie;

- doordat de systemen diep ingrijpen op een groot deel van de fabriek, zullen de investeringskosten zodanig oplopen, dat alleen bij nieuwbouw een dergelijke stap ondernomen kan worden.

c. extractie met niet-waterige oplosmiddelen

Al in een ver verleden werd getracht een selectievere extractie van de saccharose te realiseren door middel van andere oplosmiddelen dan water [6]. Geprobeerd zijn methanol, ethanol of mengsels van meerwaardige alcoholen, vloeibare ammoniak en alcohol-ammoniak mengsels. Uitgangspunt is hierbij dat de extractie plaatsvindt met droog bietensnijdsel. Voordelen zouden zijn een zeer hoge saccharose opbrengst (tot 99,5% is gerapporteerd) en een waardevoller pulp, doordat met name diverse zout-ionen in de pulp achterblijven, die nu in het ruwsap terecht komen. Scheiding van het oplosmiddel kan plaatsvinden door bijvoorbeeld destillatie. Het oplosmiddel kan weer hergebruikt worden bij de extractie.

Deze extractie-methoden zijn nooit op industriële schaal getest. Als grootste nadeel kan genoemd worden dat vooraf het bietensnijdsel gedroogd moet worden, hetgeen veel energie vraagt. Ook uit oogpunt van emissies is twijfelachtig of het werken met niet-waterige oplosmiddelen een verbetering van de milieu-belasting teweeg brengt.

d. Pulpdrogen met oververhitte stoom (DDS stoomdroger)

In de DDS stoomdroger (figuur 6.3 [17]) wordt de pulp gedroogd met oververhitte hoge druk stoom. Geclaimd wordt dat er door vergaande recirculatie van de damp geen emissies van stof, geur en andere componenten plaatsvindt. De dampspui zou elders in het bedrijf kunnen worden benut. Uiteindelijk ontstaat een condensaat, dat voor een groot deel dient te worden geloosd. De droger op zichzelf bespaart circa 80% op het energieverbruik [17].

In het kader van een TIEB-project heeft de Suiker Unie zich verdiept in de mogelijke toepassing van deze droger. Problemen liggen op het gebied van de interactie met de rest van het proces, waardoor de energiebesparing onvoldoende uitgenut kan worden en de investering voor de droger vooralsnog onrendabel is.

e. Vloeistofchromatografie

Op praktijkschaal is een techniek op basis van vloeistofchromatografie ingezet om sucrose uit de molasse te winnen [15]. Het commerciële en het milieuhygiënisch belang lijkt echter gering. Ook voor andere toepassingen binnen het suikerwinningsproces kunnen deze technieken, waarbij selectieve adsorptie een rol speelt, worden ingezet. Te denken valt aan een gedeeltelijke vervanging van het carbonatatieproces. Gezien de lage kosten van het carbonatatieproces moet echter worden betwijfeld of chromatografische methoden commercieel aantrekkelijk zijn.

6.6 Résumé

De samenstelling en de kwaliteit van de bieten zijn van grote invloed op de procesvoering bij de produktie van kristalsuiker. Afgezien van maatregelen op het gebied van de kweek en teelt van bieten zijn verschillende mogelijkheden voor procesgeïntegreerde reductie van de milieubelasting aangegeven.

Omdat het suikerproces een hoge mate van verknoping van deelprocessen kent door warmtewisseling en hergebruik van condensaatstromen grijpt een maatregel op niveau van een deelproces in veel gevallen in op de gehele balans van massa- en energiestromen (en van de warmte/krachtkoppeling). De toepassing van bijvoorbeeld hoge-druk-pulppersen, waarmee pulp tot een droge-stofgehalte van 50% kan worden ontwaterd, reduceert de thermische droging, maar heeft door de verandering van de hoeveelheid en de samenstelling van het pulpperswater tevens invloed op de extractie, waarin het pulpperswater wordt gebruikt. Van enkele ontwikkelingen zoals alkalische extractie is het milieu-effect nog niet geheel te overzien, mede door de veranderingen die dit proces met zich meebrengt in de daarop volgende sapzuiveringsstap.

Wat betreft trendbreuken zijn slechts enkele ontwikkelingen gesignaleerd, waaronder de toepassing van membranen en de toepassing van mechanische damprecompressie, al of niet in combinatie met een gasturbine. Deze laatste ontwikkeling is als een trendbreuk betiteld, omdat deze ingrijpt in de gehele lay-out van massa- en energiestromen in de fabriek en een gehele herziening van de onderlinge verknoping van de deelprocessen met zich meebrengt.

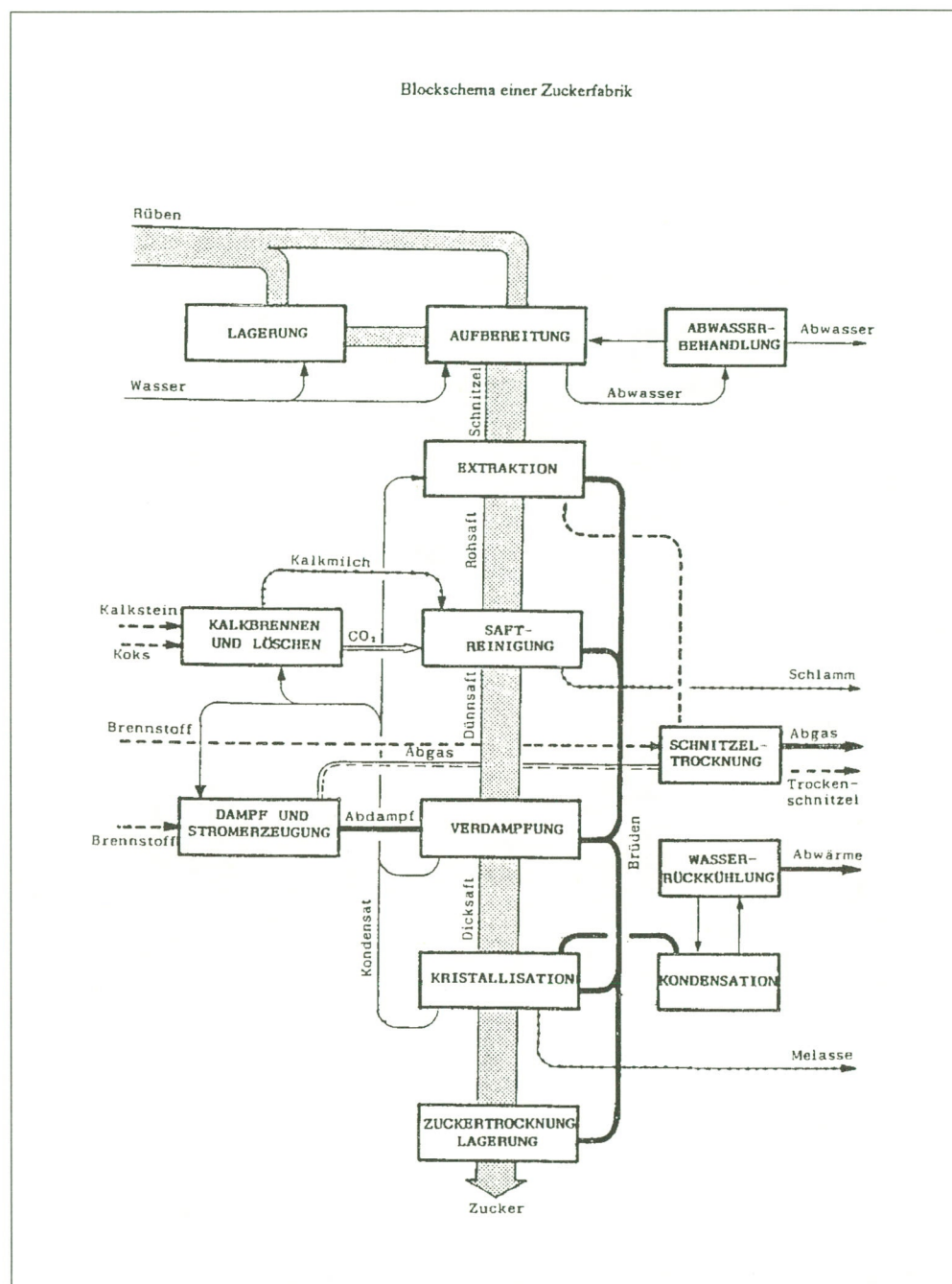
Bij diverse mogelijke milieumaatregelen is een samenhang te zien met de reductie van het energieverbruik. In deze bedrijfstak blijkt bovendien de scheidslijn tussen procesgeïntegreerde oplossingen en trendbreuken niet altijd helder te trekken.

6.7 Referenties

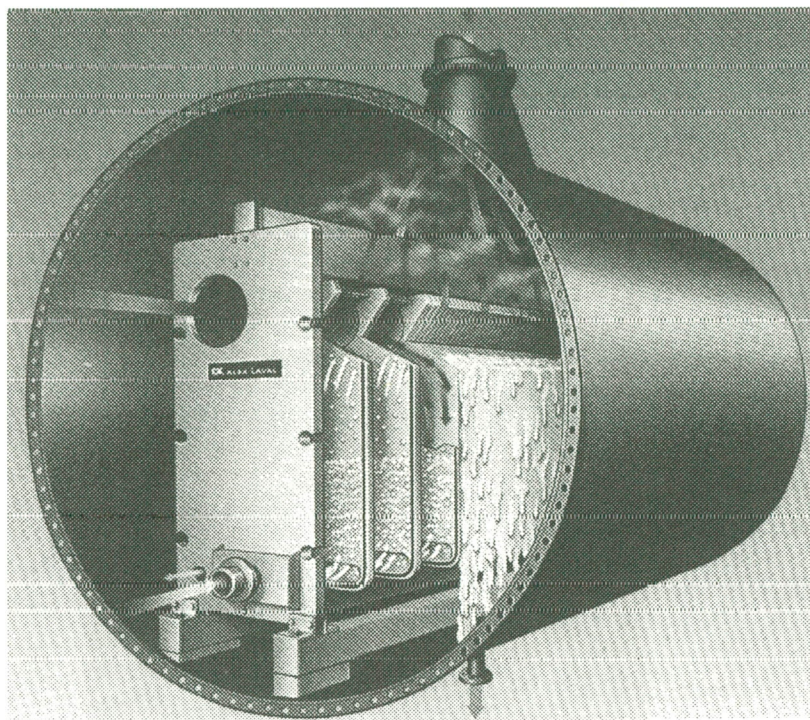
- [1] McGinnis, R.A. ed.; Beet-sugar technology; Beet sugar development foundation, 3rd edition (1982).
- [2] Autorencollectiv; Die Zuckerherstellung; VEB Fachbuchverlag Leipzig, 3. Auflage (1984).
- [3] Baloh, A.; Energiewirtschaft in der Zuckerindustrie; Verlag Dr. Albert Bartens, Berlin, (1991).
- [4] Handboek Milieuvoorschriften Luchtverontreiniging deel II; Suikerfabrieken, (1983).
- [5] Produktie van suiker; SPIN-rapport, RIVM (1992/1993).
- [6] Schiweck, H.; Zucker, Rüben- und Rohr-; In: Ullman, band 24, (19..) p. 703-731.
- [7] Boot, H.; Energiebesparingspotentiëlen 2015, Deelrapport Sector; Voedings- en Genotmiddelenindustrie; TNO-rapport ref. nr. 91-036 (1991).

- [8] Kampagnedaten der Zuckerfabriken 1991/1992; Zuckerindustrie 117 (1992) Nr. 1, p. 68.
- [9] Schiweck, H.; Zuckererzeugung im Spannungsfeld zwischen Rübenqualität, Energieverbrauch und Produktsicherheit- neuere technologische Entwicklungen; Zuckerindustrie 116 (1991) Nr. 9, p. 793-805.
- [10] Buchholz, K. & Schliephake, D.; Über die Kampagne 1987 und neuer technologische Entwicklungen; Zuckerindustrie 113 (1988) Nr. 5, p. 361-379.
- [11] Buchholz, K. & Bruhns, M.; Über die Kampagne 1991 und neuere technische Entwicklungen; Zuckerindustrie 117 (1992) Nr. 5, p. 317-335.
- [12] Bliesener, K-M. et. al.; Perspektiven der Zuckertechnologie 1: Verfahrensentwicklungen zur Schnitzelentwässerung; Zuckerindustrie 116 (1991) Nr. 11, p. 978-986.
- [13] Schliephake, D. et. al.; Perspektiven der Zuckertechnologie 2: Technische Perspektiven für den Bereich der Kristallisation; Zuckerindustrie 117 (1992) Nr. 7, p. 549-556.
- [14] Kumar, R. et. al.; A continuous pan for A-boiling; Int. Sugar J. (1991) vol. 93, no. 1111, p. 142-145.
- [15] G.T. Austin; Shreve's Chemical Process Industries, McGraw-Hill (1984).
- [16] Huisman, B.C., Peters, H.J. et. al.; Odour emission and control in the Dutch sugar industry; 18me Assemblée Général de la Commission Internationale Technique de Sucrerie, (1987).
- [17] Jensen, A.S. & Andersson, V. (Niro-DDS); Drying of beet pulp in superheated steam; Proc. 26 Biennial Meeting Amer. Soc. Sugar Beet Techn., (1991), p. 571-586.
- [18] Peters, H.J.; Die Geruchsemissionen von Schnitzeltrocknungen unter niederländischen Bedingungen; reduktionsversuche und Immisionsberechnungen; Zuckerindustrie 116 (1991) Nr. 6, p. 536-537.
- [19] Smidt, H.; Geruchsemissionen von Schnitzeltrocknungen- Einflüsse, Abhängigkeiten, Bewertung; Zuckerindustrie 116 (1991) Nr. 6, p. 532-535.
- [20] Muhlack, E.; Erste Ergebnisse der Hochdruck-Mehrschichtfilter-Pressen HMP; Zuckerindustrie 117 (1992) Nr. 7, p. 527-530.
- [21] Punter, G.A & Christopherson, P.M.; First experiences with plate evaporators; Zuckerindustrie 117 (1992) no. 1, p. 30-32.

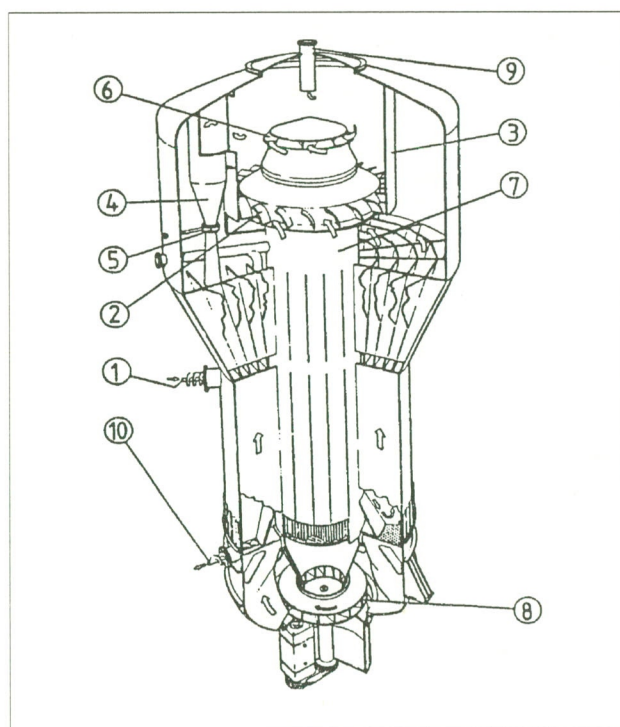
- [22] Christoph, D. et. al.; Vergleichende verfahrenstechnische Untersuchungen an Rohrbündel-wärmeübertragern 'HUB-Universität Berlin' und Plattenwärmeübertragern der Firma Alfa-Laval; Zuckerindustrie 117 (1992) Nr. 1, p 24-29.
- [23] Poels, P.A.; Valorisatie natte bijprodukten agrarische industrie; Voedingsmiddelentechnologie juni (1992) nr. 13, p. 46-47.
- [24] Bosse, E.D.; A new apparatus for drying and cooling of crystal sugar operating by the fluidized-bed principle; Proc. 26 Biennial Meeting Mer. Soc. Sugar Beet Techn. (1991) p. 473-485.
- [25] Burns, L.K. & Clark, L.W.; FluoSolids Reactor Calcining of lime mud for the sugar beet industry; Proc. 26 Biennial Meeting Mer. Soc. Sugar Beet Techn. (1991) p. 536-542.
- [26] Exergie-optimalisatie levert nog besparingen op bij zuinige suikerfabriek; Energie & Milieutechnologie nr. 5/6 (1991) p. 20-23.
- [27] Brunner, K. et. al.; Diverse artikelen over continue kristallisatie en dampcompressie in de suikerfabriek Aarberg; Zuckerindustrie 117 (1992) nr. 6, p. 443-468.
- [28] Tragardh, G. & Gekas, V.; Membrane Technology in the sugar industry; Desalination, 69 (1988) p. 9-17.



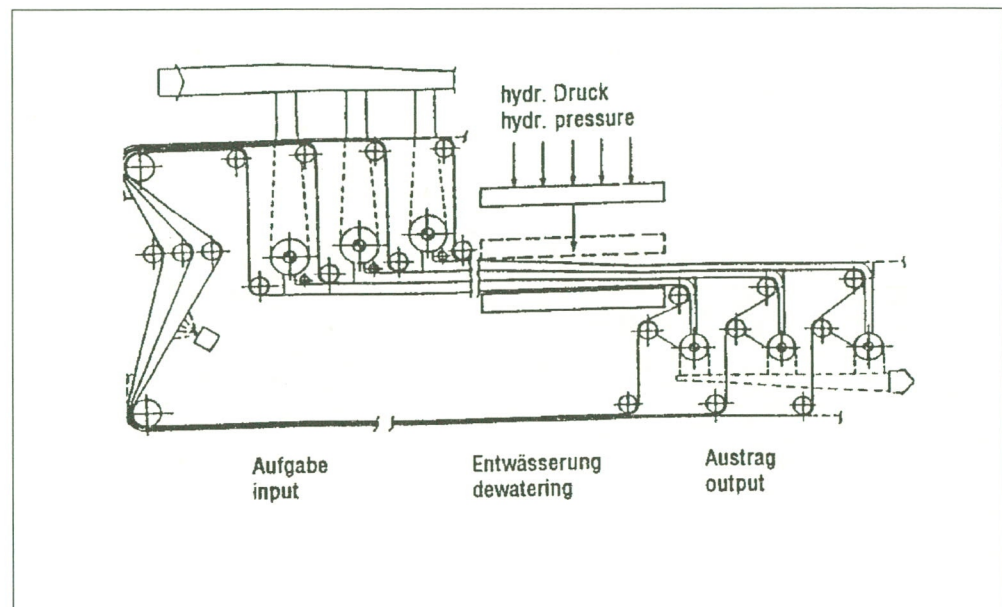
Figuur 6.1 Blokschema van een suikerfabriek



Figuur 6.2 Platenverdamer



Figuur 6.3 DDS-stroomdroger



Figuur 6.4 Pulpontwatering met een multilaag filterbandpers

7 Evaluatie

Verschillen en parallellen

De drie onderzochte bedrijfstakken vertonen qua procesvoering belangrijke overeenkomsten, maar ook enkele duidelijke verschillen.

De overeenkomsten:

- gebruik van agrogrondstoffen;
- gebruik van zeven en wasapparatuur (verwijdering tarra e.d.);
- gebruik van verkleiningsapparatuur;
- gebruik van proceswater (extractie-, was- en transportmedium);
- gebruik van droogapparatuur;
- gebruik van indampapparatuur;
- naast de produktie van een hoofdprodukt, één of meerdere nevenprodukten (onder andere voor de veevoederindustrie);
- een zekere verknoping en onderlinge beïnvloeding van de verschillende procesonderdelen (i.e. procesintegratie);
- een lange technologische historie, waardoor de gebruikte procestechnologie in hoofdlijnen vergaand ontwikkeld is.

De verschillen:

- het hoofdprodukt is een wateroplosbare stof (suiker), een vaste stof (zetmeel) en een niet-watermengbare vloeistof (olie); dit beïnvloedt de precieze opwerking van het produkt, waaronder het gebruik van zuiverings- en scheidingsprocessen;
- het hoofdprodukt wordt op verschillende wijzen onttrokken aan de matrix; in hoofdlijnen zijn dit persen/hexaanextractie (olie), extractie (suiker) en malen/uitspoelen (zetmeel);
- het verwijderen van ongewenste stoffen uit het hoofdprodukt geschiedt eveneens op verschillende wijzen; in hoofdlijnen zijn dit wassen (zetmeel), solventextractie/adsorptie/destillatie (olie) en coprecipitatie/(re)kristallisatie (suiker);
- de marktwaarden van de hoofd- en nevenprodukten dragen in verschillende mate bij aan de economie van het proces.

Ondanks de overeenkomsten, zijn de verschillen tussen de bedrijfstakken dusdanig groot dat een bepaalde milieugerichte maatregel niet zondermeer toepasbaar is bij anderen. Zelfs binnen één bedrijfstak zijn de verschillen tussen de bedrijven (grondstoffen, produkten, produktkwaliteiten, bewerkingen, infrastructuur, lokatie etc.) veelal groot, zodat bij voorkeur per installatie een evaluatie inzake het milieurendement en de technische en economische haalbaarheid van de mogelijke maatregelen zal moeten plaatsvinden.

Milieubelasting en mogelijke maatregelen

In de drie onderzochte bedrijfstakken is een aantal punten van relatief hoge milieubelasting aangegeven en zijn hiervoor meerdere mogelijke maatregelen gesuggereerd. Enkele belangwekkende c.q. kansrijke suggesties met betrekking tot zowel procesgeïntegreerde maatregelen als trendbreuken zijn in onderstaande tabel weergegeven.

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

■ Noot:

In de tabel zijn bij uitzondering enkele end-of-pipe maatregelen genoemd, met name bij de tarra-problematiek en de geur- en stofbestrijding, omdat deze vanuit een praktisch standpunt vaak de enige aantrekkelijke oplossing vormen

Een deel van de in de tabel genoemde maatregelen is reeds operationeel, maar wordt om uiteenlopende redenen nog niet op grote schaal in de verschillende bedrijfstakken toegepast. De belangrijkste redenen hiervoor zijn kosten, beperkt toepassingsgebied (slechts bepaalde producten), verminderde kwaliteit en/of storingsgevoeligheid.

Tabel 7.1 Overzicht van belangrijkste emissiebronnen en mogelijke maatregelen

Emissies/afvalstromen	Bron	Procesgeïntegreerde maatregel	Trendbreuk
<i>Plantaardige oliën/vetten</i> Hexaanemissie Bleekaaarde Geur Afvalwater (zoutlast)	Extractie Raffinage Desodoriseren Ontzuring/verzeping	– luchtdichte apparatuur – hexaan beter terugwinnen (diepkoeling, sorptie) – regenereerbare adsorbentia – behandeling (biofiltratie) – beter luchtdichte apparatuur – indirecte condensors – membraantechnieken (RO, ED)	– extractie mijden (beter persen) – ander extractiemiddel (CO ₂ , H ₂ O) – membraanscheidingen – ? – fysische raffinage
<i>Zetmeelindustrie</i> Tarra (pathogenen, verontreiniging) Geur Stof Afvalwater	Aanhangende grond aardappelen Indampen proceswater Drogen bijprodukten Drogen/transport van zetmeel Condensaat/proceswater	– verwerken ('composteren'; secundaire toepassingen) – behandeling (biofiltratie) – luchtdichte apparatuur; gesloten koeltorens – beter voorontwateren schroot – efficiënte drogers (lage Q _g) – gesloten luchtcircuits – behandeling (doekenfilters) – onder druk weken (mais) – beter malen (tarwe) – inzet enzymen (minder SO ₂ en water) – hergebruik condensaat (na behandeling)	– ? – membraanfiltratie (mijden indampstap) – nat verwerken schroot (inkuilen; eiwitten enzymatisch winnen) – diëlektrisch drogen – zie verder geur – HD desintegratie (mais) – alternatief voor hitte- – coagulatie (aardappel)

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

Tabel 7.1 Overzicht van belangrijkste emissiebronnen en mogelijke maatregelen (vervolg)

Emissies/afvalstromen	Bron	Procesgeïntegreerde maatregel	Trendbreuk
Suikerindustrie Geur	Carbonatatie	– naverbranding in pulpdroger	– membraantechnologie
	Indampen en koeltorens	– indirecte condensers	– mechanische damprecompressie
	Pulpdrogen	– condensaat gecontroleerd hergebruiken of zuiveren	– stoomdrogen
	Tarravelden	– lagere ingangstemperatuur?	– ?
NH ₃ en (koolwaterstoffen)	Carbonatatie	– deels droog reinigen	– membraantechnologie
	Indampen (en koeltorens)	– dunsap strippen	– mechanische damprecompressie
Stof	Pulpdrogen	– naverbranding in pulpdroger	– stoomdrogen
	Pulpdrogen	– indirecte condensers	– stoomdrogen
	Indampen & kristallisatie	– absorptie?	– mechanische damprecompressie en gasturbines
Verbrandingsemissies (en energieverbruik)	Pulpdrogen	– filter?	– stoomdrogen
	Calcinatie	– continue kristallisatie	– ?
		– platenverdamers	
		– beter voorontwateren (enzymen en HD-persen)	
		– alkalische extractie	
		– O ₂ -rijke verbranding	
		– fluid-bed kalkoven	

Overigens dient te worden opgemerkt dat de van oudsher bekende milieuknelpunten in de drie bedrijfstakken de laatste 10-20 jaar door een scala van maatregelen reeds sterk in omvang zijn gereduceerd, zodat de momenteel optredende procesemissies in het algemeen een lokaal karakter dragen (bijvoorbeeld geur). De huidige milieubelasting van de drie bedrijfstakken die naar verwachting in de komende jaren van betekenis blijft, zijn de tarraproblematiek, de CO₂- en NO_x-emissies (tengevolge van energie-intensieve indamp- en droogprocessen) en incidenteel geurhinder en NH₃-emissies (met name suikerindustrie). Daarnaast zijn belangrijke, maar ongevaarlijke reststoffenstromen te blijven verwachten uit de olie- en suikerindustrie (schuimaarde wordt nuttig toegepast).

Geen aandacht is gegeven aan eventuele problemen elders in de produktieketen, bijvoorbeeld tengevolge van intensieve landbouwmethoden en de modificatie van oliën en zetmeel.

De emissies in de onderzochte bedrijfstakken zijn in belangrijke mate gekoppeld aan de aard en samenstelling van de agrarische grondstoffen. Eventuele milieu-problemen komen voort uit het feit dat er in de produktie energie en milieubelastende toeslag- of hulpstoffen worden gebruikt. Daarnaast kan er een te sterke concentrering van de activiteiten in ruimtelijke zin plaatsvinden, waardoor de emissies de plaatselijke opnamecapaciteit van het milieu overschrijden (afvalwater) of hinder veroorzaken (geur, geluid).

Tenslotte wordt opgemerkt, dat slechts door het zorgvuldig opstellen van massabalansen over elk van de deelprocessen werkelijk inzicht verkregen kan worden in de relatie tussen gebruik van hulpstoffen, het optreden van omzettingen tijdens het proces en de daaruit voortvloeiende emissies (verg. milieu-audits). Het effect en de haalbaarheid van mogelijke (procesgeïntegreerde) maatregelen kan derhalve slechts worden aangegeven, indien deze detailinformatie over proces voorhanden is.

‘Autonome’ reductie van emissies

Uit de ERI-gegevens van Emissieregistratie blijkt dat er grote verschillen zijn in de emissies van een bepaald type installatie of een bepaald type apparaat bij de verschillende bedrijven in de onderzochte bedrijfstakken. Hieruit blijkt weer dat er bij individuele bedrijven in beginsel nog mogelijkheden zijn tot substantiële reductie van emissies via procesgeïntegreerde en/of toegevoegde maatregelen.

Uit de ERI-gegevens kan niet worden afgeleid welke oorzaken precies tot de genoemde verschillen in installatie- of apparaatmissies leiden. Vermoed wordt dat er verschillen zijn in onder meer de intensiteit van de bewerkingen en de mate waarin de apparaten luchtdicht zijn. Dit betekent dat apparaatkeuze, uitvoeringsvorm en procescondities in sterke mate de emissie van een proces(stap) bepalen.

Gezien de technische en economische levensduur van installaties (5-20 jaar) en de regelmatige herziening van vigerende vergunningen, kan worden verwacht dat op middellange tot lange termijn door middel van vervangingsinvesteringen de meest vervuilende installaties/apparaten door nieuwe, relatief emissiearme eenheden zullen zijn vervangen.

Er is dus een afname van emissies te verwachten, zonder dat hiervoor een verdere technologie-ontwikkeling nodig is.

Procesgeïntegreerde maatregelen versus trendbreuken

Een onderscheid tussen procesgeïntegreerde technologie en ‘trendbreuken’, zoals in deze studie is gehanteerd, lijkt minder belangrijk met trekking tot de reductie van de industriële emissies in de drie onderzochte bedrijfstakken. Via beide wegen blijken immers belangrijke emissiereducties te kunnen worden bereikt, terwijl er diverse voorbeelden van maatregelen zijn te noemen waarbij de indeling naar ‘trendbreuk’ of ‘procesgeïntegreerde maatregel’ niet evident is. Bovendien blijkt de te bereiken omvang van emissiereductie per situatie c.q. per bedrijf in beginsel sterk te kunnen verschillen.

Knelpunten bij de ontwikkeling en introductie van procesgeïntegreerde maatregelen

De middelgrote tot grote bedrijven mogen goed in staat worden geacht zelf mogelijkheden tot procesgeïntegreerde of andere maatregelen te inventariseren en te beoordelen op praktische haalbaarheid. De rol van de overheid kan dan beperkt blijven tot mediator en stimulator, zie hieronder.

Een praktisch knelpunt is de technisch-economische levensduur van installaties en apparatuur. Zolang er nog geen vervangingsinvesteringen plaatsvinden, zal een bedrijf niet altijd in staat zijn de gewenste procesgeïntegreerde maatregelen te treffen. Redenen zijn onder andere ruimtegebrek, complexiteit van het proces (verminderde

flexibiliteit en beheersbaarheid), veranderde of verminderde produktkwaliteit en de extra kosten (verlaagde rentabiliteit). Ook indien er wél vervangingsinvesteringen plaatsvinden, kunnen de extra kosten voor milieumaatregelen een obstakel vormen, tenzij de vergunningverlener hiertoe duidelijke eisen stelt.

Knelpunten bij de ontwikkeling en introductie van trendbreuken

Het bedrijfsleven heeft in het algemeen een sterke voorkeur voor oplossingen die op korte termijn (< 5 jaar) toepasbaar zijn en is in het algemeen terughoudend met betrekking tot de introductie van nieuwe technologieën. Nieuwe technologie wordt vaak pas geïntroduceerd als bij een collegabedrijf de voordelen ervan zich in de praktijk hebben bewezen.

Een vroegtijdige introductie van een nieuwe technologie bij één bedrijf kan in dit verband de verdere introductie jarenlang in de weg staan, met name indien de kinderziekten en andere optredende problemen niet adequaat kunnen worden opgelost (vgl. membraantechnologie in de zetmeelindustrie).

Vernieuwend onderzoek, vooral als dit is gericht op trendbreuken en/of een hoog risico draagt, zal niet of nauwelijk door de bedrijven worden geëntameerd, tenzij men hiertoe via regelgeving wordt gedwongen of een belangrijke marktvoorsprong zou kunnen bereiken (i.e. kwaliteitverbetering, kostenreductie of nieuwe producten/markten). Van de toeleverende apparatenbouwers hoeft men evenmin belangrijke onderzoeksactiviteiten te verwachten die pas op relatief lange termijn tot resultaat zullen leiden; wel zullen zij uiteraard blijven streven naar verbeteringen van hun apparatuur of installaties.

De milieuproblematiek **alleen** biedt dus het bedrijfsleven een te gering perspectief om langdurig onderzoek naar een mogelijke trendbreuk te stimuleren. Daarvoor dienen aspecten als produktkwaliteit en kosten meer voorop te staan.

Rol van de overheid als regel- en wetgever

De onderlinge verschillen tussen bedrijven, met name in de olie- en de zetmeelindustrie, lijken een individuele aanpak, via de vergunningverlener, te doen prevaleren boven een collectieve aanpak, zeker als het gaat om de invoering van concrete maatregelen. Daarbij vormt de integrale benadering van de milieubelasting door een bepaald bedrijf een goede basis voor effectieve reductie van de milieubelasting als geheel (cf. m.e.r.-aanpak en de Wet Milieubeheer).

Om scheve concurrentieverhoudingen te voorkomen, dienen uiteraard op landelijk (of Europees) niveau richtlijnen te bestaan voor de te stellen emissie-eisen bij de verschillende installaties in een bepaalde 'omgeving'. Deze 'omgeving' bestaat enerzijds uit de bedrijfskolom en anderzijds uit het omringende milieu.

Zoals eerder opgemerkt kan de rol van de centrale overheid bij de ontwikkeling en introductie van procesgeïntegreerde maatregelen beperkt blijven tot mediator en stimulator. Te denken valt aan onder meer het wegnemen van niet-technische belemmeringen (bijvoorbeeld via tijdelijke ontheffingen), kennisoverdracht (maar mijdt het eisen van volledige openbaarheid van gegevens), de intensivering van samenwerkingsverbanden in de ontwikkeling van technologie en het verlagen van financiële drempels (bijvoorbeeld via ondersteunen van risicodragende praktijkdemonstraties).

Bestrijding van milieuverontreiniging door procesgeïntegreerde maatregelen en trendbreuken

Bij het opleggen van milieu-eisen, onder meer in vergunningen, en bij het ontwikkelen van technologie moet meer aandacht worden gegeven aan de mogelijke verschuivingen in stofstromen en/of secundaire milieu-effecten, waaronder een mogelijke toename in het energieverbruik. Deze wensen werden onderschreven door de voor deze studie geïnterviewde deskundigen.

Er is in dit verband een aantal belangrijke aandachtspunten voor de overheid te noemen:

- Een duidelijk beleid ten aanzien van de op te leggen milieu-eisen inzake lucht, water, bodem, afval, geluid, energie etc. Helder zicht op de te stellen eisen over een termijn van 5 à 10 jaar stimuleert bedrijven tot het maken van keuzen inzake milieumaatregelen.
- Streven naar meer en rechtvaardiger samenhang in de eisen. Dit geldt voor zowel de verschillende compartimenten als de afzonderlijke bedrijfstakken. Hiervoor zal een goede coördinatie tussen verschillende overheden nodig zijn.

Voorbeelden van onvolkomenheden met betrekking tot het laatstgenoemde punt zijn (a) de eis tot naverbranden die haaks staat op de eis tot energiebesparing en (b) de acceptatie van nieuw ontstane reststoffen/bijprodukten in andere toepassingen c.q. processen. De normstelling rond deze reststoffen dient *a priori* geen belemmering te vormen, indien hiermee in zijn totaliteit het milieu wordt ontlast (vgl. de toepassing van vliegas in bouwmaterialen en schuimaarde als kalkmeststof).

Dit soort branche-overschrijdende afwegingen hebben overigens geen rol gespeeld bij het uitvoeren van deze studie.

Behoeftte aan onderzoek

Er is in het bedrijfsleven een *blijvende behoefte* aan technologische vernieuwingen en verbeteringen om onder meer milieu-emissies te reduceren en -veelal met prioriteit- de produktkwaliteit te vergroten en/of produktiekosten te verkleinen.

Uit dien hoofde is technologisch (en op innovatie gericht) onderzoek op velerlei terreinen wenselijk, nu en in de toekomst. De prioritering van onderzoek wordt daarbij in eerste instantie bepaald door de partijen die hierin de benodigde middelen steken.

Gelet op de meerledige taken van de centrale overheid lijkt het gewenst via (vernieuwend) technologisch onderzoek langs verschillende lijnen te werken aan enerzijds een versterking van de concurrentiepositie van het Nederlands bedrijfsleven en anderzijds 'milieusparende' technologieën. Door in alle fasen *contact met de betrokken bedrijfstakken* te *onderhouden* worden de kansen op c.q. mogelijkheden tot implementatie vergroot. Te overwegen valt om in aanvulling op bestaande onderzoekprogramma's onderzoek naar procesttechnologie te stimuleren, in het bijzonder gericht op innovatie (bij voorkeur ten behoeve van meerdere bedrijfstakken) in combinatie met een duidelijke milieuverdienste.

Gelet op de know-how en het doelmatigheidstreven van individuele bedrijven, zeker bij middelgrote tot grote bedrijven, en de enorme diversiteit aan productieprocessen lijkt het niet zinvol om gericht technologieën voor procesgeïntegreerde milieumaatregelen in de afzonderlijke processituaties te ontwikkelen. Wel kan de overheid doorgaan met het stimuleren van de ontwikkeling van technologieën die een *breed toepassingsgebied* hebben. Voorbeelden zijn low-NO_x branders, geurverwijdering uit

ventilatiegassen, indirect drogen en energierterugwinning. Daarnaast kan de overheid milieu-investeringen stimuleren door het *verlagen van financiële drempels*.

Het ligt in de rede dat de overheid het onderzoek naar *nieuwe technologieën* blijft stimuleren, waaruit mogelijk trendbreuken kunnen voortkomen. Daartoe zullen onder meer meerjaarlijkse *strategische verkenningen* nodig zijn om de meest kansrijke gebieden voor 'schone technologie' te identificeren. Voor het ten uitvoer brengen van onderzoek op de gekozen terreinen, beschikt de overheid naar de mening van de auteurs reeds over diverse, *goed bruikbare instrumenten* (bijvoorbeeld Stimuleringsregeling Milieutechnologie, IOP-deelprogramma's).

Behalve het stimuleren van verbeteringen of trendbreuken in de productieprocessen zelf, is het interessant te onderzoeken welke rol de agroindustrie (waaronder de suiker- en zetmeelindustrie) in de toekomst kan spelen bij een ontwikkeling van nieuwe grondstoffen en welke implicaties dat kan hebben voor een op duurzame ontwikkeling gebaseerde samenleving.

De genoemde bedrijfstakken kunnen bijdragen tot een niet op fossiele grondstoffen maar op landbouwprodukten gebaseerde chemie. Verschillende onderzoeksterreinen spelen hierbij een rol, zoals biotechnologie, membranen en katalyse.

8 Conclusies en aanbevelingen

De van oudsher bekende milieubelasting door de drie onderzochte bedrijfstakken, suikerindustrie, zetmeelindustrie en plantaardige olie-industrie, is de laatste 10-20 jaar door een scala van maatregelen sterk gereduceerd. De huidige milieubelasting die naar verwachting ook in de komende 5 jaar van betekenis blijft, zijn de taraproblematiek (aardappelen en suikerbieten), de CO₂- en NO_x-emissies (tengevolge van energie-intensieve indamp- en droogprocessen), incidentele geurhinder en enkele reststoffenstromen.

In de drie onderzocht bedrijfstakken zijn diverse mogelijkheden geïdentificeerd voor zowel 'procesgeïntegreerde bestrijding' als 'trendbreuken'.

De scheidslijn tussen de verschillende typen van maatregelen (procesgeïntegreerde bestrijding, trendbreuken, maar ook good-housekeeping, toegevoegde technologie etc.) is niet altijd duidelijk te trekken, ondanks de vrij strikte definities die hiervoor zijn gegeven. Deze strikte scheiding wordt overigens ook niet betekenisvol geacht, omdat de mogelijke maatregelen tot reductie van een zekere emissie qua uitvoeringsvorm en milieu-effect sterk uiteen kunnen lopen en in beginsel per geval op haalbaarheid en effectiviteit moet worden beoordeeld.

Mogelijk knelpunten voor de ontwikkeling en introductie van trendbreuken zijn:

- Geringe interesse van bedrijven voor ontwikkelingen die een hoog risico dragen en pas op de langere termijn hun vruchten opleveren;
- Trendbreuken leveren niet per definitie verbeteringen op, wel vaak andere producten (andere markten) en andere emissies (met de noodzaak tot aanvullende maatregelen);
- Een vroegtijdige introductie van een nieuwe technologie bij een bedrijf, vooral indien de kinderziekten en andere optredende problemen niet adequaat kunnen worden opgelost.

Mogelijke knelpunten voor de introductie van procesgeïntegreerde maatregelen zijn:

- Grote verschillen tussen de individuele bedrijven (grondstoffen, producten, installaties etc.), zodat bij een geïdentificeerde maatregel per situatie een evaluatie inzake het te verwachten milieurendement en de technische en economische haalbaarheid moet plaatsvinden;
- Toename in complexiteit van het proces met mogelijk nadelige gevolgen voor de procesbeheersing en produktkwaliteit. Vaak ook een toename van de kosten en daarmee een verslechtering van de concurrentiepositie.
- Zolang er nog geen vervangingsinvesteringen plaatsvinden, zal een bedrijf niet altijd in staat zijn de gewenste procesgeïntegreerde maatregelen te treffen, bijvoorbeeld als gevolg van ruimtegebrek.

Overigens is de verwachting, dat door het huidige (vergunningen)beleid de meest vervuilende installaties/apparaten op middellange tot lange termijn door nieuwe, relatief emissiearme eenheden zijn vervangen (vervangingsinvesteringen). Er is dus een afname van emissies te verwachten, zonder dat hiervoor specifieke technologie-ontwikkeling nodig is.

Gelet op de meerledige taken van de centrale overheid lijkt het gewenst via (vernieuwend) technologisch onderzoek langs verschillende lijnen te werken aan enerzijds een versterking van de concurrentiepositie van het Nederlands bedrijfsleven en anderzijds 'milieusparende' technologieën. Door in alle fasen contact met de betrokken bedrijfstakken te onderhouden worden de kansen op c.q. mogelijkheden tot implementatie vergroot.

Naast de stimulatie van vernieuwend onderzoek (trendbreuken) zijn de volgende onderzoeksgebieden met betrekking tot procesgeïntegreerde technieken geïdentificeerd; dit zijn technieken die in het algemeen een bredere inzetbaarheid dan de hier onderzocht bedrijfstakken:

- technieken voor hergebruik van proceswater (met name condensaatreiniging en koelwater);
- technieken voor verwijdering van vermestende stoffen uit water (N, P, K);
- geurverwijdering uit ventilatiegassen;
- alternatieve droogtechnieken (klein tot zeer klein luchtdebiet);
- energierterugwinning;
- gebruik van biotechnologie c.q. enzymtechnologie ter verbetering processen.

Bij het opleggen van milieu-eisen (in bijvoorbeeld vergunningen) en bij het ontwikkelen van technologie zou meer aandacht moeten worden gegeven aan de mogelijke verschuivingen in stofstromen en/of secundaire milieu-effecten. In dit verband dient de overheid veel aandacht te geven aan de formulering van eenduidige en onderling samenhangende eisen, die een tijdhorizon van meer dan 5 jaar hebben.

9 Verantwoording

Naam en adres van de opdrachtgever

Ministerie van VROM
Postbus 30945
2500 GX 's-Gravenhage

Namen en functies van de medewerkers

ir. J.W. Assink (projectmedewerker)
ir. C.E. Krist-Spit (projectmedewerker)

Namen van instellingen waaraan een deel van het onderzoek is uitbesteed

—

Datum waarop, of tijdsbestek waarin, het onderzoek heeft plaatsgehad
januari 1992 – maart 1993

Ondertekening



dr.ir. J.A. Zeevalkink
onderzoekleider

Goedgekeurd door



dr.ir. J.A. Don
afdelingshoofd

Bijlage 1 Ledenlijst VERNOF per januari 1992

CR	ADM Europoort B.V. Europoort-Rotterdam
CR	Cargill B.V. Coenhavenweg 2 Amsterdam
R	Cargill B.V./Hardings Divisie Welplaatweg 34 Rotterdam/Botlek
C	Cereol Benelux B.V. Everard Meijsterlaan 3 Utrecht
C	Contrade B.V. Veerweg 1 Waspik
R	Karlshamns B.V. Kreeftstraat 1 Zaandijk
R	Loders Croklaan B.V. Hogeweg 1 Wormerveer
R	Remia C.V. W. Arntszlaan 71 Den Dolder
R	Rotterdamsche Margarine Industrie ROMI B.V. Kon. Wilhelminahaven NZ 17 Vlaardingen
R	Gebr. Smilde B.V. Industrieweg 11 Heerenveen
C	Speelman's Oliefabrieken B.V. Delftweg 100 Rotterdam
CR	Unimills B.V. Lindtsedijk 8 Zwijndrecht
R	Zaanlandse Olieraffinaderij B.V. Kalf 11 Zaandam
C	= Crush (zaadverwerking)
R	= Raffinage (eventueel + harding)