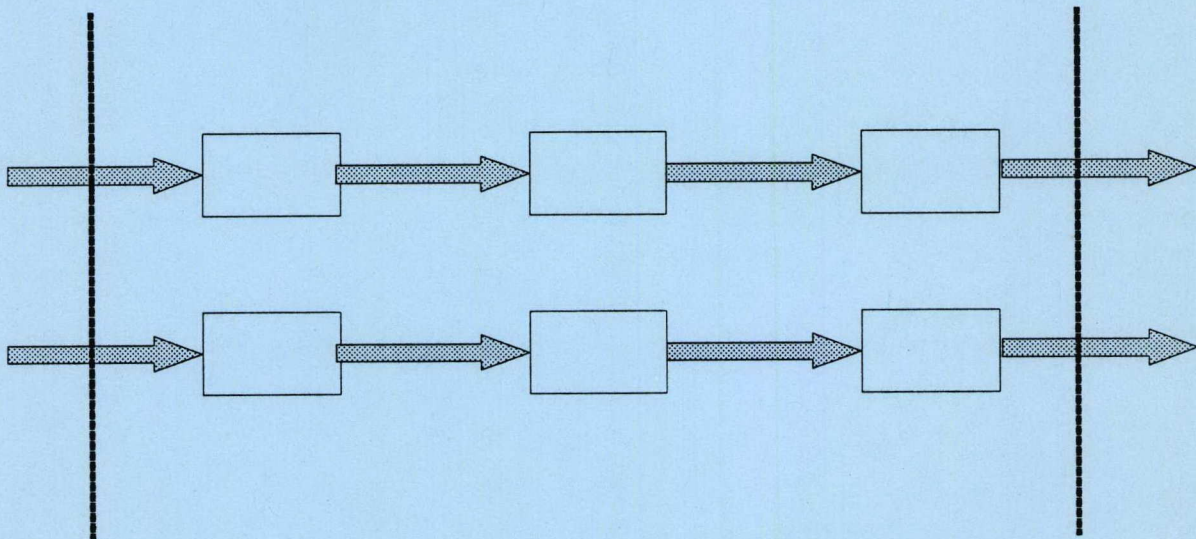


45/
1557

ERGONOMISCHE RICHTLIJNEN

LOGISTIEKE PLANNINGSFUNKTIES



Eindverslag
E.G.K.S.-onderzoek
7249/11/035



Hoogovens
IJmuiden



IZF - TNO
Soesterberg

Ontwikkeling van Ergonomische Richtlijnen ten behoeve van
logistieke planningsfuncties in de staalindustrie waarin
geautomatiseerde planningsystemen worden gebruikt

Eindverslag

E.G.K.S.-project

7249/11/035

Nederlands Instituut voor
Arbeidsomstandigheden NIA
bibliotheek-documentatie-informatie
De Boelelaan 30, Amsterdam-Buitenveldert

ISN-nr.
plaats
datum

7499
45-557

09 JAN. 1991

© TNO – All rights reserved

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 op welke wijze dan ook, zonder
voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

IJmuiden, september 1991

VOORWOORD

De toepassing van automatisering bij de beheersing van de primaire produktieprocessen in de staalindustrie neemt nog steeds toe. Enerzijds betekent dit verdergaande automatisering van installaties, maar anderzijds betekent dit ook dat bij de planning van de materiaalstroom door de opeenvolgende installaties steeds meer van geautomatiseerde planningssystemen gebruik gemaakt wordt. Daardoor ontstaan ook nieuwe functies, waarin planningsfunktionarissen de taak hebben de bewerking en het transport van de materiaalstroom zo goed mogelijk te beheersen.

In dit E.G.K.S.-onderzoek staat de logistieke planningsfunctie Produktie-coördinator Oxystaalfabriek 2 (Proco) centraal. Dit is een typisch voorbeeld van een logistieke planningsfunctie in de staalindustrie, waarbij sprake kan zijn van momenten van (hoge) mentale belasting. Een belangrijke ergonomische invalshoek bij de analyse van oorzaken van (hoge) mentale belasting is de interface tussen mens en machine (computer), in dit geval de interface tussen de logistieke planner en het geautomatiseerde planningssysteem. In het onderzoek wordt met name ingegaan op de kwaliteit van de informatiepresentatie aan de logistieke planners. Op basis van een analyse van de cognitieve processen die bij logistieke planning aan de orde zijn, is een verbeterd interface ontwikkeld voor de functie van Proco.

Het onderzoek is uitgevoerd in een samenwerkingsverband tussen de afdeling Arbeidsomstandigheden/Ergonomie van Hoogovens IJmuiden en het Instituut voor Zintuigfysiologie TNO (IZF-TNO) te Soesterberg. In dit eindrapport zijn de deelrapportages geïntegreerd die in verschillende fasen van het project tot stand zijn gekomen. Het onderzoek bestaat uit twee fasen. In fase 1 ligt de nadruk op een analyse van de taak van de Proco, de randvoorwaarden waaronder deze taak wordt uitgevoerd en de "kritische beslissingssituaties" waarin de Proco gebruik maakt van informatie. In fase 2 is een experiment uitgevoerd waarbij het beslissingsgedrag van de Proco en de daarbij behorende mentale belasting nader is onderzocht. Op basis van verschillende bevindingen, zowel uit het experiment als uit observaties en interviews, is uiteindelijk een herontwerp van het interface ontwikkeld.

De eindrapportage berust voor wat betreft de eerste fase vooral op de deelrapportage door E.J.P. Buijssen (Hoogovens IJmuiden); voor wat betreft de tweede fase van het onderzoek is de eindrapportage sterk gebaseerd op de deelrapportage door J.M.C. Schraagen en J.B. Linssen (IZF-TNO). Verder heeft in de afrondende fase van het onderzoek Mw. M. Niessen (Hoogovens IJmuiden) een belangrijke rol gespeeld.

Een onmisbare bijdrage is geleverd door het management, verschillende kaderleden en met name de Proco's van Oxystaalfabriek 2. In het bijzonder geldt dit voor A.J. Schaafsma, voor het genereren van mogelijke oplossingen bij de "kritische beslissingssituaties". Zonder hun medewerking was dit onderzoek niet mogelijk geweest.

J.A. Algera,
projectleider

IJmuiden, september 1991

Inhoudsopgave

Samenvatting en Conclusies	i
FASE 1	
1. Aanleiding en verantwoording van het onderzoek	1
1.1 Achtergrond	1
1.2 Doelstelling project	1
1.3 Beoogd resultaat	2
1.4 Onderzoeksterrein	2
1.5 Nadere afbakening 1e fase	4
2. De Goederenstroom	6
2.1 De hoogovens	7
2.2 Ontzwevelingstoren en afslakstand	8
2.3 Mengercyclus	9
3. Produkten-coördinator Hoogovens	11
3.1 Mengerbeheer	12
3.1.1. Mengercyclus	13
3.1.2. Back-up systeem	15
3.1.3. Bijzondere mengerbewegingen	15
3.2 Opleiding en training	17
3.3 Telefoonwacht en coördinatie intern vervoer	17
3.4 Administratie	17
4. Ruwijzer-coördinator	19
4.1 Ruwijzersturing	20
4.1.1. Mengercyclus	20
4.1.2. Bijzondere gevallen	22
4.2 Administratie en opleiding	23
4.3 Contacten met de Proco	24
5. Staalbesteller	25
5.1 Opstellen 24-uursplan	28
5.2 Strengformereren	28
5.3 Bijzondere situaties	29
5.4 Administratie en opleiding	30
6. Productie-coördinator Oxystaalfabriek 2 (Proco)	31
6.1 Opstellen 24-uursplan	34
6.2 Detailplan en werkuitgifte	36
6.3 Administratie en opleiding	37
7. Specificatie van het simulatie-systeem	38
8. Kritieke beslissingssituaties	40

FASE 2

9. De logistieke planningtaak van de Proco	44
9.1 Inleiding	44
9.2 Planningstaak Proco	45
9.3 Het PROCO-II-systeem	46
9.4 Het planningsproces	49
9.4.1 Procesmodel	49
9.4.2 Hulpmiddelen	51
10. Benodigde informatie bij logistieke planning	52
10.1 Planningstaken	52
10.2 Benodigde informatie	57
10.3 Huidige informatiepresentatie	62
10.4 Nieuwe vormen van informatiepresentatie	64
10.5 Conclusie	66
11. Experimentele vergelijking tussen verschillende interfaces	67
11.1 Globaal overzicht van het experiment	67
11.2 Gedetailleerde beschrijving van het experiment	67
11.2.1. Proefpersonen	67
11.2.2. Apparatuur	68
11.2.3. Experimentele scenario's	68
11.2.4. Tijdsdruk	69
11.2.5. Procedure	70
11.3 Resultaten	72
11.3.1. Wijze van scoring	72
11.3.2. Verwerking	73
11.3.3. Uitkomsten	73
11.4 Discussie	77
12. Conclusies en aanbevelingen	80
12.1 Taakanalyse	80
12.2 Experimentatie	82
12.3 Conclusies	84
12.4 Aanbevelingen	84

Referenties

Bijlage 1	PVD-plaatje
Bijlage 2	Korte-termijnplaatje
Bijlage 3	Taakanalyse volgens Card, Moran & Newell (1983)
Bijlage 4	Lange-termijnplaatje
Bijlage 5	Lijst van storende meldingen bij ieder scenario
Bijlage 6	Vragen bij oefenscenario's
Bijlage 7	Grafische weergave van het design
Bijlage 8	Gewijzigd korte-termijnplaatje
Bijlage 9	Gewijzigd lange-termijnplaatje

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

1. Doel van het project:

Het doel van het project is het ontwikkelen van ergonomische richtlijnen ten behoeve van logistieke planningsfuncties in de staalindustrie waarin geautomatiseerde planningssystemen worden gebruikt.

2. Onderzoeksmethode

In dit onderzoek zijn de volgende methoden gehanteerd:

- interviews bij de inventarisatie van logistieke planningsfuncties
- documenten-analyse en werkplek-analyse met betrekking tot vier logistieke planningsfuncties
- informatie-analyse, specifiek gericht op de productie-coördinator Oxystaalfabriek 2
- simulatie van de productie-coördinator-taak ten behoeve van een experiment waarin alternatieve vormen van informatiepresentatie zijn aangeboden.

3. Conclusies

- 3.1 In het algemeen blijkt uit de interviews dat geautomatiseerde logistieke informatie- en planningssystemen een steeds grotere rol spelen bij beheersing van de informatiestromen die gekoppeld zijn aan de hoeveelheden en de kwaliteiten van de produkten die in de verschillende opeenvolgende productieprocessen in de staalindustrie gemaakt worden.

De productie-coördinator Oxystaalfabriek 2, inclusief het netwerk van relaties met de produkten-coördinator (afdeling Hoogovens), de staalbesteller (afdeling Logistiek) en de ruwijzer-coördinator (afdeling Logistiek), is een typisch voorbeeld van een logistieke planningsfunctie, waarbij informatieverwerking onder tijdsdruk en complexe relaties met andere planningssystemen een grote rol spelen.

- 3.2 In het werk van de productie-coördinator Oxystaalfabriek 2 zijn een negental kritische beslissingssituaties te onderscheiden. Dit zijn situaties waarin de productie-coördinator een aangepast productieplan moet maken, rekening houdend met de beschikbaarheid van installaties en de staalkwaliteit die gemaakt moet worden.

Deze negen kritische beslissingssituaties zijn als volgt gedefinieerd:

- * Storing laadkraan: in plaats van het normale aantal van drie zijn er maar twee laadkranen beschikbaar voor het laden van de converters;
- * Pandoorbraak: panbemetseling is doorgesleten. Vloeibaar staal komt in contact met de buitenwand van de pan waardoor de panwand wegsmelt;
- * Pan staal vast in transportmiddel: als gevolg van een storing in het dwarstransport of de gietkraan zit een pan staal vast;
- * Panslot gaat niet open: zandslot van de staalpan gaat niet open als deze op de toren van de Continugietmachine staat, dit als gevolg van slak- of staalinsluitels;
- * Noodbedrijf Continugietmachine: automatische storingsmelding van de Continugietmachine, met als gevolg primair noodbedrijf. De pan boven de verdeelbak kan nog leeggegoten worden;
- * Dompelpijp is dichtgelopen: via twee dompelpijpen stroomt het vloeibaar staal uit de verdeelbak in de gietvormen. Staal hecht zich vast aan de wand van de pijp, deze raakt verstopt en moet verwisseld worden door een nieuw dompelpijp;
- * Doorbraak Continugietmachine: staaltemperatuur en/of gietsnelheid is te hoog. De buitenkant van de streng is onvoldoende gestold waardoor deze breekt op de rollenbaan achter de Continugietmachine. Vloeibaar staal uit het midden van de streng stroomt weg tussen de rollen;
- * Storing snijbranders Continugietmachine: een van de snijbranders op een streng werkt niet. De plakken worden met halve snelheid doorgesneden.
- * Opstellen 24-uursplan: de staalbesteller heeft een print gestuurd met het nieuwe 24-uursplan. De productie-coördinator heeft naar aanleiding van het planpraatje de aan te brengen correcties doorgekregen;

- 3.3 Er is een nieuw grafisch interface ontwikkeld, ter ondersteuning van de planningsbeslissingen door de planner met behulp van het geautomatiseerde planningsstelsel PROCO-II. De grafische manier van informatiepresentatie is van een hoger abstractieniveau dan de huidige. Zo wordt het aantal mentale bewerkingen, dat nodig is om de aanwezige gegevens te transformeren tot direct bruikbare gegevens, teruggebracht.

Een experiment waarin het nieuwe grafische interface is onderzocht leverde de volgende resultaten:

- * Het gebruik van de grafische informatie-presentatie leidde, ondanks de beperkte ervaring met deze "plaatjes" tot kwalitatief even goede oplossingen als het gebruik van de oorspronkelijke informatie-presentatie van het PROCO-II-systeem.
 - * De twee grafische vormen van informatie-presentatie bieden een goed alternatief voor de huidige informatie-presentatie:
 - het korte-termijn-plaatje wordt als nuttig ervaren bij het opbouwen van het beeld van de situatie in de fabriek;
 - het lange-termijn-plaatje geeft de mogelijkheid om een gemaakte (her)planning te evalueren.
- 3.4 Mede op basis van de reacties van de planners tijdens het experiment is een verbeterd interface-ontwerp opgesteld dat naar verwachting de mentale belasting van de productie-coördinator vermindert en leidt tot meer consistente planningsbeslissingen (Zie hiervoor bijlage 8 en bijlage 9). Via dit interface kan de productie-coördinator op eenvoudige wijze (bijvoorbeeld via pop-up windows) extra informatie krijgen die zijn planningsbeslissing ondersteunt.



FASE 1

1. Aanleiding en verantwoording van het onderzoek

In het kader van het Ergonomische programma van de EGKS industrieën is er in januari 1989 bij Hoogovens IJmuiden een onderzoeksproject gestart onder de titel "Ontwikkeling van ergonomische richtlijnen ten behoeve van logistieke planningsfuncties in de staalindustrie waarin geautomatiseerde planningsystemen worden gebruikt (7249/11/035)". In het onderzoeksvoorstel is het totale project opgedeeld in twee fasen. Het oorspronkelijke onderzoeksvoorstel wordt in de volgende drie paragrafen summier besproken.

1.1. Achtergrond

Bij de produktiebesturing wordt steeds meer gebruik gemaakt van geautomatiseerde planningsystemen, om te komen tot optimale logistieke beslissingen. Dergelijke logistieke planningsystemen hebben zowel betrekking op de afstemming tussen de verschillende produktieprocessen als de produktieplanning binnen de produktieprocessen. Door deze ontwikkelingen ontstaat een nieuw type planningsfuncties, die een sleutelrol vervullen in de produktiebesturing. Het menselijk functioneren in deze arbeidssituatie staat steeds meer in de belangstelling. Besturing en controle van geautomatiseerde produktiesystemen vragen om een tweetal beslissingsprocessen:

- a) Het cognitieve beslissingsproces op basis van een grote hoeveelheid te verwerken informatie.
- b) Het sociale beslissingsproces, de onderhandelingsfunctie met de toeleverende afdelingen en de afnemers.

Door de procesmatige fabricage moeten deze complexe beslissingen soms onder grote tijdsdruk worden genomen, hetgeen gemakkelijk kan leiden tot stressvolle situaties.

1.2. Doelstelling project

- 1e fase) Evaluatie van dergelijke planningsfuncties in de praktijk op het gebied van beslissingsprocedures, beslissingsstrategieën in probleemsituaties, informatiegebruik en communicatiepatronen.
- 2e fase) Ontwikkeling van een simulatiemodel van de essentiële elementen van een dergelijke functie met behulp waarvan dan onderzoek gedaan kan

worden naar beslissingsgedrag en informatie-gebruik in kritieke beslissingssituaties.

1.3. Beoogd resultaat

Het onderzoek moet leiden tot ontwerpcriteria voor logistieke planningsfuncties op het gebied van informatiebehoefte en informatie presentatie, rekening houdend met tijdsdruk, prioritering van informatie etc. Bij het vaststellen van deze ontwerpcriteria dient tevens rekening gehouden te worden met de organisatiestructuur, verdeling van verantwoordelijkheden, groepsrelaties en communicatiepatronen, en de koppeling met produktieplanningssystemen op een hoger planningsniveau.

1.4. Onderzoeksterrein

De eerste stap in de afbakening van het onderzoeksterrein is een inventarisatie van waar zich in de staalindustrie logistieke planningsfuncties bevinden die in aanmerking kunnen komen als object van onderzoek. Het gaat hierbij om de keuze van een "voorbeeldfunctie" van logistieke planning in de staalindustrie, waarin geautomatiseerde planningsystemen worden gebruikt. Op basis van een exploratieve verkenning is gebleken dat de onderstaande 14 functies zijn te beschouwen als logistieke planningsfuncties bij Hoogovens IJmuiden.

- | | |
|---|--|
| - bedieningsman haven-
bedieningscentrum, | afdeling Havens |
| - Bedieningsman centraal
paneel ertsbewerking, | afdeling Ertsvoorbereiding |
| - produkten-coördinator, | afdeling Hoogovens |
| - staalbesteller, | afdeling Logistiek |
| - ruwijzer-coördinator, | afdeling Logistiek |
| - produktie-coördinator, | afdeling Oxystaalfabriek 2 |
| - rangeerdienstleider, | afdeling Railvervoer |
| - coördinator plakafvoer, | afdeling Oxystaalfabriek 2 |
| - giet-coördinator, | afdeling Oxystaalfabriek 1 |
| - staalbestemmer, | afdeling Logistiek |
| - coördinator, | afdeling Blokwalserij 3 |
| - verzend-coördinator, | afdeling Koudbandwalserij |
| - transportregelaar, | afdeling Centrale Trans-
portplanning |
| - bedieningsman stukgoed
informatiecentrum, | afdeling Havens |

Op basis van gestructureerde interviews met management van de betrokken afdeling is nagegaan in hoeverre bij deze functies sprake is van informatieverwerking onder tijdsdruk, complexe relaties met andere planningssystemen, complexe organisatorische relaties tussen verschillende afdelingen, etc.

In het algemeen blijkt uit de interviews dat geautomatiseerde logistieke informatie- en planningssystemen een steeds grotere rol spelen bij beheersing van de informatiestromen die gekoppeld zijn aan de hoeveelheden en de kwaliteiten van de produkten die in de verschillende opeenvolgende produktieprocessen in de staalindustrie gemaakt worden.

De produktie-coördinator Oxystaalfabriek 2 is het meest geschikt als typische voorbeeldfunctie van logistieke planning, inclusief het netwerk van relaties met de produkten-coördinator (afdeling Hoogovens), de staalbesteller (afdeling Logistiek) en de ruwijzer-coördinator (afdeling Logistiek). De produktie-coördinator Oxystaalfabriek 2 is de verbindende schakel tussen enerzijds de planning van de te fabriceren produkten, en anderzijds het produktieproces in de staalfabriek. De Produktie-coördinator is verantwoordelijk voor de detailplanning en werkuitgifte, bewaakt de voortgang van het proces en in geval van storing maakt hij, in overleg met de Chef van de wacht, een herplanning.

1.5. Nadere afbakening 1e fase

Concreet gezien moet de 1e fase van het project, een aanzet geven voor de ontwikkeling van het simulatiesysteem. Het zwaartepunt van de evaluatie ligt op de Produktie-coördinator (Proco) in de Oxystaalfabriek2 (OSF2), de voorbeeldfunctie voor het te ontwikkelen simulatiesysteem.

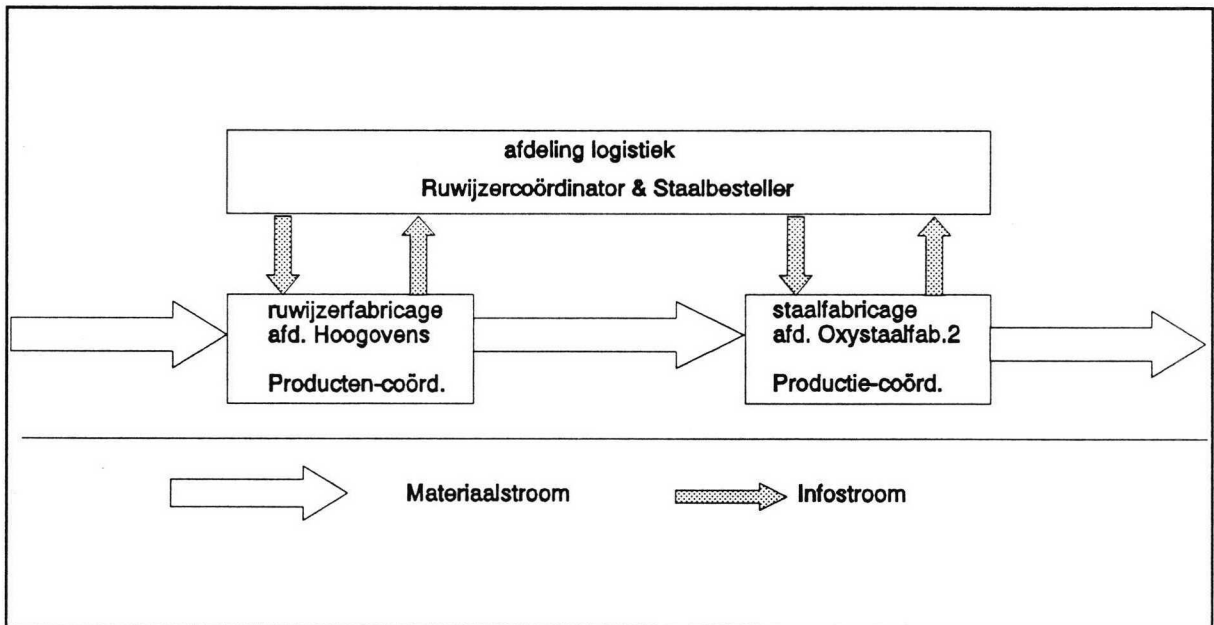


Fig. 1 Object van onderzoek

Door de Staalbesteller en Ruwijzercoördinator, én de Produktencoördinator in het onderzoek te betrekken worden eveneens de relaties met respectievelijk het naasthogere planningsniveau en de voorafgaande bewerkingsprocessen in kaart gebracht. De positie van de Proco kunnen we ook weergeven in termen van het zgn. besturingsparadigma [de Leeuw, 1974]:

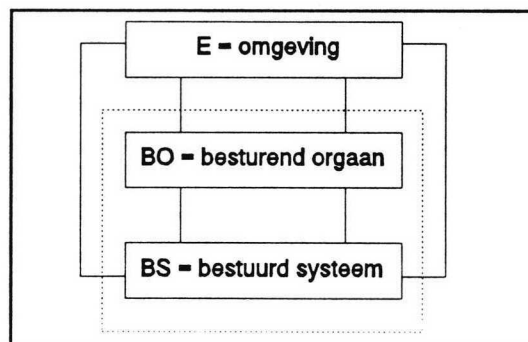


Fig. 2 Besturingsparadigma

Meer specifiek: de Proco kan men zien als BO en het door hem bestuurd systeem (BS) is het productieproces in de staalfabriek. De drie andere logistieke planners vormen een deel van de omgeving (E) voor de Proco. Het onderzoek dient zich dan vooral te richten op:

- a) Een beschrijving van E, voor zover deze relevant is voor de Proco.
- b) Een beschrijving van het BO in samenhang met het BS, met het oog op het te ontwikkelen simulatiesysteem. Een algemene beschrijving van het BO/BS is reeds eerder door Wichard [1987] gemaakt.

Aan de hand van a) en met name b) kunnen dan kritieke beslissingssituaties gedefiniëerd worden t.b.v. het simulatiemodel. Daarbij kunnen we onderscheid maken tussen stationair procesverloop en storingssituaties. Immers, de activiteiten van de logistiek planner (BO) zullen in de loop van de tijd variëren, als gevolg van veranderingen in de toestand van het productiesysteem (BS) [Ekkers, 1980]. In de volgende paragrafen zal eerst een beschrijving van E worden gegeven, voor zover deze relevant is voor de Proco. De omgeving bestaat uit twee soorten elementen:

- a) de goederenstroom stroomopwaarts van de fabriek
- b) de drie andere logistieke planners

Vervolgens zal de positie van de Proco zelf worden beschreven en tevens zal een beschrijving van het BO/BS gegeven worden, met het oog op het simulatiesysteem. Tenslotte zullen de kritische beslissingssituaties worden gepresenteerd als het eindresultaat van fase 1 van het onderzoek.

2. De Goederenstroom

In deze paragraaf wordt de ruwijzer-stroom beschreven; de goederenstroom stroomopwaarts van de staalfabriek tot aan de hoogovens.

Het ruwijzer uit de hoogovens (HO4, HO6, en HO7) wordt opgevangen in rijdende mengers, waarin het gedurende 12 uur vloeibaar kan worden gehouden. Deze sigaarvormige mengers, kleine en grote, worden door railvervoer (TR-RVE) naar de staalfabrieken OSF1 en OSF2 getransporteerd. Op de ruwijzerputten van de staalfabrieken worden de mengers getapt in een zogenaamde ruwijzerpan, waarna de mengers teruggaan naar de hoogovens voor een volgende rit. Incidenteel gaat een menger ruwijzer naar de Blokvormgieterij.

In de praktijk zijn er twee gescheiden ruwijzerstromen gecreëerd, om de volgende redenen:

- a) Bewerkingsmogelijkheden in de staalfabrieken: OSF2 kan zelf niet voldoende ontzwavelen, mengers bestemd voor OSF2 moeten dus eerst ontzwaveld en afgeslakt worden. OSF1 kan wel 'in de pan' ontzwavelen.
- b) De kleine mengers kunnen niet afgeslakt worden, en mogen derhalve niet ontzwaveld worden.
- c) Geografische ligging en sporen lay-out.
- d) Ruwijzer-kwaliteit: het ruwijzer van Hoogoven 4 bevat meer Si en S (goedkoper) en is minder geschikt voor OSF2. OSF1 kan dit wel verwerken.

Dit betekent dat kleine mengers worden ingezet voor het ruwijzertransport van HO4 naar OSF1. Het ruwijzer voor OSF2 gaat in principe altijd langs de ontzwavelingstoren (MOZ) en de afslakstand (MAS), en komt m.b.v. de grote mengers van HO 6/7. In figuur 3 is de ruwijzerstroom met de hdaaraangekoppelde informatiesystemen weergegeven. De logistiek planners die de ruwijzerstroom sturen zijn eveneens in de figuur opgenomen.

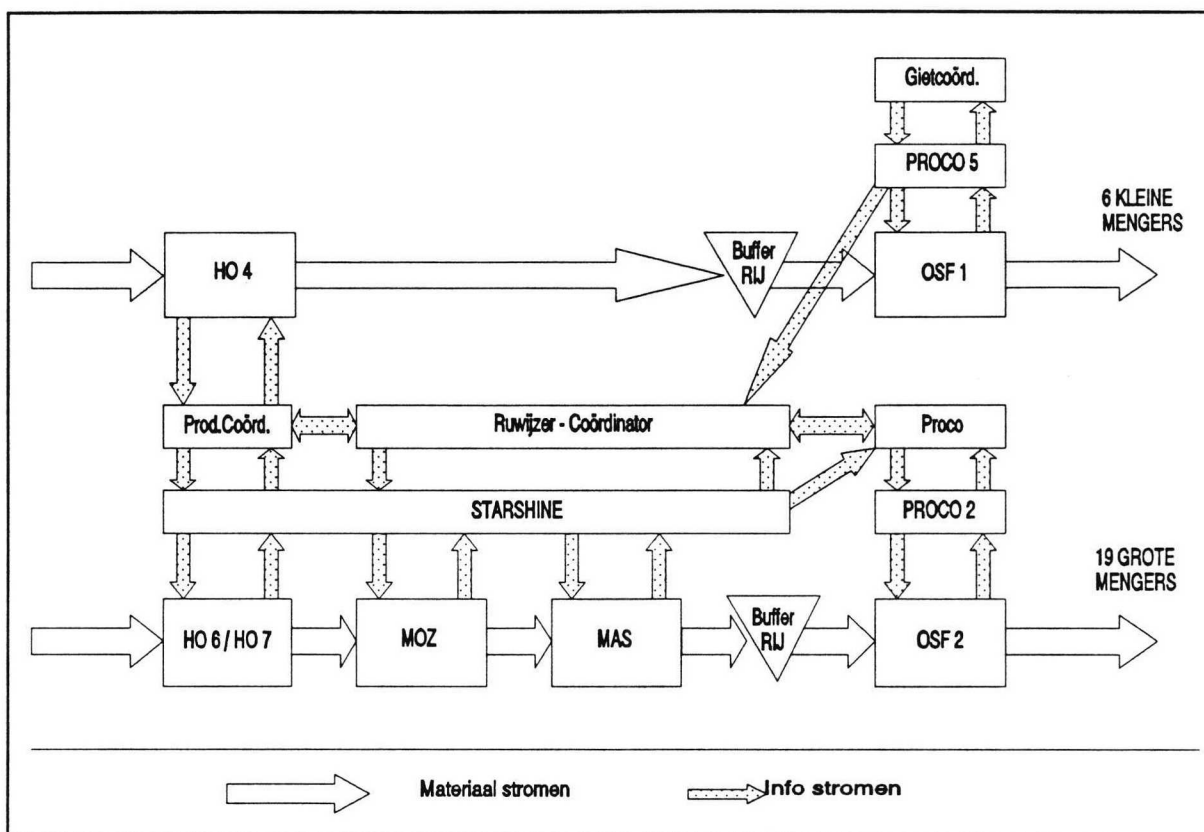


Fig. 3 Ruwijzer- en informatiestroom tussen de hoogovens en de staalfabrieken

2.1. De hoogovens

Rond de voet van de hoogovens, in het ovenhuis, bevinden zich drie aftappunten t.b.v. het aftappen van ruwijzer en slakken. Er wordt afwisselend getapt op twee van de drie aftapgaten. Het derde aftapgat is in onderhoud om het daarmee verbonden gotenstelsel opnieuw te kunnen bekleden. Volgens schema wordt daartoe om de 6 à 10 dagen een ander aftapgat uit bedrijf genomen. Het moment van aftappen wordt in principe bepaald door de productiesnelheid.

Zowel bij hoogoven 6 als bij hoogoven 7 wordt ernaar gestreefd om continu te tappen. Dat wil zeggen dat op het moment dat het ene aftapgat dicht gaat, het andere geopend wordt.

Het openen van het aftapgat gebeurt met een op afstand bediende boormachine, eventueel met behulp van een zuurstoflans. De duur van een aftap en de aftapsnelheid variëren sterk en zijn moeilijk te voorspellen.

Via een gotenstelsel (de 'steek') stromen het ruwijzer en de slakken uit de hoogoven. Door middel van de 'skimmer' wordt de, op het vloeibare ijzer drijvende, slak van het ruwijzer gescheiden. De slakken worden afgevoerd naar de granulatieputten. Het ruwijzer stroomt via de 'ren' in de menger. Onder de oven bij het aftapgat staan telkens twee mengers afgesteld. Door het toepassen van een kantelgoot kan tijdens de aftap van menger worden gewisseld. Het aftapgat wordt gesloten door er met een stopmachine, tegen de druk van de oven in, een stopmassa in te persen. Van het afgetapte ruwijzer wordt een monster, per buizenpost, naar het laboratorium gezonden om door spectraalanalyse de samenstelling te bepalen.

2.2. Ontzwavelingstoren en afslakstand

De MengerOntZwaveling (MOZ) en de MengerAfslakStand (MAS) zijn beide een onderdeel van de produktgroep IJzer. De basisgedachte is dat de produktgroep IJzer ruwijzer van een bepaalde kwaliteit aan de produktgroep Staal moet leveren. Zwavel kan niet door oxydatie uit het ruwijzer verwijderd worden. Het begrip ruwijzerkwaliteit duidt voor OSF2 dan ook vooral op het zwavelgehalte (naast Si, P, Mn en de temperatuur). Ontzwaveling van het ruwijzer voor OSF2 gebeurt derhalve in de menger, voor het oxystaalproces.

Er zijn twee ontzwavelingstorens, toren 21 en toren 22. Het carbid dat met een lans in de menger gespoten wordt, verbindt zich met de zwavel en komt in de slak terecht. In verband met de kosten wordt er niet dieper ontzwaveld dan voor de geplande staalkwaliteit noodzakelijk is. De Ruwijzer-coördinator geeft op basis van het productieprogramma in de OSF2 een advies omtrent het niveau van ontzwavelen. Het Starshine-systeem berekend dan aan de hand van het zwavelgehalte, de mengerinhoud en het afgegeven advies de benodigde hoeveelheid carbid. Ontzwavelen vervuilt de menger. Bij de afslakstand wordt de op het vloeibaar ruwijzer drijvende slaklaag eraf geharkt.

De ontzwavelingstorens en de afslakstand bevinden zich in het Centraal Menger Park (CMP).

2.3. Mengercyclus

Na het afslakken komen de 400 ton's mengers normaal gesproken in een buffer voor de OSF2. Fysiek gezien betekent dit dat de menger door railvervoer op een zijspoor geplaatst wordt. De kleine 200 ton's mengers worden direct vanaf H04 op een van de sporen richting OSF1 gerangeerd.

Op afroep van de staalfabriek stelt railvervoer een volle menger af boven de ruwijzerput. De coördinatie van het mengertransport is in handen van de rangeerdienstleider, die zijn opdrachten krijgt van de Produktencoördinator HO, de Ruwijzercoördinator en de ruwijzerputten in de staalfabriek. Er zijn momenteel 5 loco's belast met het mengervervoer. Een loco is ingezet op het traject H04OSF1, de andere vier rijden op H06, H07, MOZ, MAS, OSF2 en het CMP (centraal menger park). Er is een vast aantal mengers in bedrijf; 19 grote en 6 kleine mengers. Als een menger in onderhoud gaat, wordt een andere menger weer in bedrijf genomen. Onderhoud vindt plaats in het CMP, en wordt gepland door de onderhoudsdienst.

In figuur 4 is de mengercyclus richting OSF2 nog eens gedetailleerd weergegeven in ononderbroken lijnen. In de figuur zijn naast de proces- en bewerkingstijden eveneens de regelacties van de logistieke planners aangegeven (nummers) bij normaal bedrijf. Deze regelacties zullen in de volgende paragrafen uitgewerkt worden. De transporttijden van en naar de buffers zijn niet opgenomen omdat deze volledig afhankelijk zijn van de plaats van de menger op het terrein. De onderbroken lijnen in de figuur zijn alternatieve mengerbewegingen, en zijn geen onderdeel van de normale produktiegang.

Regelacties Logistieke Planner

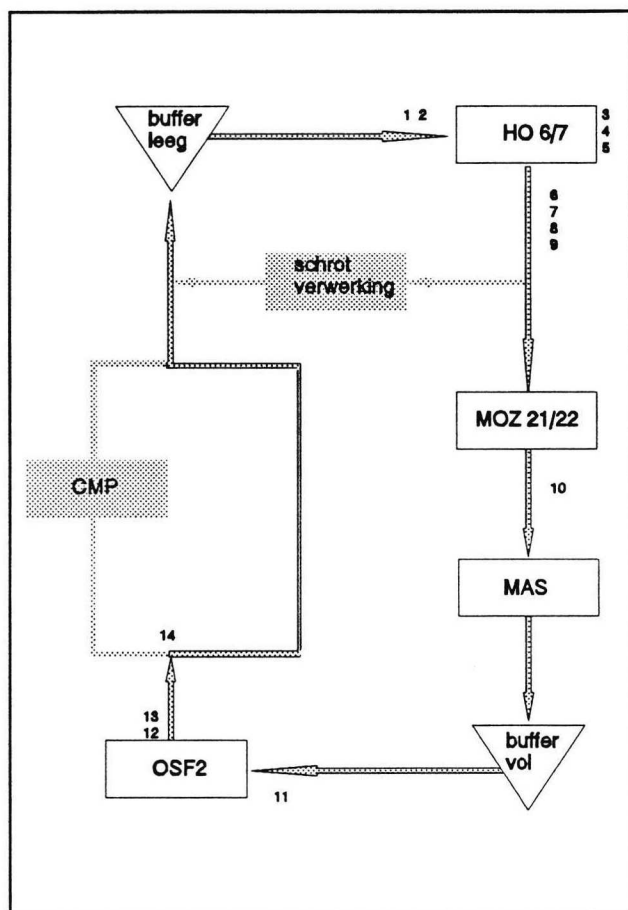


Fig. 4 Mengercyclus hoogoven 6/7 versus Oxystaalfabriek 2.

- 1)afstellen menger onder HO; 10-15min.
- 2)tappen in menger; 60-120min.
- 3)meethuis meldt 'menger 75% vol'.
- 4)rangeerdienstleider stuurt loco naar HO.
- 5)meethuis meldt 'menger vol', en geeft een geel sein.
- 6)fiatteren 'menger vol' door PC-HO.
- 7)RIJ-coörd. geeft route/bestemming.
- 8)menger wisselen onder HO (1).
- 9)transport HO6/7 naar MOZ21/22;
- 10)transport MOZ21/22 naar MAS; 5-10min.
- 11)menger wisselen op RIJ-put.
- 12)RIJ-put meldt 'menger leeg'.
- 13)fiatteren 'menger leeg' door RIJ-coörd.
- 14)transport; naar CMP 5min, naar HO 20min.

3. Produkten-coördinator Hoogovens

De omschrijving van de functie zoals die is opgenomen in de functiebeschrijving van de personeelsdienst luidt als volgt:

Het zorg dragen voor het tijdig en efficiënt afvoeren van vloeibaar ruwijzer, slak en slakzand en het daarbij zorg dragen voor een zodanig mengerbeheer dat de beschikbare mengers zo optimaal mogelijk worden benut en dat mengers voor reparatie- en onderhoudswerkzaamheden tijdig ter beschikking worden gesteld. Het fungeren als centrale contactpersoon voor in- en externe afdelingen van afdeling Hoogovens.

In de praktijk blijkt de afvoer van slak en slakzand zonder bemoeienissen van de Produktencoördinator Hoogovens (PC-HO) te gebeuren. De chauffeurs van de vrachtwagens belast met de afvoer vullen geheel zelfstandig hun wagens m.b.v. een elektrische trilgoot. Alleen bij storingen wordt nog contact opgenomen met de PC-HO. Daarentegen heeft de PC-HO een aantal administratieve taken die niet in de functieomschrijving worden genoemd.

Met behulp van de hiërarchische taakanalyse van Shepherd [1985] is in figuur 6 de totale functie in beeld gebracht. Shepherd ontwikkelde de hiërarchie van operaties en plannen oorspronkelijk voor trainingsdoeleinden. Maar de methode is, in vereenvoudigde vorm, zeer geschikt om een functie tot in alle deeltaken te ontleden.

Het logistiek plannen beperkt zich tot het mengerbeheer. Zoals uit de figuur blijkt is dit slechts een onderdeel van het totale takenpakket. Dit in tegenstelling tot de andere onderzochte functies welke uit uitsluitend logistieke planningstaken bestaan.

De taakdelen worden niet serieel maar parallel uitgevoerd. Berichten via intercom en telefoon bepalen met welk taakdeel de PC-HO zich vanaf dat moment gaat bezighouden. De administratieve taken worden tussendoor, op rustige momenten tijdens de wacht, verricht.

De PC-HO is als staffunctionaris onder de (reserve) Chef van de wacht in de organisatie geplaatst. De ligging van de werkruimte, naast die van de Chef van de wacht, maakt regelmatig overleg tussen beide mogelijk. De PC-HO zelf is plaatsgebonden, solitair, en heeft geen visueel contact met het door hem bestuurde systeem. Op iedere ploeg zijn twee procesregelaars opgeleid tot reserve PC-HO.

In de volgende paragrafen worden de vijf deeltaken van de PC-

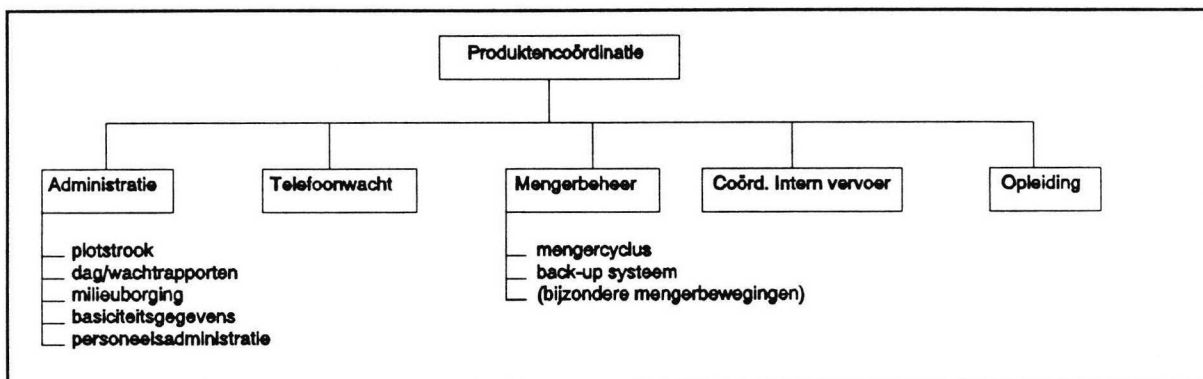


Fig. 5 Hiërarchische taakanalyse PC-HO

HO uitvoeriger besproken.

3.1. Mengerbeheer

De PC-HO is verantwoordelijk voor het mengerbeheer. De belangrijkste doelstelling is ervoor zorg te dragen dat er op tijd een lege menger onder de hoogoven staat t.b.v. de aftap. Het onderhoud van de mengers wordt gepland en uitgevoerd door de onderhoudsafdeling. De Ruwijzercoördinator geeft een bestemming aan het geproduceerde ruwijzer i.c. de volle mengers. Via de Ruwijzercoördinator lopen ook de contacten met de staalfabrieken. De PC-HO neemt zelden rechtstreeks contact op met de Proco in de OSF2.

Ten behoeve van het mengerbeheer heeft de PC-HO de beschikking over een groot aantal informatiebronnen en hulpmiddelen:

- a) Telefoon.
- b) Intercom, met 29 kanalen. De belangrijkste contactpersonen zijn de meethuizen van de hoogovens, de Ruwijzercoördinator, railvervoer westpost 5, MAS en MOZ.
- c) Procesindicatoren met gegevens over wind- en zuurstofvolume van de hoogovens. Hieruit kan de produktiesnelheid bepaald worden.
- d) Blindschema van de sporen lay-out rond HO 6/7, met indicatorlampjes van de sporseinen (geel/rood).
- e) Printers, één aangesloten op de procesbeheersingscomputer van HO 6/7 en één printer aangesloten op die van HO4.
- f) Starshine; het geautomatiseerde informatiesysteem voor het mengerbeheer. De PC-HO heeft momenteel vijf monochrome beeldschermen tot zijn beschikking die hij met één toetsenbord kan aansturen. Bij normaal bedrijf worden vier beeldschermen gebruikt voor het weergeven van statusinformatie: aftapgegevens van de hoogovens,

ruwijzerinformatie, overzicht buffervoorraad, en het lege-mengeroverzicht. Het vijfde beeldscherm wordt gebruikt voor het invoeren van mengergegevens, en om in bijzondere gevallen achtergrondgegevens op te halen uit het systeem. Een uitbreiding met een zesde scherm staat gepland voor 1990. Dit scherm is bedoeld voor het weergegeven van de zogenaamde trekstaat die gegevens bevat over de omlooptijden van mengers.

3.1.1. Mengercyclus

Aan de hand van de bovenste tak van de mengercyclus, en de daar gebruikte codering (§2.3, figuur 4), wordt een overzicht gegeven van de regelacties van de PC-HO bij normaal bedrijf. De totale ruwijzerbuffer is dan 2800-3000 ton.

- 1) Het afstellen van een lege menger onder de hoogoven. Voordat een loco met een volle menger richting staalfabriek gaat plaatst hij eerst een lege menger onder de hoogoven. Railvervoer neemt hiervoor in principe de menger met de langste leegstandtijd. De rangeerdienstleider heeft hiertoe de beschikking over een aansluiting op het Starshine-systeem. Incidenteel, bijv. als de desbetreffende menger opgesloten staat, wordt een andere menger gekozen. De PC-HO als mengerbeheerder zal altijd controleren aan de hand van het legemengeroverzicht (Starshine-LMO) met de leegstandtijden of dit acceptabel is, en indien nodig contact opnemen met railvervoer. In verband met krimp van de vuurvaste mengerbemetseling is de maximale leegstandtijd 8 uur voor een grote, en 10 uur voor een kleine menger. Bij normaal bedrijf is er echter geen actief ingrijpen van de PC-HO nodig en blijft zijn taak beperkt tot bewaking. Gebruikte informatiebronnen: Starshine-TAP en Starshine-LMO.

- 3) Meethuis meldt 'menger 75% vol'. Als een menger voor 75% gevuld is wordt dit doorgegeven aan de PC-HO en de rangeerdienstleider railvervoer (TR-RVE). Voor de rangeerdienstleider is dit het teken om een loco naar het desbetreffende aftappunt te dirigeren zodat de menger meteen kan worden gewisseld zodra deze vol is. Voor de PC-HO is het bericht slechts informatie over de voortgang van het pro-

duktieproces.

Voor wat betreft HO 6/7 verloopt het berichtenverkeer via Starshine. Op de aangesloten schermen verschijnen de, door de meethuizen ingevoerde, berichten in beeld. Deze berichten blijven staan totdat door het indrukken van een toets kenbaar is gemaakt dat het bericht is gelezen. Hoogoven 4 is niet aangesloten op het systeem. Berichten van het meethuis van hoogoven 4 lopen binnen op een printer in de PC-HO ruimte. De PC-HO moet het desbetreffende bericht zelf invoeren in Starshine. Een pieptoon en printergeratel zijn voor de PC-HO de auditieve cues dat er een bericht is van HO4. Dit vergt een voortdurende oplettendheid van de PC-HO. Op enkele ploegen is het daarom gebruikelijk deze berichten eveneens via de intercom te melden.

Gebruikte informatiebronnen: Starshine-TAP, Starshine-invoergegevens, printers en eventueel de intercom.

- 6) Fiatteren 'menger vol' door PC-HO. Het bericht 'menger vol' bereikt de PC-HO op dezelfde wijze als het bericht 'menger 75% vol'. Als de aftap doorgaat op een andere menger zal de PC-HO het bericht fiatteren en de geschatte inhoud van de menger invoeren in Starshine. De inhoud van een volle menger wordt standaard geschat op 370 respectievelijk 200 ton. De schatting wordt door Starshine gecorrigeerd aan de hand van gegevens betreffende de vervuilingsgraad (tonnage aan beren) van de desbetreffende menger. Betreft het een aftap die dichtgaat, dan zal de PC-HO voor de laatste menger van de aftap moeten besluiten of de menger voldoende gevuld is om te vertrekken. Zijn keuze wordt daarbij beïnvloed door de omvang van de ruwijzerbuffer. Is deze erg laag dan zal de PC-HO eerder besluiten de menger te laten vertrekken dan bij een hoge buffer, en er dus weinig lege mengers beschikbaar zijn.

Gebruikte informatiebronnen: Starshine-TAP, -invoergegevens, -buffervoorraden, intercom en printers. MOZ, MAS, OSF) Aan de hand van de ruwijzerinformatie in Starshine kan de PC-HO de mengers volgen op hun route naar de staalfabriek.

Als een lege menger terugkomt van de staalfabriek en weer beschikbaar is voor de PC-HO komt de menger in het legemengerverzicht te staan.

Gebruikte informatiebronnen: Starshine-RI1 en -LMO.

3.1.2. Back-up systeem

De PC-HO houdt een back-up bij met de belangrijkste mengergegevens, voor het geval het Starshine-systeem uitvalt. Het systeem bestaat uit:

- a) Een bord waarop met magneetjes de actuele positie van de mengers wordt aangegeven.
- b) Een schrift waarin de aftapegegevens (aftaptijdstip, aftapnummer en de getapte tonnages) worden bijgehouden.
- c) Plotstrook met gegevens over de mengercyclus. Per menger wordt op een tijdas de voortgang bijgehouden. De plotstrook beslaat een periode van 24 uur, en wordt na afloop van deze periode naar CMP-mengerbeheer verzonden t.b.v. de onderhoudsadministratie van de mengers.

Voor de PC-HO is het een handig hulpmiddel om zich een mentaal beeld te vormen van de actuele toestand van de mengers. Anderzijds is alle informatie in het Starshine-systeem aanwezig en kan via een printopdracht op papier gezet worden.

3.1.3. Bijzondere mengerbewegingen

Om een beter zicht te krijgen op de functie worden in deze paragraaf een vijftal mengerbewegingen beschreven die geen onderdeel zijn van de normale produktiegang. Het zijn echter juist deze situaties die om een regelactie van de PC-HO vragen, en gepaard gaan met een intensivering van het berichtenverkeer.

- a) In- en uitbedrijf nemen van mengers als gevolg van gepland onderhoud. De onderhoudsdienst geeft iedere week op een schoolbord in de PC-HO ruimte aan welke mengers die week uit bedrijf moeten worden genomen. De PC-HO bepaald het moment waarop dit feitelijk gebeurt. Ongeveer 24 uur voor dit moment zal de PC-HO opdracht geven om een nieuwe menger op te stoken. In een aantal fasen wordt de menger bij het menger-opstookbordes met een gasbrander voorverhit. De uit bedrijf te nemen menger wordt in zijn laatste zes ritten tot de rand gevuld. Op die manier smelten de beren (gestold ruwijzer aan het gewelf van de menger) weg, en is de menger schoon

als hij in onderhoud gaat. Betreft het een 450 ton's menger dan zal de PC-HO de menger gedurende de laatste ritten inzetten op de route HO4 naar OSF1. Dit omdat tot de rand gevulde mengers niet ontzaveld kunnen worden. Bij de laatste rit zal de PC-HO de ruwijzerput vragen de menger zo goed mogelijk te legen en vervolgens de menger naar de omkeerput in het CMP sturen. Hier worden de laatste resten ijzer en slak eruit gehaald waarna de menger koud wordt geblazen.

De nieuwe menger moet, als hij onder de brander vandaan komt, meteen in bedrijf worden genomen om afkoelen te voorkomen. Indien nodig zal de PC-HO de hoogovens vragen om een kluts (± 50 ton ruwijzer) in de menger te tappen zodat de menger niet te veel afkoelt.

- b) Met name rond de mengermond ontstaan 'beren' (slakaangroeiingen). Twee keer per week worden mengermonden schoongemaakt; bekken bikken. De PC-HO zal de desbetreffende mengers, bij voorkeur leeg, gedurende een uur hiervoor beschikbaar moeten stellen. Desondanks zijn er mengermonden die tussentijds dermate vervuilen dat de menger niet ontzaveld of getapt kan worden. In dat geval moet de menger naar het mengermond-branderbord om de mond open te branden.
- c) Wanneer de ruwijzerproduktie achterblijft bij de staalproduktie wordt de omlooptijd van de mengers groter.
- d) Wanneer de staalproduktie achterblijft bij de ruwijzerproduktie zal er op den duur een tekort aan mengers ontstaan om het geproduceerde ruwijzer in op te slaan. Indien het tekort niet structureel is kan de PC-HO besluiten een menger leeg te storten, waardoor er weer een lege menger beschikbaar is. Het alternatief is een hoogoven (voor enkele uren) af te regelen door niet meer met hete wind te blazen. De produktie van ruwijzer valt dan stil. In beide gevallen vindt overleg met de Chef van de wacht plaats.
- e) Als een aftappunt van een hoogoven uit bedrijf gaat voor onderhoud moeten de steek en skimmer leeg en schoon zijn. Het ruwijzer dat hieruit komt vervuilt de menger sterk, zodat een menger minimaal een vastgesteld aantal normale ritten gemaakt moet hebben voordat hierin weer de steek en skimmer

geleegd kan worden. Aan de hand van het overzicht mengergegevens beer (Starshine-BER) bepaald de PC-HO welke menger voor het legen van de steek en skimmer in aanmerking komt.

3.2. Opleiding en training

De opleiding van PC-HO's is, afgezien van theoretische kennis van het hoogovenproces, on the job en naar inzicht van de PC-HO die de opleiding verzorgd. Naast ziekte en verlof van de reguliere PC-HO wordt in een aantal gevallen de reserve PC-HO regelmatig de mogelijkheid geboden enkele wachten als PC-HO te functioneren om zijn kennis en vaardigheden op peil te houden. De reguliere PC-HO gebruikt deze periode om zijn contacten met de personen, die hij normaal alleen via de intercom spreekt te verstevigen. Met name bij het adequaat afhandelen van storingsituaties spelen sociale vaardigheid en sociale contacten een belangrijke rol.

3.3. Telefoonwacht en coördinatie intern vervoer

Binnen de afdeling Hoogovens is de PC-HO een centraal aanspreekpunt waarlangs een groot deel van de communicatie verloopt. De PC-HO beschikt hiertoe over:

- a) Telefoon, twee toestellen.
- b) Rode telefoon; onafhankelijk van het Hoogovens-telefoonnet, voor noodgevallen.
- c) Intercom.
- d) Semafoon Chef van de wacht (reserve).
- e) Mobilfoon chauffeur.

De PC-HO fungeert tevens als coördinator intern vervoer. Verzoeken vanuit de afdeling worden door de PC-HO verzamelt en doorgegeven aan de chauffeur. Het intensieve berichtenverkeer is een grote beperking van de speelruimte van de PC-HO om het werk naar eigen inzicht in te richten en uit te voeren. Het verloop van het berichtenverkeer bepaald in feite waarmee de PC-HO zich bezighoud.

3.4. Administratie

De PC-HO houdt, al dan niet namens de Chef van de wacht, een aantal rapportages bij:

- a) Plotstrook; mengergegevens, (zie §3.1.2.)
- b) Dag/wachtrapportage; betreft gegevens over het aantal ladingen gemaakt en het oponthoud in de staalfabrieken, oponthoud hoogovens, proces-karakteristieken hoogovens, samenvatting mengerbeheer

- en onderhoud CMP.
- c) Dagrapport milieuborging; meldingen betreffende de uitstoot van roet, rook, vuur etc.
 - d) Basiciteitsgegevens H04; analysegegevens laboratorium.
 - e) Personeelsadministratie; dagelijks bezettingsoverzicht maken en controleren, registreren verlof/ziekte/uitleen van personeel, controleren draaikaarten, diverse declaraties namens personeel verwerken. Voor het voeren van de personeelsadministratie heeft de PC-HO toegang tot een personal computer.

4. Ruwijzer-coördinator

De functie Ruwijzer-coördinator (Rijco) is ontstaan na de sluiting van de Martinstaalfabriek in 1972. De bouw van OSF2 en uitbreiding van OSF1, en de bouw van H06 bij H04/5 doet de behoefte ontstaan aan ruwijzersturing. Met een ruwijzeraanvoerstaat en -verbruikstaat en een magnetisch planbord werd de sturing ter hand genomen. De doelstelling van de ruwijzersturing, zoals opgenomen in de opleidingsmanual luidt: Het zorgdragen voor een optimale verdeling van het ruwijzer over de beide staalfabrieken en de blok-vormengieterij.

Afgezien van wat administratieve activiteiten, bestaat de taak van de Rijco vrijwel uitsluitend uit logistiek plannen. De taak kan volgens onderstaande figuur opgedeeld worden in deeltaken:

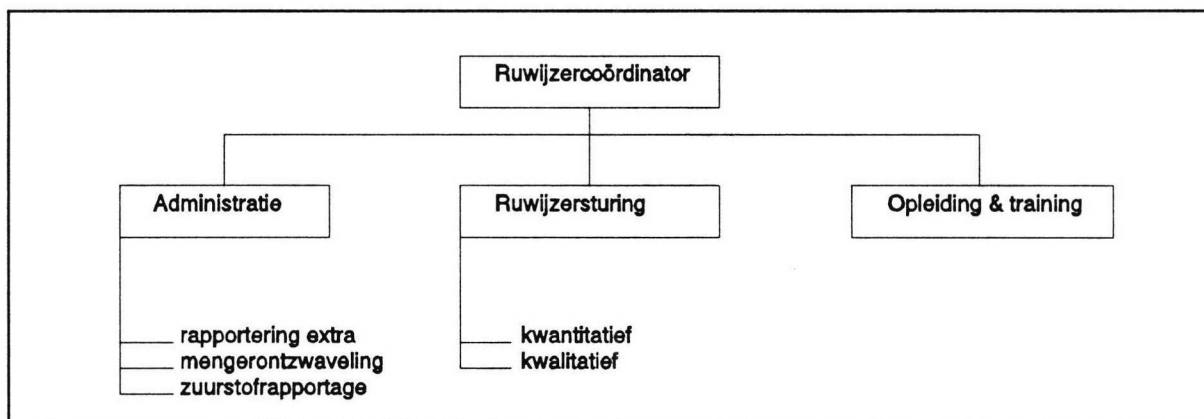


Fig. 6 Hiërarchische taakanalyse Rijco

De Rijco is samen met de staalbesteller en staalbestemmer in één ruimte ondergebracht. Organisatorisch gezien is de ruwijzersturing een onderdeel van de produktgroep Plat, Logistiek-Staal. Iedere ploeg bestaat uit vier personen, en heeft dus permanent één man reserve. Er wordt een systeem van job-roulatie toegepast waarbij meestal om de negen wachten wordt gewisseld van functie. Sinds het ontstaan in 1972 is de ruwijzersturing sterk gewijzigd. De communicatie verloopt thans vrijwel uitsluitend via het geautomatiseerde informatiesysteem Starshine. De totale regelcapaciteit van de Rijco is voor een groot deel ingeperkt door planregels en produktievoorschriften. In de volgende paragrafen worden de deeltaken van de Rijco uitvoeriger besproken.

4.1. Ruwijzersturing

Aan de ruwijzersturing zijn een tweetal aspecten te onderkennen:

- a) Kwalitatieve afstemming, met betrekking tot het zwavelgehalte in het ruwijzer (bestemd voor OSF2).
- b) Kwantitatieve afstemming, de verdeling van het ruwijzer over de staalfabrieken en eventueel de blokvormengieterij.

Ten behoeve van de ruwijzersturing heeft de Rijco de beschikking over de volgende hulpmiddelen:

- a) Telefoon.
- b) Intercom, met 22 kanalen. De belangrijkste contactpersonen voor de Rijco zijn de Produktencoördinator HO, de Produktiecoördinator OSF2, de rangeerdienstleider railvervoer en de ruwijzerputten in de staalfabrieken.
- c) Geautomatiseerde informatiesystemen; ProcoII, ProcoV, en Starshine. De Rijco heeft vijf beeldschermen, die bij normaal bedrijf de volgende overzichten weergeven (zie bijlage IV):
 - ProcoII-PVD: detailplan produktie in de OSF2.
 - ProcoV-PVD: detailplan produktie in de OSF1.
 - Starshine-HOV: aftapegegevens hoogovens.
 - Starshine-MOV: overzicht mengergegevens.
 - Starshine-RI1: ruwijzerinformatie.

4.1.1. Mengercyclus

De basis voor de kwantitatieve ruwijzersturing is het weekplan. Hierin worden globale afspraken gemaakt over:

- a) Ruwijzerproduktie en gepland onderhoud hoogovens.
- b) Ruwijzerverdeling, met prioriteitsregels die aangeven wie (OSF1, OSF2 of BVG) bij een eventueel tekort aan ruwijzer als eerste wordt voorzien van ruwijzer.
- c) Staalproduktie in OSF1 en OSF2, dus de ruwijzerafname.
- d) Blokwalsdoorzet, twee maal per week gaat er nog ruwijzer naar de BVG.

Het weekplan is geformuleerd in tonnages en aantal ladingen c.q pannen staal. Als de Rijco opkomt voor een nieuwe wacht neemt hij eerst contact op met de Proco en de rangeerdienstleider omtrent eventuele storingen. Aan de hand van het geplande aantal ladingen in het weekplan en de actuele toestand van de produktieinstallaties wordt een richtwaarde vastgesteld voor de produktie

tijdens de wacht.

Aan de hand van de mengercyclus, (§2.3, figuur 4) en de daar gebruikte codering, volgt een overzicht van de regelacties van de Rijco bij normaal bedrijf.

- 7) Rijco geeft route/bestemming. Nadat een volle menger door de PC-HO is gefiatteerd, verschijnt de menger op de beeldschermen bij de Rijco. Met behulp van Starshine-HOV geeft de Rijco iedere menger een route, en een bestemming voor het ruwijzer. Daartoe moet hij de volgende gegevens invoeren:
- bestemming; OSF1, OSF2 of BVG.
 - afslakken; J/N.
 - ontzwavelen; J/N.
 - omkeerput; J/N.
 - afstelvolgorde; volgorde waarin mengers getapt worden op de put.
 - definitief/voorlopig; D/V.
 - richtwaarde zwavelgehalte; deze varieert

Op het ProcoII-PVD overzicht kan de Rijco zien welke staalkwaliteiten gepland staan. Op basis van de kwaliteit waarvoor het ruwijzer bestemd is geeft de Rijco een richtwaarde voor het zwavelgehalte in de menger.

Aan de hand van Starshine-RI1 kan de Rijco de mengers volgen op hun route naar de staalfabriek. Starshine-MOV geeft hem daarbij informatie over de actuele status van een menger met betrekking tot positie, temperatuur, zwavelgehalte en andere analyseresultaten, route, etc.

- 13) Fiatteren 'menger leeg' door Rijco. Nadat een menger gelegeerd is op de ruwijzerput wordt dit door de put meegedeeld aan de Rijco. De Rijco kan het tappen op de ruwijzerput volgen met behulp van Starshine-RI1. Op basis van het resttonnage dat achterblijft in de menger zal de Rijco besluiten of de menger al dan niet de status leeg krijgt en mag vertrekken. Bij kwalitatief goed ruwijzer en een lage buffervoorraad zal de Rijco minder snel een niet geheel gelegeerde menger laten vertrekken.

4.1.2. Bijzondere gevallen

Ook nu worden weer een aantal bijzondere situaties besproken waarmee de Rijco bij de functieuitoefening te maken heeft.

- a) Als de ruwijzerbuffer te laag is kan dit tot gevolg hebben dat een mengster te laat komt om de aansluiting te halen in de staalfabriek. Een maatregel die de Rijco kan nemen is een mengster met een relatief laag zwavelgehalte niet te laten ontzwavelen. Deze mengster hoeft dan ook niet afgeslakt te worden wat tijdswinst geeft. De geplande staalkwaliteiten in de staalfabriek moeten deze beslissing wel mogelijk maken. De Rijco zal hiervoor contact opnemen met de ontzwavelingstoren en de Proco. Indien de geplande ladingen een laag zwavelgehalte vereisen zijn er een aantal alternatieven. Als eerste kan men het ruwijzer in de niet ontzwavelde mengster mixen met een andere (eventueel extra diep ontzwavelde) mengster. OSF2 heeft daarnaast de mogelijkheid om m.b.v. soda in beperkte mate in de pan het zwavelgehalte nog omlaag te brengen. Ook kan men besluiten de planning te veranderen, eventueel in overleg met de staalbesteller, en een serie staalkwaliteiten programmeren die geen laag zwavelgehalte vereisen. Een andere maatregel die de Rijco kan nemen is een mengster wel te laten ontzwavelen maar niet af te slakken. Ook dit geeft tijdswinst waardoor de aansluiting alsnog gehaald kan worden. De Rijco zal in dit geval overleg plegen met de Chef van de wacht van de hoogovens en de staalfabriek.
- b) In een aantal gevallen zal de Rijco het advies geven dieper te ontzwavelen dan op grond van de kwaliteitseisen noodzakelijk is. Deze situatie doet zich ondermeer voor als de ruwijzerbuffer erg hoog is. De Rijco is dan niet meer in staat te bepalen voor welke geplande staalkwaliteit de mengster getapt zal worden. Bovendien is de kans groot dat de planning tussentijds nog gewijzigd wordt. De Rijco zal in die gevallen een advies geven zodanig dat aan de eisen van een groot aantal mogelijke kwaliteiten voldaan is. Eenzelfde situatie doet zich voor wanneer de laag-zwavel kwaliteiten niet geclusterd op de planning staan. Het tweestromenland (figuur 11) in OSF2 maakt het mogelijk om tegelijkertijd op de ene stroom een laag-zwavel kwaliteit te produceren en op de andere stroom een kwaliteit die minder eisen stelt

aan het zwavelgehalte. Ook in dit geval is het onzeker voor welke geplande staalkwaliteit de mengers bedoeld is.

- c) Incidenteel is het verschil tussen het zwavelgehalte in de mengers en de kwaliteitseisen dermate klein dat het rendement van ontzwavelen erg laag wordt. De Rijco kan in dat geval besluiten de mengers niet te laten ontzwavelen.
- d) Bij de hoogovens moet het vulniveau van de mengers op het oog worden geschat. Door de aanwezigheid van beren aan het gewelf worden daardoor mengers incidenteel te vol getapt, waardoor ze niet ontzwaveld kunnen worden. De Rijco krijgt een bericht van de ontzwavelingstoren als een dergelijke mengers daar aankomt. De Rijco stuurt de mengers dan door naar de ruwijzerput om er ±50 ton uit te laten tappen waarna de mengers teruggaat om alsnog ontzwaveld te worden. De Rijco zal overleggen met de Proco en de ruwijzerput in OSF2 en railvervoer omtrent de plaats van de mengers in de wachtrij voor de staalfabriek. Immers het niet ontzwavelde ijzer kan niet voor alle kwaliteiten staal gebruikt worden.

4.2. Administratie en opleiding

Onderdeel van de dagelijkse werkzaamheden is het verzorgen van een tweetal rapportages:

- a) Rapportering extra mengersontzwaveling; Indien de Rijco besluit dieper te laten ontzwavelen dan uit hoofde van de kwaliteitseisen noodzakelijk is dient hij dit te rapporteren. Dit heeft als oorzaak dat de kosten van het ontzwavelen doorberekend worden naar de OSF2, terwijl logistiek het niveau van ontzwavelen (en dus de daarmee gepaard gaande kosten) bepaald.
- b) Zuurstoffrapportage; Via een electronic mailing systeem geeft de Rijco het geplande aantal ladingen in de staalfabrieken en de zuurstofvraag van de hoogovens door aan de EVS. De EVS kan aan de hand van deze gegevens de totale zuurstofvraag bepalen en het produktieniveau van de zuurstoffabriek instellen. Ook eventuele produktieverstoringen die consequenties hebben voor het zuurstofverbruik worden doorgegeven. De Rijco beschikt hiertoe over een aparte terminal die is aangesloten op het zgn. interoffice memorandum.

Voor de functie is geen bestaande opleiding, dit gebeurt on the job. Ook voor onderdelen van de functie, zoals

bijvoorbeeld plannen, is er geen speciale opleiding. Veelal worden mensen ingezet afkomstig van de hoogovens, staalfabrieken of walserijen. Dit omdat een behoorlijke kennis van de achterliggende bedrijfsprocessen noodzakelijk wordt geacht voor het goed kunnen uitvoeren van de functie.

4.3. Contacten met de Proco

Op de vraag in welke gevallen een Rijco contact opneemt met de Proco werden de volgende situaties beschreven:

- a) Een menger is niet op tijd op de put.
- b) Afwijkende zwavelgehaltenes in de menger.
- c) Lage ruwijzerbuffer, mengers gaan rechtstreeks naar de put (§4.1.2.a).
- d) Hoog zwavelgehalte in een hoogoven en in de mengers, waardoor het ontzwavelen en het afslakken veel tijd vergt. Dit kan leiden tot produktiebepervingen in de staalfabriek.
- e) Storingen in de staalfabriek die consequenties hebben voor de afname van ruwijzer.
- f) Aan het begin van de wacht, om een prognose van het aantal te maken ladingen op te stellen.

Opvallend is dat, afgezien van punt f, het hierbij gaat om situaties die afwijken van de normale produktiegang.

5. Staalbesteller

De doelstelling van het staalbestellen is in de opleidingsmanual als volgt opgenomen:

Opstellen definitieve werkuitgifte aan de staalfabrieken afgestemd op de produktiemogelijkheden waarin:

- a) het 24-uursprogramma zo goed mogelijk wordt gerealiseerd
- b) afwijkingen zo goed mogelijk conform de richtlijnen worden hersteld
- c) de snij-instructies maximaal worden gevuld met orders lopende week en orders die passen binnen de volumestromen en minimaal met niet orderbestemde ladingaanvulling
- d) de goede hal/parksturing is aangegeven.

De kern van de functie wordt door de Staalbesteller omschreven als het begeleiden van het 24-uursplan door de fabriek (=OSF2). Organisatorisch gezien zit de Staalbesteller in één team met de Ruwijzercoördinator (en Staalbestemmer en de reserveman). Strekte de ruwijzersturing zich uit over het gebied HO4/6/7 tot OSF1&2, de Staalbesteller richt zich uitsluitend op de staalstroom in de OSF2. De Staalbesteller brengt hier de koppeling tot stand tussen de klantenorders en de goederenstroom.

Derhalve wordt nu eerst een stuk orderstroom beschreven dat in de planningshiërarchie voorafgaat aan het staalbestellen.

Kwantitatief: In het 4-wekenplan worden globale werkafspraken gemaakt tussen de hoogovens, de staalfabrieken en de walserijen omtrent het produktieniveau. Het 4-wekenplan heeft de vorm van een rollend plan dat iedere week wordt aangepast. Dit op basis van de verwachte staalbehoefte en de staalvoorraad. Uit het 4-wekenplan wordt telkens een weekplan afgeleid voor de komende week. Hierin wordt de dagelijkse ruwijzer- en staalproduktie vastgelegd in tonnages en aantallen ladingen.

Kwalitatief: Alle klantenorders worden door verkoop bijeengebracht in een centrale orderbank. De door de klant opgegeven specificaties worden daarbij vertaald in één van de ±350 'standaard' bestelkwaliteiten van Hoogovens. Orderbewaking controleert of er nog plakken op voorraad liggen die aan de gestelde specificaties voldoen.

Eventueel aanwezige voorraad wordt in mindering gebracht op de klantenorder.

Iedere ochtend om 05.00 uur wordt de orderbank ververst.

De Programmeur (dagdienst) maakt vervolgens iedere morgen op basis van de in de orderbank aanwezige orders een concept 24-uursplan. Dit wordt ookwel het wensplan genoemd. Criteria voor de selectie van orders uit de orderbank zijn prioriteit (m.b.t. levertijdstip), kwaliteit en omvang. Gelijksortige kwaliteiten en gietbreedtes worden zoveel mogelijk geclusterd in series.

Een serie bestaat uit een geheel aantal pannen/ladingen. Dit betekent dat een klantenorder aangevuld moet worden met andere klantenorders (gelijksortige kwaliteit en gietbreedte), voorraadorders, of door te dupliceren. Dit totdat de te produceren hoeveelheid een veelvoud van 320 ton is. Een voorraadorder is een order voor plakken staal die na produktie op voorraad gaan, en dus nog niet voor een bepaalde klant bestemd zijn. Er zijn verschillende typen voorraadorders, afhankelijk van de afzetmogelijkheden van de desbetreffende kwaliteit/afmeting: geplande, gewenste, en ongewenste voorraad. Dupliceren is een andere methode om de 'streng te vullen'. Dit wil zeggen dat er per ordernummer een extra plak met dezelfde specificaties in de strengformatie wordt opgenomen. Dupliceren gebeurt in opdracht van de Programmeur. Bij een eventuele declassatie (= afkeur) van een plak kan men terugvallen op de geduplicateerde order. Er hoeft dan geen nieuwe serie opgezet te worden om alsnog de desbetreffende plak te kunnen leveren. Extra voorraadkosten worden gecompenseerd door een besparing op de omstelkosten bij het opstarten van een nieuwe serie.

In produktievoorschriften zijn een aantal afspraken gemaakt omtrent de op te nemen series in het 24-uursplan. Enerzijds om een evenwichtige produktie te krijgen in de staalfabriek, bijvoorbeeld maximaal drie 2-lingen per dag. Anderzijds op grond van technische beperkingen, bijvoorbeeld maximale

gietsduur 8 uur.

Het programma dat de Programmeur gebruikt bij het selecteren uit de orderbank houdt rekening met de belangrijkste voorschriften, omsteltijden etc. Indien een serie gepland staat voor een warme inzet in de walserijen wordt er door de Programmeur een tijdvenster opgegeven waarbinnen de serie geproduceerd dient te worden. Dit tijdvenster beslaat een periode van enkele uren. Het wensplan dat hieruit rolt wordt, nadat het gecorrigeerd is door de Programmeur, rond 15.00 uur aan de Staalbesteller aangeboden. Met dit wensplan begint de taak van de Staalbesteller.

Ook deze taak kan weer opgedeeld worden in een aantal deeltaken:

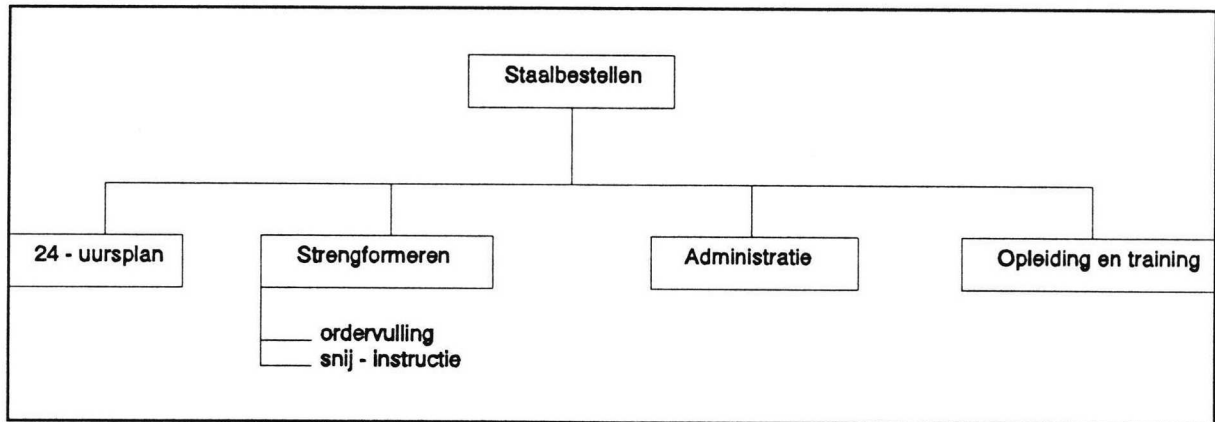


Fig. 7 Hiërarchische taakanalyse staalbesteller

Voor het eigenlijke staalbestellen, opstellen 24-uursplan en strengformereren, heeft de Staalbesteller de volgende hulpmiddelen:

- a) Telefoon
- b) Intercom, met 5 kanalen. De belangrijkste contacten zijn de Proco en de snijcabines bij de CGM.
- c) Aansluiting op het ProcoII-systeem om de produktie in de staalfabriek te kunnen volgen. ProcoII-PVD: detailplan produktie in de OSF2.
- d) Aansluiting op het staalbestelsysteem (IMS-tsopec), bestaande uit een toetsenbord en een beeldscherm met vier windows zodat simultaan vier overzichten op het scherm kunnen worden weergegeven.

5.1. Opstellen 24-uursplan

In het wensplan zoals de Staalbesteller het ontvangt zijn per gietmachine de series aangegeven met regelnummer op de planning, bestelkwaliteit en gietbreedte (=strengbreedte). In het wensplan zijn niet de klantenorders aangegeven waarvoor een panlading bestemd is.

De Staalbesteller voert het wensplan in in zijn systeem en stuurt vervolgens enkele afdrukken hiervan naar de Proco. Om 16.00 uur gaat de Staalbesteller met de Programmeur naar de OSF2 voor het dagelijkse planoverleg. Vanuit de staalfabriek zijn hierbij enkele van de volgende personen aanwezig: Chef van de wacht, Ploegchef KA, Opzichter converter-sectie, Chef gietmachines, lid bedrijfsleiding. In het plan-overleg wordt vastgesteld welke series definitief in het 24-uursplan worden opgenomen en de exacte volgorde daarvan. Een en ander op basis van de actuele toestand in de staalfabriek, buffergrootte ruwijzer, installatiebeschikbaarheid, produktievoorschriften etc. De Proco in de OSF2 ontvangt na afloop het 24-uursplan op papier. De Staalbesteller geeft de desbetreffende series vrij, waarna de Proco deze kan binnenhalen in het ProcoII-systeem. De Proco voert de volgordewijzigingen door zoals afgesproken in het plan-overleg. Alle volgordewijzigingen die de Proco aanbrengt (nu of later) worden door het ProcoII-systeem weer teruggekoppeld naar het staalbestelsysteem, zodat de staalbesteller hiervan op de hoogte blijft. In de praktijk wordt het 24-uursplan tijdens de drie wachten waarvoor het bestemd is nog regelmatig aangepast, als gevolg van storingen in de staalfabriek of doordat orders alsnog uit de orderbank verdwijnen.

5.2. Strengformereren

Ongeveer 8 uur voordat een lading de converter ingaat zal de Staalbesteller de strengen gaan formeren. Uit een pan staal komen twee strengen van ± 160 ton. Deze strengen worden in een aantal plakken gesneden aan de hand van de snij-instructies die weer gebaseerd zijn op de specificaties van de klant.

Allereerst zal de Staalbesteller controleren of alle ladingen in een serie nog voldoende gevuld zijn met klantenorders. De orderbank is toegankelijk voor zowel verkoop als voor het achterland. Afkeur van geproduceerde rollen staal voor een bepaalde klant kan tot gevolg hebben dat deze rollen worden toegewezen aan een andere

klant, voor wie de rollen nog wel acceptabel zijn. De desbetreffende order wordt dan door het achterland uit het systeem gehaald. Ook kan verkoop orders intrekken, en uit de orderbank verwijderen. Zodoende komt het voor dat er voor ladingen die al in het 24-uursplan staan geen klantenorders meer zijn. In dat geval zal de Staalbesteller overleggen met de programmeur of, buiten dagdienst de lading laten vervallen. Van alle ladingen in een serie worden beide strengen gecontroleerd. Is de ordervulling nog voldoende dan haalt de Staalbesteller de snij-instructies op door de geplande ladingen aan de klantenorders te koppelen. Nadat de Staalverdelers de strengen nog eens gecontroleerd heeft op juistheid van de snij-instructies, kunnen de strengformaties worden vrijgegeven. Tussen het moment van inzetten in de converter en begin gieten worden de strengformaties verstuurd via ProcoII naar de snijcabines van de CGM's. De uiteindelijke kwaliteit van een geproduceerde plak staal wordt bepaald door de analyse (de chemische samenstelling) en het gietgedrag. Een codeur van de kwaliteitsafdeling controleert of de gerealiseerde waarden binnen de gestelde normen liggen. De plak krijgt vervolgens van de codeur een zogenaamde akkoordkwaliteit en een alternatieve kwaliteit. Deze behaalde kwaliteiten worden teruggekoppeld naar de Staalbesteller. Van de geproduceerde plakken wordt door de Staalbesteller m.b.v. het staalbestelsysteem een rapport opgemaakt voor de Staalbestemmer (akkoord- en alternatieve kwaliteiten, afmetingen, identiteitscodes, code opslaghal etc). De Staalbestemmer draagt zorg voor de afstemming met de walserijen.

De voortgang van een lading door de Oxystaalfabriek kan de Staalbesteller volgen, enerzijds aan de hand van het ProcoII-PVD overzicht, en anderzijds met het staalbestelsysteem.

5.3. Bijzondere situaties

Er zijn in principe twee situaties te onderscheiden waarbij wordt afgeweken van het 24-uursplan:

- a) Kwaliteitsswitch, indien in de staalfabriek bij de converter en/of panbehandeling niet de vereiste chemische samenstelling wordt bereikt. De Proco doet in dat geval een voorstel voor een alternatieve kwaliteit die wel uit de desbetreffende lading gemaakt kan worden. De Staalbesteller gaat na of er voor deze alternatieve kwaliteit klantenorders aanwezig zijn. In

dat geval verstuurd hij nieuwe snij-instructies en geeft eventueel een nieuwe gietbreedte.

- b) Inhoudelijke wijzigingen 24-uursplan. Als er door storingen produktie-installaties of grondstoffen niet beschikbaar zijn kan de Proco vragen om een andere serie in plaats van de vervallen serie.

Ook in dit geval gaat de Staalbesteller na, of er klantenorders aanwezig zijn waarmee de gevraagde serie gevuld kan worden.

5.4. Administratie en opleiding

De Staalbesteller houdt een wachtrapport bij met de ruwijzerbuffer, het aantal ladingen geproduceerd en storingen in de staalfabrieken, en de produktie van OSF2 in termen van gerealiseerde kwaliteiten (bestel-, reken-, inzet-, tap-, vpbi-, spoel-, giet- en akkoordkwaliteit). Voor de functie is geen specifieke opleiding. Nieuwe Staalbestellers worden 'on the job' opgeleid.

6. Productie-coördinator Oxystaalfabriek 2 (Proco)

De functie-omschrijving van de Proco luidt:

Het coördineren van de werkzaamheden der productie-eenheden uitgaande van het 24-uurs productieplan en de beschikbaarheid van de produktiemiddelen en de grondstoffen. De Productie-coördinator moet een beleid ontwikkelen volgens welke de kwantiteit en kwaliteit van de produktstroom wordt geregeld. Was de functie in 1987 nog een eindfunctie, thans is het een doorgroeffunctie. Dit heeft tot gevolg dat er nu een aantal jongere Proco's zijn, met minder fabriekservaring, die slechts gedurende een beperkt aantal jaren de functie uitoefenen. Als we, ter vergelijk met de andere logistieke planners, bij deze functie ook de hiërarchische taakanalyse toepassen dan geeft dit het volgende beeld:

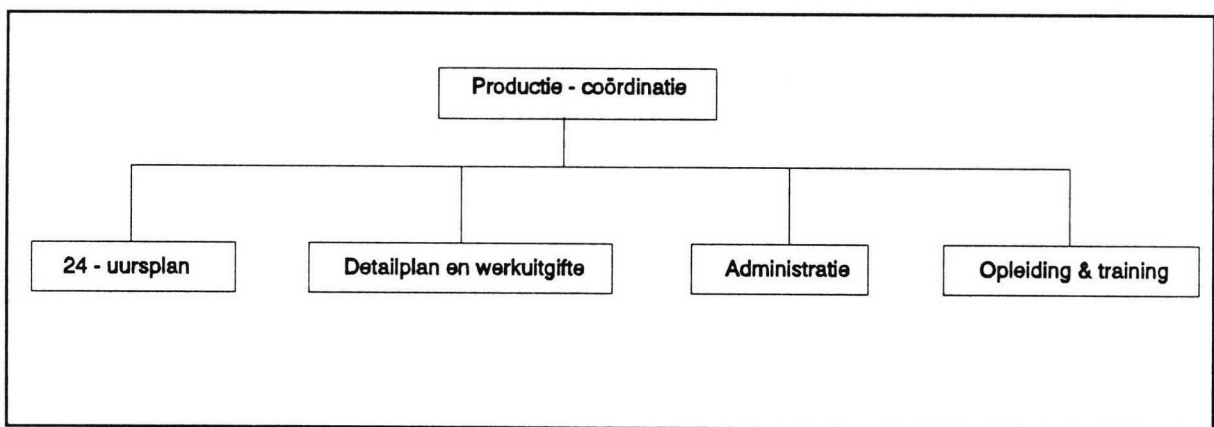


Fig. 8 Hiërarchische taakanalyse Productie-coördinator

Voor de uitoefening van de functie heeft de Proco de volgende hulpmiddelen tot zijn beschikking:

- a) Telefoon.
- b) Intercom, met 29 kanalen. De meest frequente contacten onderhoud de Proco met de converters, panbehandelingsinstallaties, continu-gietmachines, opzichters en de Staalbesteller.
- c) Procesindicatoren met betrekking tot de produktievoortgang bij de converters.
- d) TV-monitoren, drie stuks met camera's op 12 posities in de OSF2.
- e) De Proco heeft zes beeldschermen die met vijf toetsenborden aangestuurd worden. Op deze beeldschermen:
 - PROC0-II, een geautomatiseerd systeem ten behoeve van de produktiesturing en werkuitgifte in de OSF2. Voor

de Proco zijn de subsystemen produktieplanning en produktievoortgang het belangrijkste, (PROCO-II PVD raadplegen en PROCO-II PVD plannen).

- Starshine (zie paragraaf 3.1) met informatie over het aanbod ruwijzer. De Proco gebruikt met name de informatie ruwijzer aanbod voor de ruwijzerputten OSF2.
 - COGMA, een geautomatiseerd systeem ten behoeve van produktiesturing en controle van de Continu-gietmachines. De Proco heeft op een beeldscherm de bedrijfstoestand van Continu-gietmachine 21 (BT-plaatje) en op een 2e beeldscherm de bedrijfstoestand van Continu-gietmachine 22 (BT2-plaatje).
 - COCOS, een geautomatiseerd systeem ten behoeve van produktiesturing en controle van de converters. De Proco gebruikt met name het werkuitgifte-overzicht (W.O.V.-plaatje).
- f) Printers, één aangesloten op het ProcoII-systeem en één aangesloten op het staalbestelsysteem.

De goederenstroom in de OSF2, het door de Proco te besturen proces, is in de volgende figuur nog eens weergegeven:

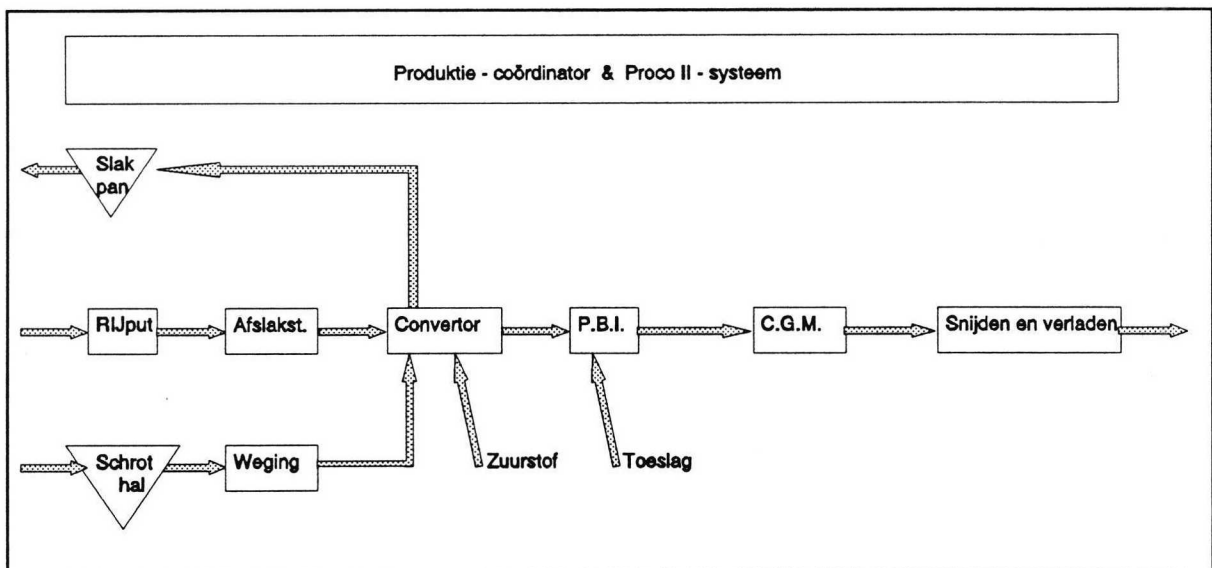


Fig. 9 Logistiek schema staalfabricage in de OSF2

De planning van de Proco richt zich op de drie hoofdprocessen in dit traject: het converterproces, het panbehandelingsproces en het continu-gietproces. Per lading bepaalt de Proco, met behulp van het ProcoII-systeem, een begin- en eindtijd voor elk van de drie processen. Tussen de eindtijd en begintijd van twee opeenvolgende produktieprocessen zit 15 minuten voor het

pannentransport tussen de installaties.

Er zijn meerdere produktie-installaties zodat de Proco eveneens de route van de lading dient aan te geven. Van de drie converters is er wisselend één in onderhoud, zodat er permanent twee in bedrijf zijn. Spoelstand 21 is reserve zodat men ook permanent over twee panbehandelingsinstallaties beschikt: spoelstand 22 en de vacuümpanbehandelingsinstallatie (VPBI). De twee continugietmachines zijn, afgezien van periodiek onderhoud, eveneens permanent in bedrijf. Daardoor is, op basis van geografische ligging, een tweestromenland mogelijk met twee gescheiden staalstromen. Dit heeft als voordeel dat de staalstromen elkaar niet onnodig kruisen, wat de transporttijden bekort en rust geeft in de fabriek. Dit principe wordt zoveel mogelijk toegepast, met name tussen de PBI en CGM. Het door de Proco te besturen proces ziet er dan als volgt uit:

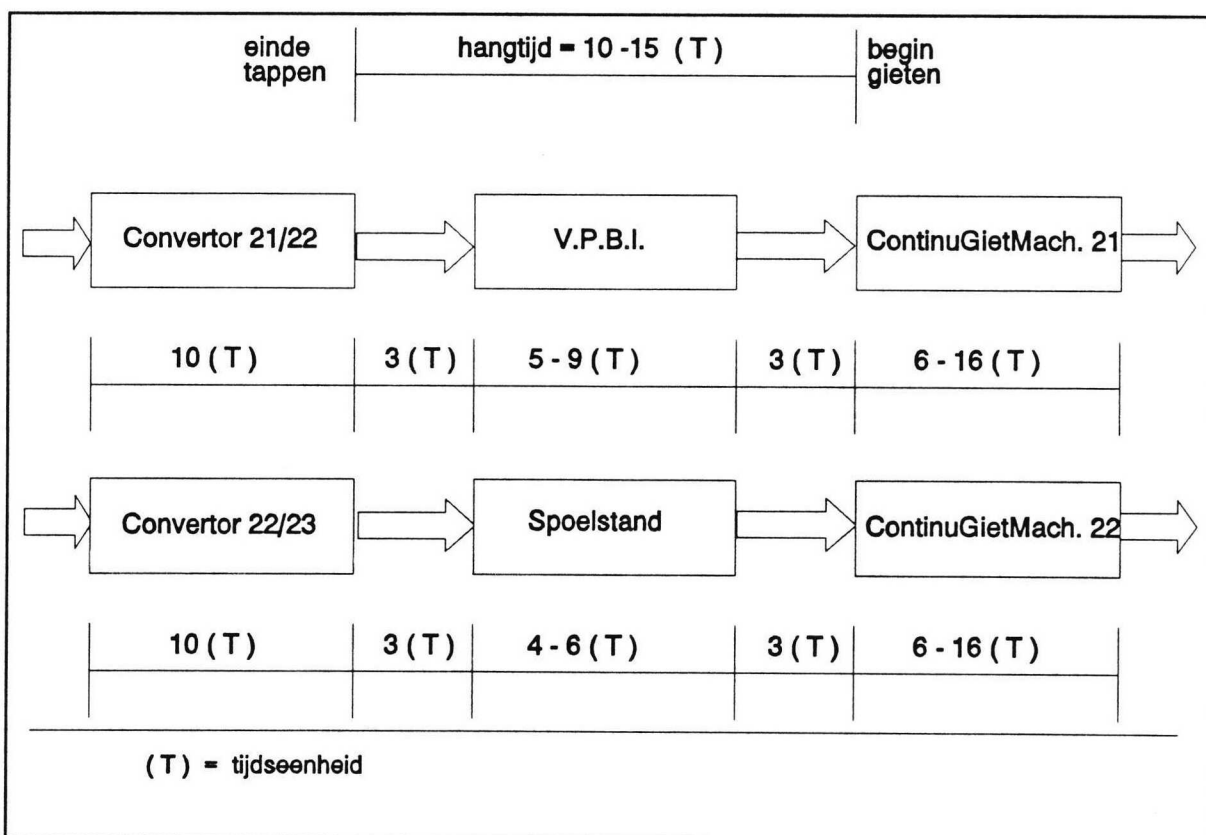


Fig. 10 Twee stromenland met transport- en procestijden in de OSF2.

De variatie in de procestijden, zoals aangegeven in de figuur, wordt verklaard door de bestelkwaliteit van de lading. De gewenste staalkwaliteit is bepalend voor de duur en de precieze aard van de bewerkingen.

Bij normaal bedrijf heeft de Proco geen bemoeienissen met de processen voorafgaande aan de inzet in de converter. Dit afgezien van informatie over de omvang en samenstelling van de ruwijzerbuffer. De Proco geeft in zijn planning (ProcoII-PVD) de inzetijd van de ladingen aan. De converterbemanning bestelt het schrot en het ruwijzer afgaande op de geplande inzetijden. Alleen in geval van storingen in deze voorafgaande processen, die consequenties hebben voor de planning, vraagt dit gedeelte van het proces om aandacht van de Proco.

Dezelfde redenering is van toepassing op het procesgedeelte achter de continugietmachines.

6.1. Opstellen 24-uursplan

Na afloop van het dagelijkse planoverleg krijgt de Proco een afdruk van het wensplan voorzien van een aantal instructies omtrent de volgorde van de op te nemen series. Binnen deze randvoorwaarden is er nog ruimte voor de Proco om het detailplan naar eigen inzicht op te stellen en te optimaliseren. De werkinstructies in het wensplan zijn geordend naar continugietmachine en naar serie. Nadat het wensplan c.q. de werkinstructies door de Proco in het ProcoII-systeem zijn binnengehaald moeten deze een aantal bewerkingen ondergaan:

- a) Als gevolg van het tweestromenland zijn er tegelijkertijd twee series in bewerking. Doordat de Proco in de planning primair een ordening naar tijd heeft dienen de afzonderlijke series verweven te worden.
- b) De routing van de lading dient aangegeven te worden. Het ProcoII-systeem geeft standaard een route via de VPBI. De Proco dient aan te geven welke ladingen via de spoelstand dienen te gaan. De bestelkwaliteit van de lading is veelal bepalend voor de keuze tussen VPBI of spoelstand.
- c) De volgorde waarin de series opgenomen worden wordt geoptimaliseerd. Dit aan de hand van instructies naar aanleiding van het planoverleg en eigen inzicht. In de produktievoorschriften zijn een groot aantal planningsregels opgenomen die beperkingen stellen aan de volgorde van de series en de ladingen binnen een serie. Een serie is opgebouwd uit ladingen met gelijksoortige kwaliteiten. Op CGM22 is het niet mogelijk tijdens het gieten de gietbreedte te verstellen, zodat series voor CGM22 uit ladingen moeten bestaan die eveneens dezelfde strengbreedte

hebben.

- d) De volgorde van de ladingen binnen een serie wordt geoptimaliseerd. Dit om kwaliteitsovergangen minimaal te houden. In de verdeelbak vermengt het staal uit twee opeenvolgende ladingen zich. Indien het ladingen van een verschillende kwaliteit betreft ontstaat er in de streng een overgangsgebied van de ene naar de andere kwaliteit, wat mogelijk afkeur tot gevolg heeft. Ook kunnen daardoor niet alle kwaliteiten achter elkaar in een serie gegoten worden (voorschriften).

Op CGM21 kan tijdens het gieten de strengbreedte wel aangepast worden. Breedteverstellingen geven een taps verlopende plak. Zodoende dient voor CGM22 de ladingvolgorde zodanig te zijn de breedteverstellingen minimaal zijn, én nooit meer dan 300mm.

- e) De Proco geeft aan de eerste twee ladingen in het plan een 'begin gieten'. Het ProcoII-systeem bepaald dan de geplande begin- en eindtijden van de drie genoemde processen voor de volgende ladingen in het plan. In de, in het ProcoII-systeem vastgelegde, produktievoorschriften is de relatie tussen bestelkwaliteit en procestijd aangegeven. In het planningssysteem wordt de CGM als knelpuntscapaciteit beschouwd, welke maximaal bezet dient te worden. Om een serie te kunnen gieten is 'begin gieten' van de volgende lading per definitie gelijk aan 'einde gieten' van de voorafgaande lading. Uitgaande van deze tijden worden de andere begin- en eindtijden, door het ProcoII-systeem, bepaald.
- f) De Proco brengt ruimte in het plan aan voor gepland onderhoud en andere geplande stilstanden.
- g) Tenslotte zal de Proco het plan nog 'bijschaven' omdat geplande giettijden niet altijd realiseerbaar zijn of doordat het systeem geen rekening heeft gehouden met de mogelijkheid om op CGM21 'vliegend' de verdeelbak te wisselen. Een verdeelbak heeft een beperkte levensduur. Bij CGM 21 bestaat de mogelijkheid de nieuwe verdeelbak naast de CGM volledig te prepareren en op te warmen. Op het moment van wisselen wordt de huidige verdeelbak leegegoten, de gietsnelheid afgeregeld, en vervolgens in enkele minuten de verdeelbak onder de toren gewisseld. Tenslotte wordt de gietsnelheid weer opgeregeld. Normaal gesproken vergt omstellen (m.n. startkettingen doorvoeren) op

CGM21 een aanzienlijke tijd, zodat het vliegend verdeelbak wisselen een aanzienlijke tijdwinst geeft. Niet alle kwaliteiten staan het toe vliegend de verdeelbak te wisselen (produktievoorschriften).

- h) Nadat het plan door de Proco gefiatteerd is, worden alle aangesloten beeldschermen van de nieuwe planning voorzien.

6.2. Detailplan en werkuitgifte

Bij normaal bedrijf wordt er geproduceerd volgens de in het plan aangegeven tijden. In het produktieproces zijn een drietal punten aan te geven waar de Proco in principe stuurcapaciteit heeft. Deze punten zijn:

- a) Inzettijd converter, in feite de start van een lading op zijn weg door de OSF2.
- b) Begin nablaas; In de tussenstop van de converter kan een lading opgehouden worden, zonder dat dit consequenties heeft voor de kwaliteit. Door de converter horizontaal achterover te kantelen neemt de lading bijna geen stikstof meer op uit de lucht. Eventueel temperatuurverlies kan in de nablaas gecorrigeerd worden. Voor de Proco is dit het moment waar hij eenvoudig de voortgang van het produktieproces kan afstemmen op de 'begin gieten' tijd. In principe dient de pan 10 minuten voor dit moment op de toren van de CGM te staan.
- c) 'Begin giet' tijd; van belang in verband met het halen van de aansluiting. De gietsnelheid wordt in principe bepaald door de kwaliteit van de te gieten lading. Afhankelijk van de temperatuur van het staal in de verdeelbak wordt binnen gestelde grenzen afgeweken van deze richtwaarde. Ook om een aansluiting met de volgende (vertraagde) lading te bewerkstelligen wordt wel afgeweken van de richtwaarde. De gietsnelheid en strengbreedtes zijn bepalend voor de totale gietduur van een lading, en dus ook voor het tijdstip 'einde gieten'.

Nadat een lading is getapt uit de converter in de staalpan heeft iedere vertraging twee consequenties voor de kwaliteit:

- a) De temperatuur van het vloeibaar staal daalt.
- b) Het staal neemt stikstof op uit de omgevingslucht. Alleen de VPBI heeft nog de mogelijkheid om de temperatuur van een lading staal te corrigeren. Optredende verstoringen zijn daardoor grofweg in twee categorieën te verdelen, namelijk die voor en die ná het

tappen van de lading uit de converter plaatsvinden. Een ander onderscheid dat gemaakt kan worden is storingen die gevolgen hebben voor de kwaliteit van een lading en storingen die primair gevolgen hebben voor het tijdsaspect. Dit laatste type storingen kan weer onderverdeeld worden naar oorzaak: installatiebeschikbaarheid of uitloop.

Storingen als gevolg van het niet behalen van de vereiste kwaliteit leiden veelal niet tot een hernieuwde planning.

6.3. Administratie en opleiding

Door de Proco wordt een wachtrapport bijgehouden met de belangrijkste produktiegegevens: aantal ladingen en bezetting van de installaties, omvang ruwijzerbuffer, procesverstoringen etc.

Voor de functie is er geen bestaande opleiding, Proco's worden on the job opgeleid door ervaren Proco's. Ervaring in de fabriek is noodzakelijk voor het goed kunnen uitoefenen van de functie.

7. Specificatie van het simulatie-systeem

Zoals reeds is opgemerkt, is de Productie-coördinator in de Oxystaalfabriek² (Proco) gekozen als voorbeeldfunctie voor het te ontwikkelen simulatie-systeem. Na een eerste oriëntatie is gebleken dat het door de Proco bestuurd proces, en de hulpmiddelen die hij heeft voor het uitvoeren van deze taak, te complex zijn om in zijn geheel in het simulatie-systeem onder te brengen. De noodzaak doet zich voor de karakteristieke elementen of situaties uit de taak van de Proco te isoleren, danwel op een andere wijze de complexiteit van het werkelijke systeem te reduceren. De ervaring leert dat bij normaal bedrijf de mens met zijn hulpmiddelen voldoende in staat is de gevraagde taak uit te voeren. Pas bij gestoord bedrijf komen knelpunten aan het licht, en wordt duidelijk of de mens met behulp van zijn hulpmiddelen op de juiste wijze kan reageren. Dit soort situaties waar het goed functioneren van cruciaal belang is stellen veelal andere eisen aan de mens en zijn hulpmiddelen dan bij normaal bedrijf.

Bovenstaande overwegingen zijn aanleiding om te streven naar de formulering van een aantal kritieke beslissingssituaties voor de logistieke planner. Dit kan in principe op twee manieren:

- a) In cognitieve termen: Door de taak tot op het laagste niveau te analyseren kunnen aspecten als tijdsdruk, dual tasks, interleaving, tracking & tracing geïsoleerd worden die als basis kunnen dienen voor het simulatie-systeem.
- b) In operationele termen: Door de taak te bezien in de totale context kunnen situaties geïsoleerd worden die in het licht van de totale systeem 'kritiek' zijn. Bijvoorbeeld doordat het productieproces in een toestand komt (als gevolg van storing, afkeur, etc.) die om actie van de Proco vragen.

De oorspronkelijke doelstelling, onderzoek naar de effecten van tijdsdruk, ervaring, wijze van informatiepresentatie op beslissingen in probleemsituaties kan met beide varianten gerealiseerd worden. Uiteindelijk is voor deze tweede variant gekozen. Kritieke beslissingssituaties zijn daarbij gedefinieerd als die situaties waarin een groot beroep wordt gedaan op de capaciteit en de kennis/vaardigheden van de Proco. Een dergelijke kritieke situatie vormt dan de basis voor het scenario van de simulatie. Aan de proefpersoon in het simulatie-systeem wordt een probleemsituatie voorgelegd die hij moet oplossen. Dit onder genoemde experimentele condities.

Voorbeelden van aanzetters tot kritieke situaties zijn:

- a) Omgevingscondities; problemen in het productieproces
- b) Effectiviteit van de planning
- c) Mogelijke opties in een specifieke situatie; het aantal alternatieven waaruit gekozen kan worden is erg groot, alternatieve oplossingen zijn niet goed tegen elkaar af te wegen.

De in paragraaf 8 beschreven situaties zijn onder te brengen in deze categorieën.

8. Kritieke beslissingssituaties

- Naam: 1. Storing Laadkraan
- Context: In plaats van het normale aantal van drie zijn er maar twee laad kranen beschikbaar voor het laden van de converters.
- Gevolg: De kraancyclustijd die bepalend is voor de snelheid waarmee opeenvolgende ladingen in de converter ingezet kunnen worden gaat van 25 naar 35 minuten.
- Informatie: Intercom: verwachte duur storing, overleg convertors en CGM.
Proco II: PVD, PWI, PCM.
- Actie: Afhankelijk van de duur van de storing:
Kort; De aansluiting met de CGM kan gehaald worden door de speling in de hangtijd te benutten en door de CGM in gietsnelheid terug te laten gaan.
Middel; Door de eerstvolgende lading na converterbehandeling direct naar de toren te sturen kan de aansluiting alsnog gehaald worden. De panbehandeling wordt overgeslagen hetgeen extra eisen stelt aan de behandeling van de lading in de convertor.
Lang; Alternatief productieplan maken met kwaliteiten die een lange giettijd hebben. Zodoende kunnen beide CGM's in bedrijf blijven. Is dit niet mogelijk dan moet de serie afgebroken worden en gaat één CGM uit bedrijf.
- Naam: 2. Pandoorbraak
- Context: Panbemetseling is doorgesleten. Vloeibaar staal komt in contact met de buitenwand van de pan waardoor de panwand wegsmelt.
- Gevolg: Staalpan is niet meer bruikbaar en gaat uit bedrijf, de volgende lading is te laat om nog de aansluiting bij de CGM te halen. Dit betekent afbreken van de serie. Nieuwe verdeelbak opstoken. Startkettingen doorvoeren en opnieuw aangieten.
- Informatie: Intercom: schade aan installaties opnemen.
Proco II: PVD, PWI, PCM.
- Actie: Nieuw productieplan maken, rekening houdend met eventuele schade aan productieinstallaties.

- Naam:** 3. Pan staal vast in transportmiddel
Context: Als gevolg van een storing in het dwarstransport of de gietkraan zit een pan staal vast.
Gevolg: Aanvoer staal naar PBI en CGM stagneert.
Informatie: Intercom: verwachte duur storing, overleg converters en CGM.
 Proco II: PVD, PCM.
Actie: Indien het de 1e pan van een serie betreft:
 Later aangieten van de serie, nieuw produktieplan maken, met name nieuwe tijd 'begin giet' voor deze serie.
 Indien het om de 2e of een latere pan in een serie gaat: CGM vragen terug in snelheid te gaan om tijd te winnen t.b.v. reparatie en het halen van de aansluiting. Is dit niet mogelijk dan betekent dit einde serie voor deze CGM. Als op beide CGM's gelijksoortige kwaliteiten worden gegoten kan de pan die vastzat later op de andere CGM leeggegoten worden.
 Indien de volgende pan nog niet getapt is uit de converter dan de pan vasthouden in de converter, door deze achterover te laten gaan (in de tussenstop). Zodoende neemt het staal geen stikstof op uit de lucht, wat tijdwinst geeft.
 Indien de volgende pan reeds getapt is dan een volgorde switch toepassen. De getapte pan wordt afgegoten voor de pan die vast zit in het transportmiddel. Om hierbij een en ander qua tijd op elkaar af te stemmen kan het nodig zijn een bepaalde pan enige tijd in de VPBI vast te houden.
- Naam:** 4. Panslot gaat niet open
Context: Zandslot van de staalpan gaat niet open als deze op de toren van de CGM staat, dit als gevolg van slak- of staalinsluitels.
Gevolg: De staalpan kan niet leeggegoten worden in de verdeelbak CGM. Pan moet in reparatie. Serie moet worden afgebroken.
Informatie: Intercom: meethuis CGM.
 Proco II: PVD.
Actie: Pan retour laadhals en legen in convertor.
 Aanpassen van het produktieplan. Vasthouden van eventueel volgende pannen in de serie bij VPBI of convertor gedurende omsteltijd CGM.

Naam: 5. Noodbedrijf CGM
Context: Automatische storingsmelding van de CGM: primair noodbedrijf. De pan boven de verdeelbak kan nog leeggegoten worden.
Gevolg: Afbreken van de serie nadat de pan op de toren is leeggegoten. CGM gaat in reparatie.
Informatie: Intercom: meethuis CGM.
 Proco II: PVD, PAL, PWI, PLU.
Actie: Afhankelijk van de duur van de storing:
 Kort; Vasthouden van eventueel volgende pannen in de serie bij VPBI of converters.
 Lang; Wegwerken van de reeds voor deze serie getapte pannen staal in de fabriek. Indien mogelijk leeggieten op de andere CGM, eventueel kwaliteitsswitch toepassen.

Naam: 6. Dompelpijp is dichtgelopen
Context: Via twee dompelpijpen stroomt het vloeibaar staal uit de verdeelbak in de gietvormen. Staal hecht zich vast aan de wand van de pijp, deze raakt verstopt. Dompelpijp wisselen.
Gevolg: Indien dit goed gaat levert het een gering tijdsverlies op, eventueel moet de tijd 'begin giet' van de volgende pan in de planning aangepast worden. Indien dit mislukt kan er nog maar over één streng gegoten worden, waardoor de resterende gietduur verdubbeld.
Informatie: Intercom: meethuis CGM.
 Proco II: PVD, PCM.
Actie: Indien de pan heet genoeg is kan de pan nog geheel leeggegoten worden. Op CGM21 kan eventueel de gietbreedte naar maximaal gebracht worden zodat de resterende giettijd verkort wordt. Als dit onvoldoende is zal de pan, zover als de temperatuur van het staal het toelaat worden leeggegoten, waarna het resterende deel van de lading retour laadhal gaat.

Naam: 7. Doorbraak CGM
Context: Staaltemperatuur en/of gietsnelheid is te hoog. De buitenkant van de streng is onvoldoende gestold waardoor deze breekt op de rollenbaan achter de CGM. Vloeibaar staal uit het midden van de streng stroomt weg tussen de rollen.
Gevolg: Afbreken van de serie. Resterende pannen van de serie moeten leeggegoten worden op de andere

CGM. De serie op de andere CGM zal daartoe verlengd moeten worden, eventueel door vliegend de verdeelbak te wisselen.

Informatie: Intercom: status PBI en converters, overleg CGM.
Proco II: PVD, PLU, PCM, PWI.

Actie: Ophouden van staalpannen in de fabriek.
Produktieplan wijzigen;
routeswitch doordat alle pannen via de andere CGM gaan. Nieuwe 'begin giet' tijd vaststellen voor CGM met doorbraak.

Naam: 8. Opstellen 24uurs plan

Context: Staalbesteller heeft een print gestuurd met het nieuwe 24uursplan. Proco heeft naar aanleiding van het planpraatje de aan te brengen correcties doorgekregen.

Gevolg: Nieuw produktieplan moet worden opgesteld, voor de komende 24uur.

Informatie: Intercom: Staalbesteller
Proco II: PVD, PWI.

Kwaliteitenboek, gietduurtabellen.

Actie: Plannen; verschuiven/verwisselen van orderregels en/of series.
Eventueel (n.a.v. planpraatje) series laten vervallen, nieuwe series opvragen bij Staalbesteller en binnenhalen.

Naam: 9. Storing snijbranders CGM

Context: Een van de snijbranders op een streng werkt niet. De plakken worden met halve snelheid doorgesneden.

Gevolg: De gietmachine moet op de desbetreffende streng terug in snelheid, waardoor de resterende giettijd toeneemt.

Informatie: Intercom: meethuis CGM.
Proco II: PVD, PCM.

Actie: Afhankelijk van de opgelopen vertraging:
Kort; Opvangen door pannen vast te houden in de converter en/of VPBI. Aanpassen van het produktieplan, met name 'begin giet' tijd van de volgende pan in de serie.
Lang; Volgordeswitch toepassen, tweede pan eerst naar de toren en leeggieten, daardoor is er tijd om de eerste pan terug te laten gaan naar de VPBI en op te stoken. Aanpassen produktieplan; volgordeswitch en 'begin giet' tijd.

FASE 2

9. De logistieke planningstaak van de Proco

9.1 Inleiding

Fase 1 van het project is afgesloten met het definiëren van een negental "kritische beslissingssituaties". In Fase 2 van het project ligt de nadruk op de optimalisatie van de mens-systeem interactie. Vooral in kritieke beslissingssituaties moet de Proco vaak in korte tijd beslissingen nemen, gebruik makend van de informatie in zijn planningssysteem. De optimalisatie van de mens-systeem interactie is in dergelijke situaties dus van groot belang.

De mens-systeem interactie kan men optimaliseren door de cognitieve prestaties van de mens te verhogen, en door het werken met het systeem zo goed mogelijk te laten aansluiten bij de eigenlijke taakuitvoering van de planner. Een centrale factor hierbij is de kwaliteit van het interface van het planningssysteem. Een interface dat zo goed mogelijk aansluit bij de eigenlijke taakuitvoering van de planner, en dus alleen die informatie aanbiedt die de planner ook werkelijk nodig heeft en kan verwerken, kan leiden tot een verhoging van de cognitieve prestaties van de planner. Teneinde tot een dergelijk interface te kunnen komen, is echter eerst een analyse van de taak van de betreffende planningsfunctionaris vereist. Op basis van deze taakanalyse kunnen dan richtlijnen worden afgeleid die concreet gestalte kunnen krijgen in een aanbeveling voor een bepaald interface. Tenslotte kan in een vergelijkend onderzoek het nieuwe interface worden vergeleken met het oude interface. Deze stappen zijn in het huidige onderzoek gemaakt en de resultaten van zowel de taakanalyse als het empirisch onderzoek worden in dit rapport beschreven.

Bij deze taakanalyse wordt uitgegaan van de aanname (zie Simon, 1981) dat iemands taakprestatie wordt bepaald door de taakvereisten, de strategieën bij het uitvoeren van een taak, en de beperkingen die het informatieverwerkend systeem van de mens opleggen (b.v. een beperkte capaciteit van het werkgeheugen). Onder "taakvereisten" worden in dit verband verstaan de

randvoorwaarden die aan het gedrag van de logistieke planner worden opgelegd door het taakdomein en de generieke taken die hij moet uitvoeren (Vicente, 1990). Bovengenoemde determinanten voor de taakprestatie zijn terug te vinden in de volgende hoofdstukken van dit rapport.

In hoofdstuk 10 wordt nader ingegaan op de informatie die de Proco's nodig hebben om hun taak uit te voeren. Uitgangspunt hierbij is een beschrijving van de taak van de Proco als voorbeeld van een generieke planningstaak. Dit hoofdstuk mondt uit in een aanbeveling om bepaalde soorten informatie expliciet aan de Proco beschikbaar te stellen. Deze aanbeveling heeft concreet gestalte gekregen in een voorstel voor een alternatief interface voor het planningssysteem waar de Proco's mee werken. In hoofdstuk 11 wordt een onderzoek beschreven waarin dit voorstel voor een verbeterd interface empirisch is getoetst. In hoofdstuk 12 tenslotte wordt een aantal aanbevelingen gedaan om te komen tot een verbetering van de cognitieve prestaties van de Proco.

9.2 Planningstaak Proco

De Proco krijgt iedere middag een nieuw produktieplan, het zogenaamde wensplan. Dit is een overzicht van de series die de komende vierentwintig uur gegoten moeten worden. Een serie bestaat uit een aantal ladingen (pannen met staal) die zonder onderbreking achter elkaar moeten worden gegoten. In dit wensplan is de volgorde, waarin de series gemaakt moeten worden, al aangegeven. De produktiecoördinator haalt delen van het wensplan binnen in een computersysteem, PROC0-II, en verfijnt vervolgens hiermee het wensplan.

Eerst moet hij de series "verweven". Dit is het afwisselend aan de beide produktielijnen toekennen van series. De reden dat dit afwisselend plaatsvindt en niet parallel vindt zijn oorzaak in de wijze waarop het ruwijzer aan de converter wordt toegevoerd. Hiervoor zijn een drietal laadkranen in gebruik.

PROCO-II laat alle ladingen via de vacuümpanbehandelingsinstallatie (VPBI; één van de panbehandelingsinstallaties; de spoelstand is de andere) gaan. De Proco geeft daarom aan, welke ladingen niet via de VPBI maar via de spoelstand dienen te gaan. Dit is afhankelijk van de kwaliteit van de ladingen.

Vervolgens optimaliseert de Proco de volgorde van de series. Dit is noodzakelijk omdat het planningsalgoritme van PROCO-II slechts ten dele rekening houdt met de heersende situatie.

Na het optimaliseren van de volgorde van de series voert de Proco de tijdstippen in, waarop voor beide produktielijnen begonnen wordt met het gieten van de eerste lading. PROCO-II kan dan de andere begin- en eindtijdstippen van de resterende bewerkingen van alle ladingen berekenen.

De Proco past het berekende plan aan, rekening houdend met de mogelijkheid tot vliegend verdeelbak verwisselen. Dit is een omsteltechniek die het omstellen, doorgaans tussen twee series, van gietmachine 21 verkort van drie tot één kwartier. Het planningsalgoritme is van deze mogelijkheid niet op de hoogte.

Tenslotte keurt de Proco het uiteindelijke plan goed.

9.3 Het PROCO-II systeem

Het planningsalgoritme begint pas te werken nadat de Proco de tijdstippen heeft ingevoerd waarop wordt begonnen met het gieten van de eerste ladingen. Het algoritme beschikt dan over een door de Proco aangepast 24-uursplan, de twee eerste *begin giet* tijdstippen en kennis over proceskarakteristieken zoals de relatie tussen te realiseren staalkwaliteit en duur van de bewerkingen.

De eerste stap is dan het inplannen van de converter. Ongeacht de hoeveelheid staal die gemaakt moet worden, worden de converters ingepland alsof de produktie maximaal is. Dit resulteert in een *aanbod* van staal. Aangezien de volgorde van de series bekend is, kan het planningsalgoritme met behulp van de twee *giettijdstippen* de overige *begin giet* tijdstippen,

alsmede *einde giet* en *begin behandeling* berekenen. Dit resulteert in een vraag van staal. De overige planningsstappen zijn erop gericht deze vraag aan het in de vorige stap ontstane aanbod te koppelen.

Om te beginnen wordt een voorlopige koppeling tussen vraag en aanbod gerealiseerd door de dichtst bij elkaar liggende tijdstippen

einde tap en *begin behandeling* te verbinden. De relatie tussen de twee tijdstippen wordt aangeduid met "verbinding", of "koppeling". Het verschil tussen deze twee tijdstippen wordt de "wachttijd" genoemd. Bij de koppeling wordt geen rekening gehouden met het feit dat de

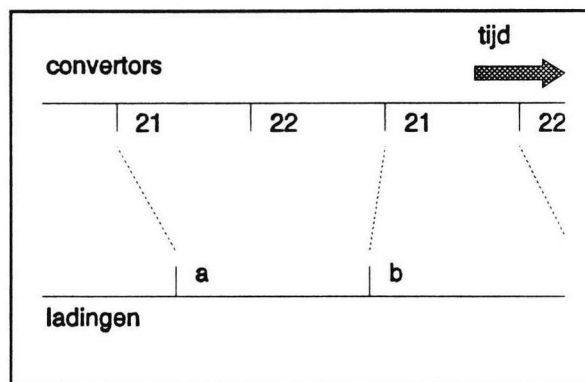


Fig. 11 Negatieve wachttijd.

panbehandeling pas kan beginnen nadat de lading is getapt. Dit betekent dat er negatieve wachttijden kunnen ontstaan, zoals Fig. 11 laat zien. Hierin geeft de bovenste balk de momenten aan waarop uit de converters een lading is getapt, terwijl de onderste balk de momenten aangeeft waarop de ladingen aan de panbehandeling zouden moeten beginnen. De koppeling tussen lading b en converter 21 resulteert in een negatieve wachttijd, omdat het tijdstip waarop de panbehandeling moet beginnen eerder valt dan het tijdstip waarop de lading is getapt.

Omdat de vorige stap kan resulteren in een negatieve wachttijd, wordt per serie van iedere lading het tijdstip *begin behandeling* vertraagd met de grootste negatieve wachttijd van die serie.

Door het schuiven met de series kan een "kruising" zijn ontstaan, zie Fig.12. In dit voorbeeld is serie b dusdanig vertraagd, dat het logischer is geworden om converter 21 aan lading a te koppelen, en converter 22 aan lading b.

Voor alle kruisingen die een kritieke verbinding bevatten, dit zijn verbindingen waarbij het tijdstip van aanbod samenvalt met het tijdstip van de vraag, wordt de kruising opgeheven op de in Fig. 12 aangegeven manier.

Door het opheffen van de kritieke verbindingen kan binnen een serie de kleinste wachttijd groter zijn geworden dan nul. Deze series worden met de waarde van deze wachttijd vervroegd. Als dit voor een serie is gedaan kunnen weer kruisingen met kritieke verbindingen zijn ontstaan, zodat de vorige stap weer herhaald kan worden. Dit iteratieve proces gaat door totdat er geen kruisingen met kritieke verbindingen meer zijn.

Tenslotte wordt het ongebruikte aanbod benut door een vraag, indien mogelijk, aan een later ongebruikt aanbod te koppelen (zie Fig. 13), waarin de koppeling tussen converter 22 en lading b wordt vervangen door die tussen converter 21 en lading b. Op deze wijze wordt de wachttijd verlaagd.

Het planningsalgoritme werkt goed voor gebalanceerde produktielijnen. Dit zijn produktielijnen waarbij iedere processtap evenveel tijd vergt. In de oxystaalfabriek 2 is dat helaas niet het geval. De cyclustijd van de converter is constant, maar die van de gietmachines varieert, afhankelijk van de beoogde kwaliteit, tussen $\frac{1}{2}$ en $1\frac{1}{2}$ maal de converter cyclustijd. Het planningsalgoritme kan geen oplossing verzinnen voor het tekort aan aanbod bij series die een gietduur vergen van dertig minuten. Nu wordt ook duidelijk waarom de Proco de volgorde van de series optimaliseert. Door series met een korte gietduur vooraf te laten gaan door series met een lange gietduur, wordt eerst een voorraad aan ladingen

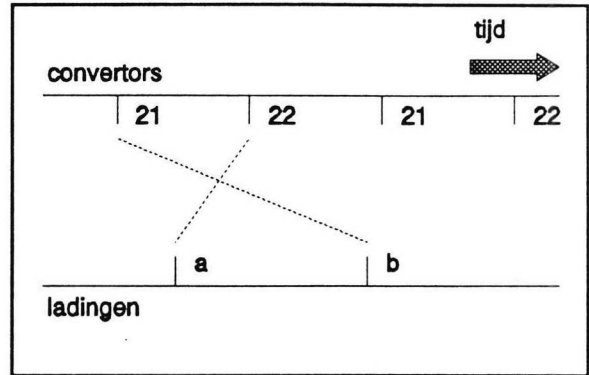


Fig. 12 Kruisende bewerkingstijden.

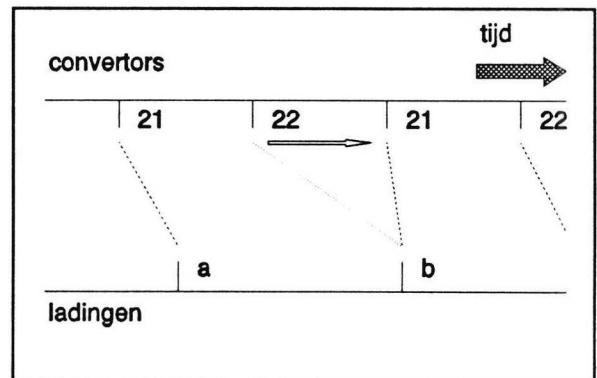


Fig. 13 Ongebruikt aanbod benutten.

opgebouwd, die vervolgens weer wordt verbruikt tijdens het tekort aan aanbod.

9.4 Het planningsproces

De bestudeerde logistieke planning betreft het omzetten van een algemeen *doelgericht* plan, naar een specifiek plan gericht op de *mogelijkheden* van de produktiemiddelen.

Deze kenmerken tezamen roepen het beeld op van iemand (de logistiek planner) die een aantal patronen (het produktieplan) uit een beperkte hoeveelheid stof (het machinepark) moet zien te snijden. Het belangrijkste is een oplossing te vinden (het produktieplan te realiseren), en is er eenmaal een oplossing gevonden, dan kan er nog wat in de marges verschoven worden om de oplossing te verfraaien (gelijkmatige verdeling van de beschikbare capaciteit).

In de taaksituatie van een logistiek planner moet onderscheid worden gemaakt in een *procesmodel*, dat een representatie is van de omgeving waarin gepland moet worden, en de *hulpmiddelen* ter ondersteuning van het planningsproces. Het geheel van procesmodel en planningsondersteuning vormt de algemene taaksituatie waarbinnen de logistiek planner opereert, en die gedeeltelijk zijn gedrag bepaalt. Overige factoren die het gedrag van de logistiek planner bepalen, zijn de kennis en doelen waarover hij beschikt.

9.4.1 Procesmodel

Het procesmodel is een verzameling van componenten, te weten de machines, buffers en produkten, en de relaties daartussen, de beperkingen ofwel constraints. Een buffer vertegenwoordigt een punt in het fabricageproces waar produkten tijdelijk vastgehouden kunnen worden. Een duidelijk voorbeeld hiervan is een voorraadpunt, maar soms zijn buffermogelijkheden wat meer verborgen in het proces. In het geval van Hoogovens is de VPBI daar een voorbeeld van, omdat ladingen daar naartoe kunnen worden gestuurd wanneer het moment van gieten is uitgesteld. Hoewel de bufferfunctie in dit geval als een eigenschap van de machine kan worden beschouwd, wordt het voor de duidelijkheid apart in het procesmodel opgenomen. Het meest eenvoudige model bevat vier componenten, zie Fig. 14. Daarin zijn drie van de vier componenten direct zichtbaar, namelijk een buffer voor de inkomende produkten, een machine en een buffer voor de uitgaande produkten. De vierde component is het produkt dat

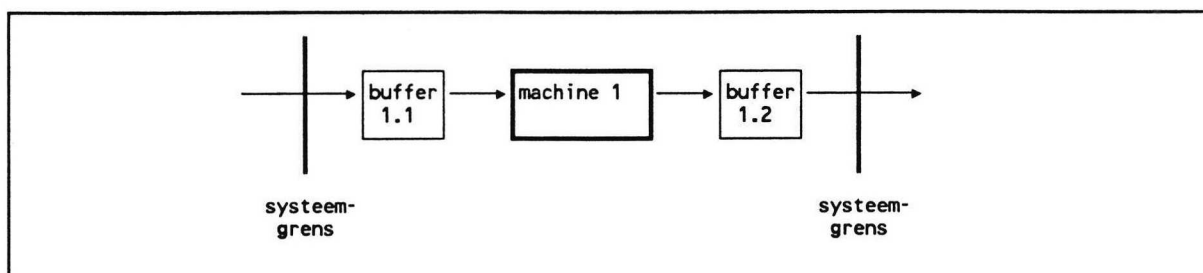


Fig. 14 Het meest eenvoudige procesmodel.

wordt bewerkt, in de figuur gerepresenteerd door de pijlen. Ieder type component kan worden beschreven aan de hand van een aantal eigenschappen (beperkingen):

Machine

- De soort bewerking die de machine kan uitvoeren.
- De soorten produkten die de machine kan bewerken.
- De toegestane voorgangers (machines en/of buffers) in het productieproces.

Produkt

- De kwaliteit (in feite niet meer dan een samenvatting van de eigenschappen).
- De toegestane voorgangers (produkten) in het productieproces.

Buffer

- De capaciteit.
- De toegestane voorgangers (machines of buffers) in het productieproces.

Verder kan per combinatie machine/produkt de duur van de bewerking worden vastgelegd.

Uiteraard kan met behulp van deze componenten de werkelijkheid niet honderd procent worden nagebootst, maar de belangrijkste elementen zijn in ieder geval wel vertegenwoordigd. Bovendien kan het model in twee richtingen worden uitgebreid. Enerzijds door het aantal machines uit te breiden; hierdoor wordt bovendien het aantal mogelijke buffers groter, aangezien er zich voor en na iedere machine één kan bevinden. Anderzijds door het aantal produktielijnen te vergroten.

9.4.2 Hulpmiddelen

Om de planner een planning uit te laten voeren heeft hij kennis over het procesmodel en een produktieplan nodig. Zijn taak kan daarbij ondersteund worden door hulpmiddelen zoals een algoritme dat een planning genereert. Dit algoritme kan over het algemeen de complexiteit van de te plannen situatie niet aan. In principe zijn er twee uitersten mogelijk. In het ene geval moet de planner zonder hulpmiddelen een planning genereren; in het andere geval wordt dit door het hulpmiddel gedaan. Tussen deze uitersten ligt een continuüm van combinaties tussen taken die door de mens worden uitgevoerd, en taken die het hulpmiddel verricht. Daarbij gaat het om de volgende taken:

- Controleren of een planning aan de beperkingen van het procesmodel voldoet.
- Vergelijken van twee of meerdere planningen op basis van één of meer criteria.
- Het opstellen van een planning.
- Planning optimaliseren door kleine veranderingen.

Hoewel er zo een vereenvoudigde weergave is gemaakt van de situatie bij Hoogovens kan dit al een aanzienlijk planningsprobleem opleveren door uit te gaan van een behoorlijk aantal (ongeveer tien) soorten staal dat wordt onderscheiden, en een aantal afhankelijkheden tussen die soorten aan te brengen (soort x mag niet direct na soort y worden gemaakt). Gecombineerd met een te realiseren produktieplan dat een groot gedeelte van de capaciteit vergt, is de uit te voeren planningsactiviteit niet bepaald eenvoudig meer te noemen.

10. Benodigde informatie bij logistieke planning

In dit hoofdstuk zal een gedeelte van de taak van de Proco worden beschreven in termen van de benodigde informatie die nodig is om het hoofddoel te bereiken. Wij hebben ons beperkt tot dat gedeelte van de taak van de Proco dat betrekking heeft op het maken van herplanningen in geval er storingen in de fabriek optreden. Allereerst zal logistieke planning worden beschreven als een voorbeeld van planning in het algemeen. Hieruit zal een aantal kenmerken worden afgeleid die voor de taak van de Proco van belang zijn. Vervolgens zal worden nagegaan welke informatie benodigd is bij de (her)planningstaak van de Proco in geval er storingen in de fabriek optreden. Tenslotte zal worden nagegaan of deze informatie aan de Proco geleverd wordt en zo nee, of de informatiepresentatie kan worden verbeterd. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de gepresenteerde informatie slechts gedeeltelijk de prestatie van de Proco bepaalt. Daarnaast speelt kennis van de productie-afdeling en het proces van staal maken een grote rol. Deze factor zal hier echter grotendeels buiten beschouwing blijven.

10.1 Planningstaken

Planning

Planning kan worden gezien als de doelgerichte temporele organisatie van handelingen in de toekomst (Hoc, 1988). Die toekomst kan veraf of dichtbij zijn. In het geval van de Proco is de toekomst dichtbij, en betreft het een specifieke vorm van planning, namelijk "scheduling", waarbij moet worden voldaan aan bepaalde productiecriteria (bijvoorbeeld het minimaliseren van wachttijden en het maximaliseren van installatiegebruik).

Enkele karakteristieken van planning zijn (McCann, 1990):

- doelgerichtheid
- bepaald door randvoorwaarden
- temporele aspecten
- anticipatie
- schematisering.

Deze karakteristieken zullen worden toegelicht aan de hand van de taak van de Proco.

Uit het vorige hoofdstuk is duidelijk geworden dat de Proco het produktieplan moet realiseren binnen de mogelijkheden van OSF2. Het hoofddoel van de Proco is dus het optimaliseren van de produktie, binnen bepaalde randvoorwaarden en wenselijkheden. De Proco zal proberen de produktie te optimaliseren door zo veel mogelijk series zonder onderbreking te laten gieten op de gietmachines. Dit is vooral van belang omdat de converters een knelpunt vormen wanneer de gietduur van een serie korter is dan de cyclustijd van de converters, en er een gevaar voor onderbreking van een serie dreigt. Bij het opstellen van het 24-uurs plan houdt de Proco hier rekening mee door series met een korte en een lange gietduur af te wisselen, of door series met een korte gietduur langer te laten gieten dan strikt noodzakelijk is.

Probleemoplossen

Wanneer bij het uitvoeren van het plan storingen in de fabriek optreden, bestaat er een kans dat een serie niet meer zonder onderbreking kan worden gegoten. Gegeven zijn hoofddoel, optimaliseren van de produktie, zal de Proco er alles aan doen om toch een serie door te laten gieten.

De Proco moet dan, binnen bepaalde randvoorwaarden, een herplanning maken. Enkele van deze randvoorwaarden zijn:

- de aanwezigheid van andere pannen staal om een uitgevallen pan in een serie te vervangen
- de kwaliteit van het staal dat moet worden gemaakt
- de temperatuur van het staal (te koud staal kan niet worden gegoten)
- de beschikbaarheid van installaties (VPBI) om pannen staal op te warmen en de leeftijd van die pannen (bij het opwarmen van een oude pan is er een risico op een doorbraak)
- de beschikbaarheid van CGM21 teneinde "vliegend" de verdeelbak te kunnen wisselen, zodat een volgende pan staal sneller kan worden gegoten
- de beschikbaarheid van verdeelbakken: het opwarmen van een nieuwe verdeelbak kost tijd; gedurende deze tijd is de gietmachine niet beschikbaar.

Aan de kwaliteit van het staal zijn meerdere aspecten te onderscheiden:

- de kwaliteit bepaalt de gietsnelheid, zodat bij sommige kwaliteiten staal de gietmachines langzamer kunnen gieten waardoor de aansluiting kan worden gehaald, terwijl voor andere kwaliteiten staal een minimum ondergrens voor de

- gietsnelheid geldt
- het is wenselijk dat bepaalde kwaliteiten staal na elkaar worden gegoten, om (ongewenste) vermenging van twee zeer verschillende soorten staal in de verdeelbakken bij de gietmachines te voorkomen
 - bepaalde kwaliteiten staal staan het niet toe vliegend de verdeelbak te wisselen
 - bepaalde kwaliteiten kunnen meer of minder gemakkelijk in andere kwaliteiten worden omgezet, afhankelijk van het stadium van bewerking waarin ze zijn (metalen zoals borium en titaan die bij de VPBI aan het staal worden toegevoegd kunnen na toevoeging niet meer worden verwijderd, waardoor de omzetting naar een andere kwaliteit staal bemoeilijkt wordt)
 - bepaalde kwaliteiten moeten op CGM21 worden gegoten.

De Proco heeft niet alleen te maken met randvoorwaarden, maar ook met wenselijkheden. De belangrijkste wenselijkheid is om staal te maken dat gevraagd wordt door de klant. Het gaat dus niet uitsluitend om het optimaliseren van de produktie. In dat geval zou de Proco veel tonnen staal kunnen produceren met een kwaliteit waaraan geen behoefte is. De Proco moet dus de aansluiting bij de gietmachines halen zonder concessies te doen aan de gevraagde kwaliteit staal.

Uit deze, nog onvolledige, opsomming moge duidelijk zijn dat de Proco met een groot aantal randvoorwaarden en wenselijkheden rekening dient te houden bij het maken van een herplanning. Deze randvoorwaarden zijn specifiek voor de taak van de Proco. Aangezien in dit onderzoek de taak van de Proco als een voorbeeld van een logistieke planningstaak is gekozen, dienen wij vooral zicht te houden op die elementen die meer algemeen voor (logistieke) planning gelden. Die elementen betreffen dan vooral het temporele en doelgerichte aspect. Hieruit volgt dat een Proco een plan ook primair op deze elementen zal beoordelen: wordt er een maximale produktie gehaald door de gietmachines zo optimaal mogelijk te benutten, zonder concessies te doen aan de gevraagde kwaliteit.

Tijdsdruk

Naast het in een zo optimaal mogelijke volgorde zetten van ladingen staal, is aan de temporele aspecten nog de factor "tijdsdruk" te onderkennen.

Tijdsdruk kan op twee manieren worden opgevat (Raaijmakers, 1990):

- 1 Het af moeten ronden van een bepaalde taak binnen een extern gedefinieerde tijdslimiet.
- 2 Het onder een subjectief ervaren tijdsdruk moeten werken.

Wichard (1987) heeft benadrukt dat vooral de subjectief ervaren tijdsdruk een rol speelt in de functie van de Proco. Deze vorm van tijdsdruk komt vooral tot uiting wanneer er storingen optreden, doordat tegelijkertijd de planning moet worden bijgewerkt, vragen uit de fabriek moeten worden beantwoord en de activiteiten van de actoren in de fabriek op korte termijn moeten worden afgestemd.

In dit onderzoek is tijdsdruk opgevat als de subjectief ervaren tijdsdruk die optreedt wanneer de Proco tijdens het maken van een herplanning onderbroken wordt door "storende meldingen" die hem vanuit de fabriek bereiken. Deze storende meldingen betreffen vragen uit de fabriek over hoe lang de herplanning nog op zich laat wachten, wat men moet doen, etc. Het effect van deze storende meldingen kan zijn dat de Proco wellicht de draad kwijt raakt bij het maken van zijn herplanning, gedeeltelijk opnieuw moet beginnen en daardoor het gevoel krijgt sneller te moeten werken omdat hij anders nog meer vragen uit de fabriek kan verwachten.

Wij zullen nu de laatste twee aspecten bespreken die wij aan planning kunnen onderscheiden, namelijk anticipatie en schematisering.

Anticipatie

Een planner moet op toekomstige gebeurtenissen in een omgeving kunnen anticiperen teneinde een goed plan te kunnen opstellen. De mate waarin kan worden geanticipeerd is afhankelijk van de kennis die de planner heeft over karakteristieken en relaties van objecten in de omgeving, en vooral van hun dynamiek. In het geval van de Proco is vooral van belang het kunnen anticiperen op de duur van een storing. De Proco schat zelf de duur van de storing in, nadat hij aan de werkvloer naar de ernst van de storing heeft gevraagd. De duur van een storing is belangrijk bij het kiezen van een soort herplanning, aangezien bij een langdurige storing de beschikbaarheid van installaties geringer is. Een ervaren Proco, met veel kennis over de dynamiek van installaties, pannen staal, en mensen op

de werkvloer, zal een nauwkeuriger schatting kunnen geven van de duur van een storing dan een minder ervaren Proco. Het is daarom niet verbazend dat iemand pas Proco kan worden nadat hij een aantal jaren in de fabriek zelf heeft meegedraaid.

Schematisering

Schematisering is niet uniek voor planning, maar kan worden gezien als een wijze van kennisrepresentatie voor probleemoplossen in het algemeen (VanLehn, 1989). Planningsproblemen zijn echter, zeker in de praktijk van alledag, vaak slecht gestructureerd omdat belangrijke informatie over de gewenste toestand meestal ontbreekt. Schematisering van kennis is het antwoord van mensen op onvolledige informatie uit hun omgeving. Aangezien volledige informatie in complexe, alledaagse situaties bijna nooit voorkomt, gebruiken mensen prototypes of schema's van objecten en situaties. In deze schema's wordt geabstraheerd van details in een situatie, zodat alleen de typische kenmerken worden opgenomen in plaats van een volledige opsomming van noodzakelijke en voldoende voorwaarden. Het voordeel van het opslaan van ervaringen in de vorm van schema's, is dat het zoeken naar een juiste oplossing enorm beperkt wordt. Bij een bepaalde situatie wordt dan snel een grof plan gekozen dat vervolgens aan de specifieke eisen van de situatie wordt aangepast (Chi, Feltovich & Glaser, 1981; Larkin, 1983).

Schema's kunnen meerdere niveaus van abstractie bevatten, waardoor een hiërarchische vorm van planning mogelijk wordt: eerst worden de meest abstracte elementen gepland, daarna de meer specifieke elementen. Dit heeft het voordeel dat het werkgeheugen van mensen niet onmiddellijk belast wordt met allerlei details (Hoc, 1988). Schema's ondersteunen tevens de anticipatie op toekomstige situaties doordat ze kunnen fungeren als mentaal model dat kan worden gesimuleerd. Het kiezen van een fout schema kan tot gevolg hebben dat de Proco tijd verspilt door in een foute richting zijn oplossing te zoeken.

Bovenstaande discussie over elementen die in iedere planningstaak terugkeren stelt ons in staat een meer precieze definitie te geven van de taak van de Proco wanneer deze geconfronteerd wordt met een storing in de fabriek. Deze definitie luidt:

De taak van de Proco is om, gegeven een storing van een bepaalde duur, een plan te maken waardoor de produktie kwalitatief en kwantitatief zo hoog

mogelijk blijft, middels een zo hoog mogelijke bezetting van de gietmachines, rekening houdend met randvoorwaarden en wenselijkheden zoals hierboven gespecificeerd.

Strategieën

Deze definitie van de taak van de Proco laat ruimte voor verschillende strategieën die Proco's kunnen hanteren om hun taak uit te voeren. In de ene strategie kan meer de nadruk liggen op het kwantitatieve aspect, terwijl in de andere strategie meer het kwalitatieve aspect op de voorgrond kan treden. Hieronder onderscheiden wij een kwantitatieve en een kwalitatieve strategie als extremen. Er zijn wellicht meerdere strategieën te onderscheiden die tussen deze extremen in liggen. Bij de "kwantitatieve" strategie kan dit bij storingen leiden tot oplossingen die de gietmachines zo snel mogelijk weer laten gieten, waarbij veelvuldig kwaliteitsswitches zullen voorkomen. Een gevolg van deze strategie kan een grotere onrust in de fabriek zijn, omdat iedereen hard moet werken om de geplande tijden te halen. Bovendien zal het gegoten staal niet altijd van de vereiste kwaliteit zijn. Bij de "kwalitatieve" strategie zal meer rekening worden gehouden met de kwaliteiten staal die worden gevraagd. Series zullen eerder worden afgebroken als de vereiste kwaliteit niet kan worden gehaald. Bij deze strategie zal er meer rust in de fabriek zijn. Aan de andere kant zal er ook meer tijd verloren gaan dan bij de "kwantitatieve" strategie.

In de volgende paragraaf gaan wij na welke informatie de Proco nodig heeft om deze taak uit te kunnen voeren.

10.2 Benodigde informatie

Probleemoplossend gedrag

Wanneer de Proco geconfronteerd wordt met een storing in de fabriek, dient hij in korte tijd een reeks beslissingen te nemen. We kunnen zijn gedrag "probleemoplossen" noemen, omdat de Proco zijn doel, het uitvoeren van het 24-uurs plan, in gevaar ziet komen en er dus een probleem ontstaat. Bij het oplossen van dit probleem zal de Proco gebruik moeten maken van zijn kennis over soortgelijke situaties die zich in het verleden hebben voorgedaan. Zoals in de vorige paragraaf is besproken wordt deze kennis door veel onderzoekers verondersteld georganiseerd te zijn in schema's in het lange-termijngeheugen.

Schema's bestaan uit twee delen:

- a) probleem type beschrijving
- b) probleem oplossing beschrijving.

De probleem type beschrijving geeft een beschrijving van het soort situaties waarop het schema van toepassing is. De probleemoplossingbeschrijving geeft aan hoe het probleem kan worden opgelost indien het probleem van het type is zoals in de probleem type beschrijving is vermeld. In de probleem oplossing kan beschreven zijn welke informatie nodig is om het probleem op te lossen. Indien deze informatie niet direct voorhanden is, moet een ander schema worden geselecteerd waarmee die informatie wel kan worden verkregen.

Routine-matig probleemoplossen bestaat uit drie fasen (vgl. VanLehn, 1989):

- a) selecteren van een schema
- b) schema aanpassen aan het probleem
- c) uitvoeren van de oplossingsprocedure.

Het selecteren van een schema is een slecht-begrepen proces, omdat het zich buiten het bewustzijn afspeelt. Het speelt zich waarschijnlijk vroeg in het probleemoplosproces af, bij het verwerken van de probleem stimulus. Bepaalde probleemkenmerken roepen ogenblikkelijk een bepaald schema op. Zo kan het zien van een blokje op een hellend vlak bij een natuurkunde-expert onmiddellijk de tweede wet van Newton oproepen (Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Dit schema leidt vervolgens de interpretatie van de rest van het probleem.

Het aanpassen van het schema aan het probleem betekent dat de variabelen die een schema bevat (b.v. massa, versnelling) een bepaalde, in het probleem gespecificeerde, waarde krijgen.

Het uitvoeren van de oplossingsprocedure houdt in dat de stappen die in de beschrijving van de probleem oplossing staan, worden uitgevoerd. In het geval van de tweede wet van Newton wordt de gevraagde variabele berekend middels substitutie van gegeven waarden.

Vertaald naar de situatie van de Proco zouden we als voorlopige werkhypothese de volgende drie fasen kunnen onderscheiden:

- a) beeld opbouwen van de situatie
- b) herplanning maken
- c) herplanning beoordelen.

In de nu volgende beschrijving van deze drie fasen is gebruik gemaakt van het werk in Fase 1, de beschreven analyse van logistieke planning, interviews met een ervaren Proco en de kwalitatieve uitkomsten van het in hoofdstuk 11 beschreven experiment.

Fase a: ruw plan

In fase a bouwt de Proco een beeld op van de situatie door te kijken waar de pannen zich bevinden in de verschillende installaties. In fase a wordt tevens een (ruw) plan geselecteerd. Deze plannen kunnen ruwweg in twee groepen worden ingedeeld, afhankelijk van de verwachte duur van de storing

- a) indien de storing naar verwachting kort zal duren zal de Proco ervoor kiezen pannen in de verschillende installaties vast te houden of de gietsnelheid aan te passen, om op die manier tijd te winnen;
- b) indien de storing naar verwachting lang zal duren zal de Proco ervoor kiezen om de volgorde van pannen te veranderen (volgorde switch), ladingen staal een andere kwaliteit geven (kwaliteitsswitch), of pannen via een andere route door de fabriek laten lopen (route-switch); wanneer deze maatregelen niet voldoende zijn, zullen één of meer pannen retour laadhal moeten gaan en zal er een meer drastische herplanning moeten plaatsvinden.

Wanneer een kritieke beslissingssituatie optreedt, zal de Proco dus eerst informeren naar de ernst van de storing en op basis van deze (ruwe) informatie een eerste plan selecteren. Daarnaast dient hij te weten of het een storing aan de installaties of de pannen betreft. Deze informatie stelt de Proco in staat een verdere verfijning in zijn plan aan te brengen. Deze informatie is via de intercom te verkrijgen.

Tenslotte beoordeelt hij of er veel of weinig rek in het bestaande 24-uurs plan zit. Als er weinig rek in het plan zit, bijvoorbeeld doordat de transporttijden erg krap gepland zijn, of de gietduren erg kort zijn, is het plan erg kwetsbaar voor

vertragingen en bestaat de mogelijkheid dat de aansluiting bij de gietmachines niet gehaald wordt.

Aan de hand van deze informatie zal de Proco een plan selecteren. Zoals hierboven reeds opgemerkt is, is dit plan een schematische, prototypische weergave van de werkelijkheid waarin details als randvoorwaarden zijn weggelaten. Een voorbeeld kan dit verduidelijken. Stel dat de Proco gehoord heeft dat er een ernstige storing is bij één van de converters. Dit impliceert een stagnatie van de toevoer naar de gietmachines, waardoor de aansluiting wellicht niet meer kan worden gehaald. De Proco zal nu in eerste instantie als ruw plan kiezen voor het "afregelen" van één van de gietmachines, dat wil zeggen het terug laten gaan in gietsnelheid van die gietmachine. Of dit plan ook daadwerkelijk kan worden uitgevoerd hangt af van randvoorwaarden en wenselijkheden. De aanpassing van dit plan aan die randvoorwaarden en wenselijkheden gebeurt in fase b. Deze fase zal nu worden besproken.

Fase b: herplanning

Fase b bestaat uit het maken van de herplanning. Het in fase a geselecteerde ruwe plan wordt nu verder aangepast aan de specifieke situatie die op dat moment in de fabriek geldt. Onder meer de volgende informatie is hierbij van belang:

- plaats van een pan in het proces: is de pan de eerste van een serie of de volgende?
- resterende behandeltime
- transporttime en wachtime tot begin volgende behandeling
- bezetting van een installatie (is installatie vrij?)
- convertercyclus
- gietduur (een functie van gietbreedte en gietsnelheid, bij een gegeven dikte)
- temperatuur van het staal
- kwaliteit van het staal.

Als voorbeeld nemen wij weer het in fase a geselecteerde plan om in gietsnelheid terug te gaan. De Proco ziet dat hij op het moment van de storing bij de converter een langzaam gietende serie (b.v. 353B of 124C) heeft. Bovendien bestaat deze serie uit 8 pannen. Teruggaan in gietsnelheid is afhankelijk van de kwaliteit en de lengte van de serie: sommige kwaliteiten staal gieten al zó langzaam dat langzamer gieten niet mogelijk is. Het plan om in gietsnelheid terug te gaan zal, gegeven deze situatie, waarschijnlijk worden verworpen. Er rest de Proco niets anders dan de gietmachine uit bedrijf te nemen.

Dit voorbeeld maakt duidelijk dat een in fase a geselecteerd ruw plan bij nadere analyse kan worden verworpen, gegeven de randvoorwaarden waaraan moet worden voldaan. Het is natuurlijk ook mogelijk dat een ruw plan gehandhaafd blijft, en alleen hoeft te worden verfijnd om aan de randvoorwaarden te voldoen. Stel bijvoorbeeld dat er een langdurige storing aan één van de laadkranen is. De Proco zal dan bijna altijd de laadkraancycli aanpassen.

Afhankelijk van de lengte van de serie en de inzetfrequentie van de andere converter zal hij echter ook de serie op een gegeven moment moeten afbreken. Zou hij dit niet doen, dan zouden de transporttijden erg kort worden, waardoor onnodige risico's worden gelopen. Er hoeft in dat geval maar iets mis te gaan of de aansluiting wordt gemist. In dit voorbeeld blijft het plan gehandhaafd om de laadkraancycli aan te passen; het plan wordt alleen verfijnd omdat er toevallig een lange serie gegoten wordt.

Fase c: beoordelen herplanning

Fase c bestaat uit het beoordelen van de herplanning. De Proco laat zijn plan doorrekenen door het PROCO-II systeem of voert zelf een mentale simulatie uit. De Proco kijkt in het bijzonder of hij de gietmachines zo goed mogelijk benut, of de hangtijd niet te lang is, of series niet worden afgebroken, en of hij gewenste kwaliteiten giet. De hiervoor benodigde informatie is:

- begin giettijden
- hangtijd (tijd vanaf einde tappen tot begin verdeelbak gieten)
- volgnummers binnen series
- kwaliteiten.

Fasen b en c kunnen elkaar afwisselen: de Proco verfijnt zijn plan enigszins en kijkt dan of het goed is; zo nee, dan verfijnt hij zijn plan opnieuw.

Bovenstaande elementen heeft een Proco nodig om een plan uit te kunnen voeren. Men mag verwachten dat een computersysteem dat de planning ondersteunt deze informatie ook verschaft. In de volgende paragraaf zal worden onderzocht of dit ook geldt voor het door de Proco's gebruikte PROCO-II systeem.

10.3 Huidige informatiepresentatie

In de vorige paragraaf werd duidelijk dat de Proco bij het maken van een herplanning veel informatie moet opvragen. Deze informatie haalt de Proco voor een deel uit het PROCOCO-II systeem, en vooral uit het zogenaamde PVD-plaatje (detailplanning en voortgang) in dit systeem. Wij hebben ons in dit onderzoek beperkt tot die informatie die uit het PVD-plaatje te halen is. Belangrijke informatiebronnen als de temperatuur van het staal en de gietbreedte en gietduur vallen hier buiten. Het PVD-plaatje (zie bijlage 1) bevat een groot aantal kolommen met begin- en eindtijden van de behandelingen die op iedere pan staal worden uitgevoerd. Van belang voor ons onderzoek is dat de Proco uit het PVD-plaatje niet direct die informatie kan halen die hij voor het uitvoeren van zijn taak nodig heeft. Hierboven werd de plaats van een pan in het proces als belangrijke informatie aangemerkt. Stel dat de Proco wil weten waar een pan met een bepaald ladingnummer is. Hij kan dan de volgende stappen nemen om deze informatie uit het PVD-plaatje te halen (bij zeer ervaren Proco's speelt patroonherkenning een grote rol waardoor bepaalde stappen veel sneller kunnen verlopen):

- 1 zoek kolom met ladingnummers
- 2 ga door kolom van boven naar beneden tot ladingnummer x is gevonden
- 3 beweeg vinger naar eerstvolgende kolom met tijden
- 4 vergelijk tijd met huidige tijd: als begintijd behandeling = later dan huidige tijd, dan bevindt pan zich voor behandeling en stop; als begintijd behandeling = vroeger dan huidige tijd, beweeg vinger naar eerstvolgende kolom met tijden en ga naar stap 5
- 5 vergelijk tijd met huidige tijd: als eindtijd behandeling = later dan huidige tijd dan bevindt pan zich in behandeling en stop; als eindtijd behandeling = vroeger dan huidige tijd, ga terug naar stap 3.

De stappen vier en vijf zijn vrij tijdrovend. De ontwikkelaars van het PROCOCO-II systeem hebben daarom deze stappen vereenvoudigd door de meest recente tijden op te laten lichten op het scherm. Indien nu van een bepaalde pan sommige tijden zijn opgelicht en andere niet, dan bevindt de pan zich na de laatst opgelichte tijd. Als de laatst opgelichte tijd een begintijd van een behandeling is, dan bevindt de pan zich in die behandeling; als de laatst opgelichte tijd een eindtijd van een behandeling is, dan bevindt de pan zich tussen twee behandelingen in (transport). Deze toevoeging geeft al aan dat

de informatie die de Proco uit het systeem moet halen, niet op de juiste wijze is gerepresenteerd: de Proco moet voor het oplossen van storingen weten waar een lading zich bevindt, en niet alleen wat de begin- en eindtijden van een lading zijn. Met andere woorden: de locatie moet direct kunnen worden afgelezen uit het systeem, en niet slechts indirect afgeleid uit tijden.

Ook voor de resterende behandeltijd moet de Proco een mentale bewerking uitvoeren: de huidige tijd moet worden vergeleken met de "einde behandeltijd", teneinde de resterende behandeltijd af te kunnen leiden. De transport- en wachttijden hoeven niet per se direct te worden opgenomen omdat hiervoor normtijden gelden die gelijk zijn voor verschillende pannen staal. De Proco heeft deze normtijden in zijn lange-termijn-geheugen opgenomen en hoeft geen mentale bewerkingen uit te voeren om deze tijden uit te rekenen. De bezetting van een installatie is niet direct uit het PVD-overzicht af te leiden. Ook hiervoor moet weer een vergelijking worden gemaakt tussen de huidige tijd en de "begin en einde behandeltijd" van een bepaalde installatie.

De Proco kan deze en andere informatie dus wel verkrijgen, maar moet hiervoor een aantal mentale bewerkingen uitvoeren. Deze mentale bewerkingen leiden tot een grote belasting van het werkgeheugen. In de praktijk wordt de Proco ook nog telkens onderbroken door vragen uit de fabriek. Hierdoor is de kans groot dat tussentijdse resultaten uit het werkgeheugen verdwijnen. Het resultaat is dat de Proco opnieuw moet beginnen en de herplanning te lang duurt.

Men zou kunnen stellen dat de informatie die het PVD-plaatje bevat niet overeenkomt met het "mentale model" van de Proco. Onder "mentaal model" moet dan worden verstaan: de taak-specifieke organisatie van de kennis van de Proco, gerepresenteerd in de vorm van schema's. De elementen die in de schema's van de Proco zitten, zijn van een hoger abstractieniveau dan in het PROCOCO-II systeem gerepresenteerd zijn. De volgende stap is nu om wijzen van informatiepresentatie te ontwikkelen die wél goed aansluiten bij het "mentale model" van de Proco. In de volgende paragraaf zullen twee vormen van grafische informatiepresentatie worden besproken die naar wij verwachten aan deze eis van compatibiliteit met het mentale model voldoen.

10.4 Nieuwe vormen van informatiepresentatie

De eerste vorm van informatiepresentatie (zie bijlage 2) laat een gestileerd bovenaanzicht van de produktiehal van OSF2 zien. De installaties zijn zeer abstract weergegeven middels vierkanten en een naamsaanduiding in het vierkant. De ladingen staan zijn eveneens zeer abstract weergegeven middels rechthoeken. Ter aanduiding van iedere lading worden het serienummer en het volgnummer vermeld. Hierdoor kan de Proco snel een lading lokaliseren. Middels kleuraanduidingen worden ladingen uit één serie conceptueel gegroepeerd, zodat de Proco onmiddellijk kan zien waar de opvolgers en de voorgangers van een lading zich bevinden. Om kleur niet de enige dimensie te laten zijn waarop ladingen van één serie kunnen worden gegroepeerd (ook Proco's kunnen kleurenblind zijn), wordt tevens gebruik gemaakt van "reverse video" om twee series van elkaar te onderscheiden. De precieze begin- en eindtijden van de lopende processen zijn eveneens aangegeven, omdat de Proco in sommige situaties deze tijden nodig kan hebben (bijvoorbeeld om te bepalen hoeveel speling een lading heeft om de aansluiting op de gietmachine te halen). Midden links op het scherm is de huidige tijd ter vergelijking weergegeven.

Met behulp van deze vorm van informatiepresentatie kan de Proco zeer snel beoordelen waar een bepaalde pan zich bevindt en of er installaties vrij zijn. Zelfs meer gedetailleerde vragen zoals wat de totale duur van één behandeling is, kunnen naar verwachting sneller met dit plaatje worden beantwoord dan met het PVD-plaatje, omdat er minder informatie is om in te zoeken en men niet meer met een vinger over een regel van het scherm hoeft te lopen, zoals in het PVD-plaatje. Via de GOMS taakanalyse methode (Card, Moran & Newell, 1983) kan men theoretisch aantonen dat met behulp van deze grafische vorm van informatiepresentatie een aantal kritieke handelingen ongeveer drie maal zo snel kunnen worden uitgevoerd als met het PVD-plaatje (zie bijlage 3).

Vergeleken met het PVD-plaatje ontbreken echter de kwaliteit, het grootladingnummer, en de inzettijden van nog komende bewerkingen. De reden hiervoor is dat wij alle benodigde informatie aan de Proco ter beschikking wilden stellen, zonder het scherm te vol te maken en zonder van de Proco extra handelingen te vragen. Indien de Proco's dit zouden wensen, zou men deze informatie kunnen toevoegen in de vorm van "pull-down menus" die tevoorschijn komen wanneer de Proco met een muis op een bepaalde pan klikt.

Bovengenoemde vorm van informatiepresentatie ondersteunt vooral de herplanning op korte termijn (tijdspanne ongeveer 1 uur). Alleen de toestand zoals die op het huidige moment in de fabriek is wordt weergegeven. Dit plaatje zou vooral het opbouwen van het beeld en het selecteren van een ruw plan, fase a in het planningsproces, kunnen ondersteunen. Mogelijkerwijs kan ook het verfijnen van het ruwe plan, fase b in het planningsproces, met dit plaatje worden ondersteund. Het is echter mogelijk dat de kwaliteit van het staal een zó belangrijke factor is, dat het niet opnemen van deze informatie in dit plaatje tot kwalitatief slechtere planningen leidt. Voor sommige gevallen (bijvoorbeeld om te beoordelen of een gemaakte herplanning voldoet) kan het nodig zijn dat de Proco een langere tijdspanne moet overzien. Om deze reden hebben wij een tweede vorm van informatiepresentatie ontwikkeld die een tijdspanne van ongeveer 6 uur bestrijkt. Deze vorm zal hieronder worden besproken.

De tweede vorm van grafische informatiepresentatie (zie bijlage 4) is een zogeheten Gantt-chart of "strokenplan". Dit is een sterk gewijzigde representatie van een reeds in het PROCO-II systeem aanwezige Gantt-chart, namelijk het PVW-plaatje. Op de verticale as zijn de kwaliteiten en de serie- en volgnummers van de ladingen weergegeven. Op de horizontale as is een tijdas van zes uur uitgezet. In het plaatje zelf staan de zes behandelingen in kleur weergegeven. De converters zijn conceptueel gegroepeerd middels eenzelfde kleurtint, en hetzelfde geldt voor de overige installaties. Achter iedere behandeling is de "norm transporttijd" in de vorm van een lijntje weergegeven. Voor de gietmachines wordt op deze manier de omsteltijd weergegeven. Het normale produktieverloop speelt zich af van linksboven naar rechtsonder.

Met behulp van dit plaatje kan de Proco de gevolgen van een herplanning voor de langere termijn beoordelen. Met name biedt dit plaatje steun bij de volgende vragen:

- a) Wordt de aansluiting bij de CGM gehaald? Ontstaat er niet een te groot gat tussen twee ladingen?
- b) Wordt eenzelfde installatie niet voor twee ladingen tegelijkertijd gebruikt? (Dit is mogelijk met het huidige planningsalgoritme)
- c) Zijn de transporttijden niet te krap gepland? Indien dit het geval is kan men langer gieten of herplannen.
- d) Worden gewenste kwaliteiten geproduceerd?

Vergeleken met het eerste grafische plaatje biedt deze representatie minder steun bij een vraag als: "waar zit pan x nu?". Tevens ontbreken exacte tijden: de tijdas geeft directe informatie tot op 10 minuten nauwkeurig. Het is mogelijk dat Proco's exactere tijdsinformatie wensen.

10.5 Conclusie

In dit hoofdstuk hebben wij aangegeven hoe wij tot twee andere vormen van informatiepresentatie zijn gekomen. De kern van het betoog was dat de Proco over bepaalde schema's beschikt om problemen op te lossen. Deze schema's moeten voor een concrete situatie worden ingevuld met specifieke gegevens. Deze gegevens zijn van een hoger abstractieniveau dan het huidige PROCO-II systeem bevat. Het gevolg hiervan is dat de Proco nu een groot aantal mentale bewerkingen moet uitvoeren teneinde de aanwezige gegevens te transformeren tot gegevens die in zijn schema passen. Het idee achter de alternatieve vormen van informatiepresentatie is om de benodigde gegevens op het juiste abstractieniveau aan te bieden, zodat minder mentale bewerkingen nodig zijn. Hierdoor kan de Proco sneller een herplanning opstellen, en heeft hij minder last van "storende" vragen uit de fabriek.

11. Experimentele vergelijking tussen verschillende interfaces

Teneinde meer inzicht te krijgen in de voor- en nadelen van de huidige en de nieuwe vormen van informatiepresentatie is een experiment uitgevoerd. Alvorens het experiment in detail te beschrijven, geven wij allereerst een korte beschrijving van de opzet van het experiment.

11.1 Globaal overzicht van het experiment

Naast de verschillende vormen van informatiepresentatie waren wij geïnteresseerd in de effecten van "storende" vragen uit de fabriek op het maken van een herplanning, en in effecten van ervaring van de Proco's. Tijdens het experiment moesten Proco's herplanningen maken bij storingen die zij van de experimentator doorkregen. Deze herplanningen moesten worden gemaakt met behulp van de verschillende vormen van informatiepresentatie. Daarna moesten zij een reeds door een ervaren Proco opgestelde herplanning beoordelen. Bij het beoordelen van een herplanning ging het om de vraag of een herplanning sneller beoordeeld werd met behulp van de grafische plaatjes. Als afhankelijke variabelen werden de tijd om een herplanning te maken en de tijd om een herplanning te beoordelen geregistreerd. De Proco's dachten hardop bij het maken van een herplanning. De op deze wijze verkregen verbale protocollen werden geregistreerd met behulp van een cassetterecorder. De kwaliteit van de herplanning werd beoordeeld middels een expert-oordeel. Tenslotte werden opmerkingen van de Proco's over de verschillende vormen van informatiepresentatie genoteerd.

De informatiepresentatie was statisch in dit experiment: de Proco kon niet een herplanning laten doorrekenen. Aanvankelijk is getracht een interactieve simulator te maken, gekoppeld aan verschillende interfaces. Dit zou echter aanzienlijk meer programmeertijd hebben gevegd dan het budget toeliet.

11.2 Gedetailleerde beschrijving van het experiment

11.2.1 Proefpersonen

Hoogovens draait met een vijf-ploegendienst. Uit iedere ploeg werd een Proco en een vervangende Proco gekozen, zodat in totaal tien proefpersonen aan het onderzoek deelnamen. De Proco's waren gemiddeld 10 jaar (spreiding: 6-16 jaar) in dienst bij de Oxystaalfabriek, waarvan de laatste 2,5 jaar als

Proco. De vervangende Proco's waren gemiddeld 7,5 jaar (spreiding: 6-11 jaar) in dienst, waarvan 1,8 jaar als vervangende Proco. Acht van de tien proefpersonen werden getest tijdens de dagdienst, de overige twee proefpersonen werden getest tijdens de ochtenddienst. Alle proefpersonen waren van tevoren op de hoogte gesteld van het doel van het onderzoek.

11.2.2 Apparatuur

In de experimenteerruimte stonden drie terminals en een PC/AT met VGA-kleurenmonitor opgesteld. De terminals waren aangesloten op een test-versie van het PROCO-II systeem. Deze testversie was afgesloten van het eigenlijke systeem zodat beide systemen onafhankelijk van elkaar konden worden gebruikt. Eén van de drie terminals werd door de experimenter gebruikt om experimentele scenario's te selecteren; de overige twee terminals konden door de proefpersoon worden gebruikt. Op één van deze twee terminals werd het PVD-overzicht gepresenteerd; de andere terminal kon worden gebruikt om informatie in andere overzichten over bijvoorbeeld gietbreedten op te vragen. Van deze laatste mogelijkheid werd echter nauwelijks gebruik gemaakt. Op de kleurenmonitor werden de twee alternatieve vormen van informatiepresentatie getoond. Tijden werden met een stopwatch geregistreerd.

11.2.3 Experimentele scenario's

Een experimenteel scenario is in dit onderzoek gedefinieerd als een combinatie van een storingsvrije situatie in OSF2, een door de proefleider doorgegeven storing en een door een ervaren Proco opgestelde oplossing bij die storing.

De experimentele scenario's waren afkomstig van werkelijke in OSF2 optredende storingsvrije situaties. Deze situaties werden verzameld door op verschillende dagen om 9.30 uur een back-up te maken van het PROCO-II systeem. In totaal werden op deze manier acht situaties verzameld. Een eis was dat er in deze situaties tenminste vijf pannen staal in de fabriek aanwezig waren. Deze eis was gesteld om de situaties voldoende complex te maken. Aan deze eis is niet geheel voldaan: in twee gevallen waren er vier pannen aanwezig, en in één geval slechts drie.

Aan iedere situatie werd een storing gekoppeld. Deze storingen waren afkomstig uit Fase 1 van het onderzoek. Aan de proefpersonen werd van tevoren verteld dat alle storingen een lange verwachte duur hadden. Bij de situaties en de

bijbehorende storingsen werd door een ervaren Proco een optimale en een niet-optimale oplossing bedacht.

In totaal werden op deze wijze acht scenario's aan de proefpersonen gepresenteerd. De eerste twee scenario's waren oefenscenario's en dienden vooral om de proefpersoon bekend te maken met de grafische weergave van het PVD-overzicht.

De zes experimentele scenario's werden weergegeven door middel van:

- 2 PVD-overzichten
- 2 grafische overzichten lange termijn
- 2 grafische overzichten korte en lange termijn.

Bij de grafische overzichten "korte en lange termijn" kon de proefpersoon van beide plaatjes gebruik maken door heen en weer te gaan tussen verschillende schermen.

Wanneer een proefpersoon een herplanning moest maken met behulp van een PVD-overzicht op de terminal, werd ook de oplossing (op de PC) in een gesimuleerd PVD-overzicht aangeboden. Aangezien de terminals en de VGA-kleurenmonitor een andere resolutie hadden en door verschillende software werden aangestuurd, verschilden hierdoor noodzakelijkerwijs de lettergrootte en het lettertype enigszins. Het maken van een herplanning met een overzicht lange termijn werd gevolgd door het beoordelen van een oplossing die eveneens in een overzicht lange termijn was weergegeven. Aan de twee overzichten van hetzelfde type (bijvoorbeeld: lange termijn), werd éénmaal een optimale en éénmaal een niet-optimale oplossing toegevoegd ter beoordeling door de proefpersoon. De proefpersoon moest dus bij ieder scenario één oplossing beoordelen. Zowel optimale als niet-optimale oplossingen moesten worden beoordeeld teneinde een bepaalde respons bias te voorkomen. Er is niet gekozen voor het tegelijkertijd beoordelen van meerdere oplossingen omdat de proefpersonen in dat geval een oppervlakkige eliminatie-strategie zouden kunnen hanteren zonder de oplossingen kritisch te beoordelen.

Deze zes scenario's werden in een gerandomiseerde volgorde aan iedere proefpersoon aangeboden (zie bijlage 7).

11.2.4 Tijdsdruk

Zoals reeds in hoofdstuk 10 is beargumenteerd, is tijdsdruk in dit onderzoek opgevat als subjectief ervaren tijdsdruk als gevolg van "storende meldingen". Bij drie van de zes

experimentele scenario's kreeg de proefpersoon "storende" meldingen door van de proefleider. In werkelijkheid komen deze meldingen door in de vorm van vragen uit de fabriek. Hoewel het vaak legitieme vragen zijn, hebben zij toch een storende invloed op de Proco omdat hij bij het maken van zijn herplanning onderbroken wordt. De storende meldingen waren van tevoren opgesteld door een ervaren Proco, teneinde een zo hoog mogelijke graad van realisme te verkrijgen. De lijst van storende meldingen bij ieder scenario is opgenomen in bijlage 5. De proefpersoon moest, nadat de proefleider de vraag had gesteld, een antwoord geven op deze vraag, hetgeen ook altijd geschiedde. Pas daarna kon de proefpersoon verder gaan met zijn herplanning.

De storende vragen werden random over de scenario's verdeeld, met de restrictie dat niet drie maal achter elkaar storende vragen werden gesteld, aangezien proefpersonen in dat geval een strategie zouden kunnen ontwikkelen om het effect van de storende vragen te verminderen. De storende vragen werden zo veel mogelijk na het verstrijken van telkens 30 seconden gesteld.

11.2.5 Procedure

De proefpersoon kreeg eerst een beschrijving van het doel van het onderzoek en de te volgen procedure. Vervolgens werd verteld welke informatie op de grafische overzichten te zien was. Daarna werd met het eerste oefenscenario begonnen. Een scenario begon met het ophalen van een bepaald dagbestand van een storingsvrije situatie. De proefpersoon moest zich dan een beeld vormen van deze situatie. De situatie werd gepresenteerd op één van de drie hierboven beschreven wijzen (PVD, lange termijn, korte en lange termijn). De tijd om zich een beeld van de situatie te vormen werd geregistreerd.

Nadat hij aangaf dat hij klaar was met het vormen van een beeld, gaf de proefleider mondeling een storing door. De proefpersoon moest nu een herplanning maken, en diende daarbij hardop te denken. De herplanning werd alleen verbaal gemaakt, en niet in het testsysteem ingevoerd. De tijd die de proefpersoon nodig had om de herplanning te maken werd geregistreerd. Deze tijd werd gedefinieerd als de tijd vanaf het doorgeven van de storende melding tot aan het moment waarop de proefpersoon aangaf dat hij klaar was.

Nadat de herplanning was gemaakt, kreeg de proefpersoon een oplossing te zien. De proefpersoon moest beoordelen of de

oplossing goed was of niet. De tijd die de proefpersoon nodig had om de oplossing te beoordelen werd geregistreerd. Deze tijd was gedefinieerd als de tijd vanaf het presenteren van de oplossing tot aan het moment waarop de proefpersoon een oordeel gaf. Nadat de tijd was geregistreerd werd aan de proefpersoon gevraagd waarom de oplossing goed dan wel minder goed was.

Na afloop van ieder oefenscenario werden aan de proefpersoon van tevoren opgestelde vragen gesteld die zowel op het kortere als op het lange-termijn grafisch overzicht betrekking hadden. Pas indien de proefpersoon alle antwoorden correct had werd begonnen met de zes experimentele scenario's. Wanneer een onjuist antwoord werd gegeven legde de proefleider uit wat het juiste antwoord was en waarom. Iedere proefpersoon was in staat om de vragen bij het tweede oefenscenario correct te beantwoorden. De vragen bij beide oefenscenario's zijn weergegeven in bijlage 6.

Na afloop van de zes experimentele scenario's werd met de proefpersonen een open interview gehouden waarin hun mening werd gevraagd over de alternatieve wijzen van informatiepresentatie.

De locatie waarin het experiment plaats vond was voor de eerste zes proefpersonen een converterhuis. De laatste vier proefpersonen werden getest in een terminalruimte bij de automatiseringsafdeling van Hoogovens. Hier waren, naast de PC, twee terminals aanwezig om gebruik van te maken. Deze wisseling van locatie was nodig omdat het converterhuis tussentijds onverwacht weer in bedrijf werd genomen. Hoewel de terminalruimte veel rustiger was dan het converterhuis, heeft de wisseling van locatie naar de indruk van de proefleiders geen noemenswaardig effect gehad op de prestaties van de proefpersonen.

Bij het experiment waren twee proefleiders betrokken. Eén van hen bediende één van de terminals, gaf de storing door, en noteerde de door de proefpersonen gegeven oplossingen. De andere proefleider gaf vooraf uitleg over de grafische overzichten, leidde de oefenscenario's, registreerde tijden, en gaf storende vragen door. Per proefpersoon duurde het onderzoek ongeveer 1,5 à 2 uur.

11.3 Resultaten

11.3.1 Wijze van scoring

Tijd om een herplanning te maken en te beoordelen

Bij de uitvoering van het experiment deed zich het probleem voor dat niet alle proefpersonen duidelijk aangaven wanneer zij klaar waren met het maken en beoordelen van de herplanning. Daarom zijn na afloop van het onderzoek alle bandopnamen opnieuw beluisterd en is opnieuw bepaald wanneer proefpersonen met hun herplanning en beoordeling klaar waren. Als criterium werd hierbij gehanteerd het moment dat een proefpersoon alle elementen van zijn uiteindelijke oplossing dan wel beoordeling had genoemd. Bij het maken van de herplanning moest in 10% van de gevallen een tijd worden aangepast; bij het beoordelen van de herplanning was dit 5%.

Daarnaast is door een tweede beoordelaar een onafhankelijke tijdmeting uitgevoerd volgens hetzelfde criterium als de eerste beoordelaar. De Pearson correlatie tussen beide beoordelaars was 0.54.

Als redenen voor deze lage correlatie kunnen onder andere worden genoemd:

- Proefpersonen corrigeerden vaak hun oplossing als ze zelf constateerden dat zij hun opdracht niet goed hadden uitgevoerd
- Proefpersonen gaven soms geen oplossing maar alleen een beschrijving van de bestaande situatie
- Proefpersonen herhaalden soms in iets andere bewoordingen hun eerste oplossing en gaven dan enkele toevoegingen
- Sommige proefpersonen zeiden eerst "klaar!" alvorens hun oplossing en motivatie te geven
- Bij het geven van een oordeel over een gegeven oplossing trad soms het probleem op dat proefpersonen geen oordeel gaven, doch slechts een indicatie of de oplossing wel of niet overeenkomstig was met hun eigen oplossing
- Het criterium zelf was nog onvoldoende gespecificeerd: zo was het moeilijk te bepalen wat een oplossing resp. oordeel was, hoeveel elementen een oplossing resp. oordeel bevatte, en wat het onderscheid was tussen elementen van de oplossing/oordeel en motivatie van de gekozen oplossing/oordeel.

De lage interbeoordelaarbetrouwbaarheid heeft ons ertoe gebracht de tijd om een herplanning te maken en te beoordelen als afhankelijke variabele te verwijderen.

Invloed van type plaatje

Bij de combinatie lange-termijnplaatje en korte-termijnplaatje kozen alle proefpersonen voor één van beide soorten plaatjes. Zes proefpersonen, bestaande uit drie Proco's en drie vervangers, kozen voor het korte-termijnplaatje, vier proefpersonen, twee Proco's en twee vervangers, kozen voor het lange-termijnplaatje. Deze keuze werd genoteerd. Bij de verwerking van de resultaten is, waar nodig, een onderscheid gemaakt in beide typen plaatjes.

Expert-beoordeling van kwaliteit van de oplossingen

Alle oplossingen van proefpersonen zijn genoteerd en in groepen van identieke oplossingen ingedeeld. In totaal resulteerden voor de zes scenario's 23 verschillende soorten oplossingen. Deze oplossingen zijn aan een ervaren Proco voorgelegd met de vraag ze te beoordelen op een schaal van 1 tot 10. De Proco kende cijfers toe van 4 tot 8.

11.3.2 Verwerking

De gegevens zijn geanalyseerd binnen een "repeated-measures" design, met als between-subjects factor "ervaring", en als within-subjects factoren "tijdsdruk" en "type plaatje". In bijlage 8 is het design grafisch weergegeven. Als afhankelijke variabele werd de kwaliteit van de oplossing gehanteerd. De statistische analyse werd uitgevoerd met behulp van SYSTAT.

11.3.3 Uitkomsten

De effecten van de drie factoren: "ervaring", "tijdsdruk", en "type plaatje" op de afhankelijke variabelen zullen achtereenvolgens worden besproken.

Ervaring

Op de schaal van 4 tot 8 scoorden de Proco's gemiddeld 6,3, terwijl de vervangers gemiddeld 6,7 scoorden. Het effect van ervaring op de kwaliteit van de oplossing was echter niet significant, $F(1,8) = 1.48$, $p > 0.10$. Opvallend was wel de grote verscheidenheid aan oplossingen waarmee de proefpersonen opkwamen. Het aantal oplossingen per scenario varieerde van 2 tot 6, met een mediaan van 4. Zelfs binnen één ploeg was er weinig overeenstemming tussen de Proco en zijn vervanger.

Tijdsdruk

Er was geen effect van de storende meldingen op de kwaliteit van de oplossing, $F(1,8) = 1.67$, $p > 0.10$. De interactie tussen storende meldingen en type plaatje was niet significant, $F < 1$.

Type plaatje

Er was geen effect van type plaatje op de kwaliteit van de oplossing, $F < 1$. Een nadere analyse van de beoordeling van de kwaliteit van de oplossing door de expert toonde aan dat, bijvoorbeeld, het niet in aanmerking nemen van de kwaliteit van de lading niet kon worden toegeschreven aan het ontbreken van die informatie in het korte-termijnplaatje. Dezelfde fout werd namelijk gemaakt wanneer proefpersonen met het PVD-plaatje of het lange-termijnplaatje, waarin de kwaliteit wèl stond aangegeven, een oplossing moesten vinden.

Uitkomsten interview over grafische plaatjes

Alle opmerkingen van de proefpersonen zijn genoteerd. Die opmerkingen die door tenminste twee proefpersonen naar voren werden gebracht zullen hieronder worden genoemd. Het betrof hier voornamelijk opmerkingen over ontbrekende informatie.

Ontbrekende informatie in korte-termijnplaatje:

- totaaloverzicht
- kwaliteit lading
- grootladingnummer
- inzettijden van nog komende bewerkingen.

Ontbrekende informatie in lange-termijnplaatje:

- exacte tijden
- regelnummers
- pannummers.

Beschrijving kwaliteit oplossingen

Tabel I laat van ieder scenario het aantal verschillende oplossingen en de spreiding in beoordeling door de expert zien.

Tabel I Aantal oplossingen en spreiding in beoordeling voor ieder scenario.

Scenario	Aantal oplossingen	Beoordeling
1	6	4 - 8
2	3	4 - 8
3	2	7 - 8
4	5	5 - 8
5	3	5 - 8
6	4	4 - 8

De oplossingen werden door de expert voorzien van commentaar. Oplossingen die met een 4 of een 5 werden beoordeeld bevatten fouten.

De volgende soorten fouten kwamen in veel scenario's terug:

- te trage oplossing (te lange hangtijd; te lange giet-tijden)
- te snelle en risicovolle oplossing (te krappe transporttijden; te snelle giet-tijden)
- geen rekening houden met beperkingen (ladingen die per se via CGM21 of de VPBI moeten; kwaliteitsswitches die moeilijk te maken zijn omdat het staal al rustig is of de lading tegen de tussenstop aanzit)
- series die onnodig werden afgebroken.

Beschrijving van het herplanningsproces

De in hoofdstuk 9 beschreven drie fasen in het planningsproces waren duidelijk in de protocollen terug te vinden. Wij zullen deze fasen illustreren aan de hand van citaten uit de protocollen. Bij ieder citaat wordt aangegeven of het afkomstig is van een Proco of een vervanger, en de datum van het scenario. Tevens wordt, waar relevant, aangegeven van welk overzicht de proefpersoon op dat moment gebruik maakte.

Fase a: Beeld opbouwen van de situatie

Binnen deze fase zijn twee deelactiviteiten te onderscheiden:

- 1 beeld opbouwen huidige situatie
- 2 schematisch plan selecteren.

Bij de eerste deelactiviteit wordt vooral gekeken naar de aard van de storing, de duur van de storing, de hoeveelste pan in een serie het betreft als het een panstoring is, en de positie van de pannen nu in de fabriek.

Een voorbeeld: "Het is de tweede van de serie. De eerste pan wordt nu behandeld bij de VPBI, moet om 9.50 uur gieten, het is 9.30 uur. De storing duurt lang" (Proco; 8 juli).

Bij de tweede deelactiviteit wordt, op basis van informatie verzameld in de eerste deelactiviteit, een schematisch plan geselecteerd. Deze plannen hebben vaak de vorm van kwaliteits- of volgordeswitches.

Voorbeeld 1: "Dat wil zeggen dat we die machine daar moeten afbreken, vanwege het feit dat we daar geen tweede pan op tijd gereed hebben staan" (Proco; 31 mei).

Voorbeeld 2: "Dan is het een kwestie van serie afbreken bij machine 21, dat is onontkoombaar als de storing lang gaat duren" (Proco; 8 juli).

Bij storingen aan laadkranen werd door vijf proefpersonen onmiddellijk een standaardplan geselecteerd, dat vervolgens nauwelijks meer behoefde te worden verfijnd. Bij dergelijke storingen dient onmiddellijk de laadkraancyclus te worden aangepast naar 35 minuten. Het was opvallend dat de helft van de proefpersonen dit standaardplan niet koos.

Fase b: Herplanning maken

In deze fase werd het in de eerste fase gekozen schematische plan ingevuld met gegevens van de specifieke bedrijfs-situatie en aldus verder verfijnd.

Voorbeeld 1: "CGM21 door laten gaan met z'n vierling. Zesde pan bij spoelstand retour converter. Lading in converter voor 22 in converter houden voor nieuwe serie voor 21. Niet inzetten voor 22" (verv. Proco; 30 mei; korte-termijnoverzicht).

Voorbeeld 2: "Op dat moment laten wij regelnummer 512, of serie 348/3, is bijna klaar bij de VPBI, laten wij doorgaan als derde 512M. Serie 345/6 gaat terug naar VPBI. En die gaat gieten als nummer 4 op machine 21. Zodat we serie 345/5 gieten over 1 streng. Zijn we snel leeg in principe en kunnen we eerder de machine openmaken om de rottigheid te verhelpen. En converter 21 die heeft nummer 4 er in zitten, oorspronkelijk voor machine 21, die blijft hangen en die gaat als nummer 5 op machine 21 gieten" (Proco; 30 mei; lange-termijnoverzicht).

Uit de voorbeelden blijkt dat de invulling van het plan vooral geschiedt aan de hand van verschuivingen met ladingen die op dit moment in de fabriek zijn. Bij de invulling wordt rekening gehouden met randvoorwaarden als de temperatuur en de kwaliteit van het staal (zie voorbeeld 1). Aan de gebruikte terminologie is duidelijk de invloed van het type plaatje te herkennen (regelnummers bij PVD-overzicht; serienummers bij lange-termijnoverzicht).

Fase c: Herplanning beoordelen

De verfijnde herplanning wordt beoordeeld en soms bijgesteld. Het gaat hier om het beoordelen van het eigen plan tijdens het opstellen ervan.

Voorbeeld 1: "Alleen de retourlading kan eigenlijk niet op een 116M, dus dat zou erg ongunstig uitkomen. Dus we gaan ook eventueel vragen een verlenging van de serie van machine 22. Daar kunnen we regel 545 eventueel van maken" (Proco; 31 mei; PVD-scherf).

Voorbeeld 2: "Regel 479 gaat geplakt worden aan serie 336, da's 112L, dat komt mooi uit voor de 116M ook, nee, dat kan niet, 336. Die wordt geplakt voor serie 349, waarschijnlijk is dat een 112L. Maar dan moet ik de kwaliteiten bekijken of dat kan" (Proco; 30 mei; PVD-scherf).

De door de ervaren Proco gemaakte oplossingen werden beoordeeld op de volgende aspecten:

- hangtijd
- tijd waarop gietmachines weer beschikbaar zijn
- intact laten van series
- kwaliteit.

De eerste drie aspecten werden vooral gehanteerd door proefpersonen die een "kwantitatieve" strategie gebruikten. Aangezien de ervaren Proco die de oplossingen had gemaakt naast het kwantitatieve ook het kwalitatieve aspect in zijn oplossing betrok, is het niet verwonderlijk dat veel proefpersonen zijn oplossingen vaak niet optimaal vonden, omdat er een te lange hangtijd of een te late aangiettijd uit resulteerde.

11.4 Discussie

Het gebruik van de grafische plaatjes leidde niet tot kwalitatief minder goede oplossingen. Dit is opvallend gezien het ontbreken van potentieel belangrijke informatie in de grafische plaatjes. Een gedeeltelijke verklaring hiervoor is dat informatie in het PVD-plaatje die betrekking heeft op identificatie van pannen staal (grootladingnummer, pannummer, regelnummer), in bepaalde probleemsituaties wellicht niet nodig is bij het maken van een herplanning. Dat Proco's deze informatie toch graag in het PVD-plaatje willen houden komt omdat anderen hiermee werken

en communiceren (de convertersectie gebruikt regelnummers, bij de gietmachines en de walserijen worden grootladingnummers gebruikt). Het regelnummer is een door het PROCOCO-II systeem gedicteerde conventie. Voor het herplannen zelf lijkt het echter niet nodig te zijn om meer van een pan te weten dan het volgnummer binnen een serie en de kwaliteit.

Een andere mogelijke verklaring voor het feit dat ontbrekende informatie in de grafische plaatjes niet tot slechtere planningen leidde in vergelijking met het PVD-plaatje, is dat proefpersonen, zelfs indien de informatie beschikbaar was, hier geen gebruik van maakten. Veel proefpersonen maakten bijvoorbeeld geen gebruik van de randvoorwaarden die door verschillende kwaliteiten aan een oplossing worden opgelegd. Zo moet kwaliteit 353B op gietmachine 21 worden gegoten, en kan een pan met een dergelijke kwaliteit dus niet over CGM22 worden gegoten in geval van een storing bij CGM21. Dit niet in aanmerking nemen van de kwaliteit zou kunnen wijzen op een probleem met het gebruik van kennis: waarschijnlijk weten de meeste Proco's wel dat 353B alleen over CGM21 mag worden gegoten, maar gebruiken ze die kennis niet wanneer ze een herplanning moeten maken.

Een plausibeler verklaring is echter dat de proefpersonen de nadruk leggen op het produceren van zo veel mogelijk staal, dus een kwantitatieve strategie volgen waarbij het kwaliteitsaspect uit het oog verloren wordt. Hierbij moet worden bedacht dat de ervaren Proco zijn oplossingen in alle rust kon bedenken en allerlei varianten kon doorrekenen, terwijl de proefpersonen, net als in de werkelijkheid, snel met een oplossing op moesten komen. In een recent literatuuroverzicht naar onder andere de invloed van tijdsdruk op de gehanteerde beslissingsstrategie, komt Raaijmakers (1990) tot de conclusie dat mensen onder tijdsdruk bewust een meer eenvoudige strategie kiezen waarbij de aandacht zich concentreert op een kleiner aantal aspecten. Het is mogelijk dat de Proco's bij het snel moeten verzinnen van een herplanning aspecten als de kwaliteit uit het oog verliezen, en alleen letten op de hoeveelheid geproduceerd staal. Wellicht kan tijdens de opleiding meer de nadruk worden gelegd op de wenselijkheid om niet alleen de kwantiteit maar ook de kwaliteit staal in ogenschouw te houden bij het herplannen.

Een interessante observatie bij de storende meldingen was dat proefpersonen vaak de storende melding als integraal

onderdeel in hun plan opnamen. Zij lieten hun plan dus sturen door de toevallige melding die zij op dat moment te horen kregen. Wanneer bijvoorbeeld gevraagd werd wanneer converter 22 weer kon inzetten, werd hier niet kort op geantwoord, maar richtte de proefpersoon zijn aandacht op converter 22 en ging verder met het maken van de herplanning vanaf dat punt. Terzijde werd dan vaak nog het antwoord aan converter 22 gegeven. Dit is een vorm van "opportunistische planning" (Hayes-Roth & Hayes-Roth, 1979), omdat de ontwikkeling van het plan gestuurd wordt door toevallige gebeurtenissen die de planner ter ore of ter oge komen. Bij een meer "hiërarchische" vorm van planning zou de Proco de storende meldingen kort hebben beantwoord, om daarna weer verder te gaan met waar hij gebleven was in zijn plan. De opportunistische planning kan er de oorzaak van zijn geweest dat proefpersonen zich nauwelijks opnieuw in het probleem inwerkten na een storende melding.

Er werd geen enkel effect gevonden van mate van ervaring van de Proco's. Dit kan vrij gemakkelijk worden verklaard uit het feit dat de Proco's en hun vervangers gemiddeld minder dan een jaar in ervaring op het gebied van planning verschilden. Gezien de verscheidenheid aan oplossingen binnen één en dezelfde ploeg, was er van een duidelijke "ploegfilosofie" geen sprake. Indien door Hoogovens meer consistentie tussen en binnen ploegen wordt gewenst in de manier waarop problemen worden opgelost, zal er waarschijnlijk op een systematischer wijze moeten worden opgeleid.

12. Conclusies en aanbevelingen

De doelstelling in dit project was te komen tot ergonomische richtlijnen voor logistieke planningsfuncties. Ons uitgangspunt bij de analyse van logistieke planningsfuncties was dat het gedrag van logistieke planners een functie is van zowel de taakomgeving, de generieke taken die moeten worden uitgevoerd, de gehanteerde strategieën, en de beperkte informatieverwerkingscapaciteit van de mensen. Deze benadering, waarin grote aandacht wordt besteedt aan de omgeving waarin de persoon zijn taak uitvoert, wordt wel de "ecologische benadering" genoemd. Zij contrasteert sterk met de meer traditionele psychologische benadering waarin de invloed van de omgeving tot een minimum wordt beperkt. In een recent artikel heeft Vicente (1990) de implicaties van deze benadering voor de ergonomie uiteengezet. De belangrijkste implicaties liggen op het terrein van de taakanalyse en de experimentatie. Wij zullen beide implicaties illustreren aan de hand van de door ons gevolgde procedure.

12.1 Taakanalyse

Wanneer mensen intelligent gedrag vertonen, dienen wij ons allereerst af te vragen in hoeverre dit gedrag bepaald wordt door de randvoorwaarden die de omgeving aan het gedrag oplegt. Dit voorkomt dat wij meer "intelligentie" aan mensen toeschrijven dan zij werkelijk gebruiken. Het onregelmatige en ingewikkelde pad dat een mier in een tuin beschrijft lijkt moeilijk te beschrijven. Maar de complexiteit van het pad is een complexiteit in de oppervlakte van de tuin, niet in de structuur van de mier (Simon, 1981, p.64). Het gedrag van de mier wordt in hoge mate bepaald door de structuur van de tuin. De mier voegt zelf weinig toe.

In hoofdstuk 9 hebben wij een beschrijving gegeven van de randvoorwaarden die de omgeving waarin de Proco werkt aan het gedrag van de Proco opleggen. De plannen waarmee een Proco op kan komen worden voor een groot deel beperkt door de machines, produkten en buffers, en de beperkingen daartussen. Kennis van deze componenten is essentieel voor het maken van een herplanning in geval van een storing. De Proco moet dus de complexiteit van de omgeving in zijn lange-termijngeheugen representeren.

In hoofdstuk 10 hebben wij getracht aan te geven dat de klasse van planningstaken bepaalde psychologische bronnen aanroepen. Zo wordt het zoeken naar herplanningen vergemakkelijkt indien deze als prototypes of schema's in het geheugen zijn opgeslagen. De Proco zou dan aan de hand van een aantal probleemeigenschappen, bijvoorbeeld de aard en de duur van de storing, snel een geschikt schematisch plan uit zijn geheugen kunnen halen. Dit schematische plan dient vervolgens verder te worden verfijnd en getoetst aan de concrete situatie die op dat moment in de fabriek aanwezig is. Uit deze analyse volgen dan de drie fasen in het planingsproces van de Proco: beeld opbouwen en schematisch plan kiezen, schematisch plan verfijnen (herplanning maken), en herplanning beoordelen. Deze drie fasen vloeien dus voort uit de wijze van kennisrepresentatie, die weer een gevolg is van het soort probleem waar de Proco mee te maken heeft.

Binnen deze fasen zijn echter mogelijkheden voor individuele verschillen in de strategie die Proco's volgen. Op basis van kwalitatieve informatie van proefpersonen konden wij twee strategieën onderscheiden: een kwantitatieve en een kwalitatieve. Bij deze strategieën probeert de Proco respectievelijk één van de volgende twee doelen te bereiken: zo veel mogelijk staal produceren, of zo veel mogelijk de gevraagde kwaliteit staal produceren. Dit zijn extremen waarbinnen nog een scala aan strategieën mogelijk is. Uit deze hoofddoelen volgen afgeleide doelen, zoals het proberen te halen van de aansluiting bij de gietmachines, of het zo veel mogelijk proberen af te gieten van de geplande kwaliteiten staal.

Teneinde deze doelen te kunnen bereiken, en een schematisch plan te kunnen verfijnen, dient de Proco over informatie van de huidige situatie in de fabriek te beschikken. De benodigde informatie is afhankelijk van de gekozen strategie en van de fase in het planingsproces waarin de Proco zit. Bij een louter kwantitatieve strategie speelt kwaliteit van het staal geen rol en hoeft daarom ook niet als informatie beschikbaar te zijn. Het zal duidelijk zijn dat dit geen optimale strategie is, omdat aan een belangrijke set randvoorwaarden niet voldaan wordt. Daarom dient de kwaliteit van het staal wel als informatie beschikbaar te zijn. Echter, in de fase van het opbouwen van het beeld van de situatie speelt de kwaliteit een minder belangrijke rol dan bij het verfijnen van het plan. Bij het opbouwen van

het beeld is het belangrijker te weten waar de pannen zich bevinden, hoe lang behandelingen nog duren, wat de volgnummers van ladingen zijn, hoe veel rek er in het plan zit in termen van transporttijden, etc. Kortom, de informatie die in het door ons ontwikkelde korte-termijnplaatje zit zou goed kunnen worden gebruikt in deze eerste fase. In de tweede fase zijn exactere tijden nodig, en hiervoor kan het PVD-plaatje nuttig zijn. In de derde fase, die van de beoordeling, kan het lange-termijnplaatje nuttig zijn, omdat het de consequenties van een herplanning laat zien in termen van aansluiting op gietmachines, te krappe of te ruime transporttijden en bezetting van installaties.

Bovenstaande discussie van de gevolgde manier van taakanalyse heeft laten zien dat een groot aantal beperkingen wordt opgelegd door de taakomgeving. Een grondige analyse van deze taakomgeving dient daarom vooraf te gaan aan de ontwikkeling van alternatieve wijzen van informatiepresentatie. Op basis van deze analyse alleen kan reeds een aantal conclusies worden getrokken over de mate van geschiktheid van de alternatieve vormen van informatiepresentatie. Ten tweede moet worden opgemerkt dat de hier gevolgde methode niet specifiek is voor de taak van de Proco. Slechts de specifieke randvoorwaarden en wenselijkheden zijn beperkt tot de taak van de Proco. Onze conclusies omtrent de schematische wijze van representatie van plannen en de fasen in het planningsproces zouden in principe van toepassing moeten zijn op andere planningstaken, waaronder logistieke planningstaken.

Wij zullen in de volgende paragraaf nader ingaan op de implicaties van de ecologische benadering voor de gevolgde wijze van experimentatie.

12.2 Experimentele aanpak

Volgens Vicente (1990) levert de traditionele wijze van experimenteren in de psychologie vaak tegenstrijdige resultaten op omdat men onvoldoende rekening houdt met de taken die de proefpersonen moeten uitvoeren. Zo zou men zich ook niet moeten afvragen welke wijze van informatiepresentatie "beter" is, grafisch of in de vorm van tabellen met getallen, omdat dit afhangt van de taak die moet worden uitgevoerd (zie DeSanctis, 1984, voor een overzicht van de literatuur). Beter is het daarom te vragen onder welke

condities welke wijze van informatiepresentatie te prefereren is. Het beantwoorden van deze vraag vergt een uitgebreider onderzoeksprogramma dan hier is uitgevoerd. Toch zullen wij proberen om, met de beschikbare gegevens, deze vraag zo goed mogelijk te beantwoorden.

Uit de taakanalyse bleek reeds dat de verschillende vormen van informatiepresentatie een verschillend effect kunnen hebben in verschillende fasen van het planningsproces. De reden hiervoor is dat in de verschillende fasen verschillende soorten informatie nodig zijn. In principe kan de meeste informatie uit zowel het PVD-plaatje als de grafische plaatjes worden gehaald. Wij hebben echter beargumentteerd dat sommige informatie slechts met een aantal tussenschappen uit het PVD-plaatje te halen is, en dat de grafische plaatjes deze informatie directer aanbieden. Daarom zou vooral het werken met het PVD-plaatje gevoeliger moeten zijn voor verstoringen van buitenaf, zoals vragen die de Proco vanuit de fabriek bereiken.

Bij het verfijnen van het ruwe plan in fase b, het herplannen zelf, was er geen verschil tussen de drie vormen van informatiepresentatie in de kwaliteit van de oplossing. Dit kan gedeeltelijk te wijten zijn aan het relatieve gebrek aan ervaring met de grafische wijzen van informatiepresentatie. Het is mogelijk dat proefpersonen, na een uitgebreidere oefening, wel beter met de grafische plaatjes hadden kunnen herplannen. Veel proefpersonen merkten op dat zij, indien zij een paar dagen met de plaatjes hadden kunnen werken, veel betere prestaties hadden kunnen bereiken.

Belangrijker dan de wijze van informatiepresentatie waren in deze fase de strategieën die proefpersonen hanteerden. Veel proefpersonen kwamen met een andere oplossing op dan die van de expert, omdat zij sterk de nadruk legden op de hoeveelheid geproduceerd staal. Dit ging ten koste van het in overweging nemen van de kwaliteit staal. Dit had weer tot gevolg dat, zelfs wanneer de kwaliteit staal als informatie beschikbaar was, deze informatie niet in overweging werd genomen. Training in het gebruik van de juiste strategieën van informatieverwerking lijkt vooralsnog een hogere prioriteit te moeten krijgen dan de ontwikkeling van alternatieve vormen van informatiepresentatie. Pas wanneer een optimale strategie van informatieverwerking is gedefinieerd, kan worden aangegeven welke informatie dient te

worden gepresenteerd. Indien de kwaliteit van het staal een belangrijke dimensie geacht wordt, dan dient deze ook te worden gepresenteerd.

12.3 Conclusies

Met het nodige voorbehoud concluderen wij uit dit onderzoek:

- 1 Het korte-termijnplaatje is nuttig bij het opbouwen van het beeld van de situatie in de fabriek.
- 2 Het verfijnen van het plan aan de situatie in de fabriek wordt door alle drie vormen van informatiepresentatie even goed ondersteund, gegeven de beperkte ervaring met de grafische plaatjes en gegeven de gebruikte strategieën van informatieverwerking. Meer ervaring met de grafische plaatjes en training in het gebruik van andere strategieën zou tot andere conclusies kunnen leiden.
- 3 Het beoordelen van een herplanning wordt goed ondersteund door het lange-termijnplaatje.
- 4 De vragen die de Proco uit de fabriek bereiken sturen de aandacht van de Proco naar de installaties waar de vraag vandaan komt. Het herplanningsproces wordt hierdoor onderbroken en vertoont zodoende soms een weinig systematisch karakter.
- 5 De proefpersonen verschilden onderling sterk in het soort oplossingen waar ze mee opkwamen. Zelfs binnen één en dezelfde ploeg waren er grote verschillen tussen Proco's en hun vervangers.

12.4 Aanbevelingen

De volgende aanbevelingen vloeien voort uit dit project:

- 1 Bij het opstellen van ergonomische richtlijnen voor logistieke planningsfuncties dienen allereerst de taakvereisten nauwkeurig in kaart te worden gebracht. Hoewel deze verschillen voor verschillende planningstaken, is toch een aantal generieke elementen te identificeren die in iedere planningstaak een rol spelen. Deze elementen zijn: objecten, relaties tussen objecten, eigenschappen van objecten, randvoorwaarden en wenselijkheden.

- 2 De ontwikkelde grafische plaatjes stellen de Proco in principe in staat herplanningen te maken en te beoordelen. Zij dienen echter op enkele punten te worden gewijzigd voordat ze, naast het PVD-plaatje, kunnen worden gebruikt.

Aan het korte-termijnplaatje dient, via zogenaamde pop-up windows, informatie over pannen staal te worden toegevoegd. Het betreft hier informatie over de kwaliteit, het grootladingnummer, de begin- en eindtijden van nog komende behandelingen, het regelnummer en het pannummer. Eventueel kan nog informatie over de gietbreedte worden toegevoegd.

Aan het lange-termijnplaatje dient, via een zogenaamde "toggle"-mogelijkheid aan de linkerzijde van het plaatje, informatie te worden toegevoegd over het regelnummer, grootladingnummer en pannummer. Tevens dient het scherm te worden opgedeeld in drie delen: het bovenste deel bevat informatie over CGM21, het middelste deel over CGM22 en het (kleinste) onderste deel over uitwijknummers. Via een verplaatsbare cursor dienen exacte tijden te kunnen worden verkregen over begin- en eindtijden van iedere behandeling. Twee willekeurige tijden zouden van elkaar kunnen worden afgetrokken door met een muis op de ene tijd te klikken, de muisknop ingedrukt te houden, en de muisknop los te laten wanneer deze is geplaatst op de tweede tijd. Met deze faciliteit kan de Proco direct de totale behandelings- of de hangtijd aflezen (zie bijlage 10 voor een voorbeeld met een hangtijd van 56 minuten). Tenslotte dient er een onderscheid te worden gemaakt tussen gerealiseerde en niet-gerealiseerde tijden, bijvoorbeeld middels arcering van gerealiseerde tijden. Hierbij treedt een probleem op van overlappende tijden wanneer de gerealiseerde eindtijd van een behandeling later is dan de geplande begintijd van de volgende behandeling. De Proco zal hier duidelijk op gewezen moeten worden, bijvoorbeeld middels oplichting van tijden. De Proco kan door zijn gehele bestand heenlopen middels het aanklikken van de pijltjes links of rechts van de tijd-balk.

Voorbeelden van de gewijzigde korte- en lange-termijnplaatjes zijn in respectievelijk bijlagen 9 en 10 toegevoegd.

- 3 Er dient meer aandacht te worden besteed aan het vastleggen van optimale strategieën om herplanningen te maken in geval van storingen. Deze strategieën dienen als uitgangspunt te fungeren voor verdere verfijning van de interfaces. Voorts kunnen deze strategieën als basis dienen voor een gericht trainingsprogramma voor de Proco's. Hierdoor kan een grotere uniformiteit in soorten oplossingen bij storingen worden verkregen, zowel binnen als tussen ploegen. Indien ploegen verschillende strategieën hanteren verloopt de wisseling van ploegen niet optimaal. Indien overgangen tussen ploegen soepeler verlopen zou de produktie kunnen toenemen.

- 4 De Proco zou tijdens het maken van herplanningen in geval van storingen niet gestoord mogen worden door vragen uit de fabriek. Niet alleen leiden vragen uit de fabriek tot een grote vertraging bij het maken van een herplanning, ook kunnen zij het planningsproces kwalitatief beïnvloeden doordat zij de aandacht van de Proco afleiden en de Proco vaak niet terugkeert tot het punt waar hij was gebleven.

REFERENTIES

en

BIJLAGEN

REFERENTIES

- Chi, M.T.H., Feltovich, P.J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science* 5, 121-152.
- DeSanctis, G. (1984). Computer graphics as decision aids: Directions for research. *Decision Sciences* 15, 463-487.
- Ekkers, H.A. (red.) (1976). *Simulatie in de sociale wetenschappen*. Samsom, Alphen aan de Rijn
- Hayes-Roth, B. & Hayes-Roth, F. (1979). A cognitive model of planning. *Cognitive Science* 3, 275-310.
- Hoc, J.-M. (1988). *Cognitive psychology of planning*. London: Academic Press.
- Larkin, J.H. (1983). The role of problem representation in physics. In D. Gentner & A.L. Stevens (Eds), *Mental models* (pp. 75-98). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Leeuw, A.C.J. de (1974). *Systeemleer en organisatiekunde*. Stenfert Kroese, Leiden.
- McCann, C.A. (1990). Investigating human cognitive processes in C2 planning. Internal working paper. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Raaijmakers, J.G.W. (1990). *Besluitvorming onder mentale en fysieke belasting*. IZF-rapport 1990 A-25, Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soesterberg.
- Simon, H.A. (1981). *The sciences of the artificial* (2nd ed). Cambridge, MA.: MIT Press.
- VanLehn, K. (1989). Problem solving and cognitive skill acquisition. In M.I. Posner (Ed.), *Foundations of cognitive science* (pp. 527-579). Cambridge, MA.: MIT Press.
- Vicente, K.J. (1990). A few implications of an ecological approach to human factors. *Human Factors Society Bulletin* 33(11), 1-4.
- Wichard, F.A. (1987). *Een planningsfunctionaris in de praktijk: Onderzoek naar het functioneren van de productie-coördinator in een staalfabriek van Hoogovens IJmuiden*. Afstudeerverslag Universiteit Twente.

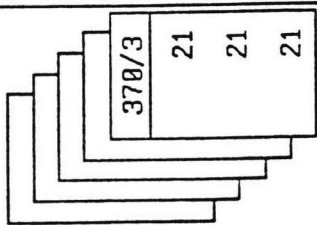
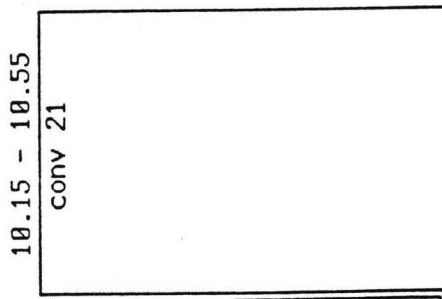
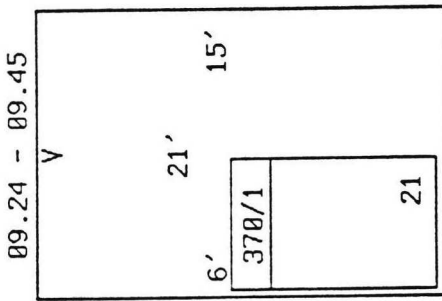
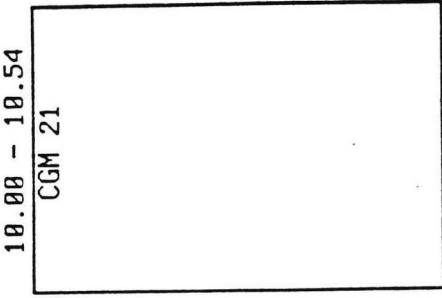
Bijlage 1 PVD-plaatje

Datum: 19-SEP-1990 (08:50:23.83)

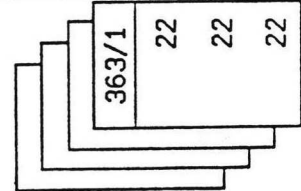
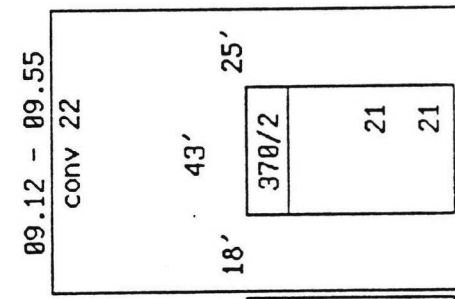
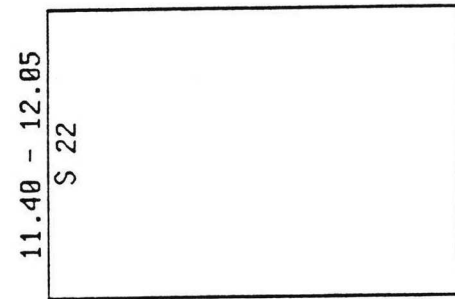
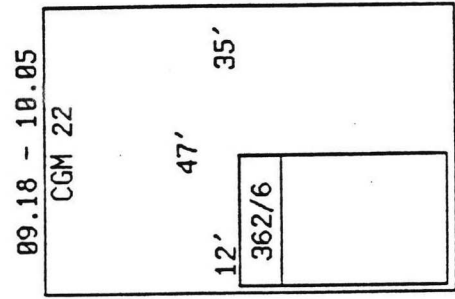
Overzicht van detailplan en voortgang : PVD

rgl nr	grlad nr	best kwal	sr bt	dl st	cv nr	pn	bh nr	cg bd	prf. nr	inz. tijd	tap tijd	behandeling i-begn	behandeling eind	-gieten-- begn	sp pn	uit lp
381	K6150	345B	328	1	22		22	21		0043	0126	S-0156	0215	0244	0332	0
382	K6152	345B	328	2	22		22	21		0134	0225	S-0248	0309	0335	0423	0
383	K6154	345B	328	3	22		22	21		0230	0328	S-0347	0406	0426	0514	0
384	K6156	345B	328	4	22		22	21		0332	0415	S-0436	0500	0516	0607	0
385	K6158	345B	328	5	22		22	21		0425	0507	S-0523	0544	0609	0700	0
386	K6159	345B	328	6	21		22	21		0522	0602	S-0618	0639	0703	0753	0
411	K6160	124C	333	1	22		21	22		0602	0646	V-0702	0716	0735	0830	0
412	K6161	124C	333	2	21	16	21	22		0655	0737	V-0755	0808	0834	0928	0
413	K6162	124C	333	3	21	10	21	22		0744	0829	V-0903	0918	0931	1031	0
391	K6163	353B	329	1	22	08	22	21		0820	0912	S-0925	0945	1000	1052	0
414		124C	333	4	21	06	21	22		0851	0930	V-0956	1016	1031	1131	0
392		353B	329	2	22	13	21	21		0921	0955	S-1012	1037	1052	1152	0
415		124C	333	5	21	07	21	22		0950	1030	V-1056	1116	1131	1231	0
393		353B	329	3	22	18	21	21		1015	1055	S-1112	1137	1152	1252	0
416		124C	333	6	21	01	21	22		1050	1130	V-1156	1216	1231	1331	0
394		353B	329	4	22	16	21	21		1115	1155	S-1212	1237	1252	1352	0
395		353B	329	5	22		21	21		1210	1250	S-1312	1337	1352	1452	0
397		512M	330	1	21		21	22	920	1235	1315	V-1336	1416	1436	1521	0
396		353B	329	6	22		21	21	920	1300	1340	S-1412	1437	1452	1552	0
398		512M	330	2	21		21	22	920	1325	1405	V-1426	1506	1526	1616	0
399		512M	330	3	21		21	22	920	1350	1430	V-1516	1556	1616	1706	0
400		512M	330	4	21		21	22	920	1440	1520	V-1606	1646	1706	1756	0

Bijlage 2 Korte-termijnplaatje



Tijd:
09.30



Bijlage 3 Taakanalyse volgens Card, Moran, & Newell
(1983)

Card, Moran, en Newell (1983) beschrijven de mens als informatieverwerkend systeem. Deze beschrijving op systeemniveau gaat uit van een beperkt aantal geheugens en processoren, ieder met eigen parameters. Voor ons doel onderscheiden wij twee soorten geheugens: een werkgeheugen en een lange-termijngeheugen. Voorts onderscheiden wij drie soorten processoren: een perceptuele processor, een motorische processor en een cognitieve processor. Tenslotte zijn er nog oogbewegingen waarmee sensorische informatie wordt gefocusseerd.

Sensorische informatie komt het systeem binnen via oogbewegingen, en gaat via de perceptuele processor het werkgeheugen binnen. De duur van een oogbeweging is afhankelijk van de mate van ervaring met een taak, maar duurt gemiddeld 230 ms. De duur van de perceptuele processor, gemiddeld 100 ms, is voornamelijk afhankelijk van de stimulusintensiteit, doch niet van de mate van ervaring met een taak. De in het werkgeheugen geactiveerde informatie initieert acties die met deze informatie geassocieerd zijn in het lange-termijngeheugen; deze acties wijzigen de inhoud van het werkgeheugen. De cognitieve processor verzorgt de cyclus van herkenning en wijziging van informatie in een bepaalde tijdseenheid. Deze tijdseenheid is korter wanneer iemand bekender is met een bepaalde taak: zij kan variëren van 25-170 ms, met een gemiddelde van 70 ms. De motorische processor tenslotte vertaalt de informatie in het werkgeheugen in een aantal spierbewegingen. De gemiddelde duur van de motorische processor is 70 ms.

Een taakanalyse bestaat nu uit het opdelen van een complexe taak in een aantal eenvoudiger deeltaken. Dit proces van opdelen herhaalt zich net zolang tot de deeltaken door één of een eenvoudige combinatie van processoren kan worden uitgevoerd. Aangezien iedere processor een vaste tijd in beslag neemt, is de totale duur van de taak de som van de tijdsduren van de deeltaken (hoewel er in het algemeen tweede-orde interacties zijn die een grens stellen aan deze additiviteit).

De meest eenvoudige deeltaken voor de Proco bestaan uit het uitvoeren van elementaire operaties op de gegevens die op het scherm worden gepresenteerd.

Enkele van deze elementaire operaties zijn:

- zoek willekeurig regelnummer
- lees tijd af
- bepaal verschil met actuele tijd
- beweeg vinger
- vergelijk twee tijden
- beslis of pan in installatie is.

Bij het lange-termijnplaatje komen enkele elementaire operaties voor die niet in het PVD-plaatje voorkomen, zoals:

- trek lijn (visueel)
- schat tijd.

Deze operaties worden uitgevoerd om de begin- en eindtijden van behandelingen te kunnen bepalen.

Sommige van bovengenoemde operaties zijn eenvoudig en vergen slechts één processor-cyclus, b.v. vergelijk twee tijden op vroeger/later; beslis of pan in installatie is of niet. Deze operaties duren gemiddeld 70 ms ieder. Andere operaties zijn complexer, b.v. "lees tijd af": hierbij moet zowel een tijd worden waargenomen (perceptuele processor) als in het werkgeheugen worden opgeslagen (cognitieve processor). Andere operaties zijn complexer omdat zij uit een sequentie van elementaire operaties bestaan, b.v. "zoek willekeurig regel-nummer": hierbij moet de Proco regel voor regel aflopen en bij iedere regel beslissen of dit het juiste nummer is; bij 26 regels op een scherm moet er dus gemiddeld 13 keer een elementaire operatie (perceptuele + cognitieve processor) worden uitgevoerd.

Wanneer de Proco nu bijvoorbeeld de totale duur van één behandeling wil bepalen met behulp van het PVD-plaatje, moet hij de volgende deeltaken uitvoeren:

- 1 Zoek regelnummer
- 2 Beweeg vinger naar corresponderende begintijd behandeling
- 3 Lees begintijd af
- 4 Lees eindtijd af
- 5 Bepaal verschil tussen begin- en eindtijd en stop.

De corresponderende tijden bij iedere deeltaak zijn:

13	*	(100+70)	=	2210	ms
2				500	ms (volgens verg. 2.3 in Card e.a.)
3		100+70	=	170	ms
4		100+70	=	170	ms
5		4 * 70	=	280	ms
Totaal				3330	ms

De vijfde deeltaak is veel ingewikkelder dan hij op het eerste gezicht lijkt. Wat is bijvoorbeeld het verschil in tijd tussen 0749 en 0836? Een voor de hand liggende strategie is om eerst te zien dat je hier over het hele uur gaat, en dat je dus eerst van 0749 tot 0800 moet gaan. De resulterende 11 minuten moeten worden onthouden en worden opgeteld bij 0836 minus 0800 = 36 minuten. De totale behandelings-tijd is dan 11 + 36 = 47 minuten. Men kan twisten over het aantal benodigde cycli van de cognitieve processor, maar vier lijkt toch wel het minimum te zijn in dit geval.

Wanneer nu dezelfde taak wordt uitgevoerd met behulp van het korte-termijnplaatje, resulteren de volgende deeltaken:

- 1 Zoek behandeling
- 2 Lees duur behandeling af.

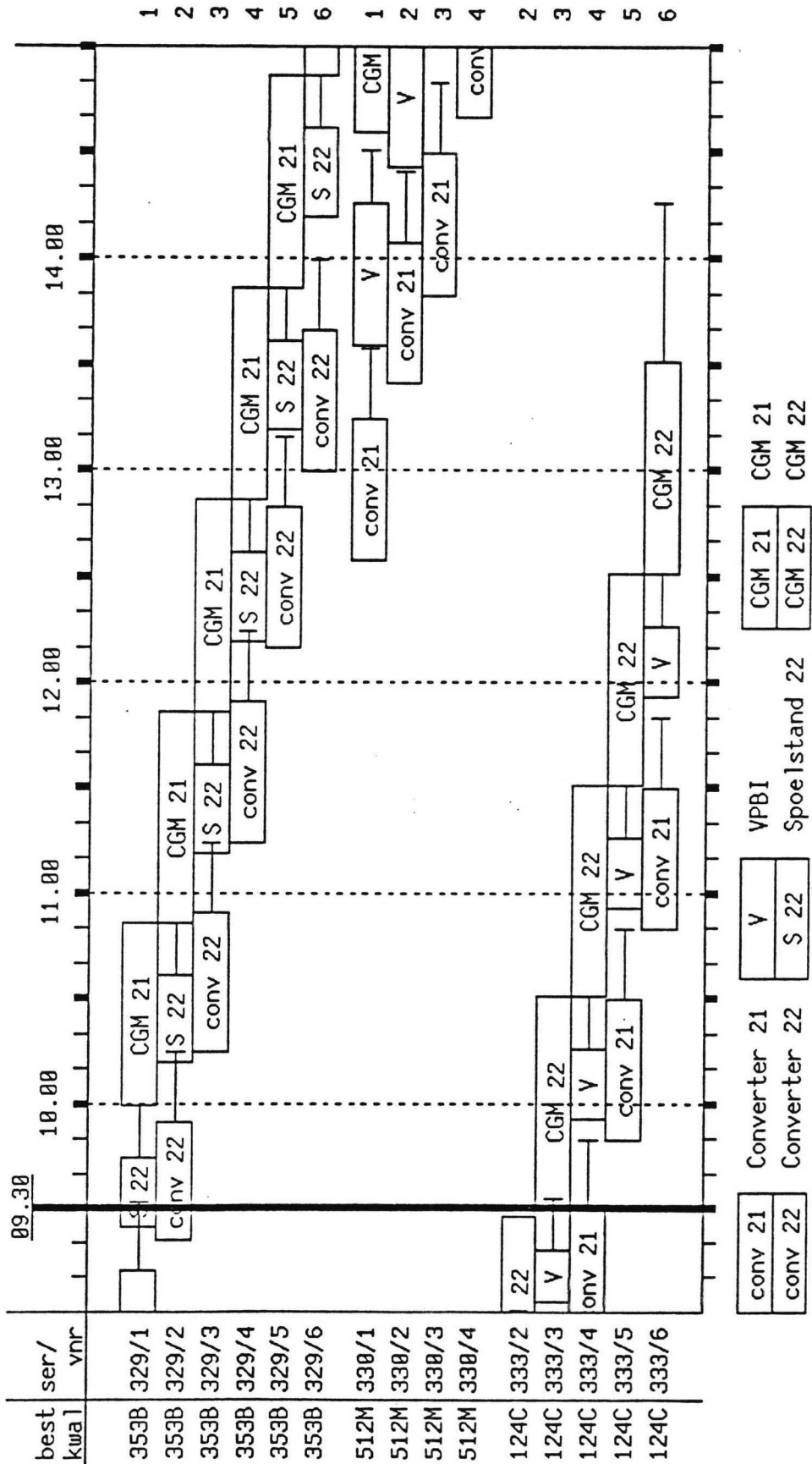
De corresponderende tijden bij iedere deeltaak zijn:

6	1*	(100 + 70)	=	1020	ms
2		100 + 70	=	170	ms
Totaal				1190	ms

Dezelfde taak duurt bij het PVD-plaatje dus 2.8 keer zo lang als bij het korte-termijnplaatje. Wanneer we aannemen dat de Proco bijzonder goed getraind is in het werken met het PVD-plaatje, kunnen we de minimumtijd voor de cognitieve processor, 25 msec, substitueren voor de gemiddelde tijd van 70 msec. Er resulteert dan een totale tijd van 1975 msec, nog altijd 1.7 keer zo lang als bij het korte-termijnplaatje.

Het zou te ver voeren om iedere deeltaak hier te analyseren. Intuïtief is echter wel duidelijk dat wanneer informatie meteen beschikbaar is op het scherm, er veel minder tijd nodig is om deze informatie te verkrijgen dan wanneer deze informatie via mentale bewerkingen moet worden verkregen.

Bijlage 4 Lange-termijnplaatje



Bijlage 5 Lijst van storende meldingen bij ieder scenario

Scenario 1 (28 mei): Storing aan laadkraan 22 (nog wel verrijdbaar)

- Bij laadkraan: kan ik een klusje met laadkraan 23 doen?
- CGM21 vraagt: hoe lang gaat het duren, denk je?

Scenario 2 (30 mei): Doorbraak CGM22 over één streng

- CGM22 vraagt: welk regelnummer/serienummer moet ik maken?
- Spoelstand 22 vraagt: waar moet die pan naar toe?

Scenario 3 (31 mei): Zandslot pan 206 gaat niet open

- CGM21 vraagt: waar moet die pan naar toe?
- VPBI vraagt: kan ik het vat in de hoek rijden?
- CGM21 vraagt: wat krijgen we hierna?

Scenario 4 (3 juni): Doorbraak pan 215 (geen schade aan installaties)

- Converter 22 vraagt: wanneer gaat de converter inzetten?
- CGM21 vraagt: welke serie krijgen we hierna?

Scenario 5 (6 juli): Storing laadkraan 22 (nog wel verrijdbaar)

- Converter 23 vraagt: wanneer gaat de converter inzetten?
- Converter 21 vraagt: weet je al welk regelnummer/serienummer ik ga maken?

Scenario 6 (8 juli): Pan 207 vast in gietkraan 22

- Converter 22 vraagt: wanneer gaat de converter inzetten?
- VPBI vraagt: moet ik de behandeling afbreken?

Bijlage 6: Vragen bij oefenscenario's

Vragen na oefenscenario van 1 juni 1990

Korte termijn:

- 1 Hoeveel series zijn er?
- 2 Wat is de totale bewerkingstijd van lading 362/6?
- 3 Hoe lang zit lading 370/3 in de converter?
- 4 Hoe laat wordt op CGM21 begonnen met gieten?
- 5 Wat is de actuele tijd in het plaatje op het scherm?
- 6 Hoeveel ladingen uit serie 370 worden nog ingezet?
- 7 Wat betekent: 22
21
21
- 8 Wat wil het zeggen als een lading staal links in een bepaalde installatie staat afgebeeld?

Lange termijn:

- 1 Hoeveel kwaliteiten zijn er?
- 2 Hoeveel series zijn er?
- 3 Wat is de totale behandeltime van lading 370/1?
- 4 Hoe lang zit lading met 362/6 nog in de CGM?
- 5 Hoe laat komt de volgende lading in de VPBI aan?
- 6 Wat is de actuele tijd in het plaatje op het scherm?
- 7 Hoeveel ladingen uit serie 370 worden nog ingezet?
- 8 Hoe lang is de totale tijd die het plaatje op het scherm beslaat?
- 9 Hoe laat is CGM22 weer beschikbaar na het gieten van serie 362?

Vragen na oefenscenario van 29 mei 1990

Korte termijn:

- 1 Hoeveel kwaliteiten zijn er?
- 2 Hoeveel series zijn er?
- 3 Wat is de totale bewerkingstijd in CGM22 van lading 339/3?
- 4 Hoe lang zit lading 343/7 nog in de CGM?
- 5 Hoe laat komt de volgende lading in de VPBI aan?
- 6 Wat is de actuele tijd in het plaatje op het scherm?
- 7 Hoeveel ladingen uit serie 339 worden nog ingezet?
- 8 Hoe lang is de transporttijd tussen VPBI en CGM21?
- 9 Wat betekent: 21
 22
 22
- 10 Wat wil het zeggen als een lading staal rechts in een bepaalde installatie staat afgebeeld?

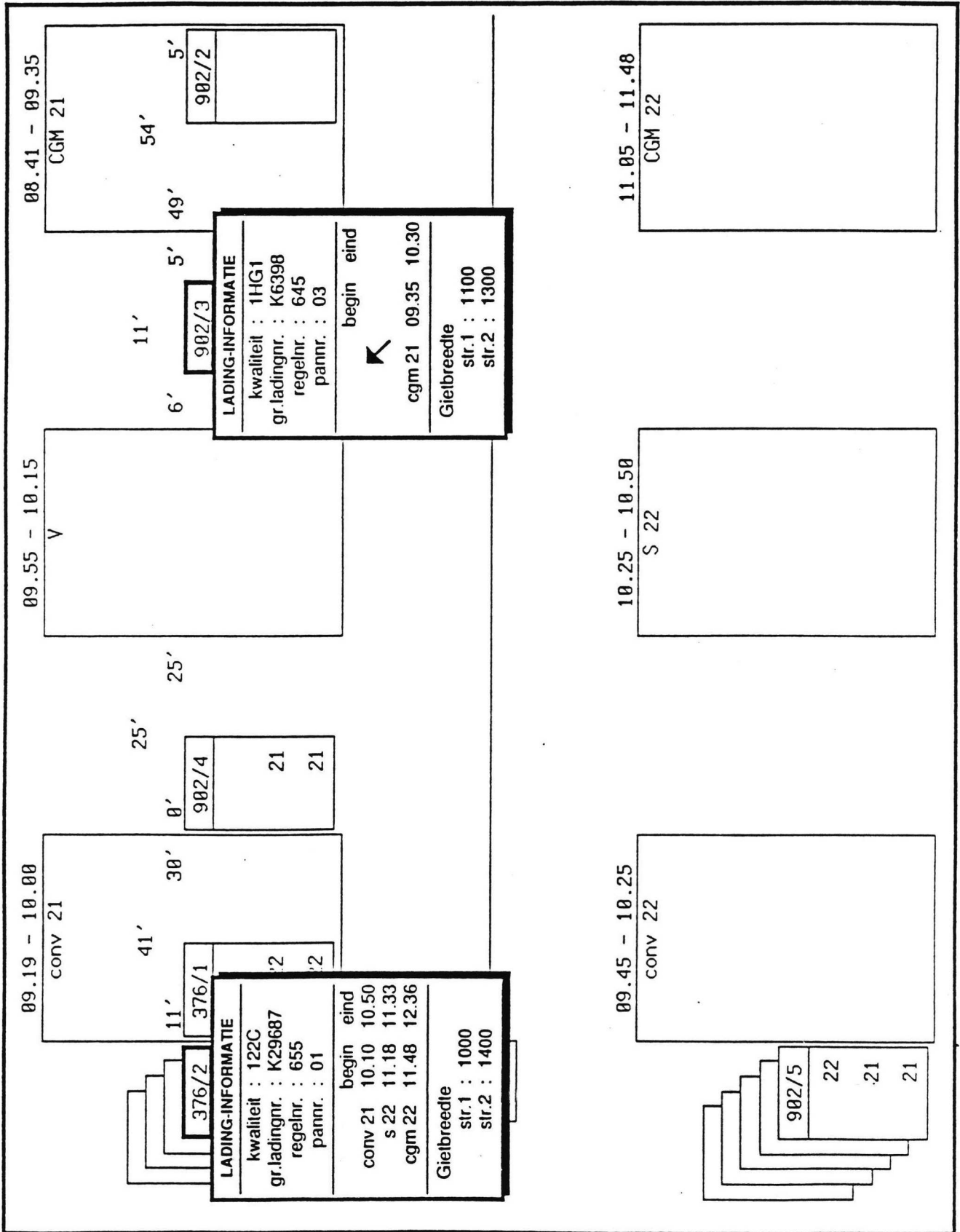
Lange termijn:

- 1 Hoeveel kwaliteiten zijn er?
- 2 Hoeveel series zijn er?
- 3 Wat is de totale transporttijd van lading 339/5 tussen converter 22 en spoelstand 22?
- 4 Hoe lang zit de lading met kwaliteit 1N83 nog in de CGM?
- 5 Hoe laat komt de volgende lading in de spoelstand aan?
- 6 Wat is de actuele tijd in het plaatje op het scherm?
- 7 Hoeveel ladingen uit serie 341 worden nog ingezet?
- 8 Hoe lang is de totale tijd die het plaatje op het scherm beslaat?
- 9 Hoe laat kan lading 338/1 worden gegoten, rekening houdend met de tijd die nodig is om de lading van spoelstand 22 naar CGM22 te transporteren en op de toren te plaatsen?

Bijlage 7 Grafische weergave van het design

Tijdsdruk		Geen		Wel			
		Type plaatje		Type plaatje			
Ervaring	Proco (N=5)	PVD	Lang	Kort+Lang	PVD	Lang	Kort+Lang
	Vervanger (N=5)						

Bijlage 8 Gewijzigd korte-termijnplaatje



Bijlage 9 Gewijzigd lange-termijnplaatje

