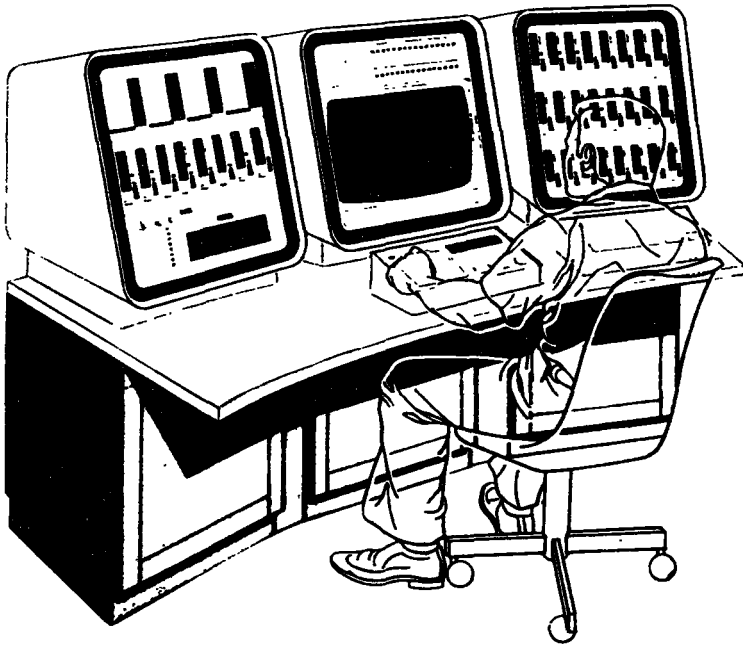


442/1986

# ONTWERPPROCES EN OPERATORTAKEN BIJ AUTOMATISERING VAN EEN SUIKERFABRIEK

Frank Pot en Alfred Brouwers



Vlaams-Nederlandse studiedagen voor sociologen en antropologen,  
Amsterdam, 3-4 april 1986

Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg  
sector Arbo-onderzoek

**NIPG-TNO**

Leiden

**ONTWERPPROCES EN OPERATORTAKEN  
BIJ  
AUTOMATISERING VAN EEN SUIKERFABRIEK**

**Frank Pot en Alfred Brouwers**

**Vlaams-Nederlandse studiedagen voor sociologen en antropologen,  
Amsterdam, 3-4 april 1986**

**Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg  
sector Arbo-onderzoek**

**NIPG-TNO**

**Leiden**

Nederlands Instituut voor  
Praeventieve Gezondheidszorg TNO  
Wassenaarseweg 56 Leiden

Postadres:  
Postbus 124  
2300 AC Leiden

Telefoon: 071-170441

Drs. F.D. Pot en Drs. A.A.F. Brouwers zijn verbonden aan het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg (NIPG) TNO, Leiden, sector ARBO-onderzoek, en doen onderzoek naar kwaliteit van de arbeid in relatie tot automatisering. Met dank aan Ir. C.K. Pasmooij voor zijn commentaar op een eerdere versie.

Voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever met betrekking tot de inhoud van dit rapport wordt verwezen naar de Algemene Voorwaarden van TNO.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, openbaar gemaakt, en/of verspreid door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het NIPG-TNO.

## INHOUD

Ontwerpproces en operatortaken bij automatisering van een suikerfabriek . . . . .	1
1. Suiker maken . . . . .	2
2. Investeringsbeslissingen . . . . .	5
3. Het ontwerpproces . . . . .	8
4. Functieverschillen tussen operators CBR en CBK . . . . .	16
5. Conclusies . . . . .	23
Summary . . . . .	24
Literatuur . . . . .	27

## ONTWERPPROCES EN OPERATORTAKEN BIJ AUTOMATISERING VAN EEN SUIKER- FABRIEK

De technologische en economische bepaaldheid van arbeidstaken wordt de laatste jaren gerelativeerd. Daarmee gepaard gaat een grotere aandacht voor ontwerp- en besluitvormingsprocessen. Dit artikel is een analyse van de keuzemogelijkheden ten aanzien van techniek en organisatie, die zich voordeden bij de automatisering van een suikerfabriek. De mate van automatisering verschilt voor onderscheiden delen van het productieproces. Daarmee corresponderen verschillen tussen arbeidstaken van operators.



## 1. Suiker maken

De positie van de Nederlandse bietsuikerindustrie is relatief goed. EEG-maatregelen beperken de concurrentie van rietsuiker uit de Derde Wereld en garanderen voor vastgestelde quota de bietsuikerprijs. Extra productiemoeit tegen wereldmarktprijzen worden afgezet. Er is wel een toegenomen concurrentie van kunstmatige zoetstoffen.

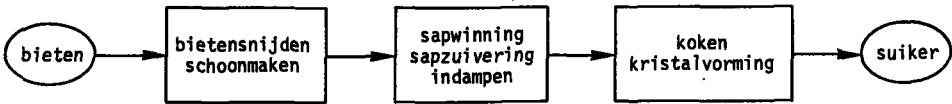
Het onderzoek<sup>1</sup> heeft plaatsgevonden in een vestiging van één van de Nederlandse Suikerconcerns. In verband met de overeengekomen vertrouwelijkheid van de rapportage is voor het concern de fantasienaam Verenigde Suikerbedrijven (VSB) gekozen en voor de plaats van de vestiging de naam Zoetebiet.

De VSB is een coöperatie. De in de coöperatie deelnemende boeren keuren het beleid meestal achteraf goed. De concernleiding beslist over grote investeringen. De vestigingen zijn relatief onafhankelijk bij het doen van kleinere investeringen en bij de uitvoering van grote. Naast de ondernemingsraden in de vestigingen is er een centrale ondernemingsraad.

Een suikerfabriek is een campagnebedrijf. Elk najaar moeten in ongeveer drie maanden tijd de bieten verwerkt worden. In 1975, vóór de hier beschreven modernisering, verwerkte Zoetebiet 7000 ton bieten per dag in volcontinuïdient met een personeelsbestand van ruim 500 mensen. In de periodes tussen de campagnes verricht het vaste personeel onderhouds- en bouwwerkzaamheden. De procesoperators hebben dan andere functies.

Naar de aard van de productietechnologie kan een suikerfabriek worden gerekend tot de procesindustrie. Figuur 1 is een verkorte weergave van de productietechnologie.

Figuur 1. Vereenvoudigd schema productietechnologie van suiker.



Met behulp van warm water wordt uit het snijdsel de suiker geëxtraheerd. Het 'ruwsap' wordt vervolgens gezuiverd van niet-suikers en ingedampd tot 'diksap'. Tot zover is sprake van een continuproces. Het sap gaat in een continustroom door de verschillende installaties. Het 'diksap' gaat naar het kookstation en daar vindt door koken de eigenlijke kristalvorming plaats. Het koken gebeurt batchgewijs. In de ketels wordt een bepaalde hoeveelheid sap gekookt. Na afvoer van de gevormde suikerstroop worden de ketels opnieuw gevuld.

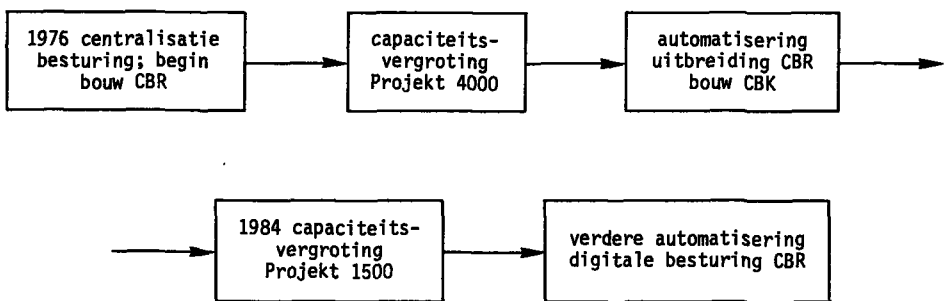
Deze productietechnologie is de laatste tien jaar niet veranderd. De besturingstechnologie, het meten en regelen van het proces, is wel veranderd. Dat komt verderop aan de orde.

De organisatie en wijze van bedrijfsvoering van Zoetebiet komen ongeveer overeen met wat Woodward (1965: 23, 39, 64) typerend vond voor de procesindustrie in de jaren zestig, namelijk een 'organisch systeem'. Dat wil zeggen dat er geen scherpe afbakening van functies is en dat de communicatie in de hiërarchie meer het karakter heeft van consultatie dan van het geven en ontvangen van orders. Er is weinig 'organisatiebewustzijn'. Voor de duidelijkheid dient te worden opgemerkt, dat consultatie niet een vorm van medezeggenschap inhoudt. De arbeidsverhoudingen in de suikerindustrie zijn nog tamelijk sterk gebaseerd op traditionele verschillen. Zo'n 'organisch systeem' onderscheidt zich van een 'mechanisch systeem' dat veel duidelijker procedures, hiërarchie en functie-afbakening kent. Andere punten van overeenkomst met Woodward's bevindingen zijn - in vergelijking met enkelstuks- en

massafabricageprocessen - de grote omvang en het belang van de technische diensten (TD), de kleine ploegen operators en de grote bedrijfsspecifieke kennis en ervaring, die de aanvankelijk laag opgeleide operators hebben verkregen.

Het bij Zoetebiet uitgevoerde onderzoek is bedoeld als een evaluatie van het ontwerpproces en de huidige stand van de automatisering, in het bijzonder in relatie tot de operatortaken. Op het gebied van automatisering liep Zoetebiet binnen de VSB - en waarschijnlijk ook in Nederland - voorop. De concernleiding stelde prijs op een evaluatie alvorens andere vestigingen te gaan automatiseren volgens eenzelfde concept. Ook vanuit de COR was aange drongen op een evaluatie. Automatisering was echter geen hoofddoel bij de modernisering. In de eerste plaats ging het om een vergroting van de capaciteit, aanvankelijk met 4000 ton per dag en later nog eens met 1500 ton. Tezelfdertijd werd overgegaan van decentrale besturing bij de installaties naar centrale besturing vanuit een centrale bedieningsruimte (CBR) en een centrale bedieningsruimte kookstation (CBK). Zie voor een overzicht van de modernisering figuur 2.

Figuur 2. Deel van het moderniseringsproces Zoetebiet.





## 2. Investeringsbeslissingen

In het begin van de jaren zeventig begon de leiding van de TD discussies over de wenselijkheid van *centrale besturing* van het proces. De productieleiding voelde daar aanvankelijk weinig voor. Men had vooral weinig vertrouwen in het meten op afstand en in het laten vervallen van zintuigelijke metingen, zoals het kijken in ketels en het voelen en proeven van kooksel en stroop. De directies van Zoetebiet en de VSB hadden bovendien reserves om financiële redenen. Onder meer door bezoeken aan buitenlandse bedrijven liet de productieleiding zich toch overtuigen van de voordelen van centrale besturing. De directies zetten het sein op groen naar aanleiding van de CAO-onderhandelingen van 1976. Daarin werd per 1978 een overgang van drie- naar vierploegendienst overeengekomen. De directies zagen het als een uitdaging om de vierploegendienst in te voeren zonder een door de vakbonden beoogde uitbreiding van het personeelsbestand. Door over te schakelen op centrale besturing waren er minder operators per ploeg nodig. De aan de OR verschaft argumentatie van centrale besturing is samen te vatten met de slagwoorden betere procesbeheersing, vermindering van de onderhoudskosten en het scheppen van de mogelijkheid van computerbesturing in de toekomst.

Ook in het begin van de jaren zeventig maakte de VSB studies van de ontwikkelingen in de bietenverbouw en de suikerindustrie. Onafhankelijk daarvan presenteerde Zoetebiet op eigen initiatief een plan voor de *uitbreiding van de capaciteit*. De centrale gedachte uit dit plan werd onderdeel gemaakt van het concernbeleid. Kort na de beslissing om centraal te gaan besturen werd besloten de capaciteit in Zoetebiet met 4000 ton per dag te gaan uitbreiden.

Deze operatie kreeg de naam P4000 en werd noodzakelijk geacht door het groter worden van de door de VSB jaarlijks te verwerken hoeveelheid bieten, waardoor de campagnes vaak te lang duurden. Te

vroeg en te laat gerooide bieten hebben een lager suikergehalte, terwijl de boeren toch een bepaalde prijs en/of premie moet worden betaald. Bij een langere campagne is bovendien het tijdelijk personeel langer in dienst. Achtergronden van de noodzaak om meer op de kosten te letten waren de concurrentie van kunstmatige soorten zoet en - voor zover het de productie boven de EEG-quota betrof - de concurrentie van buitenlandse suiker. Lagere productiekosten beperken de financiële risico's daarvan.

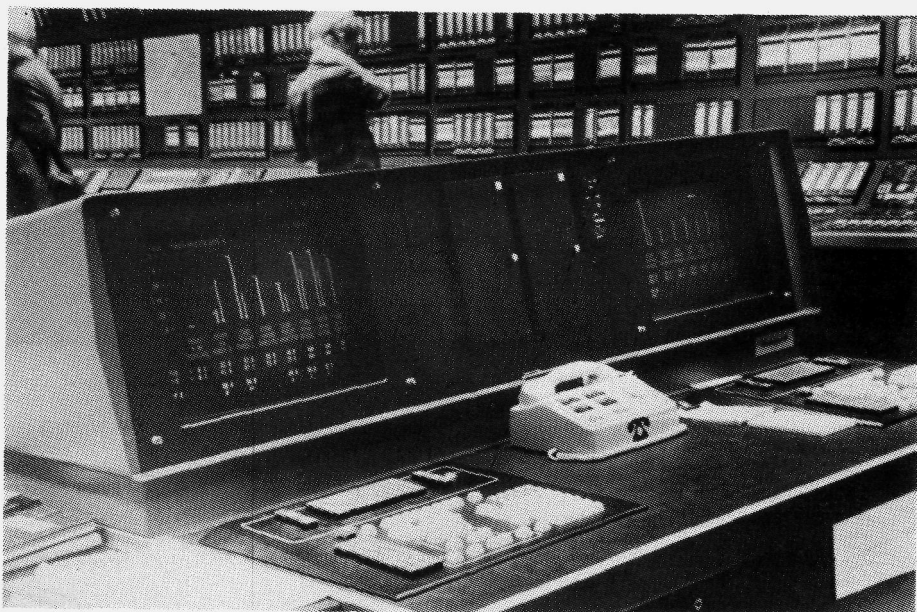
Daarnaast bestond de vrees dat men op den duur in besturingstechnologisch opzicht achter zou raken bij het buitenland met als gevolg relatief hogere kosten en een minder constante productkwaliteit dan de concurrent.

Gegeven deze achtergronden werden nog een aantal andere zaken nagestreefd bij de realisering van P4000. Door automatisering zou de procesbeheersing verbeterd moeten worden, bijvoorbeeld de regeling van het tempo in de hele fabriek, het weer opstarten van het proces na grote storingen, het bewaken van de energiehuishouding en het realiseren van een meer constante productkwaliteit. De arbeidskosten zouden relatief moeten dalen: meer productie per dag met hetzelfde aantal vaste en tijdelijke mensen en een korter dienstverband voor de tijdelijke mensen. Verwacht werd dat op den duur door centrale besturing en P4000 zelfs minder mensen nodig zouden zijn.

Tijdens de uitvoering van P4000 voerde de VSB opnieuw een studie uit met het oog op een lange termijn plan. In dat kader werd begin jaren tachtig besloten de kosten verder te verlagen door één vestiging te sluiten en bij twee vestigingen de capaciteit uit te breiden. Eén daarvan was Zoetebiet. Door de uitvoering van een nieuw project om de capaciteit uit te breiden (P1500) werd daar de capaciteit met 1500 ton per dag vergroot. Dat gebeurde door verbetering van de installaties en verdergaande automatisering zonder dat daarvoor meer vast personeel hoefde te worden aangenomen.

Deze investeringsbeslissingen kunnen in de termen van Bechtle

(1980:51) worden geïnterpreteerd als autonomiestrategieën, dat wil zeggen strategieën om de systeemexterne en de systeeminterne contingentie beter te beheersen. Naar buiten toe probeerde het management zich minder afhankelijk te maken van wereldmarktprijzen en het groeiproces van de bieten. Naar binnen toe werd een betere beheersing van het productieproces gerealiseerd door aanpassingen van techniek en organisatie.



Deel van de centrale bedieningsruimte (CBR).

### 3. Het ontwerpproces

De investeringsbeslissingen konden zonder veel verschil van mening worden genomen. De COR kwam bij het lange termijn plan wel in actie, maar kon - na raadpleging van een economisch adviseur - niet tot andere conclusies komen dan de concernleiding. Op aandringen van COR en vakbonden kwam er wel een uitgebreid sociaal plan voor de werknemers van de te sluiten vestiging.

Over de uitvoering van de investeringsbesluiten bestond minder eenstemmigheid. Er was voor P4000 slechts een raamplan met enkele globale aanduidingen voor vernieuwing van installaties en automatisering. Bij de invulling daarvan is de OR van Zoetebiet nauwelijks betrokken geweest. De partijen, die daarbij wel waren betrokken namen aan het ontwerpproces deel vanuit verschillende kennisachtergronden en verschillende invalshoeken (zie tabel 1).

Tabel 1. Kennisachtergronden en invalshoeken van deelnemers aan ontwerpproces

	directies	leiding productie	leiding techn. dienst	project management	ing. bureaus	org. bureaus	leveranciers
kennis	fin. econ. zaken; suikertech. specifiek	suiker-technologie specifiek	centrale besturing	project-management algemeen	suikertech. algemeen; installaties specifiek	organisatieverandering algemeen	besturings-technologie algemeen
invalshoek	capaciteit; produktiekosten	modernisering behoud interventies vaklieden	modernisering automatisering	planning coördinatie kosten	verkoop diensten	verkoop diensten	verkoop app. en software

Eén van de onderdelen, die uitgewerkt moesten worden was het automatiseringsbeleid. Wat moest er geautomatiseerd worden en hoe ver? De VSB startte daarvoor een Werkgroep Automatiseringsbeleid op concernniveau. De rapporten van deze groep, waarin werd aangedrongen op een integratie van het automatiserings- en sociaalorganisatorisch beleid, hebben weinig invloed gehad. Ze waren pas gereed toen P4000 al vrijwel uitgevoerd was. De in Zoetebiet gerealiseer-

de praktijk werd vervolgens het voorbeeld voor de andere vestigingen.

Gegeven het ontbreken van gedetailleerde plannen en van een automatiseringsbeleid en gegeven de verschillende kennisachtergronden en invalshoeken had de besluitvorming tijdens het ontwerpproces kenmerken van een 'afvalbaksituatie'. Met deze term van March en Olsen (1982:26,84) wordt bedoeld dat een beslissing een uitkomst of interpretatie is van verschillende betrekkelijk onafhankelijke "stromingen" in een organisatie. De keuzesituatie is een soort afvalbak, waarin de participanten verschillende problemen en oplossingen dumpen. Daar komt dan uiteindelijk iets uit, maar dat laat zich niet beschrijven als het resultaat van een logische procedure.

Uiteraard kan men ook in een 'afvalbaksituatie' niet zomaar iets inbrengen. In het geval van Zoetebiet moesten de participanten hun oplossingen minstens technisch of economisch motiveren.

Voor de uitvoering van P4000 werd een projectorganisatie in het leven geroepen met een besluitvormend Coördinatieteam en een Projectteam, dat plannen voorbereidde en de uitvoering ervan controleerde. Het Projectteam werd bijgestaan door meerdere projectgroepen, die zich met onderdelen van het project bezighielden. In de projectorganisatie waren economisch, technisch en productiemanagement vertegenwoordigd, alsmede het belangrijkste van de ingehuurde ingenieursbureaus. In de marge waren personeelszaken en OR vertegenwoordigd (verbijfsruimtes, was- en kleedgelegenheden, ploegendienstroosters).

### *Centrale bedieningsruimtes*

De leiding van de TD was voorstander van één centrale bedieningsruimte. Deze zou in principe overal kunnen worden gebouwd, ook buiten de fabriek. De productieleiding echter verbond aan instemming met centrale besturing de voorwaarde dat de operators vanuit de bedieningsruimte fysiek en zintuiglijk contact met het

productieproces moesten kunnen houden. Daarom kwam er een CBR in de fabriek. Later werd vanuit dezelfde gedachtengang besloten voor het koken een aparte bedieningsruimte (CBK) te maken, dichtbij en met zicht op de kookpannen.

De positieve ervaringen met centrale besturing in Zoetebiet hebben er evenwel toe geleid dat later in andere vestigingen van de VSB voor één bedieningsruimte is gekozen.

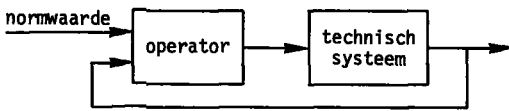
#### *De centrale bedieningsruimte (CBR)*

Bij het ontwerp van de CBR is vooral uitgegaan van de toen bestaande deelprocessen in de fabriek, zoals sapwinning, sapzuivering, verdamping, en andere. De verdeling van regeltaken over de operators sloot hierbij aan. In de loop van P4000 en P1500 werden steeds meer regeltaken naar de CBR gebracht en verdeeld over de daar werkzame vier operators per ploeg.

De keuze van het soort electronisch regelsysteem was geen belangrijk punt van discussie bij de aanvang van P4000. Een onderscheid dient te worden gemaakt tussen automatiseringsgraad (de mate waarin de regeling van het systeem aan de operator dan wel aan de automaat is overgelaten; zie figuur 3) en de meestal daarvan afgeleide instrumentatie (bijvoorbeeld analoge signalering en besturing op panelen of digitale besturing met behulp van procescomputers en beeldschermen). De centralisatie van de besturing in Zoetebiet betekende dat reeds decentraal half geautomatiseerde regeltaken naar de CBR werden gebracht en dat nog bestaande handmatige taken werden vervangen door half geautomatiseerde regelingen. In termen van automatiseringsgraden vond tegelijk met de centralisatie van de besturing een voltooiing plaats van automatiseringsgraad niveau II: automatische regeling. Deze uitspraak heeft betrekking op de globale ontwikkeling. Er zijn nog wel verschillen tussen afzonderlijke regeltaken.

**Figuur 3. Automatiseringsgraden (Ekkers e.a., 1980).**

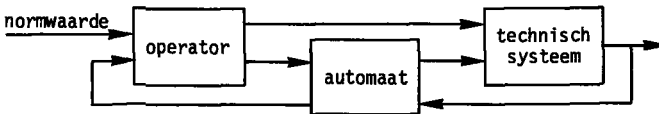
**Niveau I: Handmatige regeling**



bestaande configuratie '40-'50

De operator is direct ingeschakeld bij de regeling van het systeem en is volledig opgenomen in de gesloten regelkring.

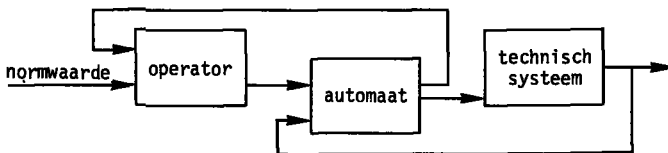
**Niveau II: Automatische regeling**



eerste toepassingen '50-'60

Bepaalde regelacties worden door de operator verricht, andere ingrepen worden door de auto-maat verricht.

**Niveau III: Superviserende regeling**



eerste toepassingen '60-'70

Het technisch systeem wordt door de auto-maat geregeld, de operator heeft voornamelijk een bewakende functie.

De aard van de instrumentatie veranderde slechts gedeeltelijk. De bij de installaties geplaatste panelen werden als het ware overgebracht naar de CBR. Daaraan toegevoegd werden instrumenten voor signalering en besturing met betrekking tot taken die voorheen handmatig of zintuiglijk werden uitgevoerd, bijvoorbeeld het zien en regelen van vloeistofniveaus in ketels. Aan de operators is gevraagd welke informatie er volgens hen op de panelen in de CBR moest komen. De ontwerptekeningen werden echter niet met hen besproken. Overwegingen daarbij waren, dat zij die moeilijk zouden kunnen lezen en dat er een geweldige tijdsdruk was. Er waren in die tijd al procescomputers op de markt. Maar - achteraf gevraagd

- men heeft daaraan geen aandacht besteed omdat die nog weinig op hun werking in de praktijk waren getoetst.

Werd over de automatiseringsgraad en de instrumentatie niet expliciet uitgegaan van keuzemogelijkheden, dat was wel het geval ten aanzien van de leverancier van de regelapparatuur in de CBR. Door Zoetebiet werd het merk X overwogen vooral vanwege de relatief lage kosten. De VSB-leiding besloot echter om apparatuur van het merk Y te nemen vanwege de bestaande relaties met de firma Y, de wenselijkheid van standaardisatie binnen de VSB, de kwalitatief betere apparatuur, de wereldnaam van de firma Y op dit gebied en ook vanwege de opleidingen, die de firma Y kon verzorgen voor bedieningsmensen.

De automatiseringskosten waren door het ingenieursbureau ver onderschat. Daarom werden bezuinigingsrondes ingelast, waardoor regeling van bepaalde installatie-onderdelen via de CBR tijdelijk werd uitgesteld.

Toen na voltooiing van P4000 de beslissing voor P1500 was genomen werd duidelijk dat deze nieuwe capaciteitsuitbreiding mede gerealiseerd moest worden door automatisering van meer procesdelen. De CBR was echter zodanig in de fabriek gebouwd, dat er geen ruimte meer was om daar nog meer bedieningspanelen te plaatsen. Door alle geïnterviewden wordt dit als belangrijkste reden genoemd om geleidelijk over te gaan op besturing met behulp van procescomputer en beeldschermen, waarvoor minder ruimte nodig is. De leiding van de TD had daarbij ook in het achterhoofd dat dit in principe een hoger automatiseringsniveau in de toekomst mogelijk zou maken. Van een kwalitatieve keuze tussen technische systemen was nauwelijks sprake. De op de markt aangeboden systemen verschillen niet veel. Gediscussieerd werd over Y en over Z. In prijs was er tussen beide systemen weinig verschil. Uiteindelijk is voor de firma Z gekozen met als doorslaggevende reden, dat het Z-systeem zijn bruikbaarheid in de praktijk (van andere fabrieken in de procesindustrie)



al veel beter had bewezen dan de procescomputers van de firma Y. In de tijd dat deze keuze gemaakt moest worden was er bij Zoetebiet al ervaring met de procescomputers van de firma Y in het kookstation (zie volgende paragraaf). Vooral de programmatuur had veel problemen opgeleverd.

Met de invoering van het Z-systeem bleef het aantal operators in de CBR gelijk. Ieder kreeg er echter meer regeltaken bij. De automatiseringsgraad bleef min of meer hetzelfde, de instrumentatie veranderde ingrijpend.

#### *Centrale Bedieningsruimte Kookstation (CBK)*

Voor een analyse van het ontwerpproces van de CBK moeten we weer even terug in de tijd, want dat vond plaats vóór P1500 en wel als onderdeel van P4000. Bij de besturing van de kookpannen vonden de grootste veranderingen in het hele ontwerpproces plaats. Van handwerk en direct zintuiglijk waarnemen van het proces werd ineens overgeschakeld op procescomputers. Om de overgang niet te groot te maken werden aanvankelijk ook twee andere mogelijkheden onderzocht: analoge systemen met relaisbesturing en met PLC's. Voor al deze automatiseringsmogelijkheden zijn aan meerdere firma's offertes gevraagd. Na nauwelijks te traceren discussies over kosten, prestaties van systemen, bedieningsgemak, ervaring van firma's, opleidingsmogelijkheden etc., waarbij verschillende en soms wisselende standpunten werden ingenomen is uiteindelijk gekozen voor procescomputers van de firma Y.

Geconcludeerd mag worden dat de opvattingen van voorstanders van verdergaande automatisering en de in die periode goede relaties met de firma Y de doorslag hebben gegeven.

Door het vrijwel ontbreken van ervaring met automatisch koken in de suikerindustrie kostte de ontwikkeling van de programmatuur veel meer tijd en geld dan was voorzien. De chefs TD en productie hebben zich hiermee persoonlijk intensief bezig moeten houden (stappenplan, simulating). Zij hadden er belang bij om de

wantrouwige buitenwacht te laten zien dat automatisch koken kon. Bij de start van de eerste campagne na de bouw van de CBK werd zowel op hand als met de computer gekookt. De praktijk viel niet tegen al moest er nog veel worden aangepast. De voorstanders - voornamelijk vanuit de productie - om de mogelijkheid van decentrale handbediening bij de pannen te handhaven kregen ongelijk. Het automatisch koken werd technisch een succes. Voor de bediening zijn twee operators nodig.

De automatiseringsgraad ontwikkelde zich in één keer van niveau I (handmatige regeling) tot niveau III (superviserende regeling) met de daarvoor benodigde instrumentatie van procescomputers, toetsenborden en beeldschermen.

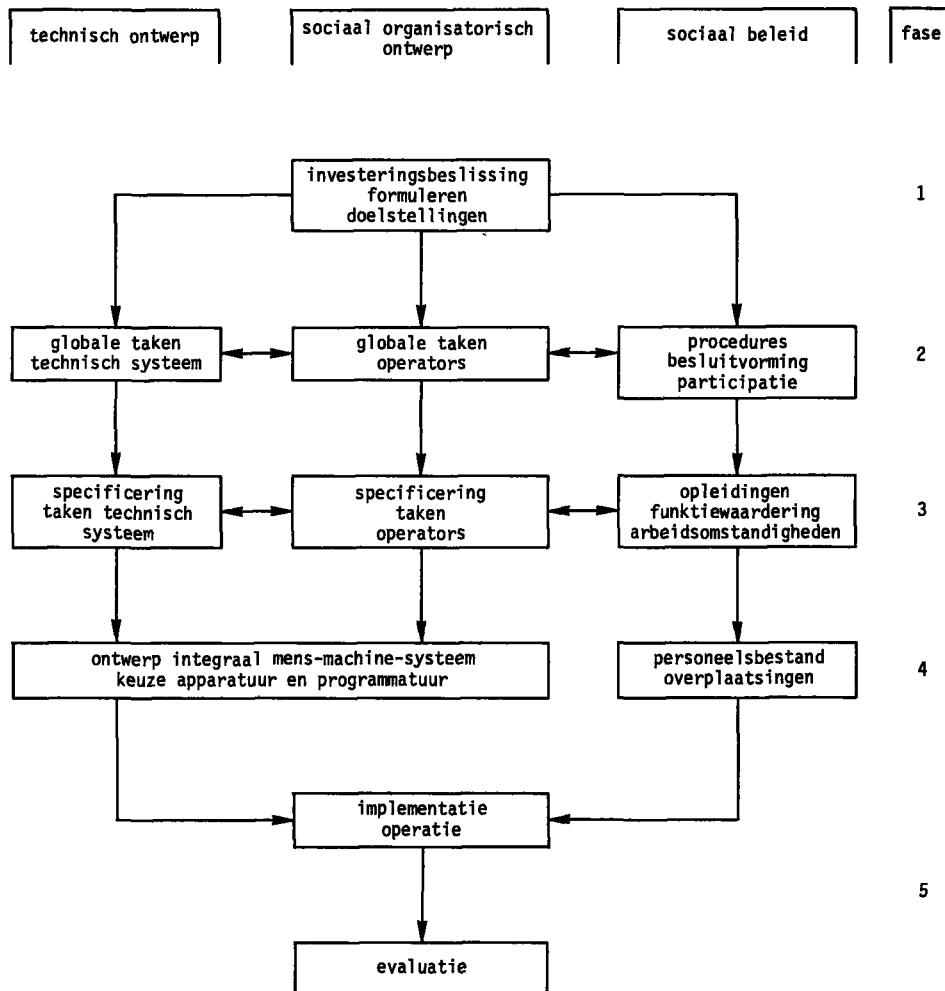
#### *Overige aspecten van het ontwerpproces*

Overwegingen van sociaal-organisatorische aard en van sociaal beleid hebben in het ontwerpproces nauwelijks een rol gespeeld. Uitgangspunten - naar economische en technische overwegingen - waren slechts dat er twee controlekamers moesten komen en dat de groepering van operatortaken in de CBR en de CBK min of meer zou moeten aansluiten bij de taakverdeling (te besturen procesonderdelen) in de voorheen bestaande situatie van decentrale besturing. Veranderingen in de arbeidsorganisatie, zoals samenvoeging van ondersteunende technische diensten en het verdwijnen van de opzichter in de controlekamers zijn achteraf vastgelegd in nieuwe schema's. Activiteiten van een organisatiebureau hebben volledig los gestaan van het ontwerpproces en begonnen pas na uitvoering van P4000. Opleidingen werden ad hoc geregeld. Bij het al dan niet verbeteren van werkomstandigheden gaven kostenargumenten vaak de doorslag. Herclassificatie van de operatorfuncties en herziening van de beloning (meestal een verbetering) vonden pas enige tijd na de veranderingen plaats op aandrang van de OR. Uiteindelijk is niemand gedwongen ontslagen.

Een gevolg daarvan was dat operators lange tijd onzeker zijn

geweest over de gevolgen van de modernisering voor de kwaliteit van de arbeid, de beloning en de werkzekerheid.

Figuur 4. Vereenvoudigd ontwerpschema nieuw mens-machine-systeem.



In termen van het ontwerpschema in figuur 4 heeft de nadruk gelegen op het technisch ontwerpproces. Daarbij kon de VSB zich een flinke overschrijding van de begroting permitteren, gegeven de financiële positie van het concern en in de verwachting van revenuen op langere termijn.

#### 4. Functieverschillen tussen operators CBR en CBK

Alvorens de functieverschillen te analyseren volgen hier eerst de gehanteerde evaluatiecriteria. Bij een evaluatie van de rol van de operator zijn in eerste instantie van belang de karakteristieken van informatieverwerkende (IV-)taken die de operator zijn toebedeeld. Voor de studie is met betrekking tot de operator IV-taken met de volgende criteria gewerkt (zie ook Price et al., 1982):

1. Er dient sprake te zijn van een daadwerkelijke verdeling van IV-taken over mens en automaat. Bijvoorbeeld, operator niet alleen passieve bewaker.
2. Er dient sprake te zijn van een spreiding van de complexiteit van de operator IV-taken. Bijvoorbeeld, niet alleen IV-taken van lage moeilijkheidsgraad, maar ook van een hogere moeilijkheidsgraad.

Wat betreft 'complexiteit' is gebruik gemaakt van het model van Rasmussen (1979). Hierin wordt een typering gegeven van de menselijke IV-taken bij stuur- en regeltaken. De classificering vindt plaats op een drietal niveaus. Die niveaus worden hier opgevat als een indicatie van de complexiteit van de IV-taken.

De te onderscheiden niveaus zijn:

- a. IV gebaseerd op Vaardigheid en Routine (*basisniveau*; voor de IV is er een directe relatie tussen (paneel) signaal en de operator (bedienings) handeling);
  - b. IV gebaseerd op Regels (*middenniveau*, de verbinding tussen signaal en handeling komt tot stand via bepaalde - aangeleerde, voorgeschreven - regels);
  - c. IV gebaseerd op Kennis (*hoger niveau*, verbinding tussen signaal en handeling volgt uit een te ontwikkelen planning, regelstrategie).
3. De operator IV-taken moeten passen bij de menselijke vermogens van informatieverwerking. Bijvoorbeeld, IV-taken die langere

tijd niet kunnen worden onderbroken (bijvoorbeeld >20 min.) passen niet bij menselijke IV-karakteristieken.

Wat betreft het aspect of de IV-taken 'passen' bij de menselijke vermogens is uitgegaan van de uitspraken in een tweetal lijsten (zie Price, e.a., 1982). Hierin is aangegeven of een bepaald type activiteit bij voorkeur niet óf juist wel tot het menselijk taakdomein zou moeten behoren. Elke uitspraak wordt opgevat als een vraag. Bijvoorbeeld: komt het in een taak voor dat de operator vanuit diverse bronnen patronen en trendontwikkelingen van procesgegevens moet vaststellen. Wanneer op deze wijze geconstateerd wordt dat de operator een bepaalde activiteit moet uitvoeren die bijvoorkeur niet tot het menselijk taakdomein behoort, wordt dat aangemerkt als een cognitief minpunt (C-P). In de tegenovergestelde situatie wordt gesproken van een 'C+P'.

4. In de taaksituatie zijn er ten aanzien van de operator IV-taken geen belangrijke knelpunten. Bewaking, bediening en communicatie zijn qua handelingen en -structuur uitvoerbaar.

In een geautomatiseerd mens-machine-systeem dient de arbeidssituatie ook zo goed mogelijk te voldoen aan de eisen die daaraan gesteld kunnen worden uit een oogpunt van menselijke behoeften. Dergelijke sociaal-psychologische (SP) aspecten zijn enerzijds van belang uit humane overwegingen. Ze kunnen anderzijds van belang zijn om redenen van effectiviteit en efficiëncy van de procesvoering. Bijvoorbeeld, als een operator voortdurend onderbelast is kan dat leiden tot een gebrek aan satisfactie en motivatie, tot verslechterde taakuitvoering en tot consequenties voor het proces in technisch en economisch opzicht. Voor de studie is met betrekking tot de SP-aspecten met de volgende criteria gewerkt (zie ook Ekkers e.a., 1980):

5. De arbeidssituatie kenmerkt zich niet door een voortdurende onder- of overbelasting van de operator. Bijvoorbeeld, bij

mentale taken neemt de kwaliteit van de menselijke prestatie af bij onder- of overbelasting.

6. In het handelen van de operator is er ruimte voor zelfstandig te nemen beslissingen. Als de operator de (mede)verantwoordelijkheid draagt voor de realisatie van systeemdoelen, dient hij deze verantwoordelijkheid ook waar te kunnen maken. Deze zelfstandigheid kan betrekking hebben op de volgende taakaspecten:

- *operatie*. Een regeling valt onder operatie als het gaat om de directe regeling van een procesgrootte (bijvoorbeeld een temperatuur) in een stuk van de installatie;
- *coördinatie*. De regeling maakt gebruik van meer dan één procesgrootte (een temperatuur en een druk). Het effect van andere belangrijke procesgroottes wordt meegenomen om zo een betere afstemming te bewerkstelligen;
- *optimalisatie*. Steeds wordt, in de tijd, de optimale waarde van een procesgrootte bepaald op basis van het maximaliseren of minimaliseren van een bepaald criterium. Zo'n criterium wordt afgeleid uit procesdoelstellingen en -randvoorwaarden en wordt uitgewerkt in een wiskundige formule. Vaak zijn veel berekeningen noodzakelijk; een computer is dan ook een onontbeerlijk hulpmiddel.

7. De voor het werk vereiste en door personen aangeboden kwalificaties (kennis en kunnen) zijn zo goed mogelijk met elkaar in overeenstemming. Er worden in dit opzicht geen te lage of te hoge eisen aan de operators gesteld.

8. De operator werkt niet in een sociaal-geïsoleerde positie, er zijn functionele en sociale contacten.

De genoemde criteria (1 t/m 8) zijn onderling niet onafhankelijk. Moet bijvoorbeeld de operator IV-taken uitvoeren die niet 'passen' bij de mens (3), kan dat leiden tot een te hoge moeilijkheidsgraad (2), te hoge belasting (5) en een discrepantie tussen vereiste en aangeboden kwalificaties (7). Het nalopen van de volledige lijst

van criteria dient ertoe het 'eigenlijke' knelpunt aan te kunnen wijzen. In dit voorbeeld is dat het moeten uitvoeren van IV-taken die niet passen bij de mens (3).

Ter illustratie van gevonden functieverschillen is in tabel 2 de evaluatie weergegeven van twee van de geanalyseerde functies: sapwinning (CBR) en koken (CBK).

Tabel 2. Model van samenvatting resultaten deelstudie 'beschrijving en analyse operatortaken'.

criteria	functies	
	operator sapwinning	operator koken
1	IV verdeeld over operator en automaat	IV voornamelijk voor rekening automaat
2	basis, midden hoger	basis
3 C-P	geen	geen
C+P	meerdere taken	geen
4	enkele specifieke knelpunten	geen knelpunten
5	hoge taakbelasting	lage taakbelasting
6	zelfstandig, relatief grote 'ruimte' t.a.v. proces besturing; belangrijkste coördinatie- en optimalisatie-activiteiten uit te voeren door operator	zelfstandig, geringe 'ruimte' t.a.v. proces besturing; in essentie alleen operatie-activiteiten
7	overeenstemming aangeboden en vereiste kwalificaties	meer kwalificaties aangeboden dan vereist
8	frequente functionele contacten, overige sociale contacten mogelijk	functionele contacten, overige sociale contacten

De hoge taakbelasting wordt door de betreffende operators sapwinning niet als té hoog ervaren. Taakinhoudelijk scoort de functie sapwinning beduidend beter dan de functie koken. Dit hangt rechtstreeks samen met het verschil in automatiseringsgraad van de besturing van procesdelen, die vanuit de CBR en vanuit de CBK worden geregeld. In de CBR worden weliswaar operatietaken en voor een groot deel ook coördinatietaken door de computer uitgevoerd, maar is de optimalisatie in handen van de operators gebleven. In de CBK vindt ook de optimalisatie automatisch plaats en blijft voor de operators een overwegend passieve bewaking over.

Deze verschillen zijn niet het resultaat van gemaakte keuzes door de betrokkenen bij het ontwerpproces. In de loop van het ontwerpproces heeft automatisering een steeds grotere aandacht gekregen. Hoewel niet als zodanig door de betrokkenen geformuleerd heeft eigenlijk in de praktijk het streven naar een zo hoog mogelijke automatiseringsgraad en het automatiseren van de besturing van zoveel mogelijk procesdelen de overhand gekregen. De verschillen in automatiseringsgraad kunnen dan ook vooral worden teruggevoerd op de automatiseerbaarheid van de onderscheiden procesdelen. In het begin van het productieproces, bijvoorbeeld bij de sapwinning, is de te verwerken grondstof niet erg homogeen. Bijvoorbeeld is het suikergehalte en het gehalte van niet-suikers voor verschillende partijen bieten anders. Dat betekent dat de instelwaarden (setpoints) voor de procesvoering niet precies zijn vast te leggen en dus ook niet of moeilijk in een computerprogramma op te nemen. Het optimaliseren blijft een taak van de operator, die een grote kennis van het proces moet bezitten. Tegen de tijd dat de te verwerken sapstroom in het kookstation komt heeft de grondstof al zoveel bewerkingen ondergaan dat er sprake is van een homogene massa. Daarvoor zijn de setpoints goed vast te stellen en dus kan de optimalisatie automatisch gebeuren.



## *Discussie*

Deze functieverschillen hebben ook in Zoetebiet achteraf tot enige discussie bij de bedrijfsleiding geleid over de wenselijke verdeling van taken over operator en machine. Op basis van de onderzoeksliteratuur (zie literatuuropgave) kunnen vier mogelijkheden worden onderscheiden in het geval, dat reeds gekozen is voor besturing met behulp van een procescomputer.

1. De procescomputer doet operaties en coördinaties; de operator optimaliseert. De operator heeft gedetailleerde kennis van het proces nodig, ziet vroeg storingen aankomen en heeft grote verantwoordelijkheid.
- 2a. De procescomputer doet ook de optimalisatie; de operator bewaakt. Er is weinig proceskennis nodig, storingen worden later gesignaleerd; er is vaak sprake van onderbelasting en soms van eenzame functies.
- 2b. De procescomputer doet ook de optimalisatie; de operator bewaakt en gebruikt de vrijgekomen tijd voor eenvoudige veldoperatortaken en eenvoudige onderhoudstaken. Er is weinig proceskennis nodig en onderhoudskennis op een laag niveau. Storingen worden later gesignaleerd, de arbeidsbelasting kan hoog worden en soms is sprake van eenzame functies.
- 2c. De procescomputer doet ook de optimalisatie; de operator bewaakt en is meer betrokken bij procesvernieuwing en bij verbetering van de besturingsprogrammatuur. Er is gedetailleerde kennis nodig van het proces en van (het ontwikkelen van) besturingsprogrammatuur. De operator kan een deel van de storingen zelf oplossen. Soms komen eenzame functies voor.

In de praktijk is er een tendens naar optimalisatie door de procescomputer, als de eigenschappen van het proces dat mogelijk maken. Na een aanvankelijke situatie 2a volgt meestal een situatie 2b. Vergaande automatisering blijkt echter belangrijke nadelen te hebben, vooral kwetsbaar te zijn. Daarom is een discussie ontstaan

over de vraag of de capaciteiten van operators niet beter benut moeten worden uit oogpunten van effectiviteit en efficiency. Met name in de chemische industrie leidt die discussie tot experimenten met situatie 2c. Uit een oogpunt van kwaliteit van de arbeid verdienen de situaties 1 en 2c de voorkeur.

Bij Zoetebiet lijken de huidige operatortaken in de CBR het meest op situatie 1. Wanneer dat technische mogelijk is en wenselijk wordt geacht om de procescomputer meer te laten optimaliseren, verdient het toewerken naar situatie 2c de voorkeur. In de CBK lijken de huidige operatortaken het meest op situatie 2a. Het realiseren van situatie 2c is ook daar aan te bevelen. Met een combinatie van CBR en CBK in één centrale regelkamer zijn beide doelen tegelijkertijd eenvoudiger na te streven.

## 5. Conclusies

Hoewel de mogelijkheden van verschillende automatiseringsgraden zijn onderzocht, is in de praktijk steeds gekozen voor de hoogst mogelijke automatiseringsgraad. Deze was verschillend voor onderscheiden procesdelen. Daar er weinig verschil is tussen de op de markt aangeboden procescomputers werd de keuze van leveranciers bepaald door een combinatie van overwegingen betreffende de prijs, de goede naam van de leverancier en de extra geboden faciliteiten, zoals opleidingen.

Bij de start van het ontwerpproces waren er alleen technische en economische raamplannen. Door het ontbreken van een vooraf opgesteld automatiserings- en organisatieplan kreeg de invulling van die plannen kenmerken van een 'afvalbaksituatie'. Meerdere participanten dumpten hun problemen en oplossingen. Daar komt uiteindelijk iets uit, al was te voren niet precies te voorzien wat.

Dat capaciteitsuitbreiding en automatisering bedrijfsmatig gezien toch een succes zijn geworden hangt vermoedelijk samen met het 'organisch' karakter waardoor de organisatie in Zoetebiet was gekenmerkt. Dat maakte intensief informeel overleg tussen bij het ontwerpproces betrokken partijen mogelijk. Dit informeel overleg is wellicht nog belangrijker geweest dan de opgezette projectorganisatie.

Van een planmatige aanpak met een geïntegreerde benadering van techniek, organisatie en sociaal beleid (figuur 4) was geen sprake.

In het ontwerpproces is vrijwel geen aandacht besteed aan de arbeidsorganisatie (met uitzondering van de keus voor twee controlekamers) en de functie-inhoud. De uiteindelijk resulterende verschillen in functie-inhoud tussen operators uit de twee controlekamers zijn een gevolg van verschillen in automatiseringsgraad. Deze verschillen zijn weer terug te voeren op de mate van automatiseerbaarheid van onderscheiden procesdelen.

De betrokkenheid bij het ontwerpproces van operators, middenkader, personeelszaken en OR was minimaal.

Noot

1. Het onderzoek betreffende een evaluatie van de procesautomatisering en operatortaken bij Zoetebiet van de VSB heeft een tweeledige doelstelling gehad. Enerzijds is er een analyse gemaakt van de taken van de operator in samenhang met de automatisering van het productieproces, terwijl anderzijds het ontwerpproces (1974-1984) dat tot deze operatortaken heeft geleid is geanalyseerd. De analyses van de operatortaken hebben tijdens de campagne van 1983 plaatsgevonden, terwijl daarnaast tijdens de campagne van 1984 nog een aanvullende gegevensverzameling heeft plaatsgevonden. Het onderzoek bestond uit een achttal deelprojecten die in de vorm van een samenwerkingsverband van vier TNO-instituten werden uitgevoerd: IWECO Delft, MT Apeldoorn, NIPG Leiden en IZF Soesterberg. De projectleiding was in handen van Kees Pasmooij (NIPG). De onderwerpen van deze deelprojecten waren de volgende:

- productieproces en deelprocessen;
- procesbeheersingssysteem;
- operatortaken;
- selectie, opleiding en training;
- procedures en werkinstructies;
- instrumentatie en informatiestromen;
- ergonomie werkplek en werkomgeving;
- het ontwerpproces.

Naast de deelrapporten is een samenvattend eindrapport verschenen. Alle rapporten zijn vertrouwelijk.

Dit artikel bevat de hoofdpunten uit de deelrapporten operatortaken en ontwerpproces. De gegevens zijn verzameld middels observaties, documenten en interviews met operators en vertegenwoordigers van de verschillende groepen betrokkenen in het ontwerpproces.

SUMMARY

Automation of a beetsugar production plant: designprocess and operatortasks

Frank Pot and Alfred Brouwers

The technological and economic determination of workorganisation and job content has been questioned the last years. Recent research focuses more on designprocesses and decisionmaking.

This article is an analysis of choice opportunities regarding technology and workorganisation during the automation of a beet-sugar production plant. Little attention has been paid by the designers to problems of work and workorganisation. The resulting operatortasks in two control rooms differ as a consequence of different levels of automation of the production processes that are controlled from these rooms. On the highest level of automation (computer-controlled processes) the complexity of the tasks is far less as compared to the lower level. This can be considered as degradation. The influence of operators, middle management and worker representatives was minimal during the designprocess and in decisionmaking.

## LITERATUUR

- BECHTLE, G. Betrieb als Strategie. Theoretische Vorarbeiten zu einem industriesoziologischen Konzept. Frankfurt, Campus, 1980.
- BOCKHOLTS, P., A.A.F. BROUWERS, A.A.M. KOP, C.K. PASMUIJ, W. VELDHUYZEN, J. VERMEULEN. De operator bij procesautomatisering: een visie vanuit TNO. Delft, TNO, 1983.
- BROUWERS, A.A.F. Automation and the human operator; effects in process operations. In: Ergonomic Problems in Process Operations. Organized by the Institution of Chemical Engineers in association with the Ergonomics Society. University of Aston, Birmingham, Pergamon Press, 1984.
- BROUWERS, A.A.F. Operatortaken bij procesautomatisering. I<sup>2</sup> Procestechiek, verschijnt begin 1986.
- BUCHANAN, D.A. and J. BESSANT. Failure, uncertainty and control: the role of operators in a computer integrated production system. Journal of Management Studies 22:3, 1985, 292-308.
- CHRISTIS, J. Automatisering in de procesindustrie. Tijdschrift voor Politieke Economie, jg. 8 nr. 3 (maart 1985), 54-73.
- CHRISTIS, J. Automatisering, werknemersbelangen en bedrijfsinformatie. Deel 5. Case-study UKF Pernis. Amsterdam, FNV, 1985.
- CORIAT, B. Différenciation et segmentation de la force de travail dans les industries de proces. In: La division du travail. Paris, Galilée, 1978, 109-122.
- EKKERS, C.E., A.A.F. BROUWERS, C.K. PASMUIJ, P.M. DE VLAMING. Mens en Arbeid: effecten van automatisering. Den Haag, SER/COB, 1980.
- ELDEN, M. et al. Good technology is not enough. Automation and work design in Norway. Trondheim, IFIM, 1982.
- HENDRIKS, H. Automatisering, werknemersbelangen en bedrijfsinformatie. Deel 2. Case-study Heineken Den Bosch. Amsterdam, FNV, 1985.
- KERN, H. und M. SCHUMANN. Das Ende der Arbeitsteilung? Rationalisierung in der industrielle Produktion. München, Beck, 1984.

- KOOL, A. DE. Turbulentie in een drukvat. Verslag van een onderzoek. Rotterdam/Goes, Instituut Normen en Waarden/Industriebond FNV Zeeland, 1984.
- KRAGT, H. Operator tasks and annunciator systems. Proefschrift, TH-Eindhoven. Eindhoven, De Witte, 1983.
- LANCKER, A. VAN. Flexibiliteit en kwalificatie. Polyvalentie in de Antwerpse petrochemie. Paper Sociologendagen Amsterdam 25-26 april 1984.
- LEVIE, H. et al. Workers and new technology; disclosure and use of company information. Summary report including profiles of twenty case-studies. Oxford, Ruskin College, 1984.
- MARCH, J.G. and J.P. OLSEN. Ambiguity and choice in organizations. Bergen, Oslo, Tromsø, Universitetsforlaget, 2.ed., 1982.
- PRICE, H.E., R.E. MAISANO & H.P. VAN COTT. The allocation of functions in man machine systems: a perspective and literature review NUREG-CR-2623. Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratories, 1982.
- RASMUSSEN, J. On the structure of knowledge; a morphology of mental models in a man machine system context (Report No. M-1983). Risø, Denmark, Risø National Laboratories.
- RIJNSDORP, J.E. Procesautomatisering moet fasegewijs geschieden. Procestechnologie - no. 5 - 1985, 25-29.
- STEEN, J. and P. ULLMARK. The dairy study. Stockholm, Arbetslivscentrum, 1984.
- WOODWARD, J. Industrial organization: theory and practice. London, Oxford University Press, 1965.

**HUISDRUKKERIJ NIPG-TNO**