

Ontwerpen van arbeidssituaties

Een planmatige toepassing van ergonomie

Een studie uitgevoerd in opdracht van het
Directoraat-Generaal van de Arbeid door het
Nederlands Instituut voor Praeventieve
Gezondheidszorg TNO in samenwerking met het
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO

Arbeidsinspectie

Ontwerpen van arbeidssituaties

Begeleidingscommissie DGA:
drs. J. Jol (voorzitter)
ir. P. Voskamp
drs. R. Hagen

Ontwerpen van arbeidssituaties

Een planmatige toepassing van ergonomie

**ir. J.C.M. Mossink (NIPG-TNO)
E. Ellens (IZF-TNO)
ir. W. Eveleens (NIPG-TNO)**

Met bijdragen van:

**ir. M.B. Berndsen (NIPG-TNO)
ing. L. van Breda (IZF-TNO)
ir. P. van Lingen (NIPG-TNO)
Prof. dr. F.D. Pot (NIPG-TNO)
dr. ir. H. Schuffel (IZF-TNO)**

**Een studie uitgevoerd in opdracht van het
Directoraat-Generaal van de Arbeid door het
Nederlands Instituut voor Praeventieve
Gezondheidszorg TNO in samenwerking met het
Instituut voor Zintuigfysiologie TNO**

Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag 1992

Auteursrecht voorbehouden
© Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag 1992

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden openbaar gemaakt of veevoudigd, opgeslagen in een dataverwerkend systeem of uitgezonden in enige vorm door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van de uitgever.

ISBN 90 399 02429

1.	INLEIDING	1
1.1	De inhoud van dit boek: ergonomie en ontwerpen <i>Het ontwerpproces; Methoden en technieken; Gegevens; Voorbeeldcategorieën; Uitgangssituaties</i>	1
1.2	Doelgroep	5
1.3	Indeling en leeswijzer	6
1.4	Verwante publikaties	8
1.5	Literatuur bij dit hoofdstuk	10
2.	RAAMWERK VOOR DE TOEPASSING VAN ERGONOMIE IN HET ONTWERP VAN ARBEIDSSITUATIES	11
2.1	Inleiding	11
2.2	Ontwerpprojecten	11
2.2.1	Beginpunt <i>Beginpunt: de ontwerpvraag, het ontwerpprobleem en uitgangssituaties; Nieuw ontwerp; Belangrijke aanpassing; Oplossen knelpunt</i>	12
2.2.2	Het ontwerpproces <i>Het ontwerpproces: omzetten van ontwerpvraag in ontwerp; De eindsituatie</i>	14
2.2.3	Betrokkenen bij ontwerpprojecten	16
2.2.4	Het hanteren van een ontwerpmethode	18
2.3	Productieprocessen en arbeidssituaties	19
2.4	Ergonomie	20
2.4.1	Uitgangspunten en doelstellingen	20
2.4.2	Onderwerpen van de ergonomie	24
2.4.3	Inpassing van ergonomie in een ontwerpproject <i>Wanneer en waarom ergonomie toepassen bij het ontwerpen</i>	25
2.5	Literatuur bij dit hoofdstuk	27
3.	ERGONOMISCHE ONTWERPAANPAK	29
3.1	Ergonomie in de stappen van het ontwerpproces	29
3.2	Fase 1: Verkenning <i>Opstellen van globale ontwerpseisen; Bepalen van de beschikbare ontwerpruimte; Plannen van een onderzoek of analyse; Structureren en plannen van het ontwerpproces; Gebruikersinbreng en medezeggenschap</i>	33
		v

	pagina	
3.3	Fase 2: Analyse en onderzoek <i>Toepassen van methoden en technieken; Verfijnen Programma van eisen: opstellen en uitwerken van ergonomische criteria</i>	40
3.4	Fase 3: Globaal ontwerp <i>Taakallocatie; Ontwerp van (personele) functies; Organisatorische regelingen en procedures; Beoordeling van het globaal ontwerp</i>	44
3.5	Fase 4: Detailontwerp <i>Zelf ontwerpen of kopen?; Gebruikersinbreng</i>	50
3.6	Fase 5: Bouw, implementatie en evaluatie <i>Bouw; Implementatie; Evaluatie</i>	53
3.7	Literatuur bij dit hoofdstuk	55
4.	SUPERVISIE VAN TECHNISCHE PROCESSEN	57
4.1	Inleiding	57
	4.1.1 Kader	57
	4.1.2 Case beschrijving	58
4.2	Verkenning	59
	4.2.1 Inleiding	59
	4.2.2 Ontwerpteam en werkwijze	60
	4.2.3 Structurering van de gebruikersinbreng	63
4.3	Analyse- en onderzoek	65
	4.3.1 Inleiding	65
	4.3.2 Analyse van mens- en machine taken	66
4.4	Globaal ontwerp	67
	4.4.1 Inleiding	67
	4.4.2 Allocatie van systeemfuncties en prestatievoorspelling	68
	4.4.3 Analyse van de activiteiten van de operator	70
	4.4.4 Functie-inhoud van procesoperators	73
4.5	Detailontwerp	74
	4.5.1 Inleiding	74
	4.5.2 Inrichting van de ruimte	75

	pagina	
4.5.3	Werkplek <i>Opstelling beeldschermen; Consolevorm; Realisatie van console en zitpositie</i>	77
4.5.4	Informatiepresentatie op beeldschermen <i>Kleurgebruik</i>	79
4.5.5	Geluid, klimaat en verlichting <i>Geluid en klimaat; Verlichting; Spiegelende reflectie; Diffuse reflectie en de maximaal toelaatbare verlichtingssterkte; Luminantieverhoudingen</i>	82
4.6	Bouw, implementatie en evaluatie	87
4.6.1	Inleiding	87
4.6.2	Selectie, training en opleiding	88
4.7	Literatuur bij dit hoofdstuk	89
5.	SERIEPRODUKTIE	91
5.1	Inleiding	91
5.1.1	Inhoud van dit hoofdstuk	91
5.1.2	Casebeschrijving	91
5.2	Verkenning	94
5.3	Analyse en onderzoek	95
5.3.1	Inleiding	95
5.3.2	Taakanalyse <i>Bronnen van informatie; Systematiseren van informatie</i>	96
5.3.3	Houdings- en bewegingsanalyse	102
5.3.4	Tilwerkzaamheden	104
5.4	Globaal ontwerp	105
5.4.1	Inleiding	105
5.4.2	Taakallocatie.	106
5.4.3	Functie-ontwerp <i>Aanbrengen van variatie en afwisseling; Autonomie; Contactmogelijkheden; Werkcyclus; Informatie en terugkoppeling; Spreiding van belastende factoren</i>	111
5.4.4	Productie-organisatie en lay-out	117

	pagina	
5.4.5	Evaluatie van het globaal ontwerp <i>Evaluatie van functie-inhoud; Evaluatie van fysieke belasting; Evaluatie belasting door fysisch/chemische omgeving</i>	117
5.5	Detailontwerp	119
5.5.1	Inleiding	119
5.5.2	Lay-out van een produktielijn	120
5.5.3	Werkplekontwerp <i>Autonomie met betrekking tot de inrichting van de werkplek; Staand of zittend werken?; Bepalen van de lay-out van de werkplek</i>	124
5.5.4	Ontwerp van tilsituaties	131
5.6	Bouw, implementatie en evaluatie	131
5.6.1	Inleiding	131
5.6.2	De keuze en aankoop van hulpmiddelen	132
5.7	Literatuur bij dit hoofdstuk	135
6.	KANTOORWERK	139
6.1	Inleiding	139
6.1.1	Kantoorwerk	139
6.1.2	Case beschrijving	140
6.2	Verkenning	141
6.2.1	Inleiding <i>Wie ontwerpen?; Hoe kan het ontwerpen van kantoren het beste worden aangepakt?</i>	141
6.2.2	Globaal Programma van Eisen <i>Doelstructuur; Ontwerpruimte; Bestaanscyclus</i>	144
6.2.3	Projectorganisatie	148
6.3	Analyse en onderzoek	149
6.3.1	Inleiding	149
6.3.2	Taakanalyse	151
6.3.3	Programma van Eisen (Lijst ontwerp-specificaties)	151
6.3.4	Gebruikersinbreng	152

		pagina
6.4	Globaal ontwerp	153
	6.4.1 Inleiding	153
	6.4.2 Taakallocatie	154
	6.4.3 Systeemontwerp automatisering	155
	6.4.4 Indeling kantoor	156
	<i>Relatiediagrammen; Vlekkenplan</i>	
	6.4.5 Gebruikersinbreng	161
6.5	Detailontwerp	162
	6.5.1 Inleiding	162
	6.5.2 Structuurontwerp omgevingsfactoren	164
	<i>Licht ; Geluid; Binnenklimaat</i>	
	6.5.3 Aankleding kantoor	166
	<i>Centrale voorzieningen; Vloeren; Wanden; Pla- fonds</i>	
	6.5.4 Werkplekontwerp	167
	6.5.5 Keuze software en hardware	168
	6.5.6 Keuze middelen	171
	<i>Meubilair ; Hulpmiddelen</i>	
	6.5.7 Schaalmodellen/mock-up	173
	6.5.8 Gebruikersinbreng	173
6.6	Bouw en implementatie en evaluatie	173
	6.6.1 Inleiding	173
	6.6.2 Procedures en stappenplannen	175
	6.6.3 Proefopstellingen	175
	6.6.4 Trainingsprogramma	176
	6.6.5 Gebruikersinbreng	176
6.7	Literatuur bij dit hoofdstuk	177
7.	VOERTUIGCABINES	181
	7.1 Inleiding	181
	7.1.1 Werkzaamheden in cabines	181
	7.1.2 Casebeschrijving	183
	7.2 Verkenning	183
	7.3 Analyse- en onderzoeksfase	185
	7.3.1 Inleiding	185

	pagina	
7.3.2	Kwalificering van klachten, verzamelen van oordelen <i>Gebruik van checklists; Selectie proefpersonen; Inventarisatie van mensen en wensen;</i>	185
7.4	Globaal ontwerp	190
7.4.1	Inleiding	190
7.4.2	Belangrijke ergonomische aspecten in het globaal ontwerp <i>Antropometrische gegevens en ontwerpgrenzen; Optimale werkhouding en benodigde werkruimte; Zichtaspecten; Slaap- en kleeactiviteiten</i>	190
7.4.3	Evaluatie van het globaal ontwerp en ontwerpkeuzen	200
7.5	Detailontwerp en toetsing	200
7.5.1	Nut en beperkingen van mock-ups en CAD-programma's <i>Bruikbaarheid van mock-ups; Bruikbaarheid van computer ondersteund ontwerpen</i>	201
7.5.2	Belangrijke ergonomische aspecten in het detailontwerp <i>Uitzichtaspecten; Visuele signaleringen en indicatoren; Verlichting; Glaskleur en zoninstraling; Bedieningsmiddelen; Geluidsaspecten; Klimaataspecten; Toxische stoffen; Trillingen en schokken</i>	202
7.6	Bouw, implementatie en evaluatie: toetsing van het ontwerp	207
7.7	Literatuur bij dit hoofdstuk	208
INDEX		211

1. INLEIDING

1.1 De inhoud van dit boek: ergonomie en ontwerpen

Alle werksituaties waarin Nederlanders dagelijks hun werk doen zijn ooit ontworpen. Vele mensen ontwerpen werksituaties, voor zichzelf als ze hun eigen werkplek vormgeven, of voor anderen bij het ontwerpen van een productieproces. Het gebeurt niet altijd expliciet en volgens een vastgelegd plan, waardoor het kan lijken of werksituaties zijn gegroeid of langzaam ontstaan.

In de praktijk zijn er talrijke ontwerpprocessen van onderdelen van werksituaties waarvan de afstemming nogal eens te wensen overlaat.

Meer en meer worden aan arbeidssituaties eisen gesteld die verband houden met de eigenschappen en mogelijkheden van mensen. Het is maatschappelijk geaccepteerd dat in een werksituatie niet alleen een gestelde produktiviteit wordt gehaald, maar tevens wordt gezorgd dat de werkenden zonder risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn (VGW) kunnen functioneren. Met het van kracht worden van de Arbeidsomstandigheden (Arbowet) is de beperking van VGW-risico's een plicht geworden.

In de Arbowet wordt gesteld dat het oplossen van knelpunten in arbeidsomstandigheden in eerste instantie bij de bron plaats moet vinden. Het beste is dit te realiseren door reeds in de ontwerpfase van arbeidssituaties met arbeidsomstandigheden rekening te houden.

Doel van dit boek is te laten zien dat in ontwerpprocessen de ergonomie kan worden toegepast op de momenten dat dit nodig is en op een manier die het gewenste effect heeft. Het achterliggende doel van toepassing van de ergonomie in ontwerpprocessen is het streven de ontworpen arbeidssituaties zo goed mogelijk te laten passen bij de werkers en hun taken. De arbeidsomstandigheden zijn dan optimaal, dat wil zeggen dat de werkers hun taken kunnen uitvoeren met zo weinig mogelijk risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn. Dergelijke werksituaties bieden over het algemeen ook voor efficiënt en effectief werken de beste condities.

In een ontwerpproject kunnen doorgaans een aantal stappen onderscheiden worden. Per stap is het mogelijk hulpmiddelen aan te reiken om ergonomie toe te passen. Voor een viertal toepassingsgebieden worden hulpmiddelen beschreven die daar speciaal geschikt voor zijn. Op deze manier ontstaat een overzicht van technieken die het de ontwerper mogelijk maken een ontwerpproject met een gedegen ergonomische inbreng uit te voeren.

Vragen die in een (her)ontwerpproject met betrekking tot arbeidsomstandigheden aan de orde komen zijn onder meer:

- met welke aspecten moet bij het ontwerpen van een werksituatie rekening worden gehouden zodat geen risico's ontstaan voor veiligheid, gezondheid en welzijn?
- welke zijn vooral belangrijk?
- aan welke (ergonomische) criteria, normen of richtlijnen moet het te realiseren ontwerp uiteindelijk voldoen?
- welke technieken zijn bruikbaar bij een analyse van een bestaande situatie of bij het gedetailleerd uitwerken van een ontwerp; welke instrumenten biedt de ergonomie voor het ontwerpen?
- waar zijn relevante ontwerpgegevens te vinden?
- hoe hangen de inrichting van werkplekken en de werkomgeving in een bepaald geval af van de organisatie en de techniek; op welke wijze kan deze samenhang bij het ontwerpen worden meegenomen?

Het ergonomisch ontwerpen richt zich niet uitsluitend op de inhoudelijke aspecten van de arbeidssituatie. Van belang is ook hoe ontwerpactiviteiten (van verschillende personen) worden gestructureerd. Een goede structuur kan het gebruik van ergonomisch georiënteerde methoden en technieken bevorderen; waardoor de kans op een goed ontwerp wordt vergroot. Vragen die zich op dit punt voordoen zijn bijvoorbeeld:

- welke activiteiten zijn er, hoe kan een ontwerpproces worden gepland?
- wie zijn of worden bij het ontwerpen betrokken en/of geraadpleegd?
- op welke wijze kunnen gebruikers een inbreng in het ontwerpproces krijgen?

In de praktijk zijn de structuur van een ontwerpproject en de te realiseren (ergonomische) doelen nauw met elkaar verweven. Ontwerptechnieken kunnen worden toegepast om te komen tot een ontwerp dat aan de eisen voldoet, maar tevens kunnen deze dienen om het ontwerpproces te beheersen.

In dit boek ligt het accent zowel op de wijze waarop een (her)ontwerp kan worden aangepakt, als op welke middelen de ontwerper daarvoor ten dienste staan (methoden, technieken en concrete gegevens).

Het ontwerpproces

Beschreven wordt hoe ergonomisch ontwerpen kan worden aangepakt. Belangrijk is hierbij hoe een ontwerpproces kan worden gepland en welke activiteiten dienen te worden verricht.

Om ervoor te zorgen dat zoveel mogelijk een methodische en ergonomische ontwerpaanpak gebruikt wordt, kan het volgende worden gedaan:

1. Aangeven van punten in het ontwerpproces waar ergonomische inbreng zinvol is.
2. Ergonomische ontwerpaanpak inpassen in ontwerpprocedures, gewoonten en toegepaste werkwijzen die in de organisatie gangbaar zijn.
3. Aangeven en documenteren van ontwerpkeuzes, bespreken van deze documenten met de betrokkenen.

Het beste kan dit plaatsvinden door te werken vanuit een ideale aanpak van een ergonomisch ontwerpproces. Een dergelijk proces is in hoofdstuk 3 beschreven. De aanpak beoogt diegenen die zich met ontwerpen in de praktijk bezighouden (zowel ontwerpers als andere betrokkenen) tijdens het ontwerpproces een houvast te geven. Specifiek ergonomische methoden en technieken hebben binnen een dergelijke aanpak een logische plek.

Methoden en technieken

Een deel van dit boek heeft betrekking op methoden en technieken die kunnen worden toegepast bij het ergonomisch ontwerpen. Voorbeelden hiervan zijn een eenvoudige methode voor het analyseren van taken en een stappenplan voor het ontwerpen van een werkplek. Een accent zal liggen op de wijze waarop verschillende aspecten (zoals verlichting, klimaat, houding en beweging en informatie-

verwerking) met elkaar in verband kunnen worden gebracht en in samenhang kunnen worden ontworpen. Dit is vooral van belang voor diegenen die daadwerkelijk ontwerpen. De gepresenteerde methoden en technieken zijn in de meeste gevallen door ontwerpers met een beperkte kennis van de ergonomie te gebruiken. Voor specifieke problemen wordt echter aangeraden specialisten te raadplegen.

Gegevens

Er is voor gekozen in het boek zo weinig mogelijke feitelijke gegevens (zoals tabellen over antropometrie) op te nemen. Waar nodig wordt verwezen naar relevante handboeken en literatuur.

Voorbeeldcategorieën

Het is niet goed mogelijk in het bestek van dit boek voor alle soorten van arbeidssituaties aan te geven hoe het ontwerpen ervan kan verlopen. Er is daarom voor gekozen een onderscheid te maken naar voorbeeldcategorieën. Dit zijn het ontwerpen van:

- meet- en regelkamers, supervisie van technische processen (hoofdstuk 4);
- werksituaties in serieproductie (hoofdstuk 5);
- kantoorwerk (hoofdstuk 6);
- voertuigcabines (hoofdstuk 7).

In elk van de voorbeeldcategorieën wordt een specifieke aanpak gepresenteerd. Er is niet naar gestreefd een volledig overzicht te geven van alle mogelijke methoden en technieken die bij het ergonomisch ontwerpen kunnen worden gebruikt. De nadruk ligt op die methoden die in uiteenlopende situaties toepasbaar zijn voor ontwerpers met een beperkte ergonomische kennis. De gepresenteerde technieken zijn doorgaans toepasbaar in verschillende soorten arbeidssituaties. Een analyse van houding en beweging is bijvoorbeeld niet alleen voor arbeidssituaties in serieproductie van belang maar kan ook voor werk in de agrarische sector goed worden gebruikt.

Uitgangssituaties

Het (her)ontwerpen van werksituaties kan van uiteenlopende startpunten beginnen. In dit boek zal worden ingegaan op het maken van een volledig nieuw ontwerp, een herontwerp, bij een belangrijke aanpassing van een productieproces en een herontwerp bij het oplossen van een knelpunt.

1.2 Doelgroep

Dit boek is geschreven voor diegenen die direct betrokken zijn bij het (her)ontwerpen van arbeidssituaties en produktiesystemen. Het boek richt zich vooral op ontwerpers met een beperkte kennis van de ergonomie. Maar ook voor specialisten op het gebied van ergonomie, die participeren in een ontwerpproject, kan dit boek nuttig zijn. Het accent ligt op praktisch toepasbare kennis en de wijze waarop deze (zoals genoemd in artikel 3 en 4 van de Arbowet) in een ontwerpproject kan worden ingepast. Hierin is de stand van de ergonomie als uitgangspunt genomen.

Het boek richt zich bijvoorbeeld op:

- ontwerpers, ingenieurs, technici;
- constructeurs, functionarissen van een Technische Dienst;
- (ergonomische) adviseurs, raadgevende ingenieurs.

Deze groep omvat dus zowel de direct verantwoordelijken voor het ontwerpen, als diegenen die daarbij ondersteuning verlenen.

Een tweede groep potentiële lezers van het boek wordt gevormd door diegenen binnen een onderneming of organisatie die indirect te maken hebben met ontwerpsituaties. Dit kunnen personen zijn die beleidsmatig betrokken zijn, zoals management en lager- en middenkader, maar ook (eind)gebruikers of vertegenwoordigers daarvan in VGW-commissies, ondernemingsraden of medezeggenschap organen.

Voor deze groep is vooral van belang dat wordt aangegeven wat de mogelijkheden zijn het ontwerpproces te sturen en te begeleiden en op welke momenten een inbreng zinvol is.

1.3 Indeling en leeswijzer

De hoofdstukken van dit boek hebben de volgende inhoud:

Hoofdstuk 2

In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe ontwerpprojecten in de praktijk vaak verlopen. Onderwerpen die hierin aan de orde komen zijn: globale structuur van een ontwerpproject, uitgangssituaties en doelstellingen van het ergonomisch ontwerpen. Daarnaast wordt een karakterschets gegeven van de elementen van het ontwerpen van arbeidssituaties en productieprocessen. Ook wordt ingegaan op de doelstellingen van ergonomie in ontwerpprojecten. Zowel ontwerpers als diegenen die een ontwerpproject meer op afstand volgen wordt aangeraden dit hoofdstuk in ieder geval te lezen.

Hoofdstuk 3

Een blauwdruk voor een ergonomische ontwerpaanpak wordt beschreven in hoofdstuk 3. Aan de orde komt indeling in fasen en een inhoudelijke toelichting op elk van de fasen. In dit hoofdstuk staat de wijze waarop ergonomie in een ontwerpproject kan worden geïntegreerd centraal. De tekst is van belang voor zowel ontwerpers als voor diegenen die ontwerpprojecten begeleiden.

Hoofdstuk 4

Hoofdstuk 4 beschrijft het ontwerpen van werksituaties bij het bewaken en regelen van een technisch proces. Accenten liggen in dit hoofdstuk op het toewijzen van taken aan mensen of machines voor mentale taken en op de inrichting van werkplek en werkruimte. Tevens wordt aandacht besteed aan selectie, training en opleiding. De uitgangssituatie van dit hoofdstuk is het maken van een geheel nieuw ontwerp.

Hoofdstuk 5

Het ontwerpen van werksituaties in de serieproductie komt aan de orde in hoofdstuk 5. Onderwerpen zijn het maken van analyses (houding en beweging, tillen), het uitvoeren van een taakallocatie en het maken van een functie-ontwerp. Daarnaast komen het in detail ontwerpen van de lay-out van een productielijn en het werkplekontwerp aan de orde. Het kiezen van aan te schaffen hulpmiddelen wordt uitgewerkt als onderdeel van de implementatie van een (her)ontwerp. De uitgangssituatie is hier het maken van een belangrijke aanpassing. Ook het vaststellen en oplossen van knelpunten wordt besproken.

Hoofdstuk 6

Hoofdstuk 6 gaat in op arbeidssituaties in kantoren. De belangrijkste onderwerpen bij het ontwerpen van werksituaties in een kantooromgeving worden toegelicht. Ontwerptechnieken met betrekking tot functie-ontwerp, de lay-out van kantoorruimtes, mens-computer interactie en werkplekinrichting worden besproken. Onderwerpen die hierbij aandacht krijgen zijn: statische spierbelasting, functie-inhoud, verlichting en binnenklimaat. De wijze waarop een (her)ontwerp kan worden geïmplementeerd wordt beschreven aan de hand van stappenplannen, procedures, proefopstellingen en trainingsprogramma's. Uitgangssituatie is een belangrijke aanpassing, zoals een verhuizing.

Hoofdstuk 7

De eisen die men kan stellen aan voertuigcabines zijn het onderwerp van hoofdstuk 7. In voertuigcabines zijn met name de plaatsing van signaleringen en bedieningsmiddelen, het zicht naar buiten en de antropometrie van belang. In dit hoofdstuk wordt tevens aandacht besteed aan de wijze waarop mock-ups en prototypes kunnen worden beproefd. Ook de wijze waarop een ontwerp kan worden getoetst komt aan de orde. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het maken van een nieuw ontwerp.

De inhoud van de hoofdstukken 4 t/m 7 is in tabel 1.1 schematisch samengevat.

Tabel 1.1

Aanduiding van de verdeling van onderwerpen, methoden en technieken over de hoofdstukken.

	Aspecten en onderwerpen	Analyse en onderzoekstechnieken	Ontwerptechnieken	Methoden voor realiseren inbreng van betrokkenen
Hoofdstuk 4. Supervisie van technische processen	<ul style="list-style-type: none"> - Lay-out - Werkplekken - Verlichting - Informatie - Bediening - Functie-inhoud - Selectie, training en opleiding 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse van mens-machine taken - Scenario's - Functiedecompositie - Activiteiten - Volgorde Diagram 	<ul style="list-style-type: none"> - Taakallocatie - Prestatievoorspelling - Informatie: kleurgebruik - Werkplekken: antropometrie 	<ul style="list-style-type: none"> - Mock-up - Simulatie
Hoofdstuk 5. Werksituaties in serieproductie	<ul style="list-style-type: none"> - Functie-inhoud - Lay-out - Werkplekken 	<ul style="list-style-type: none"> - Taakanalyse - Observatie van houding en beweging - NIOSH-methode - Evaluatie van functie-inhoud, fysieke belasting 	<ul style="list-style-type: none"> - Taakallocatie - Functieontwerp - Arbeidshygiënische strategie - Sta/zit-werkplekken - Werkplek lay-out - Stappenplannen - Keuzetechnieken 	<ul style="list-style-type: none"> - Interviews
Hoofdstuk 6. Kantoorwerk	<ul style="list-style-type: none"> - Functie-inhoud - Lay-out - Werkplekken - Software - Training 	<ul style="list-style-type: none"> - Objectives tree, procesboom - Taakanalyse - Checklists 	<ul style="list-style-type: none"> - MCI - Binnenklimaat - Werkplek lay-out - Relatiediagram, vlekkenplan - Procedures, stappenplannen 	<ul style="list-style-type: none"> - Interviews - Schaalmodel - Mock-up - Proefopstelling
Hoofdstuk 7. Voertuigcabines	<ul style="list-style-type: none"> - Antropometrie - Zicht - Bediening - Trillingen - Geluid - Signalering en indicatoren - Chemisch-fysische omgeving 	<ul style="list-style-type: none"> - Interviews - Checklists - Taakanalyse 	<ul style="list-style-type: none"> - Antropometrie - CAD-programma's 	<ul style="list-style-type: none"> - Interviews - Mock-ups - Prototypes

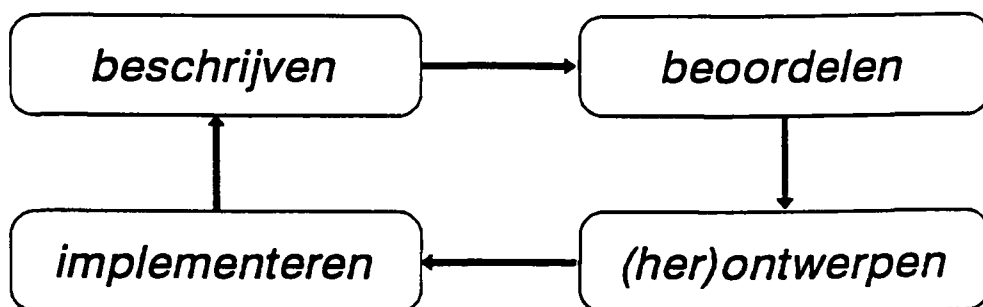
1.4 Verwante publikaties

In het kader van het DGA-TNO programma 'Arbeidsinhoud en ergonomie' wordt een samenhangend geheel van instrumenten ontwikkeld om de ergonomische en functie-inhoudelijke aspecten van arbeidssituaties te beschrijven, te beoordelen en te herontwerpen. De samenhang wordt geïllustreerd in figuur 1.1.

Op het gebied van de ergonomie zijn in dit kader reeds richtlijnen verzameld [2] en is een instrument ontwikkeld voor de beoordeling van werksituaties [3]. Op het gebied van functie-inhoud bestaat een soortgelijke reeks. Bij de beoordeling van de functie-inhoud kan gebruik worden gemaakt van de WEBA-methodiek [4]. De resultaten van een dergelijke beoordeling kunnen aanleiding geven tot een herontwerp. Ontwerpprincipes en -regels hiervoor zijn samengebracht in "Functieverbetering en integraal ontwerpen" [5].

Het voorliggende boek kan binnen het programma worden gezien als ontwerp-instrument voor de ergonomie. Het sluit aan bij genoemde beoordelingsmethoden en richtlijnen voor het ontwerp van werkplekken.

Figuur 1.1 Samenhang tussen instrumenten voor het beoordelen en herontwerpen van werksituaties.



1.5 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Schuffel, H. (samensteller). Richtlijnen voor de ergonomie van werkplekken. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989. (S59)**
- [2] Voskamp, P. (eindred.). Handboek Ergonomie; de stand van de ergonomie in de Arbowet. Alphen aan den Rijn, Samsom/Arbeidsinspectie, 1991.**
- [3] Ellens, E., Beumer, P.F.M. NETWERK: NEDerlandse Toetsingsmethode voor Werkplekken op ERgonomische Knelpunten. Soesterberg, IZF/TNO, 1991. (IZF rapport C-4)**
- [4] Projectgroep WEBA. Functieverbetering en organisatie van de arbeid. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989. (S71)**
- [5] Pot, F.D., Peeters, M.H.H., Amelvoort, P. van, Middendorp, J. Functieverbetering en integraal ontwerpen: richtlijnen voor de integratie van het aspect welzijn in ontwerpprojecten. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991 (S112)**

2. RAAMWERK VOOR DE TOEPASSING VAN ERGONOMIE IN HET ONTWERP VAN ARBEIDSSITUATIES

2.1 Inleiding

Over wat ontwerpen is bestaan verschillende opvattingen. Er zijn talloze definities en omschrijvingen in gebruik. De essentie van de meeste is dat ontwerpen gaat om het bedenken van iets nieuws. In het begin is er doorgaans een vraagstelling, of een aanduiding van een probleem. Het eindprodukt is een specificatie of realisatie van iets dat aan de vraagstelling beantwoordt of het probleem oplost. Het tot stand brengen van dat eindprodukt omvat uiteenlopende activiteiten die in de vorm van een project georganiseerd kunnen zijn: het ontwerpproject.

In dit hoofdstuk wordt besproken hoe een ontwerpproject voor arbeidssituaties in de praktijk vaak verloopt.

Onderwerpen zijn:

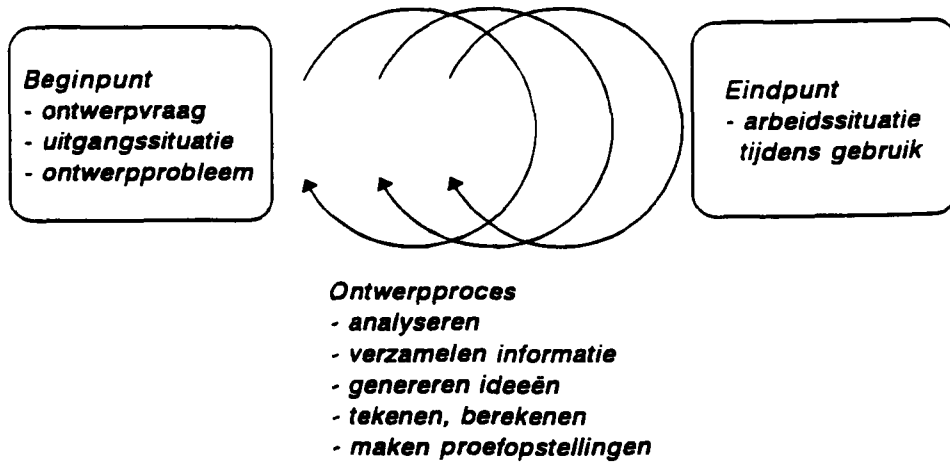
- ontwerpprojecten: het verloop van ontwerpprojecten in de praktijk (2.2);
- productieprocessen en arbeidssituaties (2.3);
- ergonomie: uitgangspunten, doelstellingen, inpassing in ontwerpprojecten (2.4);
- literatuur bij dit hoofdstuk (2.5).

2.2 Ontwerpprojecten

Deze paragraaf geeft een beschrijving van ontwerpprojecten in de praktijk. Aangegeven wordt wat kenmerken van een ontwerpproject zijn, wie er doorgaans betrokken zijn en met welke praktische problemen ontwerpers (en ook andere bij het ontwerpen betrokkenen) te maken kunnen krijgen.

Figuur 2.1

Schematisch overzicht van het verloop van een ontwerpproces.



2.2.1 Beginpunt

Beginpunt: de ontwerpvrage, het ontwerpprobleem en uitgangssituaties

Startpunt voor het ontwerpen is meestal een vraag om een nieuwe of verbeterde arbeidssituatie. De ontwerpvrage kan ontstaan naar aanleiding van bijvoorbeeld:

- overgang op een ander produkt of productieproces;
- modernisering of automatisering;
- een reorganisatie;
- klachten met betrekking tot werkplekken, hulpmiddelen of werkomgeving;
- een hoog ziekteverzuim;
- een hoog verloop, problemen met de werving van nieuw personeel;
- de bouw van een nieuwe fabriek;
- een hoog risico voor het ontstaan van fouten;
- vervanging van (versleten of verouderde) gereedschappen.

Projecten op het gebied van het ontwerpen van arbeidssituaties kunnen in verschillende opzichten van elkaar afwijken. Er zijn verschillen voor wat betreft omvang (aantal betrokken ontwerpers) investeringssomvang, doorlooptijd, hoeveelheid overleg en het aantal betrokken vakdisciplines (zie tabel 2.1).

Daarnaast zijn er inhoudelijke verschillen aan te wijzen. Soms betreft het werkplekontwerp waarin de menselijke afmetingen centraal staan, in andere gevallen zijn omgevingsfactoren belangrijk. Verschillen tussen projecten doen zich ook voor wat betreft de ontwerpruimte die de ontwerpers ter beschikking staat. De ontwerpruimte kan omschreven worden als de mogelijkheden voor het maken van alternatieven. Naarmate de mogelijkheid om fundamentele wijzigingen aan te brengen groter wordt neemt de ontwerpruimte toe. Soms hebben ontwerpers veel vrijheid om een ontwerp te realiseren. Vaak echter heeft men te maken met stringente randvoorwaarden van technische, economische, ruimtelijke of personele aard.

In dit boek worden ontwerpregels toegepast en geïllustreerd aan de hand van drie uitgangssituaties: een nieuw ontwerp, een belangrijke aanpassing of uitbreiding en het oplossen van een knelpunt.

Nieuw ontwerp

Bij het maken van een geheel nieuw ontwerp is meestal sprake van een relatief grote ontwerpruimte. Het aantal randvoorwaarden gerelateerd aan een bestaande situatie (zoals een bestaand gebouw) is doorgaans klein. Dit biedt goede mogelijkheden ergonomie op een fundamentele wijze in het ontwerpproces te integreren. Er kan bijvoorbeeld van een nieuw ontwerp gesproken worden als een nieuw kantoorgebouw wordt betrokken en ingericht of als bij serieproductie een nieuwe lijn wordt gebouwd.

Belangrijke aanpassing

Voorbeelden zijn de overgang naar een nieuw produkt op een reeds bestaande produktielijn, gedeeltelijke automatisering of modernisering. Er zijn beperkingen in de ontwerpruimte door bijvoorbeeld een bestaande ruimte, aanwezig machines of een arbeidsorganisatie, die men op dat moment niet ter discussie kan of wil stellen.

Oplossen knelpunt

Bij het oplossen van een knelpunt is de ontwerpruimte meestal beperkt. Er kunnen aanpassingen in de werkplek worden gerealiseerd of er kunnen hulpmiddelen worden ingezet. Een voorbeeld is de introductie van een tilhulpmiddel om te zwaar tilwerk weg te nemen. De produktietechniek en de arbeidsorganisatie blijven meestal ongewijzigd.

De drie uitgangssituaties kunnen worden gekarakteriseerd als aangegeven in tabel 2.1.

Tabel 2.1 Globale vergelijking van drie uitgangssituaties met betrekking tot een aantal kermerken.

	Nieuw ontwerp	Grote aanpassing	Oplossen knelpunt
Aantal betrokken disciplines	groot	kan groot zijn	kan beperkt zijn
Omvang ontwerpteam	meestal groot	meestal groot	beperkt
Investeringsomvang	meestal groot	kan groot zijn	doorgaans relatief gering
Doorlooptijd	groot	groot	beperkt
Randvoorwaarden	meestal in beperkte mate, alleen op globaal niveau	bestaande situatie legt randvoorwaarden op	meestal veel en zeer gedetailleerd niveau
Mogelijkheden voor integraal ontwerp	in ruime mate aanwezig	afhankelijk van situatie, meestal beperkt	zeer beperkt

2.2.2 Het ontwerpproces

Het ontwerpproces: omzetten van ontwerpvrage in ontwerp

Vaak is het ontwerpprobleem in vage bewoordingen gesteld. Het is vrijwel nooit direct uit de ontwerpvrage af te leiden wanneer een ontwerp voldoet aan de vraagstelling. Hierdoor zijn aanvankelijk zowel het begin- als het eindpunt van een ontwerpproces onduidelijk. Het vereist een gerichte inspanning van de ontwerper(s) om de ontwerpvrage helder gesteld te krijgen. Probleem is dat bij

een knelpunt in een bestaande situatie men vaak niet door heeft wat de echte oorzaak van het probleem is. Bijvoorbeeld: men schaft nieuwe stoelen aan, terwijl de beenruimte van het meubilair te krap is. Doorgaans bestaan de eerste ontwerpactiviteiten uit het nader specificeren van de ontwerpvrage en het maken van een probleemdefiniëring. Hiermee wordt tevens een begin gemaakt met het opstellen van eisen waaraan een ontwerp moet voldoen om aan de ontwerpvrage te beantwoorden.

Het ontwerpproces omvat een aantal activiteiten van uiteenlopende aard die door een ontwerper (of ontwerpteam) worden uitgevoerd. Voorbeelden van dergelijke ontwerpactiviteiten zijn:

- analyseren en onderzoeken;
- verzamelen van informatie;
- maken van veronderstellingen, berekeningen, afwegingen en gevolgtrekkingen;
- ideeën verzamelen of genereren;
- inventarisatie van machines of hulpmiddelen die op de markt ingekocht kunnen worden;
- tekenen, schetsen, opstellen bestekken, schriftelijke of mondelinge communicatie;
- maken proefopstellingen, prototypes en/of simulaties;
- maken van keuzes.

In de loop van het ontwerpproces ontstaat een steeds gedetailleerder en steeds verder uitgewerkt ontwerp. Kenmerk van ontwerpprocessen is dat talloze terugkoppelingen bestaan en vaak zijsprongen worden gemaakt. Een ontwerpproces heeft daardoor geen strikt sequentieel verloop [1]. Er worden concept-ontwerpen gemaakt welke gedurende het ontwerpproces steeds worden getoetst aan de ontwerpvrage en het gewenste eindresultaat. Op basis hiervan kan het ontwerp worden bijgesteld. De ontwerper heeft onder meer de taak een compromis te zoeken in het ontwerp. In de praktijk is het vaak niet mogelijk aan alle eisen te voldoen. Soms is het daarom nodig de ontwerpvrage en het gewenste resultaat bij

te stellen, bijvoorbeeld als blijkt dat binnen de gestelde voorwaarden geen acceptabel ontwerp kan worden gerealiseerd.

De eindsituatie

Een ontwerp is eigenlijk nooit af. Toch moet men op het goede moment beslissen geen inspanning meer te doen en het tot dan toe gerealiseerde ontwerp te accepteren. Dit gebeurt als men vindt dat het ontwerp in voldoende mate aan de eisen voldoet of als er geen tijd of geld voor verdere ontwikkeling meer beschikbaar is. In de praktijk wordt een ontwerpproject afgesloten met de bouw, implementatie, gebruik en eventueel een evaluatie van het gebruik.

2.2.3 Betrokkenen bij ontwerpprojecten

De omvang van een ontwerpproject en het aantal betrokkenen zullen van geval tot geval verschillen. Bij een groot project als de bouw van een nieuwe fabriek zijn teams van ontwerpers betrokken waarin naast technici van verschillende disciplines ook bijvoorbeeld organisatiedeskundigen participeren. Denk aan bijvoorbeeld civiel-technisch ontwerpers, elektrotechnici, procestechnologen, bedrijfskundigen. Een voorbeeld van een klein project is het introduceren van een tilhulpmiddel. In dit geval zijn er veel minder personen betrokken.

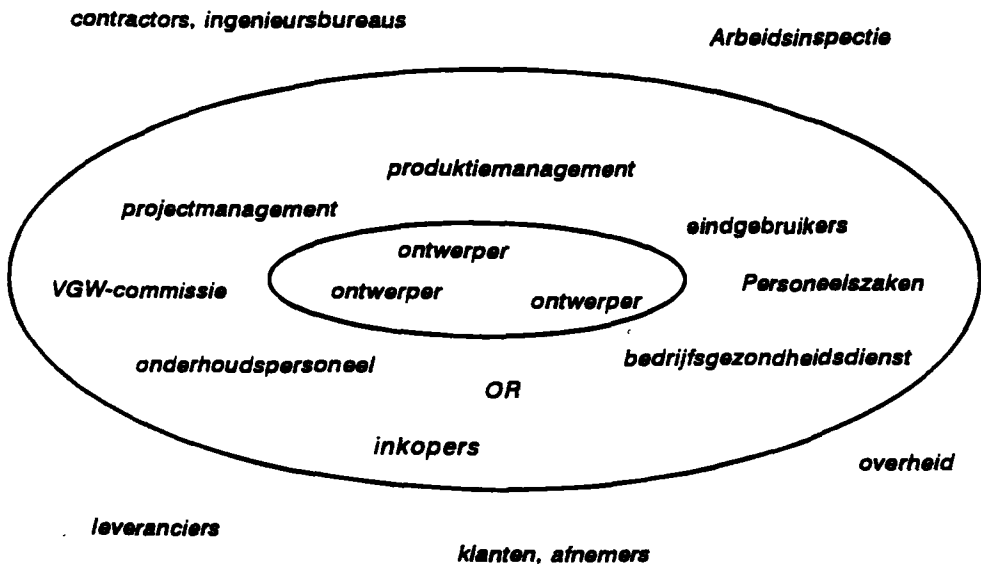
Het ontwerpen van arbeidssituaties is doorgaans een complexe aangelegenheid. Er moeten naast een technisch goed ontwerp ook goede taken, functies en werkplekken en een goede werkomgeving worden ontworpen. De verscheidenheid aan doelen en randvoorwaarden vereist daarom dat gebruik wordt gemaakt van kennis uit verschillende vakgebieden en gebruikers. Een goed ontwerpproject heeft dan ook als kenmerk dat zowel verschillende specialisten als gebruikers hun kennis inbrengen en samenwerken.

Ontwerpregel 2.1

Maak gebruik van kennis uit verschillende vakdisciplines.

De ontwerp vraag of het ontwerp probleem wordt door een opdrachtgever gesteld aan de ontwerper of aan een ontwerp team. In veel gevallen is het ontwerpen uiteindelijk bedoeld voor weer anderen: de gebruikers. Dit betekent dat de ontwerpers van arbeidssituaties te maken hebben met vele personen die vanuit een andere optiek bij het ontwerp proces betrokken zijn. Elk hiervan kan (en zal) zijn eigen eisen stellen aan het ontwerp en de wijze waarop dit tot stand komt. Het realiseren van een inbreng van verschillende belanghebbenden heeft gevolgen voor de wijze waarop een project wordt gestructureerd.

Figuur 2.2 Schematische weergave van betrokkenen bij het ontwerpen van arbeidssituaties.



2.2.4 Het hanteren van een ontwerpmethode

Het hanteren van een methodische aanpak biedt zowel voor de ontwerper(s) als voor andere betrokkenen een aantal voordelen. Het bevordert een systematische manier van werken. Hierdoor wordt de kans dat belangrijke ontwerpeisen of randvoorwaarden worden vergeten kleiner. Ook is het mogelijk een duidelijk begin- en eindpunt (of tijdstip) vast te stellen. Beslismomenten kunnen beter worden gemarkeerd. De samenwerking tussen ontwerpers onderling wordt hierdoor, en door een gezamenlijke planning en werkwijze vergemakkelijkt. Het is voor verschillende personen (waaronder betrokkenen) beter mogelijk een zekere mate van invloed op het ontwerpproces en het uiteindelijke ontwerp uit te oefenen. De kans dat de (technisch) ontwerpers iets realiseren dat niet aan de verwachtingen voldoet kan hierdoor afnemen. Tot slot maakt een methodische aanpak voor allen duidelijk wat van ieder verwacht wordt en op welk tijdstip.

Ontwerpregel 2.2

Streef het toepassen van een methodische ontwerpaanpak na.

Een methodische aanpak wordt ondanks de duidelijke voordelen lang niet altijd toegepast. Hiervoor zijn verschillende redenen aan te geven. Op de eerste plaats kunnen ontwerpers een al te strikte methodische aanpak ervaren als een keurslijf dat de creativiteit remt. Op de tweede plaats blijkt dat ontwerpprocedures lang niet altijd goed aansluiten bij de werkwijze van de ontwerpers en de methoden die elders in een organisatie gebruikelijk zijn. Op de derde plaats wordt wel gesteld dat de tijdsdruk zo hoog is en de budgetten zo krap zijn dat het toepassen van ontwerpprocedures niet volledig haalbaar is. Het gevolg hiervan is dikwijls dat de kwaliteit van de arbeid in het ontwerpen niet de benodigde aandacht krijgt. Derhalve is het van belang, ondanks de praktische bezwaren, een systematische en methodische aanpak te hanteren.

In een methodische aanpak is een algemene strategie voor het ontwerpen te onderkennen. In globale termen houdt dit het volgende in:

- plan eerst het geheel, daarna de details;
- plan het ideaal, leid het haalbare daarvan af;
- doorloop de ontwerpfasen iteratief, van globaal naar detail.

Voor het ontwerpen van taken, functies, werkplekken en werkruimte is een ideale aanpak beschreven in hoofdstuk 3.

2.3 Produktieprocessen en arbeidssituaties

In dit boek zijn arbeidssituaties in productieprocessen het onderwerp van de ontwerpactiviteiten. Productieprocessen zijn op te vatten als een aaneenschakeling van gebeurtenissen of activiteiten die tot doel hebben een input (bijvoorbeeld grondstoffen of een vraag om dienstverlening) te transformeren tot een gevraagde output (een produkt of dienst). Mensen en machines voeren taken uit om bijvoorbeeld grondstoffen om te zetten tot een produkt. In een productieproces worden daarnaast niet alleen taken verricht om de gewenste output te realiseren, ook moet er voor gezorgd worden dat de productieprocessen op de gewenste wijze en in de gewenste richting verlopen. De ontwerpers richten zich op complete socio-technische systemen. Het ontwerpen heeft daarom betrekking op uitvoerende, ondersteunende, voorbereidende en organiserende taken, inclusief de middelen die hierbij gebruikt worden en de omgeving waarin het productieproces verloopt.

Ook als het ontwerpen zich beperkt tot het oplossen van een knelpunt is het zinvol de werkzaamheden zoveel mogelijk in het kader van het gehele productieproces te plaatsen. Op die manier wordt het integraal ontwerpen vergemakkelijkt. Het ontwerpen van de besturingsstructuur zou eveneens tot een van de te ontwerpen aspecten van werk gerekend kunnen worden. Dit blijft echter in dit boek buiten beschouwing. Het ontwerp van productieorganisatie en besturingsorganisatie wordt besproken in het boek "Functieverbetering en integraal ontwerpen" [2].

In alle soorten van werk (machine-arbeid, werken in kantoren) kunnen productieprocessen onderscheiden worden. De accenten van het ontwerpen zullen van bedrijfstak tot bedrijfstak anders liggen. In een kantooromgeving, waar met beeldschermen wordt gewerkt, zijn bijvoorbeeld de inrichting van een kantoor, de werkplekinrichting, verlichting en de mens-computer interactie belangrijk. Bij arbeid op bouwplaatsen zal de nadruk veeleer liggen op het ontwerp van hulpmiddelen om de fysieke belasting te verminderen.

2.4 Ergonomie

2.4.1 Uitgangspunten en doelstellingen

De ergonomie beoogt het tot stand brengen van werksituaties waarin mensen zonder gevaar voor gezondheid en veiligheid comfortabel kunnen werken, waarin leermogelijkheden aanwezig zijn en waarin het gewenste arbeidsresultaat op doelmatige wijze kan worden behaald. Men maakt hierbij gebruik van kennis uit verschillende takken van wetenschap (onder andere psychologie, sociologie, bedrijfskunde en techniek). De toepassing van ergonomie in een ontwerpproject wordt geoperationaliseerd door de volgende twee ontwerpdoelstellingen:

- 1. het optimaliseren van veiligheid, gezondheid en welzijn (VGW) in de werksituatie;**
- 2. het realiseren van een doelmatige taakuitvoering.**

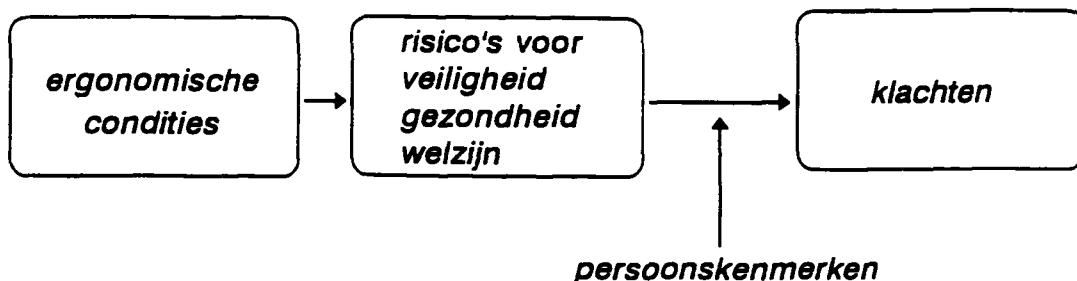
Als nevendoelelstelling kan ook nog het realiseren van een goed verloopend ontwerpproces, met inbreng van verschillende belanghebbenden in het ontwerpproces genoemd worden.

Uiteindelijk moet dit resulteren in arbeidssituaties waarin op beide punten (in samenhang) is geoptimaliseerd.

Startpunt voor de eerste doelstelling is een conditionele benadering (zie figuur 2.3). Dat wil zeggen dat de omstandigheden (condities) zo worden ontworpen dat men met een minimum aan veiligheidsrisico's, gevaar voor de gezondheid, kans op stress en met voldoende leermogelijkheden de werkzaamheden kan uitvoeren

(VGW-risico's). Criteria voor het beperken van VGW-risico's worden onder meer ontleend aan de stand van de ergonomie.

Figuur 2.3 Conditionele benadering en het ontstaan van klachten.



Het tweede doel van de ergonomische ontwerpaanpak is een doelmatige taakuitvoering. Voor het ontwerpen van arbeidssituaties heeft dit een aantal consequenties.

1. Naast eisen die zijn afgeleid van de menselijke mogelijkheden, strevingen en beperkingen moeten ook eisen die gesteld worden door het productieproces, de toegepaste techniek, de kosten en de organisatie worden meegenomen.
2. Het ontwerpproject moet zodanig worden uitgevoerd dat het voldoet aan beide categorieën van eisen zo goed mogelijk wordt gewaarborgd. Dit vraagt om integraal ontwerpen in plaats van partieel ontwerpen.

Er ligt een spanningsveld tussen beide hoofddoelstellingen. Het verbeteren van de doelmatigheid van de taakuitvoering kan leiden tot meer risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn. Ook het omgekeerde is waar. Bijvoorbeeld het aanbrenge van een omkasting bij een machine kan blootstelling aan schadelijk of hinderlijk geluid verminderen, tegelijk echter neemt de bereikbaarheid van de machine af, waardoor bewaking, bediening en onderhoud moeilijker kunnen worden.

Juist in dit spanningsveld wordt het belang van het integraal ontwerpen geaccentueerd. Het realiseren van een partiële oplossing (alléén optimalisatie van veiligheid, gezondheid en welzijn) heeft minder kans op succes dan realisatie van

een integrale oplossing. Hierbij is naast de kwaliteit van het werk ook de kwaliteit van de organisatie (in termen van bijvoorbeeld effectiviteit en flexibiliteit) betrokken. De mate waarin een ontwerpproject integraal kan worden uitgevoerd is afhankelijk van de Ausgangssituatie. Bij een geheel nieuw ontwerp zijn de mogelijkheden groter dan bij het oplossen van een knelpunt.

Ontwerpregel 2.3

Streef naar integraal in plaats van partieel ontwerpen. Hanteer een benadering waarbij technische, ergonomische en organisatie-aspecten parallel en in onderlinge samenhang worden verwerkt.

Een optimalisatie van veiligheid, gezondheid en welzijn kan vanuit een aantal benaderingen worden bereikt:

1. Aanpassen van taken, hulpmiddelen en werkomgeving aan de menselijke capaciteiten en beperkingen.

Risico's die algemeen gelden en samenhangen met de arbeidssituatie kunnen hierdoor worden verkleind. Nauwkeurige afstemming op persoonlijke eigenschappen van afzonderlijke medewerkers zal niet altijd mogelijk zijn. Mensen in dezelfde werksituatie verschillen wat capaciteiten en beperkingen betreft. Bijvoorbeeld de lichaamsmaten en de fysieke en mentale belastbaarheid kunnen sterk variëren over verschillende personen. Bij dezelfde mensen kunnen capaciteiten en beperkingen bovendien variëren op verschillende tijdstippen (conditie, vermoeidheid, dagritme). Daarom is het van belang dat taken, hulpmiddelen en werkomgeving worden ontworpen met voldoende regelmogelijkheden en instelmogelijkheden om de algemeen ontworpen situatie aan te passen aan wisselende persoonlijke en situationele kenmerken. Pas dan worden veiligheids-, gezondheids- en welzijnsrisico's die samenhangen met de arbeidssituatie zo klein mogelijk en kan de taakuitvoering optimaal zijn omdat in de inrichting en organisatie van de arbeidssituatie zelf de mogelijkheden zijn gegeven om storingen en problemen op te lossen.

2. **Het aanpassen van de capaciteiten van de mens aan de eisen die de taken stellen.**

Risico's hangen niet alleen samen met de arbeidssituatie zelf maar ook met persoonlijke kenmerken van mensen zoals niet goed opgeleid, getraind en geïnstrueerd zijn voor het werk. Hieronder valt ook onveilig en ongezond gedrag en/of het niet kunnen omgaan met problemen die zich voordoen (coping).

Pas een combinatie van de eerste en tweede benadering kan leiden tot een goede zogenaamde Person-Environment Fit (P-E Fit). Zo'n persoonlijke en op de situatie van het moment afgestemde P-E Fit kan dus niet voor iedere medewerker van te voren worden ontworpen. Het ontwerp dient derhalve zoveel instel- en regelmogelijkheden te bevatten dat de medewerker zelf een optimale afstemming tot stand kan brengen.

Bijvoorbeeld bij het ontwerpen van de arbeidssituatie van een buschauffeur dragen beide benaderingen bij. Bij de plaatsing van de bedieningsmiddelen en het bepalen van de lay-out van de cabine gaat men onder meer uit van de algemene (fysieke en mentale) capaciteiten en beperkingen van de bestuurders. Instelmogelijkheden voor persoonlijke kenmerken en wisselende omstandigheden zijn ingebouwd in de vorm van een instelbare stoel, klimaatregeling en zonwering. Ook de vrijheid die een bestuurder heeft in zijn rijgedrag kan worden gezien als een regelmogelijkheid die nodig is om aan de taakeisen te kunnen voldoen. Voor het technisch juist besturen van de bus, het veilig rijden en het omgaan met (agressieve) passagiers kunnen bestuurders worden opgeleid en getraind.

Het inbouwen van flexibiliteit door het aanpasbaar maken heeft niet alleen een gunstig effect op de geschiktheid van een werksituatie op de gebruiker. Er zijn daarnaast nog enkele andere voordelen aan te wijzen.

Op de eerste plaats doen zich in alle werksituaties storingen voor die niet zijn voorzien in de vormgeving van taken, hulpmiddelen en werkomgeving. Op dat moment moet men de werksituatie zo kunnen aanpassen dat het productieproces doorgaat zonder dat dit risico's voor de medewerkers oplevert.

Een tweede voordeel van voldoende flexibiliteit is dat correcties op foutjes in het ontwerp mogelijk zijn. De ontworpen werksituatie kan dan toch adequaat functioneren zonder dat de medewerkers zich zodanig moeten aanpassen dat risico's ontstaan.

Op de derde plaats leert de praktijk dat werksituaties in de loop der tijd dikwijls worden gewijzigd. Bijvoorbeeld bedieningspanelen worden uitgebreid met nieuwe apparatuur of er komen wijzigingen in het te vervaardigen produkt. Als hier tevoren rekening mee wordt gehouden en voldoende aanpassingsmogelijkheden zijn ingebouwd, kan voorkomen worden dat een ergonomisch ongunstige werksituatie ontstaat.

Ontwerpregel 2.4

Ontwerp bij het aanpassen van arbeidssituaties aan eigenschappen en beperkingen van mensen voldoende instel- en regelmogelijkheden voor persoonlijke en situationele afstemming en draag zorg voor een goede vakmatige en gedragstraining.

2.4.2 Onderwerpen van de ergonomie

In sommige gevallen beperkt het ergonomisch aandeel in een project zich tot één of enkele aspecten, bijvoorbeeld het kiezen van geschikte bedieningsmiddelen op een console. In andere gevallen moet juist een integratie van veel aspecten van de ergonomie tot stand worden gebracht, bijvoorbeeld het in samenhang ontwerpen van een beeldschermwerkplek en de verlichting. In tabel 2.2 wordt een overzicht gegeven van aspecten die in een ontwerp worden meegenomen.

Tabel 2.2

Overzicht van aspecten, waarmee in het ergonomisch ontwerp rekening moet worden gehouden (naar NEN-ISO 6385).

Onderwerp	Aspecten
Werkruimte en hulpmiddelen	Fysieke aspecten: <ul style="list-style-type: none"> - lichaamshouding - spierkracht, krachtuitoefening - bewegingen Informatie en bediening: <ul style="list-style-type: none"> - signalen en informatievoerschaaffers - bedieningsmiddelen
Werkomgeving	<ul style="list-style-type: none"> - Lay-out - ventilatie - klimaat - verlichting - geluid - trillingen - gevaarlijke stoffen en straling - bescherming bij buitenwerk
Productieproces arbeidsorganisatie	geen veiligheids- en gezondheidsrisico's: <ul style="list-style-type: none"> - zie bovenstaande punten bevordering welzijn: <ul style="list-style-type: none"> - functieverbreding - functieverrijking - rolatie - pauzes - variaties in capaciteiten over de tijd - variaties in capaciteiten tussen personen en leeftijd - individuele leermogelijkheden

2.4.3 Inpassing van ergonomie in een ontwerpproject

Zoals duidelijk is geworden kan ergonomie gezien worden als een ontwerpende discipline, waarin kennis van uiteenlopende vakgebieden op samenhangende wijze wordt toegepast. Van belang is reeds in een vroeg stadium van een ontwerpproject aandacht aan ergonomie te besteden. Zo kan worden bereikt dat ergonomische principes effectief kunnen worden toegepast.

Wanneer en waarom ergonomie toepassen bij het ontwerpen

Vroegtijdige aandacht voor ergonomie in een ontwerpproject heeft een aantal voordelen. Op de eerste plaats zijn de belangrijkste ontwerpbeslissingen nog niet

genomen. Dit betekent dat ook bij principiële keuzes ergonomische argumenten meegewogen kunnen worden en een goede balans tussen techniek en ergonomie kan worden verkregen.

Hiermee kan tevens worden voorkomen dat een ontwerp in een later stadium gecorrigeerd moet worden omdat aan belangrijke (ergonomische) eisen niet kan worden voldaan (preventieve ergonomie in plaats van curatieve ergonomie).

Op de tweede plaats is het mogelijk om het ontwerpproces zodanig te laten verlopen dat een gestructureerde inbreng van verschillende betrokkenen mogelijk wordt.

Uiteindelijk kan door al in een vroeg stadium ergonomische aspecten mee te nemen in veel gevallen worden bereikt dat geen extra kosten voor een ergonomische oplossing ontstaan.

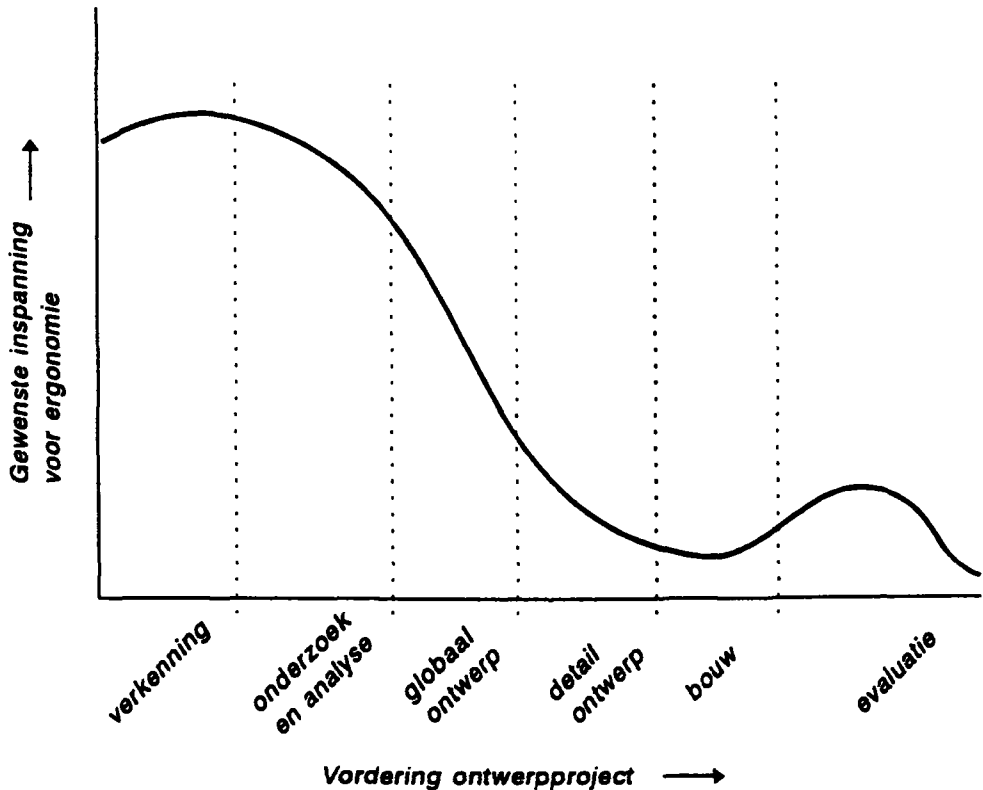
Tijdens latere fasen kan de ergonomische inspanning in een ontwerpproject weer afnemen (zie figuur 2.4). Het curatieve element is nooit geheel uit te sluiten. Zoals reeds aangegeven (zie paragraaf 2.4.1) bestaat de kans dat in het ontwerp fouten zijn opgetreden. Soms is het mogelijk deze op te vangen met de ingebouwde flexibiliteit. Vaker is toch (ergonomische) inspanning nodig om fouten te corrigeren. Een voorbeeld van een aanpak wordt beschreven in hoofdstuk 3.

Ontwerpregel 2.5

Zorg dat aandacht voor ergonomie in een zo vroeg mogelijk stadium van een ontwerpproject wordt gerealiseerd.

Figuur 2.4

Schematische weergave van de gewenste inspanning voor ergonomie gedurende een ontwerpproject.



2.5 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Cross, N. Engineering design methods. New York, Wiley, 1989.
- [2] Pot, F.D., Peeters, M.H.H., Amelsvoort, P. van & Middendorp, J. Functieverbetering en integraal ontwerpen: richtlijnen voor de integratie van het aspect welzijn in ontwerpprojecten. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991. (S112)

3. ERGONOMISCHE ONTWERPAANPAK

3.1 Ergonomie in de stappen van het ontwerpproces

Dit hoofdstuk beschrijft een model voor een ergonomische ontwerpaanpak. Aan de orde komen met name de fasering en de wijze waarop ergonomie in het ontwerpen kan worden geïntegreerd. Aangegeven wordt onder meer hoe een ontwerpproces gestructureerd kan worden zodat een ergonomisch verantwoord resultaat kan worden bereikt. Tevens wordt aangegeven hoe tijdens het ontwerpen kan worden ingespeeld op praktische situaties. De methode die hier wordt beschreven zal niet altijd direct herkenbaar zijn, maar de elementen ervan zullen vrijwel altijd in een of andere vorm voorkomen.

Er worden de volgende fasen onderscheiden:

- verkenning (zie paragraaf 3.2);
- analyse en onderzoek (3.3);
- globaal ontwerp (3.4);
- detailontwerp (3.5);
- bouw, implementatie en evaluatie (3.6).

In tabel 3.1 wordt een overzicht gegeven van activiteiten binnen een dergelijke ontwerpaanpak, uitgesplitst naar ergonomische criteria, toe te passen methoden en technieken en het verloop van het ontwerpproces. De samenhang tussen de verschillende fasen is schematisch aangegeven in figuur 3.1. De grenzen tussen de fasen worden in een goed gestructureerd ontwerpproject gemarkeerd door een voortgangs- of beslisdocument. Een dergelijk document dient als mijlpaal in termen van tijd en te bereiken resultaat [1]. Soms echter zijn de grenzen vaag en moeilijk aan te geven. Ook de tijdsvolgorde van de verschillende fasen hoeft niet altijd duidelijk te zijn. Het kan voorkomen dat men tijdens 'latere' fasen nog activiteiten moet uitvoeren die als onderdeel van eerdere fasen beschreven zijn. Ook (gedeeltelijk) overslaan van fasen komt voor. In veel gevallen zal men reeds gemaakte ontwerpkeuzes moeten bijstellen, bijvoorbeeld als blijkt dat het (tus-

sen)resultaat niet aan de gestelde voorwaarden voldoet. Er ontstaat dan een iteratief proces van toetsing aan eisen en bijstellingen.

Er moet op gewezen worden dat de samenhang tussen de activiteiten en de indeling in fasen zoals die in figuur 3.1 is aangegeven de logische samenhang weerspiegelt. Dit hoeft niet noodzakelijk ook de chronologische volgorde te zijn. In sommige, vooral grote, projecten kan het moeilijk zijn om aan te geven in welke fase een project zich bevindt. Men kan bijvoorbeeld bij de bouw van een nieuwe fabriek de hal al bijna afgebouwd hebben, terwijl over het automatiseringsniveau van een produktielijn in de hal en de indeling van de kantoren (globaal ontwerp) nog wordt nagedacht. In het algemeen verdient dit zeker geen aanbeveling. Hierdoor kan het bijvoorbeeld voorkomen dat deuren te klein zijn om grote machines binnen te brengen, deuren op ongunstige plaatsen zijn aangebracht of dat een afzuiging op de verkeerde plek zit.

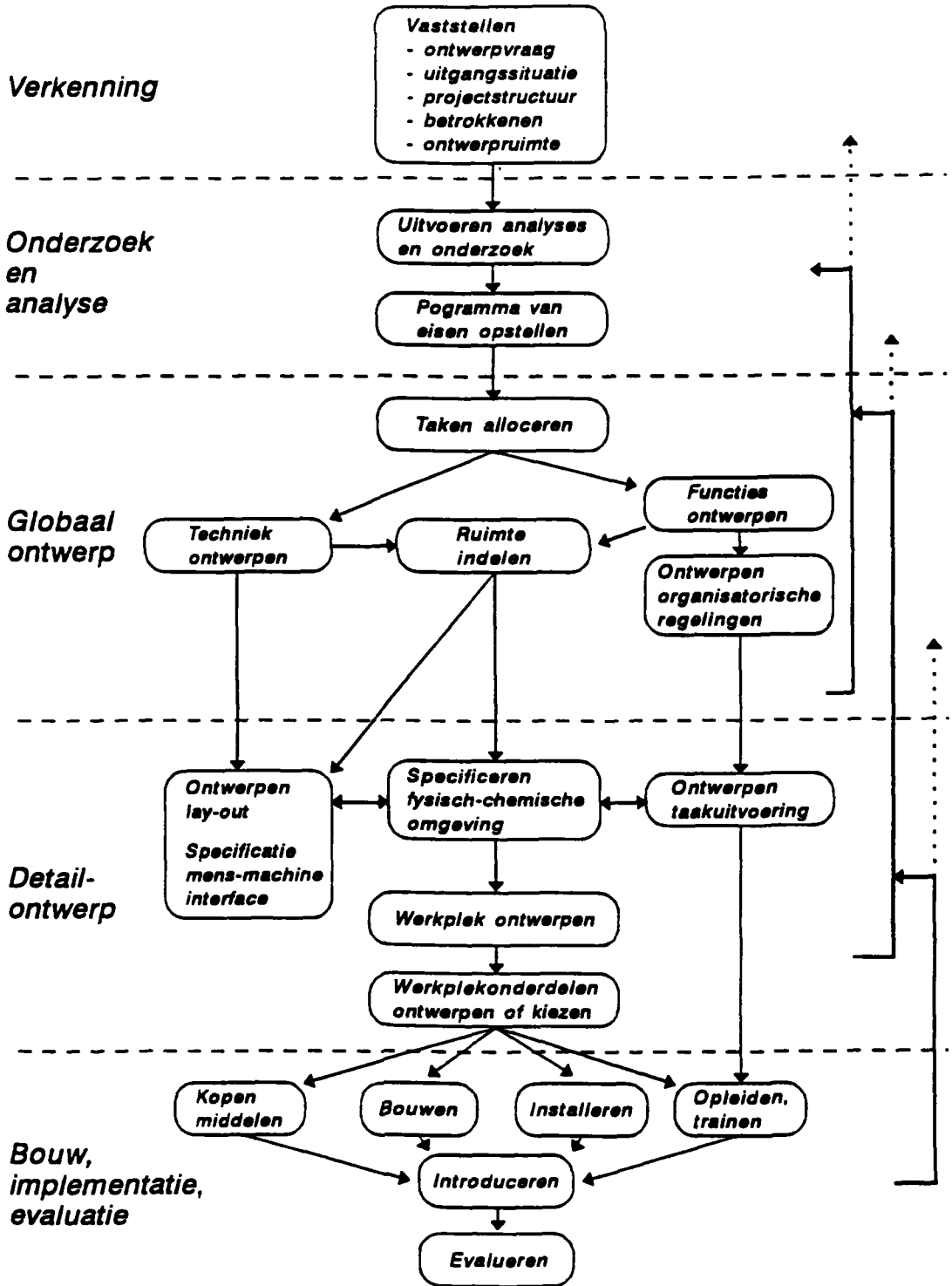
Tabel 3.1

Globaal overzicht van activiteiten in een ergonomische ontwerpaanpak.

Ontwerpfase	ergonomische criteria	methoden en technieken	verloop ontwerpproces
Verkenning	Opstellen van globale ontwerpeisen, afschatten van de beschikbare ontwerpruimte.	Kiezen van geschikte methoden voor onderzoek, analyse en ontwerp.	Maken van afspraken met opdrachtgever. Opstellen van een planning, nagaan wie in het ontwerpproces betrokken moeten worden.
Analyse en onderzoek	Verfijnen van Programma van Eisen: uitwerken ontwerpeisen aan de hand van onderzoeks- en analysegegevens.	Uitvoeren onderzoek en analyse. Beoordeling bestaande of gelijksoortige arbeidssituaties.	Introductie van onderzoek bij betrokkenen, terugkoppeling resultaten. Zo nodig bijstellen vereiste ontwerpruimte.
Globaal ontwerp	Opstellen criteria na taakallocatie	Uitvoeren taakallocatie Functie-ontwerp evaluatie, simulatie	Terugkoppeling gebruikers
Detail ontwerp	Meenemen criteria in ontwerp	Ontwerp werkruimtes, lay-out, omgevingsfactoren, werkplekken	Uitvoeren mock-up evaluatie. Simulaties
Bouw, implementatie en evaluatie	Beoordeling bouw	Kort herhalen onderzoek	Training Introductie

Figuur 3.1

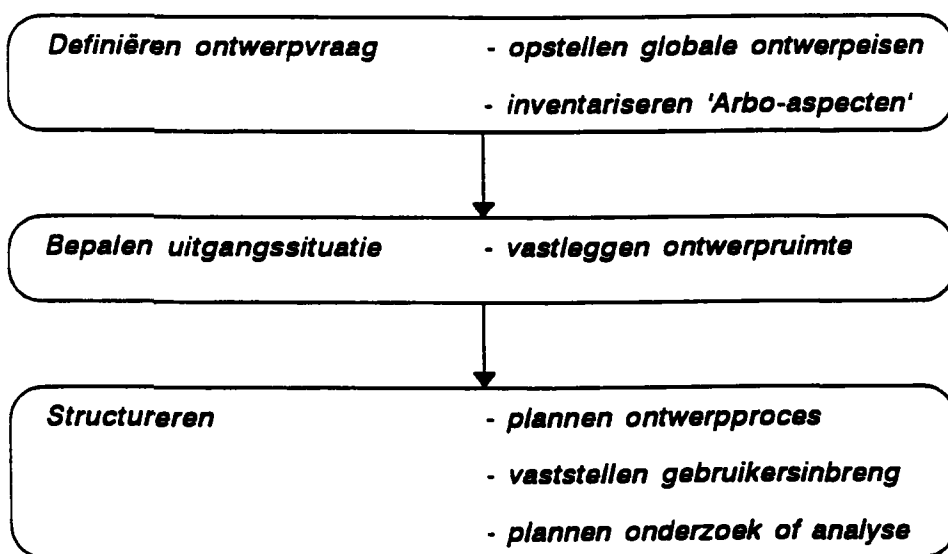
Schematisch overzicht van een ergonomische ontwerpaanpak.



3.2 Fase 1: Verkenning

Tijdens de verkenningsfase wordt een start gemaakt met het ontwerpen. Doorgaans is reeds voorafgaand hieraan een (soms vage) probleem-omschrijving of ontwerpvrage geformuleerd. Doel van de verkenningsfase is het definiëren van het ontwerpprobleem en het opzetten van een structuur waarbinnen het ontwerp-probleem kan worden bewerkt. De aandacht richt zich in deze fase op drie verschillende elementen van het ontwerpen, te weten ergonomische criteria (waaraan moet het ontwerp voldoen), de toe te passen methoden en technieken (hoe kan ervoor gezorgd worden dat aan de eisen wordt voldaan) en de structurering van het ontwerpproject, bijvoorbeeld (wat is de planning, ontwerpruimte, wie zijn er bij betrokken).

Figuur 3.2 Overzicht van ontwerpactiviteiten tijdens fase 1: verkenning.



Opstellen van globale ontwerpeisen

In de verkenningsfase wordt op basis van de formulering van de ontwerpvrage een begin gemaakt met het Programma van Eisen. Het opstellen van eisen waaraan het ontwerp uiteindelijk moet voldoen vindt in eerste instantie op globaal niveau plaats. Er bestaan bij de diverse betrokkenen meestal nog slechts vage ideeën over wat de prestaties en eigenschappen van een nieuw ontwerp moeten zijn. Bovendien kunnen bij de diverse betrokkenen verschillen van opvatting bestaan. Een heldere formulering van de ontwerpvrage en de globale eisen voorkomt onduidelijkheid in latere stadia van een ontwerpproject.

Het is niet mogelijk om reeds in een vroeg stadium een volledig en gedetailleerd overzicht van alle ontwerpeisen te maken. Men moet hiervoor het ontwerpprobleem eerst in de vingers krijgen. Wel kunnen reeds algemene ergonomische eisen als aandachtspunten in het ontwerp naar voren gebracht worden.

Het integraal ontwerpen [2,3] (in plaats van partieel ontwerpen) impliceert dat naast ergonomische eisen ook eisen op gebied van techniek, organisatie en economie worden geformuleerd (zie ook paragraaf 2.4.1). In figuur 3.3 is globaal aangegeven hoe ergonomische criteria samenhangen met andere onderwerpen [4].

Ontwerpregel 3.1

Steit tijdens de verkenningsfase globale eisen op. Houd rekening met eisen op ergonomisch, technisch, milieukundig, organisatorisch en financieel-economisch gebied.

Het opstellen van (globale) eisen kan goed plaatsvinden aan de hand van een zo abstract mogelijke formulering van het doel van het te ontwerpen systeem. Het doel wordt dan als uitgangspunt gebruikt voor het formuleren van de globale ontwerpeisen en later voor een gedetailleerd Programma van Eisen. Tijdens de verkenningsfase moeten tevens de belangrijkste randvoorwaarden (zoals de beschikbare financiële middelen, de ruimte waarin het ontwerp geplaatst wordt en beperkingen in de techniek) worden geïnventariseerd. Dit vormt ook een indicatie voor de beschikbare ontwerpruimte.

Bepalen van de beschikbare ontwerpruimte

Naarmate de randvoorwaarden stringenter zijn is de speelruimte die de ontwerpers hebben beperkter. De uitgangssituatie is van invloed op de mate waarin randvoorwaarden een beperkende rol spelen. Tabel 3.2 geeft aan met welke vragen de ontwerpruimte voor een ergonomisch ontwerp kan worden nagegaan. Gedurende het ontwerpproject kan blijken dat de geboden ontwerpruimte onvoldoende is om een ergonomisch acceptabele oplossing te realiseren. Vaak blijkt pas in een laat stadium wat nodig is. De ontwerper zal in dat geval moeten trachten de geboden ontwerpruimte alsnog ter discussie te stellen en zodanig te vergroten.

Tabel 3.2 Checklist voor de inventarisatie van de ontwerpruimte.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	Is (gedeeltelijke) automatisering mogelijk?
0	0	Zijn aanpassingen in de arbeidsorganisatie mogelijk?
0	0	Kunnen nieuwe werkplekken worden ontworpen?
0	0	Is een herinrichting van de lay-out mogelijk?
0	0	Zijn modificaties aan het produkt (toleranties, gebruikte materialen, opbouw en samenstelling) mogelijk?
0	0	Zijn aanpassingen aan machines mogelijk?

Ontwerpregel 3.2

Ga reeds in een vroeg stadium na wat de beschikbare ontwerpruimte is. Weeg gedurende het gehele ontwerpproces het te bereiken resultaat af tegen de eisen en de beschikbare ontwerpruimte.

Figuur 3.3

Globale aanduiding van de samenhang van ergonomische criteria met verschillende onderwerpen van het ontwerp.

	<i>Functionele eisen</i>	<i>Kosten</i>	<i>Afmetingen</i>	<i>Onderhoud- baarheid</i>	<i>Veiligheid</i>	<i>Gezondheid</i>
<u>Werkruimte en hulpmiddelen</u>						
<i>Lichaamshouding</i>	■		■	□	■	■
<i>Spijkracht</i>	□			■	■	■
<i>Bewegingen</i>	□		□	□	□	■
<i>Signalen</i>	□				■	
<i>Bedieningsmiddelen</i>	□				■	□
<u>Verkomgeving</u>						
<i>Lay-out</i>	□	□	■	□	□	□
<i>Klimaat</i>	□	□	□	□	□	■
<i>Verlichting</i>	□	□	□	■	■	■
<i>Geluid</i>	□	□	□	□	■	■
<i>Trillingen</i>	□	□	□	□	□	■
<i>Gevaarlijke stoffen, straling</i>	□	□	□	□	■	■
<u>Arbeidsorganisatie</u>						
<i>Taakallocatie</i>	■	■	□	□	□	□
<i>Volledigheid</i>	□				□	□
<i>Organiserende taken</i>	□				□	□
<i>Zelfstandigheid</i>	□					□
<i>Cyclus</i>	□	□	□	□	□	■
<i>Informatie</i>	□				■	□
<p>□ <i>Interactie</i></p> <p>■ <i>Sterke interactie</i></p>						

Plannen van een onderzoek of analyse

In de verkenningsfase raken de ontwerpers steeds meer bekend met het ontwerp-probleem. Op dit moment is het dan ook goed na te gaan of het mogelijk is in een bestaande situatie een onderzoek uit te voeren. Een onderzoek of analyse is nodig om een nauwkeuriger beeld te krijgen van de werking van het te ontwerpen productieproces.

Veel ergonomische onderzoeksmethoden worden in nauwe samenwerking met werknemers uitgevoerd. Bij hen kunnen door het onderzoek verwachtingen omtrent de toekomst ontstaan. Tijdens de verkenningsfase moet bekeken worden hoe hiermee kan worden omgegaan. In de volgende paragraaf wordt gewezen op de noodzaak van afspraken hierover.

Structureren en plannen van het ontwerpproject

De verkenningsfase heeft ook als doel af te spreken hoe het ontwerpproject in grote lijnen gaat verlopen. Het moet duidelijk worden wie bij het project betrokken zullen zijn en wat hun inbreng is. Er moet een overlegstructuur bestaan (of komen) en er is een planning nodig waarin is aangegeven wanneer bepaalde activiteiten afgerond worden.

De keuze van de deelnemende ontwerpers kan plaatsvinden op basis van de vereiste kennis in een project. Ook over de inbreng van (verschillende soorten) gebruikers kunnen afspraken gemaakt worden.

In tabel 3.3 is aangegeven welke punten vanuit het ergonomisch georiënteerd ontwerpen vooral de aandacht verdienen.

Ontwerpregel 3.3

Structureer een (her)ontwerpproject. Zorg dat voldoende kennis op het gebied van ergonomie in het project aanwezig is.

Tabel 3.3

Checklist voor de structurering van een ontwerpproces waarin ergonomie wordt geïntegreerd.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	Is er een structuur aangebracht?
0	0	Is er een projectteam samengesteld?
0	0	Is het mogelijk ter plaatse onderzoek of analyses uit te voeren?
0	0	Is een tijdsplanning afgesproken?
0	0	Zijn taken in het ontwerpproces verdeeld?
0	0	Zijn beslismomenten duidelijk?
0	0	Zijn er afspraken over een inbreng van OR en VGW-commissies?
0	0	Is de doelstelling van het project duidelijk bij alle deelnemers?
0	0	Is de uitgangssituatie vastgesteld?
0	0	Is de ontwerpruimte bekend?

Bij reeds lopende ontwerpprojecten bestaat er een planning en moet aandacht voor de ergonomische aspecten daarin worden ondergebracht. Deze situatie doet zich bijvoorbeeld voor als een ondernemingsraad of VGW-commissie in een lopend project aandacht voor ergonomie, arbeidsomstandigheden of welzijnsaspecten verlangt. Bij sommige bedrijven zijn er procedures voor ontwerpprojecten waarin in meer of mindere mate is vastgelegd hoe een project moet verlopen. In dit soort gevallen moet worden getracht zoveel mogelijk van een ergonomisch georiënteerde aanpak in te brengen. In de verkenningsfase moet worden nagegaan hoe dit gerealiseerd kan worden. Minimaal zouden de volgende activiteiten in een bestaande projectaanpak moeten worden ingebracht:

1. Het uitvoeren van een analyse en/of onderzoek, zo mogelijk ter plaatse. Deze analyse heeft onder meer tot doel na te gaan welke taken uitgevoerd (gaan) worden op welke wijze en waar eventueel knelpunten bestaan.
2. Het maken van een expliciete keuze of taken door mensen of door machines uitgevoerd gaan worden (taakallocatie) en aansluitend het kiezen van een verdeling van taken over verschillende personen (ontwerp van arbeidsorganisatie).
3. Het realiseren van een gebruikersinbreng.
4. Detailontwerp van werkplekken en werkomgeving.

Gebruikersinbreng en medezeggenschap

Uit het voorgaande blijkt dat ontwerpen niet alleen een kwestie is van de juiste deskundigen bij elkaar zetten. Het is evenzeer het organiseren van een veranderingsproces. Het ontwerpen van arbeidssituaties raakt aan persoonlijke wensen en opvattingen van mensen en aan met posities samenhangende belangen. In een goed georganiseerd ontwerpproces wordt daarmee rekening gehouden. Een strikte deskundigenbenadering zal doorgaans niet tot effectieve veranderingen leiden, noch op het vlak van de taakuitvoering, noch op het vlak van de kwaliteit van de arbeid. Het negeren of omzeilen van opvattingen, wensen en belangen bemoeilijkt ook een efficiënt verloop van het proces omdat de bereidheid om aan veranderingen mee te werken gering zal zijn en er vaak zelfs weerstanden zullen optreden. Weerstanden hangen meestal voor het grootste deel samen met onzekerheid over de uitkomsten van het ontwerpproces. Dit geldt zowel voor de werknemers op de afdelingen (eindgebruikers), als voor hun leidinggevenden. Het is immers zo dat men er in verschillende mate op vooruit of achteruit kan gaan.

De participatie van betrokkenen vanaf het begin heeft een aantal praktische voordelen. Gebruikers zijn meer dan anderen deskundig ten aanzien van de arbeidssituatie en de knelpunten daarin. Daarnaast zal het inschakelen van het personeel de bereidheid vergroten om aan veranderingen mee te werken. Het ontwerpen wordt zo een leerproces dat ook in het algemeen het lerend vermogen van de organisatie zal vergroten.

De participatie krijgt vooral gestalte in de volgende twee vormen: gebruikersinbreng en medezeggenschap.

Gebruikersinbreng betekent deelname aan het ontwerpen in alle fasen van het proces door enkele gebruikers. Dat kan bijvoorbeeld gebeuren in stuurgroepen, projectgroepen en werkgroepen. Een wettelijke basis hiervoor geeft met name artikel 16 (over werkoverleg) in de Arbeidsomstandighedenwet.

Medezeggenschap houdt in dat het medezeggenschapsorgaan per fase criteria inbrengt en per fase van het ontwerpproces een oordeel geeft over de resultaten. Primair doel is het bewaken van personeelsbelangen zoals werkgelegenheid, arbeidsbelasting, functieniveau en beloning of opleidingen. Wettelijke bevoegdheden voor medezeggenschapsorganen zijn onder meer te vinden in de Wet op de Ondernemingsraden en in de Arbeidsomstandighedenwet.

Tabel 3.4

Checklist voor de structurering van gebruikersinbreng.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	Is in alle fasen participatie van betrokkenen georganiseerd?
0	0	Is aangegeven wat de invloed van gebruikersinbreng kan zijn?
0	0	Is een onderscheid gemaakt tussen gebruikersinbreng en medezeggenschap?
0	0	Zijn onzekerheden gereduceerd en zijn zo veel mogelijk garanties gegeven?
0	0	Is het ontwerpproject als leerproces georganiseerd (is er ruimte om informatie te verzamelen en is er gezorgd voor terugkoppeling van resultaten)?
0	0	Is gezorgd voor effectieve communicatie?

3.3 Fase 2: Analyse en onderzoek

Een analyse of een onderzoek levert doorgaans veel waardevolle gegevens voor het maken van een ontwerp. De activiteiten in een analyse of onderzoek omvatten onder meer:

1. nader uitwerken van het doel;
2. verkrijgen van inzicht in de taken die verricht (moeten gaan) worden en de omstandigheden waaronder dit moet gebeuren;
3. specificeren van eisen die aan de taakuitvoering gesteld worden;
4. ergonomische beoordeling en/of opsporing van eventuele knelpunten;
5. het verzamelen van meningen en suggesties van betrokkenen, zoals gebruikers.

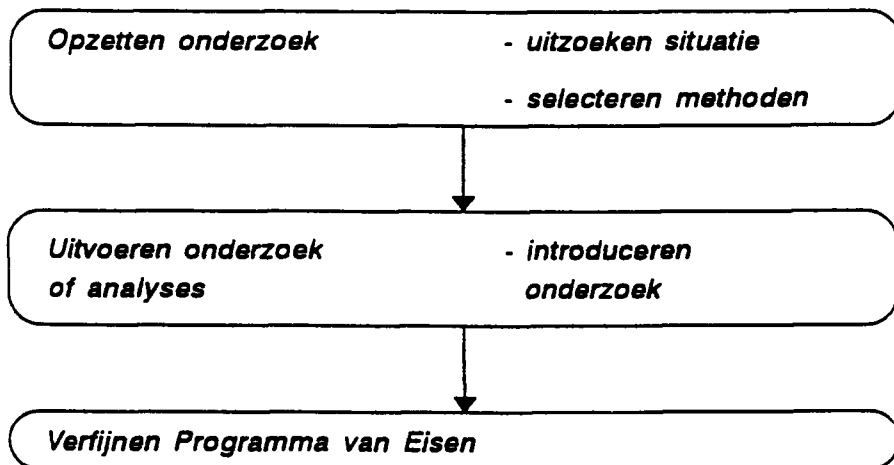
Zoals reeds aangegeven is analyse of onderzoek een goed middel om toekomstige gebruikers bij het ontwerpen te betrekken. Vaak wordt onderzocht hoe en onder welke omstandigheden medewerkers hun taken uitvoeren. Tijdens een dergelijk onderzoek kan een beroep worden gedaan op de kennis die de medewerkers van hun taken hebben. In veel gevallen is deze kennis onmisbaar gebleken. Ook biedt een analyse of onderzoek ter plaatse aan de medewerkers de gelegenheid de eigen ideeën, opvattingen en/of suggesties naar voren te brengen.

Het uitvoeren van analyses of onderzoek is in elke uitgangssituatie zinvol. De aard en omvang kan echter verschillen. In tabel 3.5 zijn enige mogelijkheden voor het uitvoeren van een analyse aangegeven.

Het nader uitwerken van het doel gebeurt in een functionele analyse. Hierin wordt nagegaan welke systeemfuncties nodig zijn opdat in de werksituatie het resultaat wordt bereikt waarvoor het ontworpen wordt. Er zijn verschillende technieken voor een dergelijke functionele analyse beschikbaar.

Indien sprake is van een nieuw ontwerp is het nuttig te zoeken naar een situatie die gelijkenis vertoont met het nieuw te maken ontwerp. Voor het ontwerp van een regelkamer bij een nieuwe elektriciteitscentrale kan men bestaande centrales als voorbeeld nemen. Is die mogelijkheid er niet, dan kan een meer abstracte analyse worden uitgevoerd. In beginsel kunnen alle bovengenoemde stappen worden gedaan, alleen is een beoordeling van knelpunten niet mogelijk.

Figuur 3.4 Overzicht van ontwerpstappen tijdens analyse- en onderzoeksfase.



Bij een belangrijke aanpassing (bijvoorbeeld automatisering) verkrijgt men door onderzoek inzicht in de taken, de taakuitvoering en de knelpunten die daarbij bestaan. Onderzoek en analyse bij het oplossen van knelpunten zal vooral gericht

zijn op het beoordelen van de ernst en het in kaart brengen van de taken met het oog op verbeteringen. Het is hierdoor ook beter mogelijk prioriteiten te stellen.

Ontwerpregel 3.4

Voer een onderzoek of analyse uit. Is geen bestaande situatie voorhanden, zoek dan een vergelijkbare situatie.

Tabel 3.5 Mogelijkheden voor het uitvoeren van analyses bij verschillende uitgangssituaties.

	Er is een bestaande of vergelijkbare situatie	Er is geen bestaande of vergelijkbare situatie
Nieuw ontwerp	<ul style="list-style-type: none"> - functionele analyse - taakanalyse - ergonomische beoordeling 	<ul style="list-style-type: none"> - functionele analyse
Belangrijke aanpassing, automatisering	<ul style="list-style-type: none"> - functionele analyse - taakanalyse - ergonomische beoordeling 	-
Oplossen van een knelpunt	<ul style="list-style-type: none"> - functionele analyse - taakanalyse - ergonomische beoordeling 	-

Om te voorkomen dat een onnodig groot onderzoek wordt uitgevoerd is het op de eerste plaats goed een afbakening te maken van de elementen die in het onderzoek zullen worden betrokken. Meestal is het verstandig de grenzen van wat wel en wat niet wordt meegenomen ruimer te kiezen dan de uitgangssituatie strikt genomen vereist. Bijvoorbeeld bij het oplossen van een knelpunt kan dan voorkomen worden dat elders een nieuw knelpunt ontstaat.

Op de tweede plaats moet een beslissing worden genomen over de mate van detail waarin onderzocht gaat worden. Het detailontwerp van een gereedschap vereist bijvoorbeeld dat precies bekend is welke bewegingen worden uitgevoerd. Voor het bepalen van de lay-out van een controlekamer in de procesindustrie is dit van veel minder belang.

Toepassen van methoden en technieken

De ontwerper moet zich afvragen wat de doelstelling van een analyse is en een methode kiezen die op efficiënte wijze voldoende informatie verschaft [5]. Tabel 3.6 geeft een overzicht van overwegingen die bij de keuze van een analysemethode een rol kunnen spelen.

Tabel 3.6 Checklist voor het selecteren van methoden voor analyse en onderzoek.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	Leverd de methode op efficiënte wijze de gewenste informatie op met voldoende betrouwbaarheid?
0	0	Treedt geen (bezwaarlijke) verstoring van de werkzaamheden op?
0	0	Biedt de methode zonodig aanknopingspunten om de medewerkers in het ontwerpproces te betrekken?
0	0	Weegt de inspanning die de methode vergt op tegen de te verwachten resultaten?
0	0	Is de methode gemakkelijk, snel en goedkoop uit te voeren?

Door in een bestaande situatie onderzoek te doen, worden bij gebruikers vrijwel altijd verwachtingen omtrent het resultaat gewekt. Het is daarom zaak een analyse zorgvuldig te introduceren en het doel van een onderzoek, de te verwachten resultaten en wat daar mee zal gebeuren uit te leggen. Gegevens die uit analyses worden verkregen moeten anoniem zijn en moeten alleen worden gebruikt voor het doel waarvoor ze verzameld zijn. Bij de introductie kan tevens worden afgesproken hoe de direct betrokkenen van de resultaten op de hoogte worden gesteld. Een dergelijke terugkoppeling biedt tevens de mogelijkheid de analyse-resultaten te verifiëren. Dergelijke afspraken gelden ook voor anderen die in een ontwerpproject zijn betrokken (zie tabel 3.7).

Ontwerpregel 3.5

Introduceer onderzoek en analyses zorgvuldig. Geef aan wat het doel is en wat er met de resultaten zal worden gedaan.

Tabel 3.7

Checklist voor de introductie van onderzoek.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	Is duidelijk gemaakt wat het doel van het onderzoek is?
0	0	Is aangegeven wat er met de resultaten van het onderzoek wordt gedaan?
0	0	Is een terugkoppeling van de resultaten afgesproken?
0	0	Is de anonimiteit gewaarborgd?

Verfijnen Programma van Eisen: opstellen en uitwerken van ergonomische criteria

De resultaten van een analyse of onderzoek worden gebruikt om het Programma van Eisen verder te detailleren. Een nadere (abstracte) analyse van het doel zal bijvoorbeeld gegevens opleveren omtrent het productieproces (produktiekwantiteit, productiecondities, toegestane toleranties en fouten). Een taakanalyse geeft aan welke taken belangrijk zijn en aan welke eisen de taakuitvoering zal moeten voldoen, zoals de aard van de handelingen en waarnemingen, vereiste concentratie, en de aard van de te hanteren voorwerpen. Aan een beoordeling van de taken en de bestaande werkomgeving kunnen ook eisen worden ontleend, bijvoorbeeld de maximaal te tillen gewichten en de omgevingsfactoren.

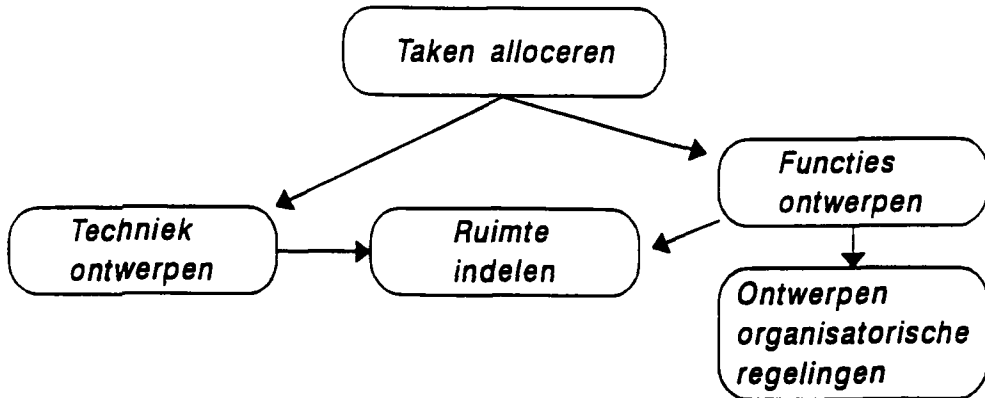
3.4 Fase 3: Globaal ontwerp

Tijdens het globaal ontwerp wordt in grote lijnen vastgelegd hoe het nieuwe ontwerp zal gaan functioneren. In deze fase wordt bepaald wat het technisch systeem zal gaan doen en welke taken door mensen worden verricht. Deze stap wordt aangeduid met taakallocatie. Met het uitvoeren van een taakallocatie wordt tevens de produktietechniek, inclusief de mate van automatisering of mechanisering vastgelegd. Aansluitend wordt nagegaan hoe de taken over verschillende personen kunnen worden verdeeld (ontwerp van de arbeidsorganisatie) en hoe de samenwerking tussen personen wordt geregeld (ontwerp besturingsstructuur).

De activiteiten die tijdens de globale ontwerpfase kunnen worden uitgevoerd zijn samengevat in figuur 3.5.

Figuur 3.5

Overzicht van ontwerpstappen tijdens het globaal ontwerp.



De ontwerpruimte voor een globaal ontwerp zal sterk afhangen van de uitgangssituatie en de mate waarin bepaalde beslissingen reeds zijn genomen. Bij de bouw van een nieuwe produktielijn is er meestal wel voldoende ontwerpruimte om een grondige taakallocatie uit te voeren.

Soms ligt de toe te passen technologie al vast (bijvoorbeeld door de keuze van een machinetype of de aard van het produktieproces). De verdeling van taken tussen mensen en machines is dan voor een groot deel bepaald. Desondanks kan een systematische taakallocatie en aandacht voor functies en organisatorische regelingen voorkomen dat een slecht ontwerp ontstaat. Een soortgelijke situatie doet zich voor bij de aanschaf van nieuwe machines of apparatuur.

Vooraf in automatiseringsprojecten ligt echter vaak al vast wat geautomatiseerd gaat worden. Een taakallocatie kan dan nuttig zijn om na te gaan of er na automatisering voldoende ontwerpruimte is om goede functies te creëren.

Ook met betrekking tot het functie-ontwerp en de besturingsstructuur kan de ontwerpruimte (in alle uitgangssituaties) beperkt zijn. Een bestaande organisatie wordt dikwijls als vaststaand beschouwd en zonder meer op het nieuwe ontwerp geprojecteerd.

Taakallocatie

Voor het ergonomisch ontwerpen is taakallocatie cruciaal [6,7,8]. Het is een belangrijk middel om ervoor te zorgen dat problemen met arbeidsomstandigheden bij de bron worden aangepakt. Dus is het zaak om voldoende ontwerpruimte te hebben (of te verwerven) om een taakallocatie uit te voeren. Samenvattend, het uitvoeren van een taakallocatie biedt de gelegenheid de afstemming van het werk op de mens te optimaliseren door:

- Voorkomen van een te hoge of te lage mentale en/of fysieke belasting. Een goed gekozen automatiseringsgraad kan voorkomen dat bijvoorbeeld een procesoperator bij storingen overbelast raakt, terwijl er bij normaal bedrijf te weinig te doen is. Mechanisering van zwaar werk kan fysieke (over)belasting beperken.
- Voorkomen van het ontstaan van welzijnsrisico's door een onvoldoende functie-inhoud. Het expliciet overwegen hoe een taak moet worden uitgevoerd kan bijvoorbeeld voorkomen dat als gevolg van automatisering mensen alleen nog 'rest' taken, zoals het laden en lossen van machines hoeven uit te voeren.
- Optimaal gebruik te maken van de capaciteiten van de mens. De leer mogelijkheden worden vergroot door mensen die taken te laten uitvoeren die interessant zijn en bijdragen tot de ontwikkeling van de vakbekwaamheid.
- Een goede afstemming te realiseren tussen de taken die door mensen worden gedaan en taken die door machines worden uitgevoerd. De produktiviteit en flexibiliteit zijn gebaat bij een inzet van mensen en machines in die taken waarvoor deze bij uitstek geschikt zijn (bijvoorbeeld machines nauwkeurig en reproduceerbaar uitvoeren van eenvoudige handelingen, mensen en flexibel reageren op storingen).

Deze voorbeelden illustreren dat de taakallocatie een belangrijke stap is in het integraal ontwerpen. Op basis van de resultaten van een taakallocatie kan een ontwerp worden gemaakt van het technisch systeem (produktietechniek), functies en organisatorische regelingen en procedures. Deze drie delen kunnen in zekere mate onafhankelijk van elkaar worden uitgewerkt, maar er bestaan wel raakpunten. (zie figuur 3.5).

Startpunt voor een taakallocatie is een overzicht van de taken (bijvoorbeeld verkregen uit een functiedecompositie, zie hoofdstuk 4) die moeten worden uitgevoerd en de eisen die daaraan gesteld worden. Van belang is dat de inhoud van deze taken in neutrale bewoordingen is geformuleerd. Dit houdt in:

- de beschrijving geeft aan wat er moet gebeuren; er wordt niet aangegeven hoe dit gerealiseerd kan worden;
- de beschrijving is zodanig dat nog niet is aangegeven of een taak door de mens of door machines zal worden uitgevoerd.

Maak een omschrijving bijvoorbeeld als volgt: "Transport van voorwerpen van A naar B" in plaats van "Medewerker brengt voorwerpen van A naar B".

Uitgaande van dit overzicht wordt nagegaan of een taak het best door mensen of het best door machines kan worden uitgevoerd. Hiervoor staan verschillende technieken ter beschikking (zie de hoofdstukken 4 en 5). In beginsel wordt een taakallocatie uitgevoerd voordat de indeling in personele functies heeft plaatsgevonden. Het resultaat van de taakallocatie moet echter ook aan de hand van de indeling in personele functies en bijvoorbeeld de effectiviteit van het totale technisch systeem worden getoetst. Het is daarom bij het maken van een taakallocatie efficiënt om eisen aan hele personele functies en aan het hele technisch systeem reeds mee te nemen. De noodzaak van het inzetten van een tilhulpmiddel kan bijvoorbeeld pas goed worden ingeschat als ook de belasting door andere taken binnen een functie bekend is. De eisen worden ontleend aan het Programma van Eisen. Hierin zijn onder meer ergonomie, de toegepaste techniek en financieel/economische overwegingen meegenomen.

Ontwerp van (personele) functies

Op basis van de resultaten van de taakallocatie moeten de taken voor mensen worden samengevoegd tot functies en worden verschillende functies gegroepeerd. In dit boek wordt het ontwerpen beperkt tot het functie-ontwerp. Het groeperen van functies tot afdelingen blijft buiten beschouwing [2].

Voor het functie-ontwerp is het nodig dat ook een overzicht wordt verkregen van ondersteunende, voorbereidende en besturende taken. Uit de taakanalyse zullen

deze voor een groot deel bekend zijn, doch door de bepaalde keuzes van de taakallocaties kunnen nieuwe taken zijn ontstaan.

Bij het functie-ontwerp wordt uitgegaan van een aantal criteria op gebied van functie-inhoud en belasting (zie tabel 3.8), zoals onder andere uitgewerkt in de WEBA-methodiek [9].

Tabel 3.8 Criteria voor het ontwerpen van functies.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	geeft het geheel van taken in een functie een acceptabele mentale belasting?
0	0	geeft het geheel van taken in een functie een acceptabele fysieke belasting?
0	0	wordt door de verdeling van taken een te grote belasting door omgevingsfactoren vermeden?
0	0	is de functie als geheel uit te voeren binnen de eisen die aan taakuitvoering worden gesteld?
0	0	is de functie-inhoud voldoende?
0	0	is de functie een zinvol samenhangend geheel van taken?
0	0	zijn kort-cyclische taken vermeden?
0	0	bevat de functie voldoende organiserende taken?
0	0	kunnen stress-risico's door ongebalanceerde regelvereisten en regelcapaciteit worden vermeden?

Als op basis van de gemaakte taakallocatie niet aan bovenstaande criteria kan worden voldaan dan is een nieuwe iteratiestap nodig waarbij de taken anders verdeeld worden over mensen of machines. Zonodig kan ook worden besloten de eisen aan het nieuwe ontwerp bij te stellen.

Organisatorische regelingen en procedures

De wijze waarop personen samenwerken is vastgelegd in de besturingsstructuur. Het gaat hierbij onder meer om:

- het bepalen van de plaats waar verantwoordelijkheden komen liggen;
- het ontwerpen van procedures voor het in stand houden van kwantiteit en kwaliteit;
- het opstellen van planningsen;

- de wijze waarop de werkzaamheden worden gecoördineerd.

Het ontwerp van organisatorische regelingen en procedures is van grote invloed op de functie-inhoud.

Beoordeling van het globaal ontwerp

Zoals aangegeven kan het globaal ontwerp van het technisch deel, functies en procedures en de organisatorische regelingen voor een deel onafhankelijk van elkaar plaatsvinden. Uiteindelijk moeten deze drie velden echter worden geïntegreerd tot één geheel. Dit geheel wordt getoetst aan het Programma van Eisen en aan de opvattingen van verschillende betrokkenen (waaronder gebruikers).

De beoordeling van het globaal ontwerp kan op uiteenlopende wijzen plaatsvinden. Voorbeelden zijn een simulatie waarbij wordt nagegaan of het ontwerp leidt tot een voldoende betrouwbaar functioneren (zie hoofdstuk 4), een beoordeling van de functie-inhoud (zie hoofdstuk 5), een schatting van de zwaarte van het werk en een schatting van de blootstelling aan belastende omgevingsfactoren.

Het globaal ontwerp kan een aantal consequenties hebben waarvoor de inbreng van gebruikers of een vorm van medezeggenschap nodig is:

- wat betekent het globaal ontwerp voor het aantal arbeidsplaatsen;
- hoe komen functies er uit te zien;
- wat zijn de gevolgen voor kwalificaties en opleidingseisen; is er bijscholing of training nodig;
- wat zijn gevolgen voor functiewaardering en beloning;
- wat zijn consequenties voor onderhoud.

Indien het globaal ontwerp op een toegankelijke wijze is gedocumenteerd dan kan op bovengenoemde punten een beoordeling door de gebruikers of ondernemingsraad worden gemaakt.

Het resultaat van de beoordeling kan aanleiding zijn om het tot nu toe bereikte resultaat bij te stellen. Dit kan betrekking hebben op de taakallocatie, het functie-ontwerp, het ontwerp van organisatorische regelingen en op het globaal technisch ontwerp. Als door deze bijstellingen geen acceptabel resultaat kan worden

bereikt moet nagegaan worden of het Programma van Eisen moet worden bijgesteld of dat meer ontwerpruimte kan worden verkregen.

Bij een voldoende beoordeling zal het globaal ontwerp als uitgangspunt voor het detailontwerp fungeren.

3.5 Fase 4: Detailontwerp

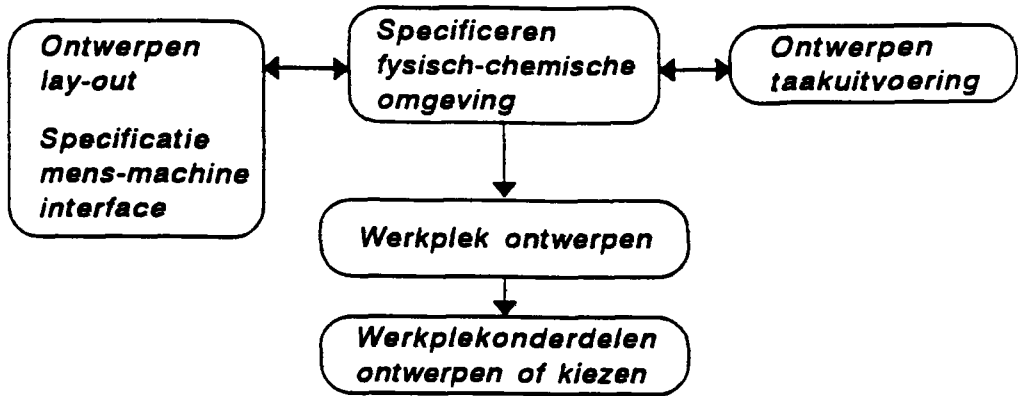
Als globaal is vastgelegd hoe een nieuw ontwerp er uit komt te zien en hoe taken over functies zijn verdeeld, kunnen arbeidssituaties in detail worden vormgegeven. Het detailontwerp kan zich richten op een aantal aspecten (zie ook figuur 3.6), bijvoorbeeld:

- ontwerp van de lay-out (situering van werkplekken ten opzichte van elkaar, loopwegen, transportwegen, posities van werkplekken ten opzichte van ramen en deuren);
- werkplekontwerp (afmetingen en inrichting van de werkplekken);
- ontwerp en/of keuze van hulpmiddelen en gereedschappen, ontwerp van het 'raakvlak' tussen mens en machine (mens/machine interface);
- ontwerp en specificatie van omgevingsfactoren, bijvoorbeeld verlichting, klimaat en akoestiek;
- vaststellen opleidings- en trainingsbehoefte, opstellen van trainings- en opleidingsprogramma's, handboeken en gebruiksaanwijzingen;
- detailleren van (organisatorische) procedures.

Van essentieel belang is dat genoemde aspecten in hun onderlinge samenhang worden ontworpen.

Figuur 3.6

Overzicht van ontwerpstappen tijdens ontwerpfase 4: detailontwerp.



Zoals uit het bovenstaande overzicht blijkt is het detailontwerp zeer divers. Er zijn dan ook veel methoden en technieken die in een detailontwerp kunnen worden toegepast.

De werkwijze is (als in het hele ontwerpproces) iteratief en per iteratiestap van globaal naar detail: eerst de lay-out in samenhang met de werkomgeving dan de werkplekinrichting en de keuze of het ontwerp van hulpmiddelen. Daarna worden zonodig bijstellingen aangebracht, beginnend bij de lay-out en werkomgeving. Tijdens het detailontwerp kan het nodig zijn nogmaals een gedetailleerde taakallocatie uit te voeren. Hierbij wordt gedetailleerd bepaald welke handelingen door een mens en welke door een hulpmiddel of gereedschap worden uitgevoerd. Het Programma van Eisen is in deze fase vergaand uitgewerkt en heeft aan het begin een sturende functie en aan het eind een beoordelende functie. Ook in het detailontwerp geldt dat de eisen die aan de taakuitvoering worden gesteld worden meegenomen en afgewogen tegen ergonomische eisen. In de hoofdstukken 4 t/m 7 worden methoden en technieken voor het maken van een detailontwerp nader besproken.

Het maken van een detailontwerp zal bij elk van de uitgangssituaties (nieuwe produktielijn of fabriek, automatisering, oplossen van knelpunten) aan de orde zijn. Er zijn echter verschillen te onderkennen in het aantal onderwerpen waarop het detailontwerp betrekking heeft.

Zelf ontwerpen of kopen?

Een keuze die op verschillende momenten tijdens het ontwerpproces, maar vooral bij het detailontwerp gemaakt moet worden is of er gebruik kan worden gemaakt van op de markt verkrijgbare componenten of dat een eigen ontwerp gemaakt moet worden. De te volgen werkwijze is in beide gevallen ongeveer gelijk.

Het Programma van Eisen is bij het inkopen van componenten zowel een sturend (wat moet gekocht worden) als beoordelend (hoe kunnen alternatieven tegen elkaar worden afgewogen) van karakter. De ontwerpruimte bij kopen is in beginsel beperkt, de specificaties liggen doorgaans vast. Maar als het gaat om omvangrijke aanschaffen (zoals grote machines of complete instrumentatiesystemen) of bij grote aantallen (denk aan modernisering en vervanging van kantoortafels) dan is het vaak goed mogelijk modificaties te laten aanbrengen. Het is verstandig de mogelijkheden voor het aanbrengen van wijzigingen te onderzoeken en er zonnig gebruik van te maken.

Gebruikersinbreng

Ook tijdens het detailontwerp moet een gebruikersinbreng worden gerealiseerd. Afhankelijk van het soort ontwerp kan men bijvoorbeeld gebruik maken van ontwerphulpmiddelen als mock-ups, simulaties en prototypen. Deze hulpmiddelen hebben als nevendoeel het betrekken van gebruikers in het ontwerp.

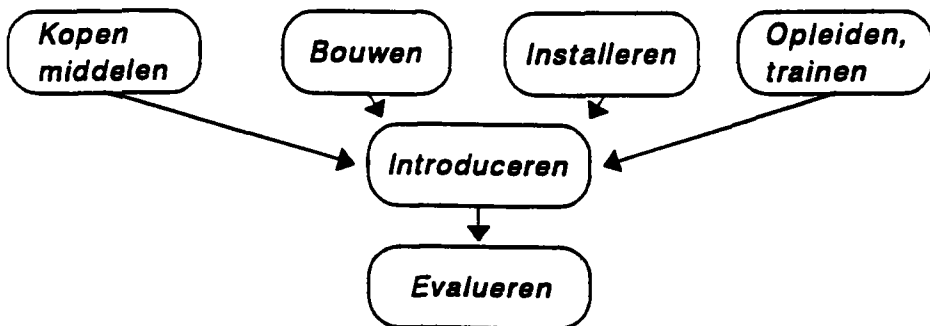
Doel van het realiseren van een gebruikersinbreng in dit stadium kan zijn:

- toetsen van het gemaakte ontwerp aan eisen met betrekking tot effectiviteit en efficiency, taakuitvoerbaarheid en VGW-risico's;
- verbeteren van het ontwerp aan de hand van suggesties van verschillende groepen van gebruikers;
- vergroten van de betrokkenheid van de gebruikers bij het ontwerp, waardoor de acceptatie gemakkelijker kan verlopen;
- betrokkenheid bij training en/of opleiding.

3.6 Fase 5: Bouw, implementatie en evaluatie

Het ontwerpproces is na het gereedkomen van de laatste tekeningen en bestekken nog geenszins afgelopen. Tijdens de bouw, implementatie en evaluatie is nog ergonomische inspanning nodig en worden nog wijzigingen in het ontwerp aangebracht [10]. Figuur 3.7 geeft daarvan een overzicht.

Figuur 3.7 Overzicht van activiteiten gedurende bouw, implementatie en evaluatie.



Bouw

Tijdens de bouw is de inspanning voor ergonomie lager dan in andere fasen (zie figuur 2.4). Niettemin blijft toch een ergonomische inbreng nodig om ervoor te zorgen dat het ontwerp conform de plannen wordt gebouwd. Het is niet mogelijk alle details van een ontwerp te specificeren. Tijdens de bouw moeten dan nog keuzes omtrent de uitvoering gemaakt worden, of onverwachte problemen worden opgelost. In de praktijk komt het wel voor dat afwijkingen ontstaan die ongunstig kunnen uitpakken, bijvoorbeeld doordat de constructeur (onbedoeld) verkeerde materialen kiest of wijzigingen aanbrengt.

De beste manier om dit te voorkomen is bij de uitvoering betrokken te blijven en het ontwerp met de constructeurs door te spreken en bouwtekeningen of bestekken te beoordelen.

Implementatie

Een ergonomisch goed ontwerp zal pas het gewenste effect hebben als het goed gebruikt wordt. Veelal zal een andere werkwijze nodig zijn, soms zijn er nieuwe mogelijkheden (denk aan softwareprogramma's waarbij de mogelijkheden sterk zijn uitgebreid) waarvan de gebruiker niet weet dat ze bestaan. Een zorgvuldige implementatie en documentatie waarin opleidingen en trainingen zijn opgenomen, is nodig om problemen te voorkomen. Een overzicht van punten waarmee rekening gehouden moet worden is gegeven in tabel 3.9.

Tabel 3.9 Checklist voor de implementatie van een nieuw ontwerp.

ja	nee	Aandachtspunten
0	0	Is gezorgd voor een trainings- of opleidingsprogramma?
0	0	Zijn gebruikshandleidingen of handboeken beschikbaar?
0	0	Is het ontwerp getest?
0	0	Is een evaluatie gepland?

Evaluatie

Het uitvoeren van een evaluatie is een laatste toets van het ontwerp. Een evaluatie biedt de gelegenheid de kinderziekten uit het ontwerp weg te nemen. Een goede mogelijkheid om het ontwerp te toetsen is het (desgewenst in afgeslankte vorm) herhalen van het onderzoek dat in de analyse- en onderzoeksfase is uitgevoerd. Op die manier kan een goed zicht op de verbeteringen worden verkregen. Gesprekken met gebruikers, waarin dezen hun ervaringen aangeven en suggesties voor verbeteringen leveren, vormen hierop een goede aanvulling. Een evaluatie kan aanleiding zijn het ontwerp bij te stellen.

3.7 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Roozenburg, N.F.M., Eekels, J. **Produktontwerpen, structuur en methoden.** Utrecht, Lemma, 1991.
- [2] Pot, F.D., Peeters, M.H.H., Amelsvoort, P. van, Middendorp, J. **Functieverbetering en integraal ontwerpen.** Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991. (S112)
- [3] Groep Sociotechniek. **Het flexibele bedrijf: integrale aanpak van flexibiliteit, beheersbaarheid, kwaliteit van de arbeid en productie-automatisering.** Deventer, Kluwer, 1986.
- [4] Clark, T.S., Corlett, E.N. **The ergonomics of workspaces and machines: A design manual.** London, Taylor & Francis. 1984.
- [5] Wilson, J.R., Corlett, N. **The evaluation of human work, a practical ergonomics methodology.** London, Taylor & Francis, 1990.
- [6] Kantowitz, B.H., Sorkin, R.D. **Allocation of functions.** In: Salvendy, G. (ed.). **Handbook of human factors.** New York, Wiley, 1987, p. 355-369.
- [7] Price, H.E. **The allocation of functions in systems.** *Human Factors* 27 (1987) 33-45
- [8] Voskamp, P. **Handboek Ergonomie, de stand van de ergonomie in de Arbo-wet.** Alphen aan den Rijn, Arbeidsinspectie, Samson, 1991.
- [9] Projectgroep WEBA. **Functieverbetering en organisatie van de arbeid.** Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989. (S71)
- [10] Dul, J., Weerdmeester, B.A. **Vademecum Ergonomie.** Deventer, Kluwer, 1991.

4. SUPERVISIE VAN TECHNISCHE PROCESSEN

4.1 Inleiding

4.1.1 Kader

Het bewaken en regelen van een technisch proces als een voortstuwingsinstallatie van een schip of een chemische procesinstallatie is voor de operators steeds meer een kwestie van bewaken en steeds minder van ingrijpen geworden. Zo heeft automatisering in de cockpit van vliegtuigen de grenzen van doelmatige en veilige taakuitvoering reeds lang bereikt. In de luchtvaart geldt niet meer de vraag of het technisch mogelijk is taken te automatiseren, maar in hoeverre dit dient te gebeuren met het oog op een veilige en doelmatige taakuitvoering. Ook in de procesindustrie is duidelijk geworden dat de bewakings- en regeltaken een verarming van de taakinhoud introduceren, waardoor de waakzaamheid en de motivatie van de operators vermindert.

Bewakings- en regeltaken komen op uitgebreide schaal voor. Er kan bijvoorbeeld ook gedacht worden aan het bewaken van computergestuurde machines en robots, besturing van logistieke processen in magazijnen en aan meldkamers van de verkeerspolitie. In alle gevallen ligt de nadruk van de taakinhoud niet op actief regelen maar op passief bewaken en voor een deel op beslissen. Dit heeft voor operators geleid tot een werksituatie die voor het grootste deel bestaat uit dodelijke verveling en in geringe mate uit dodelijke schrik. De ergonomie staat voor de uitdaging de voortgaande automatisering in balans te brengen met een doelmatige taakuitvoering en voldoende functie-inhoud. Een belangrijk aandachtspunt is de rol van de operator bij het beheersen van afwijkende procestoestanden, waarbij training, functie-inhoud en organisatie van het werk een steeds belangrijker element gaan vormen.

Het is hier niet de plaats om op de technische eigenschappen van procesinstallaties en automatische regelsystemen in te gaan. Het is voldoende aan te geven dat

voor routinematig gebruik van de installatie, de operator computergestuurde informatie over de toestand van het proces krijgt die via sensoren uit de installatie wordt afgeleid. Ingrepen verlopen veelal indirect. Zo wordt het verstellen van een handel in een signaal omgezet dat via een computerbewerking een regelstang in de installatie doet verschuiven. De presentatie van signalen en de bediening van regelmechanismen verlopen dus via een computergestuurde interface.

Voor niet routinematige situaties, zoals bij het starten, stoppen en bij alarmeringen dient de operator meestal actief op te treden. Operators dienen procedures te kennen om het start- en stopproces te kunnen uitvoeren en om de procesgang te bewaken en bij te regelen. Daarnaast dienen ze afwijkende procestoestanden te kunnen diagnostiseren. Kennis van de relaties tussen symptomen en oorzaken, en het gebruik kunnen maken van inzicht om alternatieve oorzaken van storingen te beredeneren (en te toetsen op juistheid) zijn hierbij onmisbare kwalificaties.

Dit hoofdstuk bestaat uit de volgende onderdelen:

- casebeschrijving (4.1.2);
- verkenning (4.2): structurering van de gebruikersinbreng;
- analyse en onderzoek (4.3): analyse van mens-machine taken;
- globaal ontwerp (4.4): allocatie van systeemfuncties, analyse van operator-activiteiten, prestatievoorspelling;
- detailontwerp (4.5): inrichting van de ruimte, werkplekinrichting, informatiepresentatie, geluid, klimaat en verlichting;
- bouw en implementatie (4.6): selectie, training en opleiding.

4.1.2 Case beschrijving

In de case wordt gevraagd voor de bewaking en regeling van electriciteitsopwekking door dieselgeneratoren en krachtopwekking door gasgeneratoren een werkplek, in het bijzonder de mens-machine interface, te ontwerpen. De opdrachtgever vereist zoveel mogelijk van automaten gebruik te maken.

De opdrachtgever specificceert bijna altijd onder welke omstandigheden het te ontwerpen mens-machine systeem dient te werken. De uitgangssituatie heeft het karakter van een nieuw ontwerp, maar de randvoorwaarden zijn stringent. Zo wordt in het hier geschetste geval door verschillende gebruikersgroepen elektriciteit van de generatoren over de gehele dag afgenomen. De totale elektriciteitsbehoefte wordt door de opdrachtgever bepaald. Uit rendementsoverwegingen worden vier generatoren noodzakelijk geacht om te voldoen aan de continue, maar frequent wisselende elektriciteitsbehoefte. Een extra generator is vereist voor bijzondere omstandigheden.

Diverse keren per etmaal zal een generator gestart en gestopt moeten kunnen worden. Bovendien dient de generator gebruikt te worden volgens de scenario's van de opdrachtgever onder kritische omstandigheden, zoals tijdsdruk.

Een scenario is een combinatie en volgorde van omstandigheden waaronder verwacht wordt dat een systeem zal functioneren en zal worden onderhouden. De doelstelling wordt dus gedefinieerd als de betrouwbare levering van energie en kracht op elk moment van de dag. De uit te voeren taken (door mensen en technische hulpmiddelen) zijn het regelen en bewaken van de betreffende technische processen. Ook het afhandelen van uitzonderingssituaties (zoals storingen) valt hieronder.

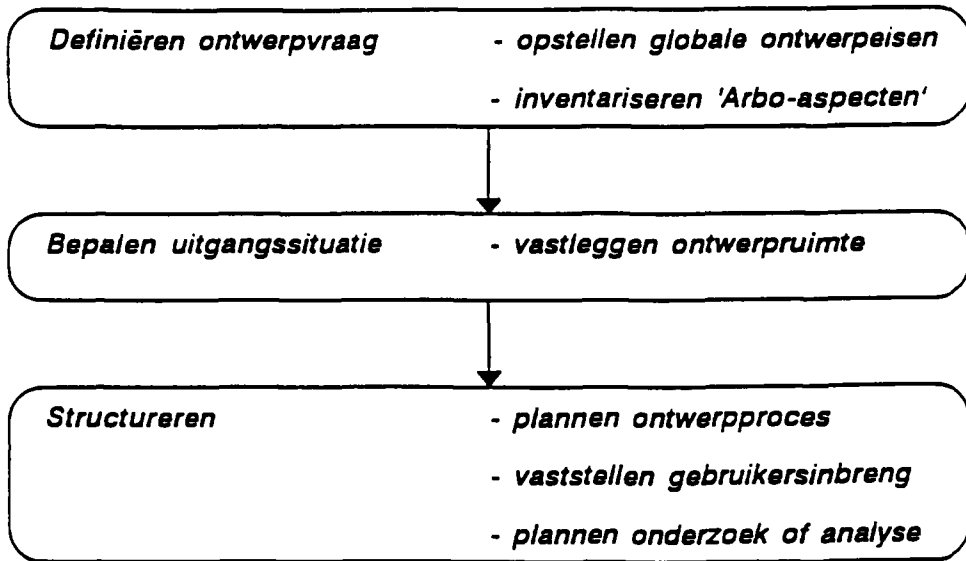
4.2 Verkenning

4.2.1 Inleiding

De verkenningsfase is vooral nodig om de werkwijze in het ontwerpproces op te stellen en hierover met verschillende betrokkenen afspraken te maken. Dit gebeurt op basis van een nadere definiëring van de ontwerpvrage (zie figuur 4.1). In dit hoofdstuk worden twee elementen van de verkenningsfase toegelicht. Dit zijn de samenstelling van het ontwerpteam en werkwijze (4.2.2) en de structurering van de gebruikersinbreng.

Figuur 4.1

Overzicht van ontwerpactiviteiten tijdens de verkenning.



4.2.2 Ontwerpteam en werkwijze

Het ontwerpproces is iteratief van aard. Veelal wordt een aantal ontwerpfasen onderscheiden (zie hoofdstuk 3). In de eerste ontwerpfasen wordt het grootste deel van de ontwerpbeslissingen genomen. Tijdens de bouw is de invloed doorgaans gering. Tenslotte kan het bij de beproeving noodzakelijk zijn ontwerpfouten te compenseren (zie figuur 2.4). In het ideale geval is van deze curatieve ergonomie geen sprake, maar in de praktijk is deze bijstelling vaak een redmiddel. Soms wordt de ergonoom gedwongen door selectie en training de mens aan een ontwerp aan te passen. Het is duidelijk dat al voor, maar ook tijdens, de globaal-ontwerp fase de noodzaak van onderzoek naar voren kan komen. Onderzoek wordt in deze fasen gedefinieerd op basis van haalbaarheidsstudies. In deze studies worden de gevolgen van mogelijke oplossingen voor verdelingen van systeemfuncties over mensen en machines geanalyseerd. In paragraaf 4.4 wordt aangegeven hoe deze alternatieve verdelingen van systeemfuncties in de globaal ontwerpfase geanalyseerd kunnen worden als tussentijdse evaluatie van het ontwerp. Hierbij wordt onder systeemfunctie verstaan het geheel van activiteiten (waarnemen, beslissen, handelen) gericht op het bereiken van een doel op korte

termijn. In de detailontwerpfase gaat het vooral om de precieze voorspelling van de mens-machine interactie om, zo kwantitatief mogelijk, alternatieve interfaces te vergelijken. Een voorbeeld hiervan wordt in paragraaf 4.5 gegeven.

Tenslotte wordt in een test tijdens de implementatiefase geverifieerd of de voorspelde prestaties gehaald worden en tijdens het gebruik wordt de taakuitvoering geanalyseerd ten behoeve van volgende ontwerpen.

Voor de inrichting van regel- en bewakingsruimten, dienen in het algemeen eerst de doelstelling en de te vervullen mens- en machinetaken geanalyseerd te worden. Aan de hand van beschrijvingen van scenario's wordt vervolgens een indruk verkregen van het toepassingsbereik van het te ontwerpen mens-machine systeem en worden mogelijke allocaties van systeemfuncties kwalitatief afgewogen.

Daarna volgt een schatting hoe het systeem kan functioneren, gegeven de menselijke en technologische mogelijkheden en de randvoorwaarden. Zo kan in een vroeg stadium van het ontwerpproject al een overheersende gedachte bestaan om bepaalde taken door automaten te laten uitvoeren. Het antwoord op de vraag of dit mogelijk is leidt in de onderzoeks- en analysefase tot het al dan niet bijstellen van de uitgangspunten. Een oordeel over het verwachte functioneren van het systeem kan nog slechts worden gegeven in kwalitatieve termen volgens de criteria doelmatigheid en veiligheid. Volgens deze lijnen ontwikkelt het ontwerpproces zich van globaal naar gedetailleerd en van functionele eisen naar concrete realisatie.

Voorbeeld

Met de opdrachtgever werd een ontwerpgroep samengesteld waarin een ergonoom, verantwoordelijken van de technische systemen, gebruikers, en de vertegenwoordiger van de opdrachtgever zitting hadden.

De genoemde systeemfuncties werden door deze groep uiteengerfeld tot de kleinst denkbare subfuncties die duidelijk aan een mens of machine zouden kunnen worden toegewezen. Per subfunctie werd vastgesteld welke informatiebehoefte bestond, welke processen van informatieverwerking relevant waren, welke activiteiten voor regelen

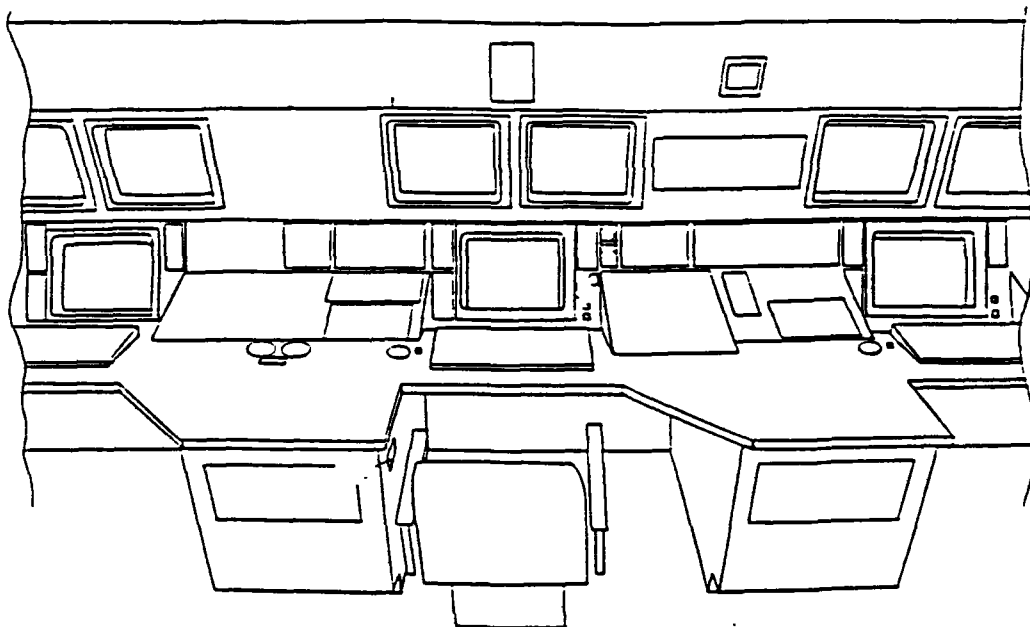
en bewaken hiermee verbonden waren, en volgens welke criteria de systeemfuncties vervuld dienden te worden.

Vervolgens werden de subfuncties toegewezen aan mens en automaat en werd onder andere op grond van modelsimulatie bepaald hoe alternatieve allocaties van systeemfuncties, de systeemprestatie en de werklust van operators beïnvloedden. Op grond van deze uitkomsten en op technische argumenten werd besloten dat de dieselgeneratoren automatisch bewaakt konden worden. Het start en stop-proces van de gasgenerator zou door een operator uitgevoerd moeten worden. Voor de bewaking, en de regeling van de gasgenerator bij afwijkende procestoestanden, dienden installatiedelen in detail bestudeerd te kunnen worden. Voor de uitvoering hiervan werd de ontwikkeling van een informatieverwerkend systeem afgewogen tegen het diagnostiseren van afwijkende procestoestanden met behulp van handboeken en tekeningen. Alleen al op grond van snelle beschikbaarheid van gegevens werd de voorkeur gegeven aan de computer voor de presentatie van processchema's op beeldschermen, waarbij de intelligentie van de diagnose aan de operator werd overgelaten wegens gebrek aan adequate diagnose ondersteunende systemen. Omdat de snelheid van diagnose in het bewakingsproces kritisch leek, werd door middel van simulatie nagegaan hoe aan de informatiepresentatie op beeldschermen vorm moest worden gegeven. Daarmee werden tevens werkwijzen voor de operator vastgelegd. De taakinhoud werd voldoende rijk geacht omdat de operator bij een tijdsbeslag van 50% in normale situaties met processen van diverse aard te maken heeft. Bovendien is de persoonlijke verantwoordelijkheid groot en er is ruim contact mogelijk met anderen. Voor moeilijke situaties is de hulp van een hoger opgeleide operator op te roepen.

Met deze uitgangspunten en de technische mogelijkheden voor realisatie werd een werkplek ontworpen waarin een operator met beeldschermen en een informatiewerkend systeem de regel- en bewakingsfunctie kan vervullen (zie figuur 4.2).

Figuur 4.2

Voorbeeld met behulp van een mock-up van een bedieningsconsole, tot stand gebracht (bron: TNO/IZF).



Deze werkplek werd met een mock-up getoetst voor wat betreft de antropometrie van de gebruikersgroep, de functionele groepering van instrumenten, de afleesbaarheid van aanwijsinstrumenten, en de bereikbaarheid van bedieningsorganen. Aan kritische scenario's, zoals brandbestrijding, werd bijzondere aandacht besteed door na te gaan hoe de interactie tussen operator en informatieverwerkend systeem diende te verlopen. De ruimte-inrichting werd beoordeeld op functionele relaties tussen operators op de diverse werkplekken.

Tenslotte werd op grond van het onderzoek naar de werkwijze van operators bij diagnosetaken, aanbevolen operators te trainen voor het beheersen van afwijkende procestoestanden. De studie resulteerde in specificaties voor de werkplek, werkruimte en de interface.

4.2.3 Structurering van de gebruikersinbreng

Op verschillende momenten tijdens het ontwerpproces dient het personeel betrokken te worden bij de inrichting van de ruimte en de taak. Zeker uit een oog-

punt van motivatie is dat nuttig. De inbreng van deskundigheid is echter niet steeds gegarandeerd. Zo kan het voor personeel dat aan een oud systeem gewend is, vrijwel onmogelijk zijn zich te verplaatsen in de mogelijkheden van een nieuw systeem. Veelal is men zich niet bewust hoezeer men het regel- en bewakingsgedrag heeft aangepast aan de oude situatie, en heeft men sterk de neiging het oude gedrag te projecteren op de nieuwe situatie, waardoor nieuwe mogelijkheden onbenut blijven. Een ander nadeel inzake de ervaringen van personeel betreft het idee dat men zich van de taak gevormd heeft. Operators hebben een goede voorstelling van de "gemiddelde" taak in de oude situatie. Zonder simulatie is het vrijwel niet mogelijk zich voor te stellen hoe de "gemiddelde" en de "extreme" taak in de nieuwe situatie er uit zal zien. Het is een nadeel dat vooral in de beginfase van een ontwerp verbeteringen in de doelmatigheid en de veiligheid van de taakuitvoering door gebruikers soms onderschat worden.

Voorbeeld

In het hier behandelde hypothetische proces van elektriciteit en kracht-opwekking waren gebruikers van of het begin in het ontwerpteam vertegenwoordigd. Dit had vooral waarde voor de realistische schets van scenario's en de melding van anekdotische gebeurtenissen van (bijna) ongevallen. Vervolgens werd aan operators gevraagd door middel van de mock-up de werkplek te beoordelen aan de hand van een taakuitvoering die door eerder beschreven scenario's werd opgelegd (draaiboek). Hieruit volgden verbeteringen voor de werkplekinrichting. Tenslotte nam een representatieve groep gebruikers deel als proefpersonen aan enkele simulatie-experimenten om de effectiviteit van de interface te beoordelen.

4.3 Analyse- en onderzoek

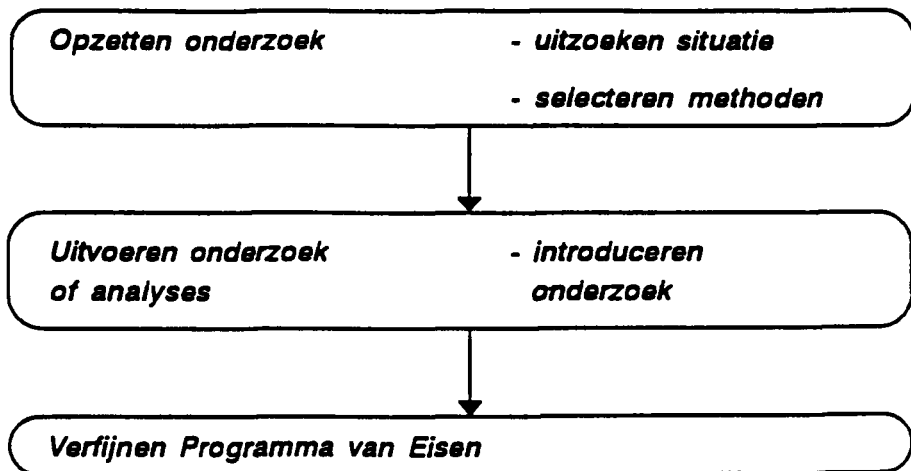
4.3.1 Inleiding

Elke ontwerpstep wordt gevolgd door een toetsing aan de doelstellingen en de mogelijke vervulling van de systeemfuncties. Voor deze toetsing staat een aantal analysetechnieken ter beschikking die als volgt kunnen worden samengevat:

In eerste instantie worden systeemfuncties uiteengerafeld tot subfuncties die met zekerheid aan een mens of aan een machine kunnen worden toegewezen. Voor deze techniek is onder andere software beschikbaar. De analyse levert een (tijd)volgorde van functies waarmee de doelstelling vervuld kan worden.

Een meer gedetailleerde taakanalyse maakt duidelijk hoe de interactie tussen mens en machine gaat verlopen. De resultaten leveren volgorden en paralleliteiten van perceptief, motorische en cognitieve activiteiten [1 t/m 5] op.

Figuur 4.3 Overzicht van activiteiten tijdens analyse- en onderzoeksfasen.



4.3.2 Analyse van mens- en machine taken

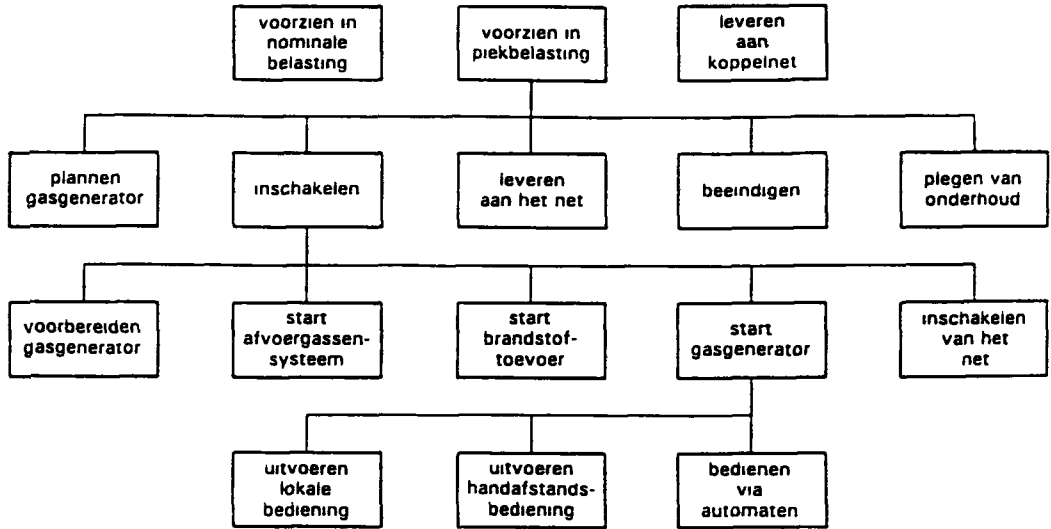
Bij het ontwerp van mens/machine systemen worden eerst op basis van de doelstelling van het systeem en aan de hand van scenario's de te vervullen systeemfuncties onderscheiden. Iedere systeemfunctie kan worden opgevat als een samenstel van activiteiten die op een bepaald hiërarchisch niveau worden afgeleid. Zo zijn systeemfuncties die direct uit de primaire doelstellingen worden ontleend nog erg globaal gedefinieerd. Dit zijn de functies op het hoogste niveau. Elke functie kan weer worden ontleend (decompositie) in verschillende subfuncties op het eerste niveau. Hiermee wordt doorgedaan tot op het niveau waarop de kleinst denkbare functie aan een mens of een machine kan worden toegewezen. In het algemeen zal men ter wille van de overzichtelijkheid niet meer dan 4 à 5 niveaus onderscheiden.

Voorbeeld

Wordt deze techniek toegepast ten behoeve van de regel- en bewakingsruimte in de geschetste bewakingsruimte, dan worden op het hoogste niveau functies onderscheiden die direct uit de doelstelling zijn af te leiden, zoals: "voorzien in nominale belasting", "voorzien in piekbelasting", "leveren aan koppelnet". In figuur 4.4 is een functiedecompositie over vier niveaus weergegeven, waarbij één functie nader is uitgewerkt.

Figuur 4.4

Voorbeeld van een functiedecompositie op vier niveaus. Eén basisfunctie is nader uitgewerkt (bron: TNO/IZF).



4.4 Globaal ontwerp

4.4.1 Inleiding

Bij de allocatie van systeemfuncties worden de systeemfuncties aan mensen en machines toegewezen. In kwalitatieve zin zijn er gegevens beschikbaar die de volgende aspecten behandelen:

- toetsing van de toegewezen taken op menselijke psychologische capaciteiten;
- toetsing met betrekking tot randvoorwaarden voor het systeem en de systeemfuncties;
- toetsing met betrekking tot menselijke betrouwbaarheid;
- toetsing met betrekking tot de taakhoud van de individuele werknemer;
- toetsing met betrekking tot de antropometrische gegevens.

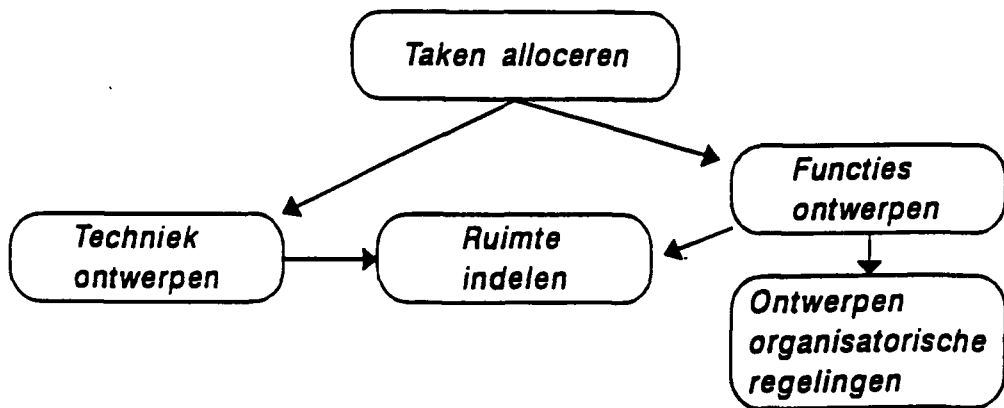
Deze toetsing kan op empirische wijze (met behulp van mock-ups of simulator) of analytisch worden uitgevoerd. Het gebruik van mock-ups en simulatie-experi-

menten levert concrete kwantitatieve gegevens op over taakuitvoering, vooral in termen van nauwkeurigheid van de systeemprestatie, de mentale belasting van de operators en het gebruik van de middelen. De analytische methode is globaal van aard, maar goed bruikbaar in de globale ontwerpfase.

Met de prestatie-voorspelling wordt door middel van analytische technieken of simulatie het effect van werkplekken met alternatieve allocaties van systeemfuncties op de mentale belasting en de systeemprestatie bepaald. Een overzicht van de activiteiten wordt gegeven in figuur 4.5

Figuur 4.5

Overzicht van activiteiten tijdens het globaal ontwerp.



4.4.2 Allocatie van systeemfuncties en prestatievoorspelling

Het toewijzen van systeemfuncties aan mens of machine is één van de belangrijkste fasen van het ontwerpproces. Daarbij wordt gestreefd naar optimale prestatie van het mens/machine systeem bij zo goed mogelijke werkomstandigheden. Toewijzing op basis van simulatie is een techniek waarbij kritische en andere relevante scenario's worden geanalyseerd door middel van wiskundige modellen. Van iedere systeemfunctie wordt vastgesteld welke activiteiten worden uitgevoerd, met welke middelen, door wie, gedurende welke tijd en onder welke

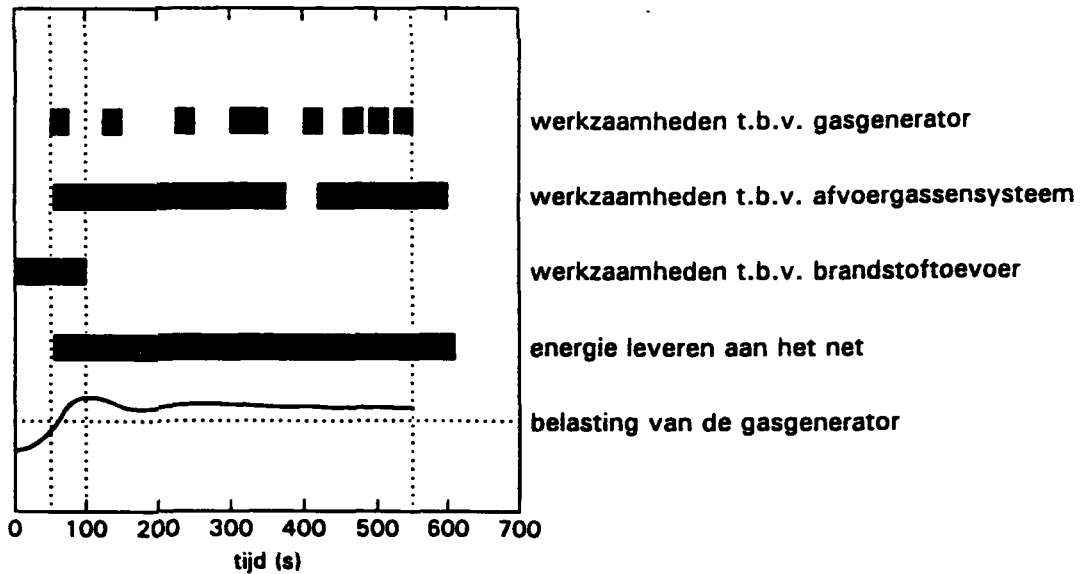
omstandigheden. Door deze systeemfuncties te implementeren in een computersysteem met behulp van wiskundige modellen kan door berekening worden bepaald hoe groot de invloed van operatoractiviteiten en systeemp parameters is op de uiteindelijke prestatie van het mens/machine systeem. Door het uitvoeren van herhaalde berekeningen kan statistische informatie worden verkregen van de afhankelijke variabelen als operator werklust, procedureverloop en proceduretijd. Via een van te voren gekozen prestatiecriteria kan de optimale werkverdeling tussen mens en automaat bij benadering worden vastgesteld [7].

Wat betreft de bedienings- en bewakingstaken in de bewakingsruimte worden aan de hand van scenario's de activiteiten en volgordecondities vastgelegd in een netwerkmodel. Dit is het zogenaamde discrete gedeelte van het model. Het continue deel van het model beschrijft de relevante processen die voortdurend met de tijd veranderen. Voorbeelden hiervan zijn de dynamische karakteristieken van dieselgenerator, gasgenerator, afvoergassensysteem en brandstoftoevoersysteem. De modelberekeningen worden uitgevoerd voor verschillende bedieningscondities.

Een voorbeeld van resultaten van de modelberekeningen is weergegeven in figuur 4.6. De figuur laat de perioden zien waarin de operator een bepaalde activiteit uitvoert. Het effect van deze activiteiten komt tot uiting in de systeemprestatie; hier uitgezet als de belasting van de gasgenerator. Gezien de complexiteit van het inschakelproces en de eis om bij afwijkingen van een automaat onmiddellijk te kunnen ingrijpen werd besloten het start/stop systeem van de gasgenerator voor wat betreft de belangrijkste beslissingen door een operator te laten uitvoeren.

Figuur 4.6

Voorbeeld van resultaten uit een modelsimulatie in de startfase. De figuur toont een tijdlijnregistratie van de verschillende werkzaamheden en het verloop van de belasting van de gasgenerator in de tijd (bron: TNO/IZF).



4.4.3 Analyse van de activiteiten van de operator

Door analyse van kritisch relevante scenario's kan worden vastgesteld of de taakuitvoering van operators in een bepaalde werkomgeving optimaal is. Dit berust op het nauwkeurig en stapsgewijs beschrijven van dergelijke scenario's als functie van de tijd. Operatoractiviteiten worden bijvoorbeeld verdeeld in de categorieën waarnemen, verwerken/beslissen en handelen.

Indien volgens het scenario geen activiteiten van de operator worden gevraagd dan wordt deze geacht in rust te verkeren. In de praktijk zal de operator in deze rustperiodes bezig zijn met activiteiten die niet rechtstreeks verbonden zijn met de afhandeling van calamiteiten, bijvoorbeeld het bespreken van de situatie met derden. Daarnaast fungeert deze tijd als reservetijd die gebruikt kan worden voor het oplossen van andere problemen indien die zich voordoen.

Van de belangrijkste taken dient in een aparte deelanalyse te worden bepaald hoeveel tijd nodig zou zijn voor de uitvoering. Daarin worden een minimaal benodigde tijd (een snel werkende operator die alle deelhandelingen in minimale tijd verricht), een gemiddeld benodigde tijd en een maximaal benodigde tijd (een

minder snel werkende operator die bovendien moet zoeken naar het juiste processchema) vastgesteld.

De volledige scenariogegevens worden beschreven met een Activiteiten Volgorde Diagram (Operational Sequence Diagram, OSD). Daarin wordt op elk tijdstip vastgelegd met welke activiteit de operator bezig is. De tijdas met activiteiten kan worden berekend en vervolgens worden vergeleken met de tijdas van het oorspronkelijke scenario. Voorsprong en achterstand in tijd geven aan in hoeverre de operator in staat is het scenario te volgen.

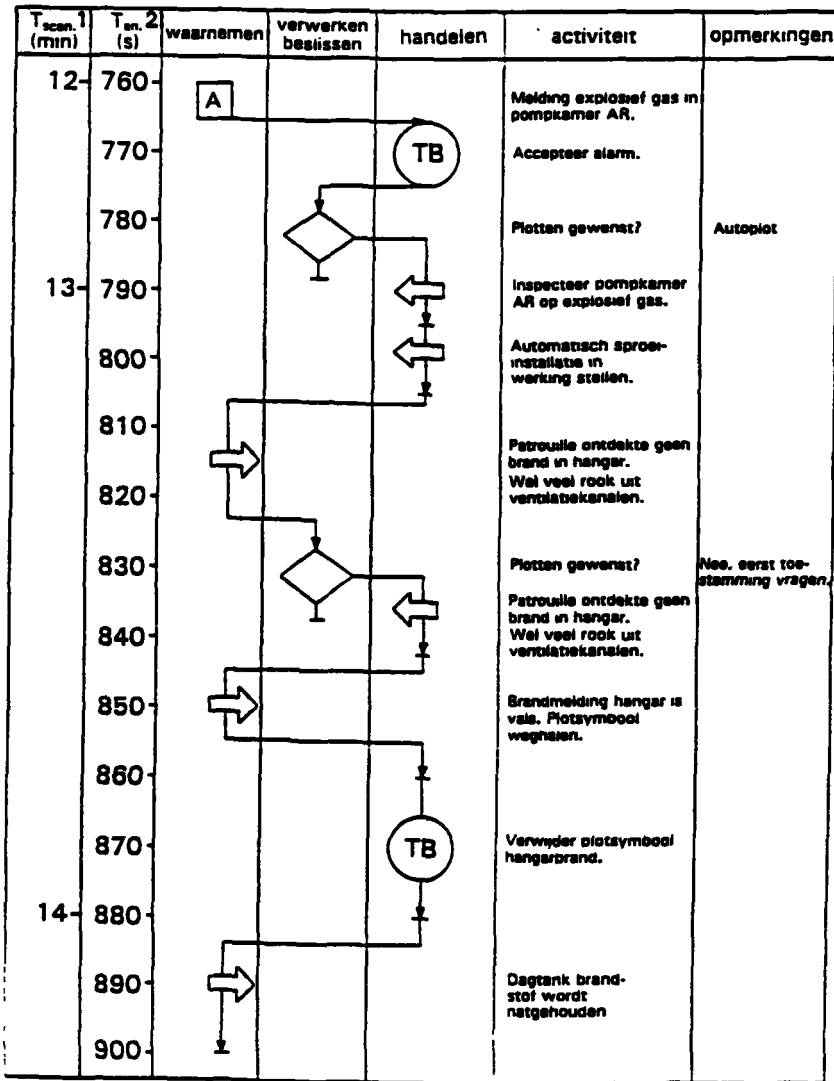
Voorbeeld

Wat betreft de regel- en bewakingsruimte in de electriciteitscentrale wordt een scenario geanalyseerd waarin een brand werd bestreden in de ruimte waar de dieselgeneratoren zijn opgesteld. Het oorspronkelijke scenario was opgesteld door de Bedrijfsveiligheidsdienst en werd geacht tijdkritisch te zijn gezien mogelijke overslag van de brand naar lokaties waar brandstoftanks zijn opgesteld. Het OSD van het geanalyseerde scenario werd opgesteld (zie ook figuur 4.7) en vervolgens doorgerekend.

De resultaten van de analyse zijn weergegeven in figuur 4.8. Daarin is te zien dat aan het eind van het calamiteitenscenario een gemiddelde operator ongeveer 3,5 minuten achterstand heeft opgelopen ten opzichte van het oorspronkelijke scenario. Deze achterstand werd voornamelijk opgelopen in de vijftiende minuut. Op dit tijdstip vindt namelijk een opeenhoping van activiteiten plaats die een te groot beroep doen op de operator. Voorgesteld werd het gebruikersinterface op dat gebied te verbeteren.

Figuur 4.7

Gedeelte van het Activiteiten Volgorde Diagram (OSD = Operational Sequence Diagram) van het calamiteitenscenario met een verklaring van de gebruikte symbolen (bron: IZF/TNO).



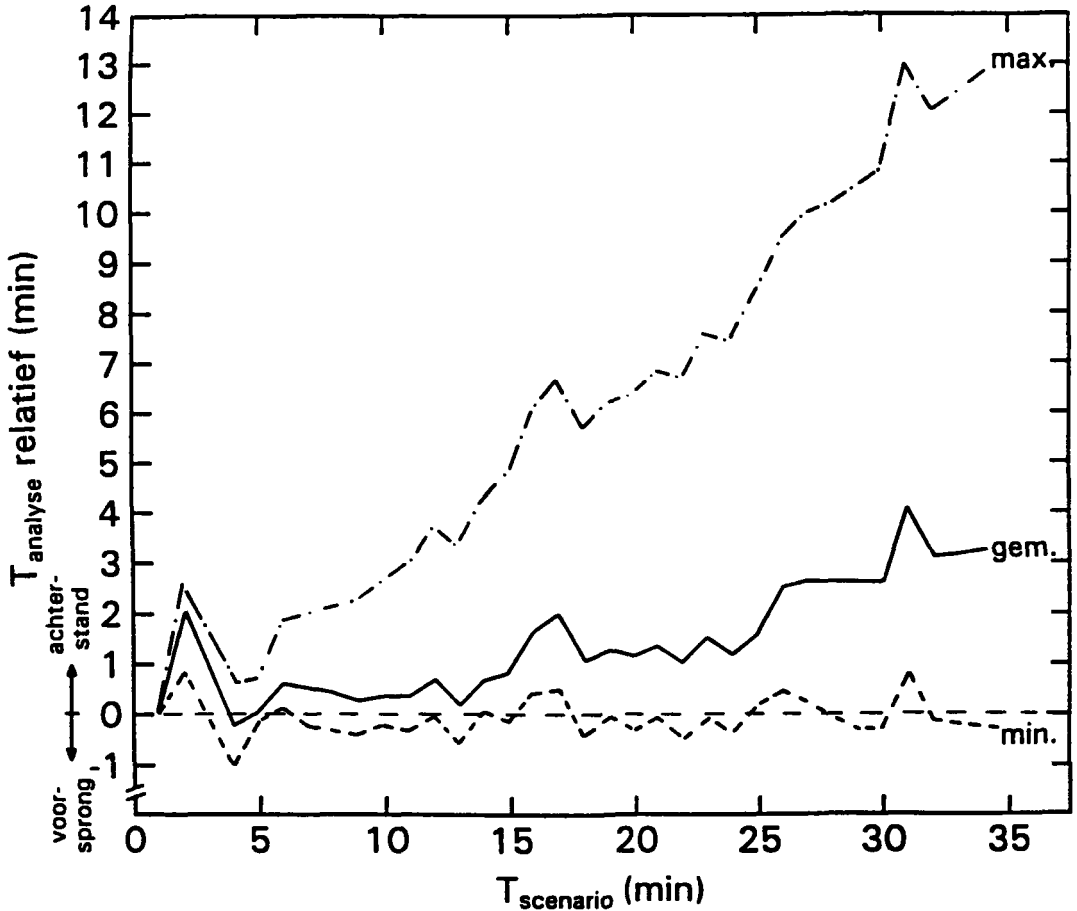
Verklaring:

- 1) Oorspronkelijk scenario
T (min)
- 2) Analyse scenario
T (s)



Figuur 4.8

Voorsprong en achterstand in de taakuitvoering van de operator ten opzichte van de tijdas bij de drie scenario's (bron: TNO/IZF).



4.4.4 Functie-inhoud van procesoperators

Functies van operators worden, zoals gezegd, vaak gekenmerkt door een onevenwichtige samenstelling. Een groot deel van de tijd wordt een beroep gedaan op de waakzaamheid en slechts gedurende korte tijd zijn er uitvoerende of ondersteunende taken te vervullen. Bij het ontwerpen van functies zijn er twee opties:

1. Kiezen van een geschikt automatiseringsniveau.

De keuze van het automatiseringsniveau bepaalt in welke (plannings-, bewakings-, en regel)taken door operators worden uitgevoerd. Het kan gunstig zijn bepaalde taken (denk aan planning en optimalisering) door operators te laten uitvoeren [8].

2. Toevoegen van ondersteunende taken.

In veel gevallen maakt men onderscheid tussen veld-operators (die doorgaans werkzaamheden nabij de installatie uitvoeren) en controlekamer-operators. Een combinatie van beide functies heeft een positieve invloed op de functie-inhoud. Men kan ook overwegen bepaalde vormen van onderhoud door operators te laten uitvoeren [8].

4.5 Detailontwerp

4.5.1 Inleiding

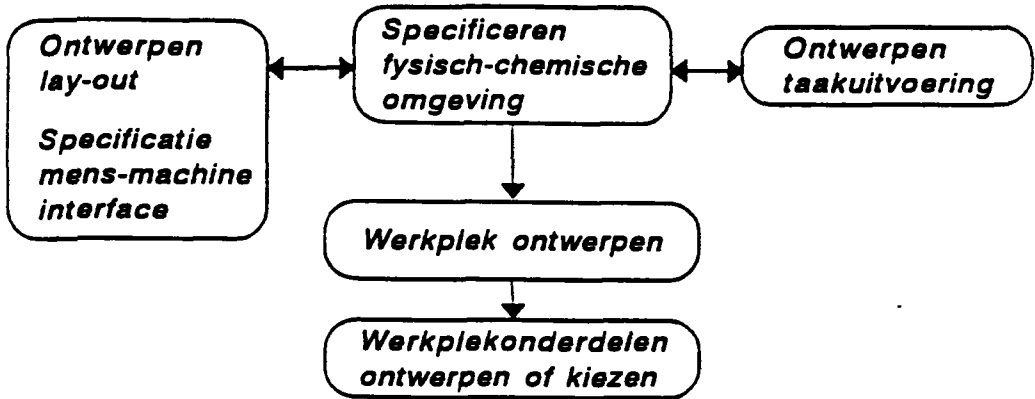
Naarmate het proces van ontwerpen zich ontwikkelt van globaal naar gedetailleerd en van functionele eisen naar concrete realisatie, wordt het belangrijker de uitgangspunten die werden vastgesteld nauwkeuriger te beschouwen. Een regel voor het ontwerpen van werkplekken wordt daarom nogmaals in herinnering geroepen:

- plan eerst het geheel, daarna de details;
- plan het ideaal, daarna het realistische;
- doorloop de ontwerpfasen iteratief, van globaal naar detail;
- definieer de systeemdoelstelling en de systeemfuncties;
- ontwerp de werkplek en de ruimte-inrichting op basis van te vervullen functies;

Het detailontwerp kan dus slechts als een invulling, een logische consequentie van voorgaande ontwerpstappen, worden opgevat (zie ook figuur 4.9). De ruimte-inrichting en de paneelinrichting volgt letterlijk de functionaliteit van de taakuitvoering van de operator per werkplek en van de operator per ruimte.

Figuur 4.9

Overzicht van activiteiten tijdens het detailontwerp.



4.5.2 Inrichting van de ruimte

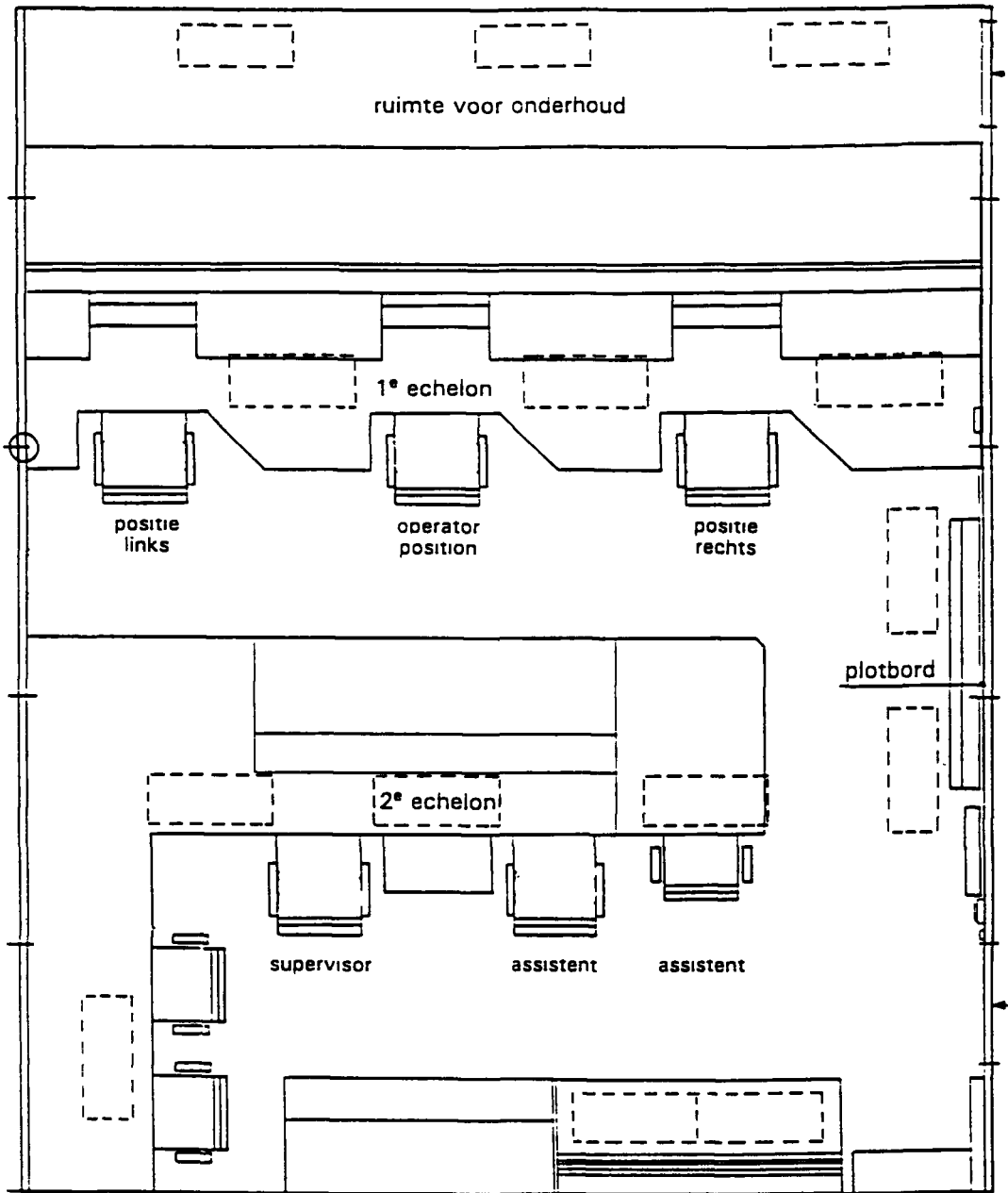
Naast de functionele eisen die uit de voorgaande ontwerpstappen kunnen worden afgeleid, zoals het aantal operators en supervisors met de bijbehorende apparatuur, zullen mensen en middelen op basis van functionele relaties een plaats in de ruimte dienen te krijgen. Hierbij wordt in het algemeen met het belang en de frequentie van de relatie rekening gehouden. Zo kunnen matrices van functionele relaties tussen functionarissen onderling, apparaten onderling en functionaris/apparaat worden opgesteld (zie paragraaf 6.4.4). Bij de ruimte-inrichting dient voorts met looppaden, vluchtroutes en ruimte voor onderhoud rekening te worden gehouden.

Voorbeeld

In een bewakingsruimte van een technische installatie (zie figuur 4.10) bevinden zich twee rijen consoles. Op de eerste rij (1e echelon) bevindt zich de operator (OP). De operator in het midden bewaakt en regelt de gasturbines. Voor bijzondere situaties bedient een operator (L) links de elektriciteitsvoorziening en rechts kan een operator (R) voor afhandeling van eventuele calamiteiten plaatsnemen. De rij consoles in het midden (2e echelon) wordt bemand door een supervisor die in bijzondere gevallen wordt bijgestaan door assistenten. De apparatuur wordt vanaf de achterzijde onderhouden via de technische ruimte.

Figuur 4.10

Plattegrond van de werkruimte (bron: TNO/IZF).



4.5.3 Werkplek¹

Opstelling beeldschermen

Vaak moeten meerdere beeldschermen door een operator vanaf één positie worden waargenomen. Daarbij moet worden gekozen uit een opstelling met beeldschermen boven- of naast elkaar, of een combinatie daarvan. Meestal wordt in meet- en regelkamers gekozen voor een opstelling met schermen naast elkaar, mede omdat meestal zicht vereist is op een wandpaneel en vanwege visueel contact met collega's. Voor een dergelijke opstelling geldt de richtlijn dat de beeldschermen loodrecht op de kijkrichting geplaatst moeten worden. Wanneer dat niet mogelijk is (bijvoorbeeld omdat dan de ruimte voor plaatsing van toetsenborden onvoldoende is), dienen de schermen zo min mogelijk bolling te vertonen. Daarnaast dienen, vanwege de schuine kijkhoek, zowel de karakters als de spatie tussen de karakters breder te zijn dan gangbaar. Richtlijnen voor de afmetingen van tekens worden in NEN 3002 en in verschillende handboeken gegeven [6].

Consolevorm

Bij het vormgeven van de console gelden de volgende uitgangspunten:

- in verband met het aflezen en bedienen van de beeldschermen dient de console primair geschikt te zijn voor zittende bediening;
- de gemiddelde lengte van de Nederlandse man bedraagt 1820 mm. De geschatte gemiddelde lengte van de Nederlandse vrouwen bedraagt 1680 mm;
- het verstelbereik van de stoel dient zodanig te zijn dat zowel korte als lange gebruikers in een goede werkhouding kunnen zitten. Hieronder wordt verstaan dat de onder- en bovenarmen een vrijwel rechte hoek met elkaar vormen en de ellebogen zich boven het toetsenbord bevinden. Deze houding kan alleen worden volgehouden als adequate voetafsteuning mogelijk is, er voldoende beenruimte beschikbaar is en de stoel voldoende mogelijkheden biedt voor houdingsvariatie.

¹Richtlijnen t.a.v. de ergonomie van procesregelruimten zijn opgenomen in ref. [10].

- de beeldschermen dienen centraal in het gezichtsveld van de operator te worden geplaatst, zodanig dat ongewenste kijkhoeken vermeden worden;
- de hoeken waaronder de beeldschermen in de console worden geplaatst dienen te worden afgestemd met de plaats van de verlichtingsarmaturen om hinderlijke spiegelingen te voorkomen (zie ook par. 4.5.2);
- een aantal directe bedieningen (functies in geval van nood, zoals stoppen gastoevoer en ventilatie; en ook communicatiemiddelen) dienen onder handbereik geplaatst te worden;
- op de lessenaar dient voldoende ruimte beschikbaar te zijn voor het verrichten van lees- en schrijfwerkzaamheden;
- per positie dient ruimte beschikbaar te zijn voor het opbergen van persoonlijke eigendommen en handboeken.

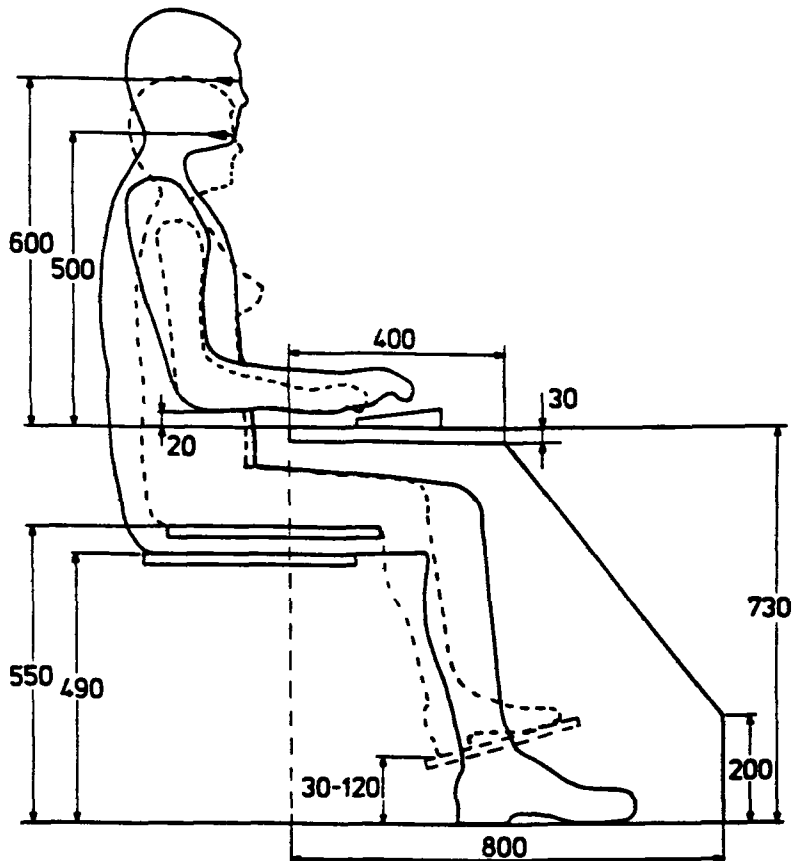
Realisatie van console en zitpositie

Op basis van de extremen van de populatie (1^e percentiel vrouw en 99^e percentiel man: voor toelichting zie hoofdstuk 7) is, uitgaande van de gewenste werkhouding, het vereiste verstelbereik van de stoel en de voetensteun bepaald, zoals aangegeven in figuur 4.11.

- de hoogte van het lessenaarblad en de diepte van de knie- en voetruimte worden bepaald door de lange gebruiker;
- ten behoeve van de korte gebruiker is een verstelbare voetensteun nodig;
- ten behoeve van beide extremen dient de stoel in hoogte versteld te kunnen worden over tenminste het in de figuur opgegeven traject.
- bij alle gebruikers is de ruimte tussen bovenkant dijbeen en onderkant elleboog gering (maximaal 70 mm) en bovendien bestaan er ten aanzien van die maat tamelijk grote onderlinge verschillen. Gebaseerd op de gewenste lichaamshouding dient de dikte van het lessenaarblad niet meer dan 30 mm te bedragen.

Figuur 4.11

Gewenste zithouding en werkplekmaten voor respectievelijk een kleine vrouw en een lange man (bron: TNO/IZF).



4.5.4 Informatiepresentatie op beeldschermen

Door het gebruik van geavanceerde computersystemen is de noodzaak van grote panelen voor bediening en bewaking van complexe processen sterk verminderd. Met interactieve grafische werkstations kunnen beelden snel worden opgeroepen en kunnen dynamische aspecten van het proces adequaat worden weergegeven. De beperkte grootte en resolutie van het beeldscherm bepalen onder andere de randvoorwaarden voor het gebruik.

Bij het ontwerp van een computerondersteund bedienings- en bewakingsysteem worden verschillende overwegingen gemaakt. Processchema's moeten altijd snel

oproepbaar zijn. De detaillering van de gepresenteerde afbeeldingen en de uitgebreidheid van de gegevensmanipulatie hangen af van de doelstellingen en het opleidingsniveau van de gebruiker. Zo heeft het hoofd van het team operators behoefte aan een goed overzicht van de situatie voor het nemen van correcte beslissingen en kan met eenvoudige manipulatie volstaan. Een operator daarentegen gebruikt meer gedetailleerde informatie en heeft uitgebreide manipulatie. Het moet daarom mogelijk zijn de informatie in verschillende stappen van detaillering te kunnen presenteren. Daartoe worden verschillende niveaus onderscheiden. De operators dienen het overzicht over de gehele installatie te behouden. Daarbij kan een separaat overzichtspaneel noodzakelijk zijn. Een overzicht daarvan wordt gegeven in tabel 4.1.

De overgang tussen de niveaus gaat gepaard met schaalverandering. Dit moet echter kunnen worden uitgevoerd zonder dat de oriëntatie van de waarnemer verloren gaat. Dat geldt ook voor manipulatie op hetzelfde niveau. Uit bedieningseenvoud en ter voorkoming van fouten moet ernaar gestreefd worden de interactie zoveel mogelijk te laten verlopen via menuselectie, cursorbediening en programmeerbare toetsen.

Tabel 4.1

Overzicht van niveaus van informatiepresentatie (bron: TNO/IZF).

Niveaus	Informatie
Niveau 1: Overzicht	Op het beeldscherm verschijnt overzichtsinformatie voor het management. Deze informatie is eveneens bedoeld voor oriëntatie van de operators. Hier verschijnt een schematische afbeelding van de complete elektriciteitscentrale. Alarmeringen worden weergegeven als groepsalarm.
Niveau 2: Tussenniveau	Op het tussenniveau wordt informatie gepresenteerd afkomstig van verschillende gedeelten van de installatie. Zo is er een processchema van de dieselgenerator, van de gasgenerator, etc. Alarmeringen worden gepresenteerd als groepsalarm.
Niveau 3: Werkniveau	Op het beeldscherm verschijnt een gedetailleerd processchema van elke gewenste installatie. Het is mogelijk details nog verder te vergroten (zoom) en de afbeelding in horizontale en verticale richting te verplaatsen (scroll). Is er behoefte aan nog meer informatie, dan bestaat er de mogelijkheid handboeken en procedurebeschrijvingen van de betreffende installatie op te vragen. Alarmeringen zijn op dit niveau per sensor aangegeven.

Tijdens calamiteiten kan de werkdruk van de operator zeer hoog zijn. Een veelheid van, op zich eenvoudige, handelingen dient derhalve te worden vermeden.

Kleurgebruik

Wat betreft het kleurgebruik op de beeldschermen wordt onderscheid gemaakt tussen informatie die van primair belang is voor de taakuitvoering en informatie die van secundair belang is. Bij primaire informatie zijn drie categorieën te onderscheiden:

- a) informatie welke een (mogelijk) onveilige toestand aangeeft (rood)
- b) informatie waarop de operator moet worden geattendeerd (geel)
- c) overige informatie voor zover van betekenis voor de taakuitvoering (groen)

Een strikte toepassing van deze indeling zou leiden tot het gebruik van slechts een drietal kleuren. Het is echter mogelijk en voor de taakuitvoering ook wenselijk om tussen en binnen categorieën een fijner onderscheid aan te brengen. De

concreet toe te passen kleuren kunnen echter opgevat worden als afgeleiden van de genoemde hoofdkleuren (bijvoorbeeld lichtgroen, donkergroen).

De secundaire informatie wordt in grijstinten gepresenteerd. Door dit onderscheid worden voor- en achtergrondinformatie gestructureerd. Bij deze achtergrondinformatie gaat het om topologie en contouren van installaties en algemene teksten.

4.5.5 Geluid, klimaat en verlichting

Geluid en klimaat

Voor het omgevingslawaaï in een bewakingsruimte wordt meestal een grens aangehouden van 55 dB(A).

Ter reductie van het voornamelijk door communicatie veroorzaakte geluid, is boven het verlaagde en geperforeerde systeemplafond, geluiddempend materiaal aangebracht. De printers zijn in een geluiddempende omkasting geplaatst.

Ter beperking van de warmte-overdracht naar de ruimte, wordt de warmte uit de consoles direct via een apart kanaal afgezogen. De behandeling van de lucht in de ruimte geschiedt via het systeem(druk)plafond. Boven het plafond is een gescheiden systeem geïnstalleerd voor de lucht aan- en afvoer. De voordelen van dit principe zijn dat de luchtverdeling regelmatig is, de luchtstroming nauwelijks hoorbaar zal zijn, en dat de luchtbehandelingskanalen uit het zicht gemonteerd zijn.

Verlichting

In ruimten met beeldschermen dienen de verlichtingssterkte en de luminanties in de ruimte (voor zover in de beeldschermen gespiegeld), afgestemd te worden op de eigenschappen van de beeldschermen.

De beeldschermeigenschappen, de plaats van de armaturen, en de aard van de armatuurafscherming bepalen de mate van spiegeling en de hoeveelheid op het scherm vallend licht.

Te veel licht op het beeldscherm beïnvloedt de leesbaarheid van de scherm informatie. Te weinig licht kan een onnodig donkere en daardoor een visueel weinig comfortabele werkomgeving veroorzaken. Traditionele enkel-kleurige schermen met een donkere ondergrond verdragen tamelijk veel omgevingslicht (maar zijn zeer spiegeling gevoelig). Nog meer licht kan worden toegestaan als deze schermen een lichte ondergrond bezitten. Veel kritischer zijn kleurenbeeldschermen zoals meestal in de procesindustrie gebruikt.

Op deze beide aspecten (spiegelingshinder en strooilicht) wordt nader ingegaan.

Spiegelende reflectie

Bij spiegelingshinder hebben we te maken met twee beelden: het gespiegelde beeld van de lichtbron in het glanzende oppervlak van het beeldscherm en met het eigenlijke beeld, de tekst op het scherm. Voor de waarnemer zijn dit twee concurrerende beelden. Als vuistregel kan worden aangehouden dat ter voorkoming van spiegelingshinder bij donkere beeldschermen de luminantie van het gespiegelde beeld tenminste 5 maal kleiner moet zijn dan de luminantie van de scherm informatie.

De mate waarin spiegelingshinder op kan treden wordt in de eerste plaats bepaald door de luminantie van de scherm informatie en door de spiegelende reflectie van het beeldscherm; deze laatste kan variëren van circa 4,0% voor het onbehandelde beeldscherm tot 0,3% voor een optimaal ontspiegeld (ontspiegeling door $\frac{1}{4}$ λ coating) beeldscherm. Hoe groter de spiegelende reflectie des te groter de luminantie van het gespiegelde beeld en de hinder.

Bij kleurenbeeldschermen zijn de luminanties van de verschillende kleuren op het scherm bepalend. Verzadigde kleuren als puur rood en blauw hebben een lage luminantie van circa 7 cd/m², terwijl onverzadigde kleuren 4 tot 6 maal zo helder zijn. In het algemeen kan men voor kleurenbeeldschermen uitgaan van een gemiddelde scherm(info)luminantie van 20 cd/m². Dit is reëel, omdat de verzadigde kleuren terwille van een goede waarneming worden gemengd met wit en daardoor een hogere luminantie krijgen.

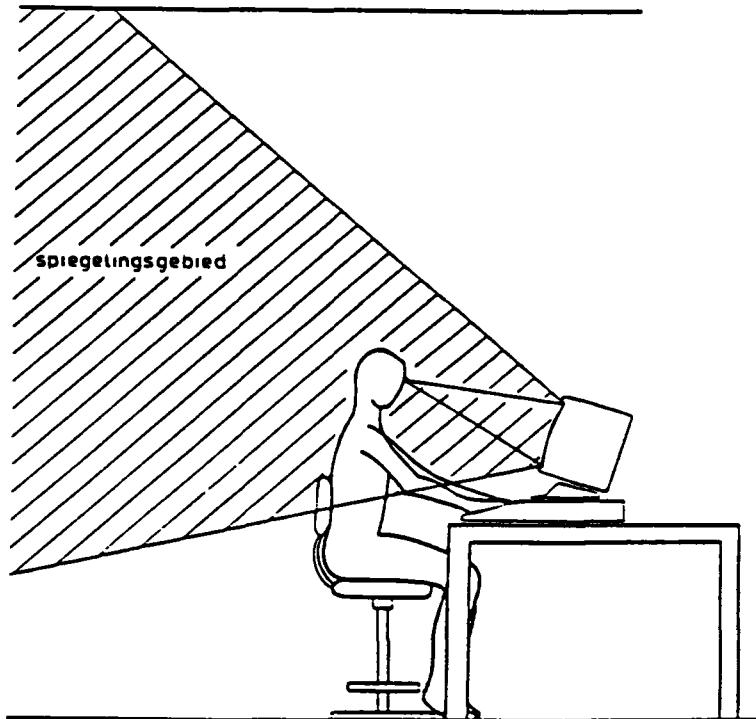
Voor de donkere monochrome beeldschermen kan worden uitgegaan van tenminste een scherm(info)luminantie van 50 cd/m².

Als de scherm(info)luminantie bekend is, kan voor een zekere waarde van de spiegelende reflectie van de beeldbuis de maximum toegestane luminantie van het gespiegelde beeld worden berekend. Hieruit laat zich vervolgens de maximum toegestane luminantie van de spiegelsbron bepalen.

De maximum toegestane luminanties gelden uiteraard voor die objecten die door hun positie in de werkruimte ook werkelijk in het beeldscherm gespiegeld kunnen worden, het spiegelsgebied (zie figuur 4.12). Dit spiegelsgebied, waarin onder andere plafond (met verlichtingsarmaturen) en wanden (met vensters) aanwezig kunnen zijn, ligt in het algemeen op een afstand van meer dan 1 à 1,5 m achter de gebruiker van het beeldscherm.

Figuur 4.12

Heldere vlakken binnen de gearceerde zone worden in de beeldschermen gespiegeld gezien. Binnen deze zone mogen zich alleen maar goed afgeschermd lichtbronnen en vensters bevinden (bron: 9).



Diffuse reflectie en de maximaal toelaatbare verlichtingssterkte

De luminantie van de scherm informatie bepaalt ook de toelaatbare hoeveelheid licht ter plaatse van het beeldscherm. Het op het beeldscherm vallende licht geeft ten gevolge van diffuse reflectie door de (grijze) schermondergrond een bepaalde luminantie aan de onbeschreven delen van het beeldscherm. Is de hoeveelheid opvallend licht te groot, dan wordt de schermondergrond te licht en het contrast (verhouding van de luminanties) tussen geschreven informatie en schermondergrond te gering, waardoor de leesbaarheid zal verminderen.

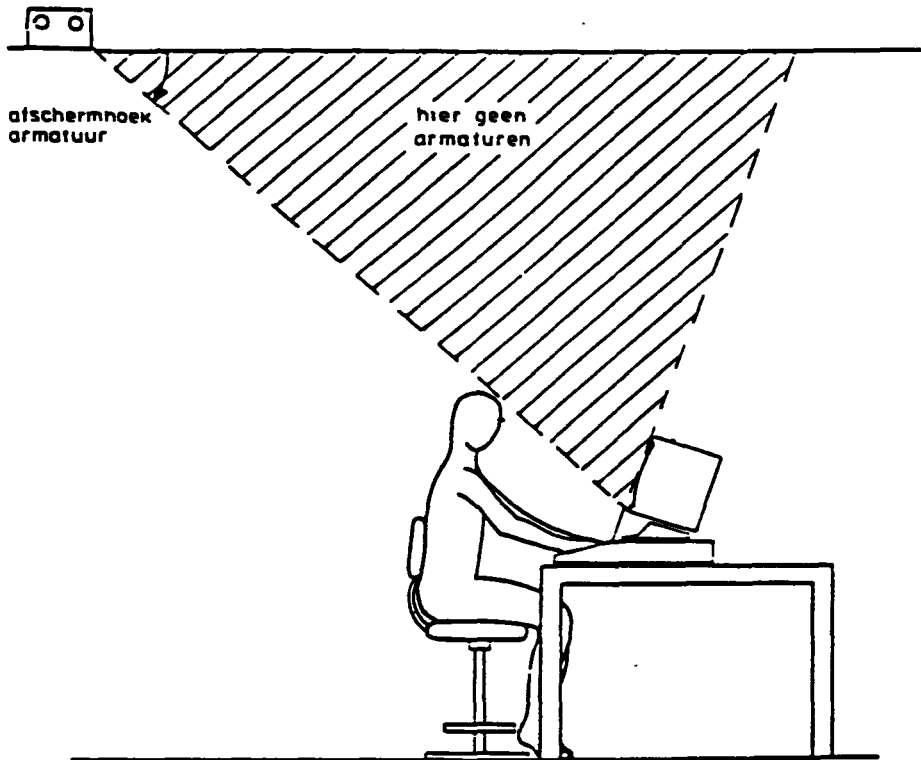
Uitgaande van de eerder genoemde luminantie van de informatie op het scherm van 20 cd/m^2 voor kleurenbeeldschermen en 50 cd/m^2 voor de donkere monochrome beeldschermen dient voor een gewenst contrast van 5 de luminantie van de ondergrond respectievelijk 4 en 10 cd/m^2 te bedragen. Nemen we aan dat de diffuse reflectie (grijsheid) van het beeldscherm 15% is, dan mag de verlichtingssterkte op het nagenoeg verticale vlak van het beeldscherm niet meer bedragen dan 100 lx bij de kleurenschermen en niet meer dan 250 lx bij de donkere monochrome schermen.

Bij de in werkruimtes gebruikelijke verlichtingssterkteniveaus van gemiddeld 400 - 700 lx op het horizontale vlak zal zeker bij kleurenschermen het maximum toegestane lichtniveau op het praktisch verticale (beeldscherm)vlak worden overschreden. (In het algemeen is de verticale verlichtingssterkte ongeveer de helft van de horizontale.) Zonder dat dit nu ten koste hoeft te gaan van de benodigde horizontale lichtniveaus voor bijvoorbeeld lezen en schrijven, is er toch een mogelijkheid om te veel licht op het beeldscherm te voorkomen.

Daartoe moet de plaats van de verlichtingsarmaturen en/of de beeldschermen zo worden gekozen dat het vlak van het beeldscherm niet in de lichtbundel van de armaturen terecht komt. Dit komt er op neer dat in de zone boven de gebruiker van het beeldscherm geen verlichtingsarmaturen aanwezig mogen zijn, zie figuur 4.13. Deze zone strekt zich minder ver achter de gebruiker van het beeldscherm uit naarmate de afschermhoek van het armatuur groter is (oftewel de lichtbundel smaller is).

Figuur 4.13

De zone boven de beeldschermwerkplek waarin verlichtingsarmaturen (meestal) te veel licht op het beeldscherm kunnen veroorzaken (bron: 9).



Luminantieverhoudingen

Algemeen geldt dat wanneer de verschillen in helderheid in het gezichtsveld groot zijn, adaptatieproblemen kunnen ontstaan met als gevolg subjectieve hinder of verminderde zichtbaarheid.

Voor de taakluminantie en de luminantie van de directe omgeving geldt in verband met de zichtbaarheid een maximum verhouding van 10. Voor de taakluminantie en de luminanties van die vlakken waarop men tijdens het werk de blik ook richt, kan een maximum verhouding van 20 à 30 worden aangehouden. (In sommige verlichtingsaanbevelingen wordt voor de luminanties van taak : directe omgeving : overige vlakken maximum verhoudingen van 1 : 3 : 10 aangehouden.

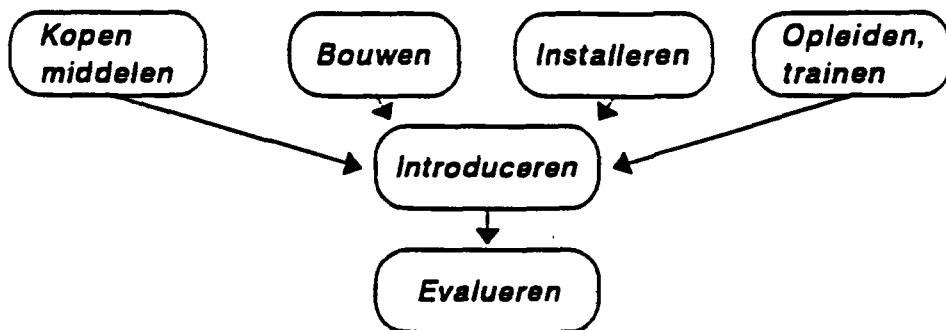
Strikte naleving hiervan is uitsluitend bij kritische waarneming en veelvuldige blikwisselingen noodzakelijk.)

4.6 Bouw, implementatie en evaluatie

4.6.1 Inleiding

Als het ontwerp (op tekening) gereed is wordt begonnen met de bouw en vervolgens implementatie van het ontwerp.

Figuur 4.14 Activiteiten tijdens bouw, implementatie en evaluatie.



Met het toenemen van de automatisering is de rol van de operator in moderne installaties verandert van primair ingrijpend tot primair bewakend. Omdat een groot deel van de besturing van het proces is ingebouwd in automatische systemen hoeft de procesoperator slechts in te grijpen in bijzondere omstandigheden: zoals opstarten en stoppen van het proces en bij storingen die niet door de procesbesturingsapparatuur kunnen worden gecorrigeerd (faultmanagement). Hierbij doet zich de zogenaamde paradox van de automatisering voor: naarmate het aantal storingen kleiner wordt, worden de resterende storingen moeilijker. Enerzijds komt dit voort uit het gegeven dat de resterende storingen vaak complex zijn, maar anderzijds heeft dit te maken met het gegeven dat de

operator zijn/haar "feeling" voor het proces kwijtraakt en veel minder ervaring opdoet in het oplossen van storingen hetgeen ten koste gaat van de effectiviteit.

4.6.2 Selectie, training en opleiding

Het aanleren en onderhouden van goede vaardigheden met betrekking tot faultmanagement in de zin van permanente trainingsprogramma's is dan ook van het grootste belang. Hierbij kan met name ook gedacht worden aan faultmanagement bij onbekende storingen: het op een verantwoorde wijze kunnen oplossen van storingen die niet dagelijks voorkomen.

Voor de ontwikkeling van een adequaat trainingsprogramma dient allereerst te worden vastgesteld, door een (cognitieve) taakanalyse, welke kennis en vaardigheden een rol spelen bij de taakuitvoering van operators. Op basis van deze analyse kan vervolgens veel gericht worden gekeken welke kennis en vaardigheden moeten worden verworven en kunnen bijpassende opleidingsmethoden worden gezocht. Voorbeelden van kennis die een rol spelen in vele taken van operators zijn bijvoorbeeld kennis omtrent de werking van allerlei procesonderdelen, onderliggende theorie over het proces, en kennis omtrent het handelen bij calamiteiten in het bedrijf. Deze kennis kan men tamelijk eenvoudig via een schriftelijke leergang verkrijgen. Veel lastiger wordt het echter als het gaat om de verwerving van vaardigheden, zoals het goed kunnen storingzoeken- en verhelpen, als onderdeel van faultmanagement. Deze vaardigheden laten zich namelijk niet zomaar aanleren via een schriftelijke cursus, maar kunnen alleen worden verworven via vaak jarenlange ervaring *in het bedrijf zelf*.

Goed storingszoeken en -verhelpen berust voor een groot deel op een goede, systematische aanpak. Uit onderzoek is gebleken dat veel mensen moeite hebben met het zich eigen maken van zo'n systematische taakaanpak, terwijl het in praktijkopleidingen vaak niet of nauwelijks aan de orde komt. Veel van de huidige praktijkopleidingen richten zich vooral op het aanbrengen van allerlei vormen van kennis over het proces, en de installaties die daarbij een rol spelen. Het verkrij-

gen van vaardigheden wordt meestal overgelaten aan de "praktijk". Dit proces kan echter efficiënter verlopen. Een mogelijkheid is de inzet van processimulatoren die zijn toegesneden op het eigen bedrijf, gekoppeld aan een training in het aanpakken van een taak. Hierdoor kan tijdwinst worden geboekt en de kwaliteit van de opleiding worden verhoogd. Zeker nu de procesautomatisering steeds verder schrijdt wordt de mogelijkheid van de inzet van processimulatie voor opleiding en training, gekoppeld aan een goede trainingsopbouw, belangrijker.

De inzet van simulatoren maakt het ook mogelijk om storingen die relatief weinig voorkomen toch systematisch te oefenen met operators. Op dezelfde wijze kunnen ook start- en stopprocedures met enige regelmaat worden geoefend, zonder consequenties voor het proces op zich.

Tenslotte dient men zich te realiseren dat training een permanent gegeven is: ook voor meer ervaren operators is het van belang dat hun kennis bij de tijd blijft en vaardigheden in stand worden gehouden. Enerzijds zal dit bijdragen aan hun motivatie. Anderzijds is ook een goede permanente educatie van deze mensen van groot belang in de overdracht van kennis, als onderdeel van praktijkbegeleiding, naar hun minder ervaren collega's.

4.7 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Booher, H.R., (ed.) MANPRINT. An approach to systems integration. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990.
- [2] Döring, B. Analytical methods in man-machine system development. In: Kraiss, K.F., Moraal, J. (eds.). Introduction to human engineering. Köln, Verslag TÜV. Rheinland GmbH, 1976.
- [3] Drury, C.G. Paramore, B., Van Colt, H.P., Grey, S.M.E.N. Task analysis. In: Salvendy, G. (ed.) Handbook of human factors. New York, Wiley, 1987.

- [4] Green, K.B. de. Systems analysis techniques. In: De Greene (ed.) Systems psychology. New York, Mc Graw Hill, 1970.
- [5] Meister, D. Behavioral analysis and measurement methods. New Ycrk. Wiley, 1985.
- [6] Schuffel, H., Ellens, E., Pot, F. (red.). Richtlijnen voor de ergonomie van werkplekken. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. DGA. (S59). Oorspronkelijke uitgave: Soesterberg, TNO/IZF, Rapport IZF 1989 C-27
- [7] Breda, L. van. Analysis of a procedure for multiple operator task performance using a Network model. TNO/IZF, Soesterberg. In: Mc Millan, G.R., Beevis, D., Solas, E., Suthon, R., Breda, L. van. Applications of human performance models to system design. New York, Plenum Defense Research Series, Vol. 2., 1989.
- [8] Pot, F.D. & Brouwers, A.A.F. Automatisering van controlekamers. Tijdschrift voor Arbeidsvraagstukken 2 (1986) nr.3, p. 34-44
- [9] Bergem-Janse, E. van. Combinatie verlichting-beeldscherm vereist extra aandacht. Soesterberg, TNO/IZF. Publikatie in: Arbeidsomstandigheden: 67 (1991) nr. 11.
- [10] Schuffel, H. (red.). Richtlijnen voor het beoordelen van de ergonomie van procesregelkamers. Soesterberg, TNO/IZF. Rapport 1987 C-30.

5. SERIEPRODUKTIE

5.1 Inleiding

5.1.1 Inhoud van dit hoofdstuk

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op het ontwerp van een produktielijn in de serieproductie. Werkzaamheden die hierbij veel voorkomen zijn bijvoorbeeld het monteren en samenstellen van een produkt, het uitvoeren van een kwaliteitscontrole, inpakken en palletiseren en het bedienen van machines. Dergelijke werkzaamheden komen niet alleen op uitgebreide schaal voor in de metaalproduktenindustrie, maar ook in veel andere sectoren.

In dit hoofdstuk wordt het ontwerpen van werksituaties voor genoemde werkzaamheden besproken. Het accent ligt in dit hoofdstuk op het ontwerpen van (personele) functies en houding en beweging in relatie tot het werkplekontwerp.

Het hoofdstuk bestaat uit de volgende onderdelen:

- karakterisering van de case (paragraaf 5.1.2);
- beschrijving van de verkenningsfase (5.2);
- analyse en onderzoek (5.3): methoden voor het analyseren van werksituaties;
- globaal ontwerp (5.4): methoden voor het maken van een taakallocatie en functieontwerp;
- detailontwerp (5.5): technieken;
- bouw, implementatie en evaluatie (5.6): keuze en aankoop van hulpmiddelen.

5.1.2 Casebeschrijving

In een fabriek worden op een productie-afdeling mechanische apparaten samengesteld en verpakt. Jaarlijks worden door een kleine groep (van circa 5 werknemers) grote aantallen (tussen 50.000 en 100.000 stuks) gemonteerd en afgewerkt. Het apparaat bestaat uit een aantal metalen en kunststof onderdelen die op andere

afdelingen zijn gemaakt. Het assembleren en verpakken vindt met de hand plaats. Daarnaast worden nog enkele andere bewerkingen met speciale machines uitgevoerd. De werkzaamheden kunnen als volgt worden omschreven.

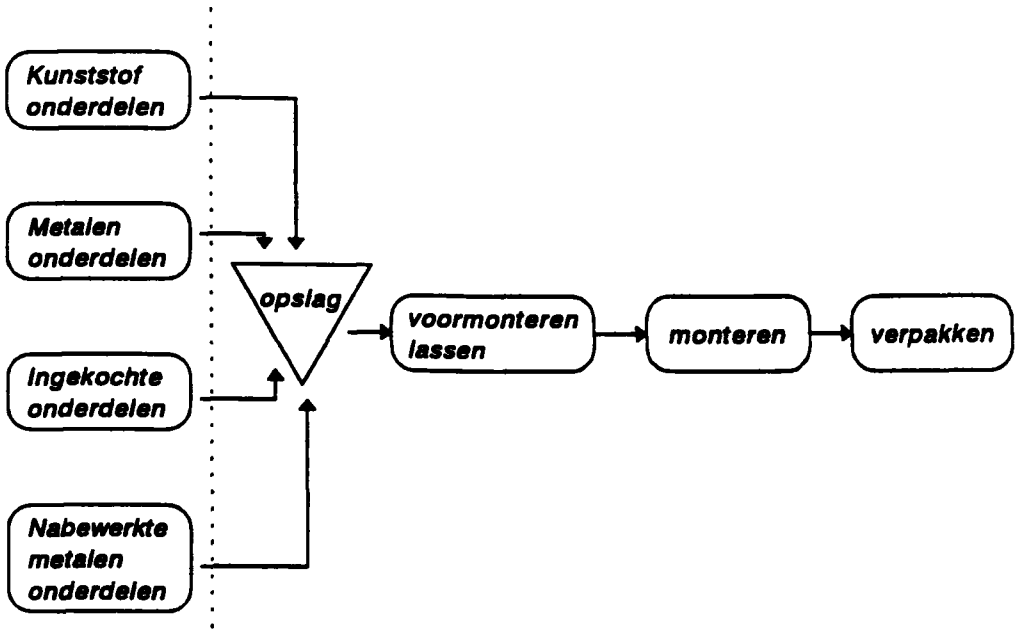
Ca. 15 metalen strips worden door een medewerker met de hand in een mal opgespannen, waarna deze in een speciale machine in een houder worden gelast. Het beladen en lossen van deze machine gebeurt handmatig. De gelaste houders worden tijdelijk opgeslagen. Op een andere werkplek worden met behulp van een pers enkele metalen stangen en wat kleine onderdelen samengevoegd tot een groter geheel. Vervolgens worden deze stangen met de gelaste houders en een aantal andere onderdelen handmatig in een kunststof basisdeel gemonteerd. Het geheel wordt gereinigd, geïnspecteerd en in dozen verpakt. De dozen worden voorzien van stickers en op een pallet afgevoerd. Alle onderdelen worden vervoerd in speciale kratten. De afmetingen hiervan liggen tussen 50 x 25 x 15 cm voor kleine, zware onderdelen en tot 120 x 120 x 120 cm voor volumineuze, lichte onderdelen. Een deel van de kunststof onderdelen wordt aangeleverd in plastic zakken (doorsnee 40 cm, hoogte ± 80 cm). In figuur 5.1 is een globaal assemblageschema afgebeeld. Figuur 5.2 geeft een plattegrond van de afdeling.

In de bestaande situatie zijn onder andere door de werknemers knelpunten gesignaleerd met betrekking tot:

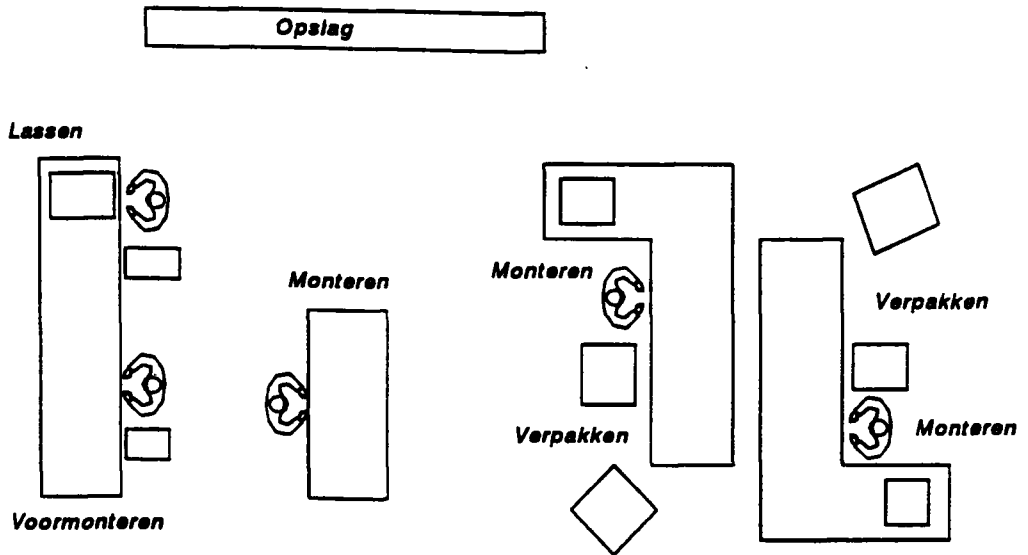
- de beperkte functie-inhoud;
- het tillen van zware kratten met onderdelen;
- ongunstige werkhoudingen en repeterende bewegingen;
- inrichting van de werkplekken.

Besloten wordt een (her)ontwerpproject op te starten om de gesignaleerde knelpunten op te heffen.

Figuur 5.1 Schematische weergave van het productieproces.



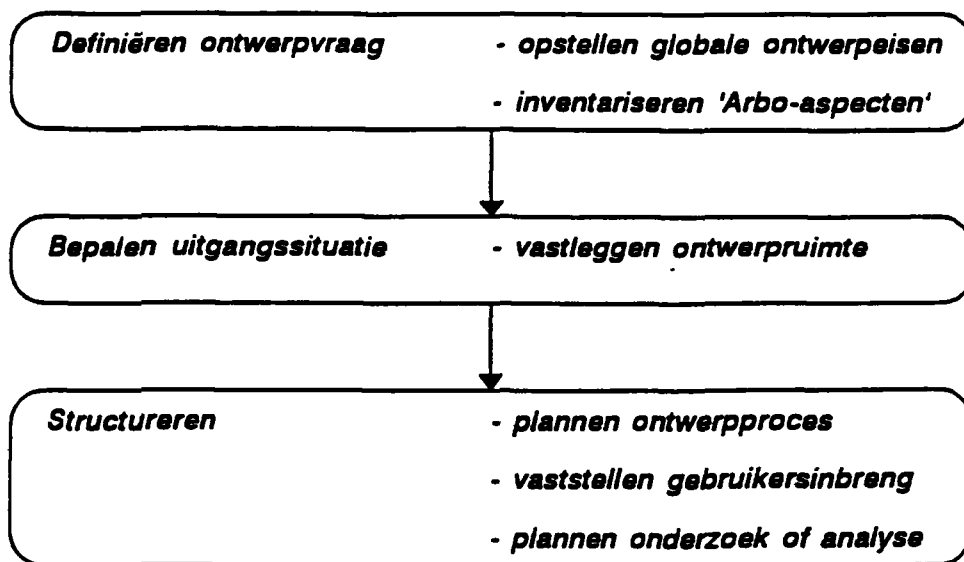
Figuur 5.2 Plattegrond van de afdeling.



5.2 Verkenning

Het is verstandig om reeds in een vroeg stadium inzicht te krijgen in de beschikbare ontwerpruimte (zie figuur 5.3). Met name bij het oplossen van knelpunten op ergonomisch gebied (zoals te zwaar tilwerk) kan het voorkomen dat de ontwerpruimte beperkt is tot een enkel hulpmiddel of de herinrichting van een werkplek, zonder dat hiermee de knelpunten afdoende opgelost kunnen worden. Een checklist voor de inventarisatie van de ontwerpruimte wordt gegeven in tabel 3.2.

Figuur 5.3 Activiteiten tijdens verkenning.



Voorbeeld

Bij één van de montage handelingen bij de produktie van mechanische apparaten werd na een analyse geconstateerd dat het patroon van houdingen, bewegingen en krachtsuitoefening in de armen, gezondheidsrisico's met zich meebracht. Verschillende werknemers hadden klachten aan de polsen en handen. Na een analyse bleek dat de klachten gerelateerd waren aan uiteenlopende factoren:

- langdurig herhalen van steeds dezelfde bewegingen;

- belasting van het polsgewricht in de uiterste stand, terwijl kracht wordt uitgeoefend;
- hoog werktempo, waarbij onvoldoende gelegenheid voor herstel is ingebouwd.

Het wegnemen van deze belastende factoren kan echter slechts ten dele door een (her)ontwerp van de werkplek worden gerealiseerd. Er kan wel een zekere verbetering worden gerealiseerd in houdings- en bewegingspatronen, maar de hoge herhalingsfrequentie en de uit te oefenen kracht kan niet worden beïnvloed.

Om ook de fundamentele factoren aan te pakken is meer ontwerpruimte vereist:

- elimineren van het langdurig herhalen maakt het nodig het takenpakket te wijzigen;
- aanpassing van het werktempo is mogelijk als onder meer de produktienormen kunnen worden bijgesteld of als de medewerkers beschikken over voldoende regelmogelijkheden om het werktempo te beïnvloeden;
- wijziging van het produktontwerp kan er wellicht toe leiden dat belastende houdingen en bewegingen in het geheel niet meer nodig zijn.

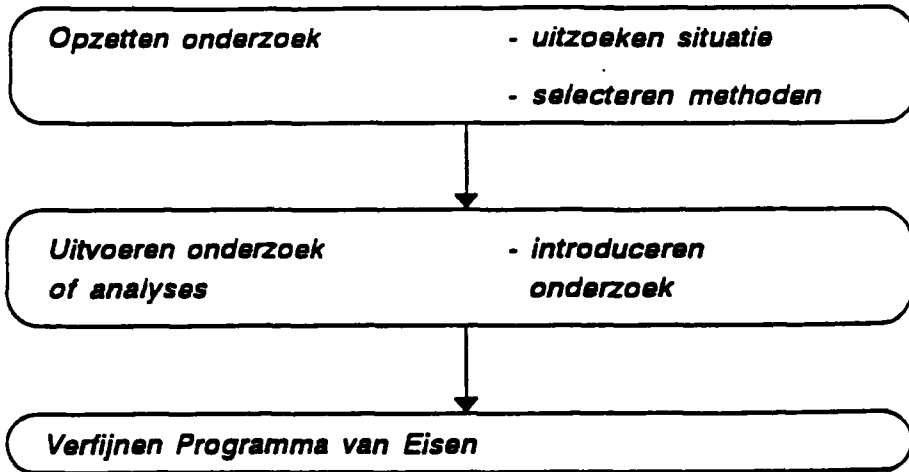
5.3 Analyse en onderzoek

5.3.1 Inleiding

Deze paragraaf gaat in op enkele methoden van analyse en onderzoek. Het accent ligt hierbij op de taakanalyse (paragraaf 5.3.2.) en analyse van houding, beweging en krachtsuitoefening (paragrafen 5.3.3 en 5.3.4). Bij de start van deze fase wordt vastgesteld welke informatie voor het ontwerpen nodig is en of deze door onderzoek of analyse verzameld kan worden. Het plannen van de analyse en onderzoeksfase is besproken in paragraaf 3.3 (zie ook figuur 5.4). De opzet van een taakanalyse wordt schematisch weergegeven in figuur 5.5.

Figuur 5.4

Overzicht van activiteiten tijdens analyse en onderzoek.

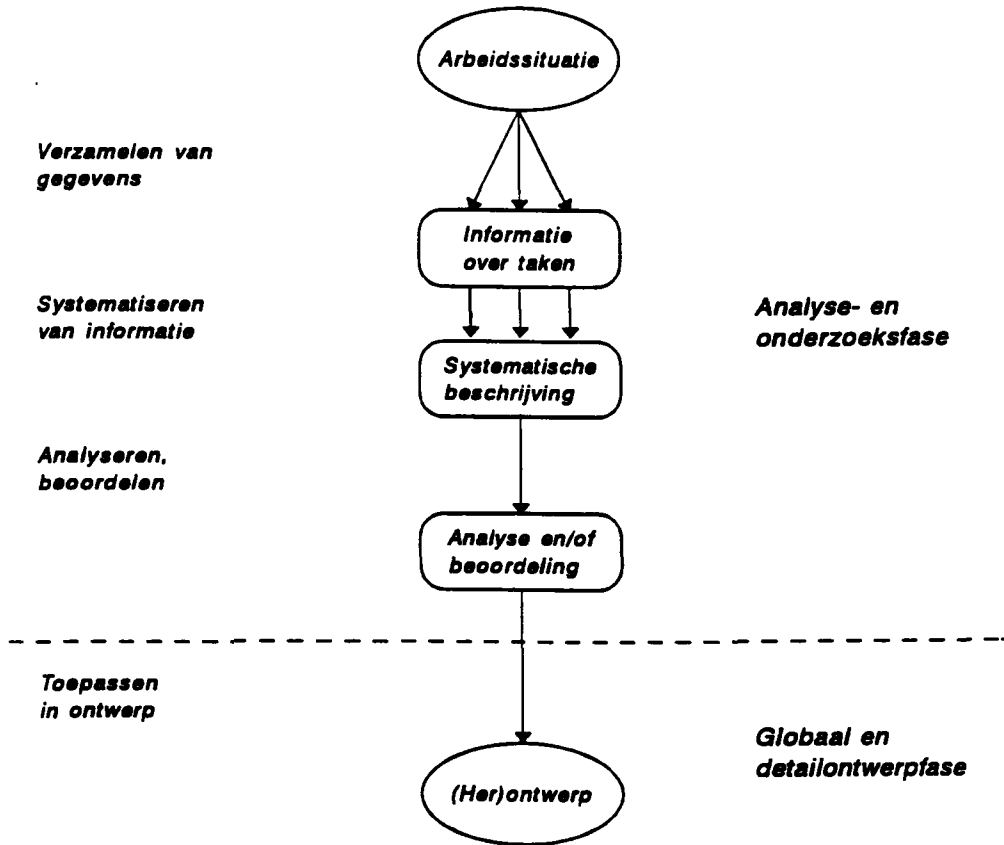


5.3.2 Taakanalyse

Een taakanalyse is een beschrijving van de taken die mensen uitvoeren in een arbeidssituatie. Het uitvoeren van een taakanalyse is in een (her)ontwerpproject altijd nuttig om keuzes te kunnen maken tijdens het ontwerpen [1]. In een taakanalyse wordt een aantal aspecten van de taken (zoals houding en beweging, kans op fouten en te nemen beslissingen) nader uitgewerkt. Welke dit zijn en in welke mate van detail dit gebeurt hangt af onder meer af van de uitgangssituatie. Voor het verdelen van taken over verschillende personen is vooral de aard van de taken en de onderlinge samenhang van belang. Om een werkplek goed in te kunnen richten is het nodig de gebruikte hulpmiddelen en hun gebruiksfrequentie te kennen. De aspecten waarover een taakanalyse informatie kan geven is samengevat in tabel 5.1.

Figuur 5.5

Schematisch overzicht van de opzet van een taakanalyse.



Zoals reeds aangegeven is een taakanalyse beschrijvend van aard, maar er kan gemakkelijk een beoordeling aan worden gekoppeld. De taakanalyse kan aanleiding geven bepaalde aspecten nader te onderzoeken. Er kan bijvoorbeeld worden nagegaan hoeveel geluid bepaalde bewerkingen produceren of waar chemische stoffen worden gebruikt. Een dergelijke beoordeling is een nuttig hulpmiddel voor het vaststellen van prioriteiten, maar kan tevens bij het ontwerp van de layout van een produktieruimte gebruikt worden.

Tabel 5.1

Overzicht van aspecten waarover een taakanalyse informatie kan geven.

Aspecten	Detailtering, voorbeelden
Welke taken zijn er	Kunnen taken van uitvoerende, voorbereidende, ondersteunende en organisatorische aard worden onderscheiden?
Wat is de onderlinge samenhang	Is er een volgorde, zijn er samenhangende groepen van taken?
Hoe zijn de taken opgebouwd	Uit welke deeltaken of handelingen bestaat de taak, welke beslissingen moeten worden genomen?
Welke hulpmiddelen worden gebruikt	
Welke eisen worden aan de taakuitvoering gesteld?	

Bronnen van informatie

Bij een taakanalyse zijn verschillende bronnen van informatie en technieken te gebruiken, zoals:

1. **Documentatie**

Met name bij de produktie van massagoederen zijn vaak gedetailleerde werkvoorschriften opgesteld of arbeidsstudies verricht. Voorbeelden van bruikbaar documentatie-materiaal zijn: plattegronden, produktbeschrijvingen, functieomschrijvingen, organisatieschema's, werkvoorschriften of arbeidsstudies.

2. **Observaties**

In de praktijk blijkt dikwijls dat variaties optreden in de wijze waarop werkzaamheden worden uitgevoerd. Ook gebeurt het dat de praktische uitvoering afwijkt van de voorschriften.

3. **Interviews**

Alleen constateren hoe een taak wordt uitgevoerd (zoals kan volgen uit bestudering van documentatie en observaties) is in veel gevallen niet voldoende, het kan ook nodig zijn te weten waarom de taak op een bepaalde manier wordt uitgevoerd. Deze vraag is in de ergonomie van essentieel belang. Men kan zo achterhalen of iemand uit gewoonte handelt of dat de handelingen logisch zijn. Daarnaast zijn de werknemers of het (lager) kader het best in staat aan te geven welke taken moeten worden uitgevoerd. Interviews

dienen ook wel ter verificatie van gegevens die op andere manieren zijn verzameld.

4. Metingen

In een bestaande situatie kunnen metingen worden uitgevoerd. Dit kan (als onderdeel van een beoordeling) het bepalen van de afmetingen van werkplekken inhouden, maar er kunnen ook omgevingsfactoren (zoals verlichting, klimaat en geluid) gemeten worden. Daarnaast kunnen technieken uit arbeidskunde (tijdsregistraties) deel uitmaken van een onderzoek.

Welke bron van informatie gekozen wordt en de diepgang van een onderzoek is mede afhankelijk van de uitgangssituatie. Bij het ontwerp van een geheel nieuwe produktielijn zal de nadruk liggen op bestudering van documenten (bijvoorbeeld het produktontwerp). Bij een herontwerp en het oplossen van knelpunten is er een bestaande situatie. In dat geval kan uit observaties, documenten en gesprekken veel informatie ontleend worden. Het is verstandig over de grenzen van de situatie heen te kijken en na te gaan hoe de werkzaamheden samenhangen met de activiteiten van andere afdelingen.

Systematiseren van informatie

In de verkregen informatie moet een structuur worden aangebracht [1,2]. Informatie die voor het herontwerp relevant is moet beschikbaar zijn in een bruikbare vorm. Dit kan op verschillende manieren.

Voor het ontwerpen van arbeidssituaties in serieproductie zijn bijvoorbeeld het maken van een verdeling in uitvoerende, ondersteunende, voorbereidende en besturende taken en het aangeven van de samenhang van de (uitvoerende) taken van belang. Deze indeling is nodig voor het verdelen van taken over verschillende personen.

Opgemerkt moet worden dat het aanbrengen van een structuur altijd een vorm van interpretatie inhoudt. De taken kunnen daarom het best worden beschreven in neutrale termen, zodat niet duidelijk wordt of een taak door een mens of een machine wordt verricht. Een voordeel hiervan is dat de ontwerper op deze manier minder snel vasthoudt aan een bepaalde wijze van een taak uitvoeren.

Een eerste methode is het aanbrengen van een hiërarchie in de taken (functiedecompositie). Hierbij staat op het hoogste niveau het doel van het productieproces. Het tweede niveau beschrijft de taken die nodig zijn om dit doel te realiseren. Op volgende niveaus kunnen de taken worden uitgesplitst naar deeltaken, handelingen of zelfs onderdelen van handelingen. Voor een nadere beschrijving wordt verwezen naar hoofdstuk 4.

Een tweede mogelijkheid is het maken van een verdeling in uitvoerende, ondersteunende, voorbereidende en organiserende taken. Deze indeling maakt het mogelijk de functieinhoud te beoordelen en vergemakkelijkt bij het globaal ontwerp het samenstellen van functies (zie tabel 5.2).

Een derde manier is het aangeven van de wijze waarop (uitvoerende) taken onderling samenhangen (zie figuur 5.4). Inzicht hierin is behulpzaam bij het groeperen van (uitvoerende) taken tot functies en het ontwerpen van de lay-out van en produktielijn.

Voorbeeld

Voor de produktielijn voor mechanische apparaten in de case (zie paragraaf 5.1.2) werd een analyse van de te verrichten taken uitgevoerd door verschillende technieken toe te passen (observatie van de werkzaamheden, bestuderen documentatie en gesprekken met medewerkers). De verkregen informatie is gesystematiseerd als in tabel 5.2 en figuur 5.6.

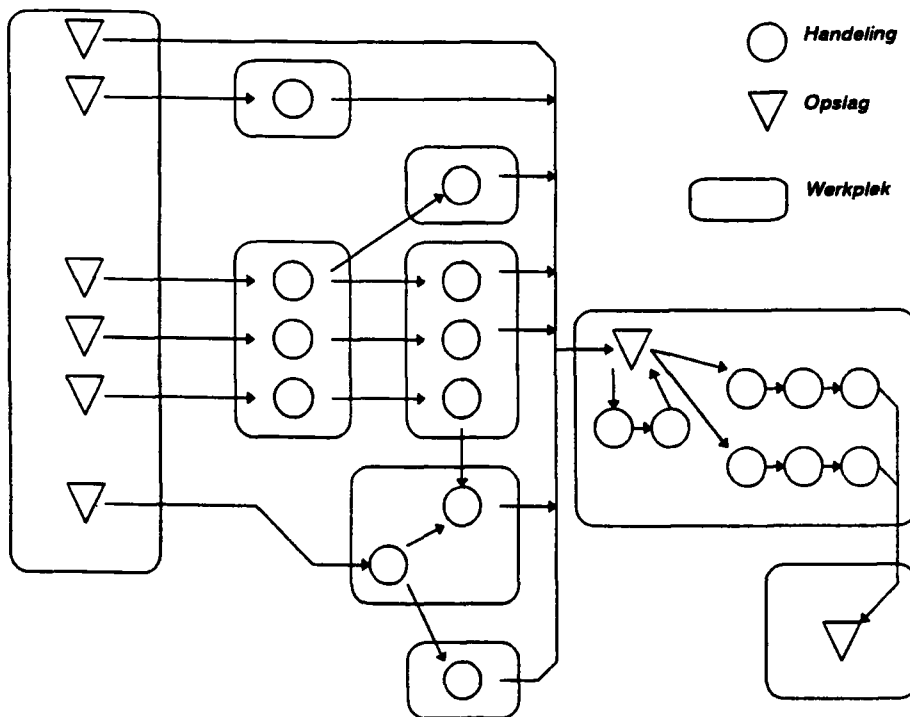
Tabel 5.2

Overzicht van uitvoerende, ondersteunende, voorbereidende en organiserende taken bij de productie van mechanische apparaten (zie paragraaf 5.1.2).

Uitvoerende taken	voorbereidende ta- ken	ondersteunende ta- ken	organiserende taken
monteren	doornemen planning	op peil houden werkvoorraden	overleg met chef
lassen		administratie dag- productie	
verpakken			
palletiseren			
machines laden/los- sen			
machines bedienen			

Figuur 5.6

Samenhang van taken in het uitvoerend proces.



5.3.3 Houdings- en bewegingsanalyse

Als voorbeeld van een ergonomische analysemethode wordt in deze paragraaf een analyse van houding, krachttuioefening en beweging besproken. In serieproductie komen veel werkzaamheden voor waarbij gewerkt wordt in ongunstige houdingen, of waarbij belastende bewegingen voorkomen. Een analyse is met name zinvol indien het vermoeden bestaat dat bij één of meer taken knelpunten optreden of verwacht worden.

Een analyse van houding, krachttuioefening en beweging kan informatie geven over de volgende vragen:

- welke belastende of risicovolle situaties komen voor, in welke mate en wat is de ernst ervan (bijvoorbeeld hoe vaak draait een werknemer zijn rug om achter zich te reiken, hoelang werkt iemand met geheven armen);
- bij welke taken doen zich ongunstige situaties voor;
- bestaan er klachten aan het bewegingsapparaat bij de medewerkers;
- waarin zijn vermoedelijke oorzaken gelegen (werkplek, gereedschap of hulpmiddel, omgeving, ontwerp van te fabriceren produkt).

Bij de registratie van houdingen en bewegingen kan gebruik worden gemaakt van bestaande observatiemethoden (bijvoorbeeld OWAS) of registratie met foto of video [3 t/m 8]. Registratie met foto's is vooral nuttig bij het analyseren van statische belasting. Men kan desgewenst zelf een eenvoudige observatiemethode maken om de observaties toe te spitsen op het te realiseren ontwerp. In figuur 5.7 is een voorbeeld van een dergelijk observatieformulier weergegeven.

Voorbeeld

Door de medewerkers wordt geklaagd over de wijze waarop de basisdelen van de apparaten op de werkplek worden aangeleverd. Werknemers moeten ongelukkige houdingen aannemen om de basisdelen uit de kratten te kunnen halen.

Voor een eventueel herontwerp is het van belang te weten welke houdingen men aanneemt, hoe vaak deze voorkomen en of hierdoor een gezondheidsrisico wordt gevormd. Een registratie van houdingen en bewegingen kan goed helpen een antwoord op deze vragen te formuleren. Om na te gaan hoe vaak houdingen door werknemers tijdens het

monteren worden aangenomen, wordt elke keer als een werknemer een bepaalde houding aanneemt geturfd. Tegelijk wordt aangegeven bij welke activiteit dit plaatsvindt. Hiervoor kan een eenvoudig formulier gemaakt worden waarbij op één as de handelingen zijn aangegeven en op de andere as de houdingen (zie figuur 5.7).

Uit een dergelijke observatie kunnen een aantal situaties worden afgeleid die in een nieuw ontworpen situatie vermeden zouden moeten worden:

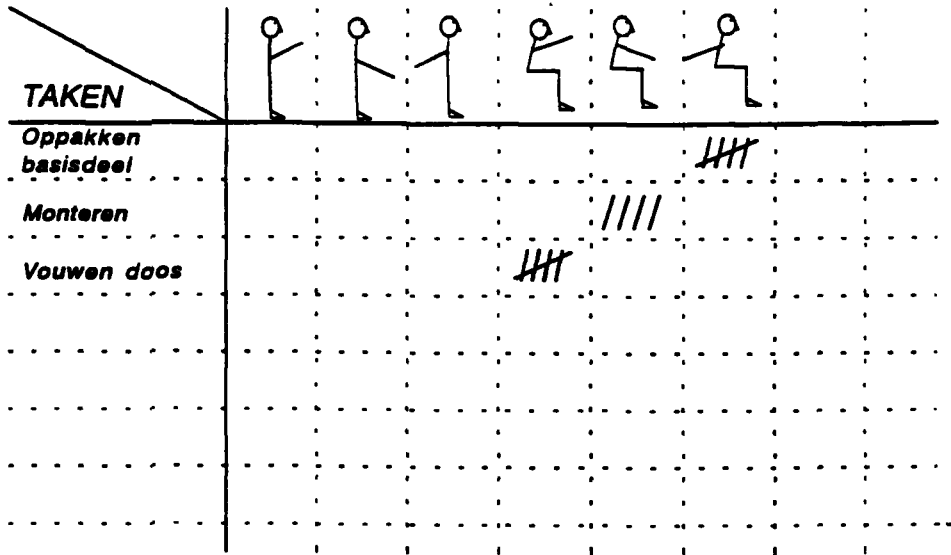
1. ongunstige werkhoudingen kunnen vooral optreden bij het pakken van de frames;
2. men moet dikwijls ver achterwaarts reiken met een gedraaide rug om frames te kunnen pakken;
3. het oppakken van de frames vindt vrij veel plaats in een diep voorovergebogen houding;
4. het oppakken van verpakte mechanische apparaten vindt plaats met sterk gebogen polsen;
5. bij de eindmontage en de visuele inspectie wordt het hoofd vrij ver voorover gebogen.

De ongunstige situaties houden verband met de vormgeving van de werkplek en de hulpmiddelen. Bij een herontwerp van de werksituatie kunnen deze bevindingen worden meegenomen.

In veel gevallen is het moeilijk te bepalen welke factor het grootste gezondheidsrisico met zich meebrengt. Het is onduidelijk of de piekbelasting of de continue statische belasting schade oplevert. Wanneer niet beide problemen in een herontwerp oplosbaar zijn, zal nader onderzoek nodig zijn om vast te stellen welke oplossing prioriteit heeft.

Figuur 5.7

Voorbeeld van een formulier voor observatie van houdingen en bewegingen. De taken die op de verticale as zijn benoemd zijn ontleend aan een taakanalyse.



5.3.4 Tilwerkzaamheden

In een bestaande situatie kunnen tilwerkzaamheden globaal worden beoordeeld met behulp van de NIOSH-methode. Deze methode bepaalt het toelaatbare tilgewicht aan de hand van een zestal factoren. De waarde van deze factoren worden afgeleid uit een beschrijving van de tilsituatie [9]. De methode kan ook worden toegepast voor het formuleren van ontwerp-eisen bij nieuw te ontwerpen werkplekken. De waarden van de zes factoren vormen een indicatie voor de prioriteiten bij het herontwerp van de tilsituatie (zie ook paragraaf 5.5.4). De beoordeling van de tilsituatie kan aanleiding zijn de ontwerpruimte te vergroten en het ontwerp op een hoger abstractieniveau te beginnen. Als te grote gewichten moeten worden gehanteerd kan bijvoorbeeld besloten worden het gewicht van de voorwerpen aan te passen of tot mechanisatie over te gaan.

Tabel 5.3

Overzicht van factoren evaluatie van een tilsituatie.

Tilfactoren	Omschrijving
Horizontale factor	Afstand van de handen tot het middelpunt van beide enkels.
Tilhoogte (verticale factor)	Verticale afstand van de handen tot de vloer
Verplaatsingsfactor	De afstand die de tillast in verticale richting aflegt tussen begin en eind van de tilhandeling
Asymmetriefactor	Hoek van de tillast ten opzicht van het sagittale vlak (recht vooruit tillen).
Frequentiefactor	Aantal tilhandelingen per minuut. Hierin is de duur van de tilwerkzaamheden en de tilhoogte verwerkt.
Contactfactor	Mogelijkheid het object goed vast te pakken.

5.4 Globaal ontwerp

5.4.1 Inleiding

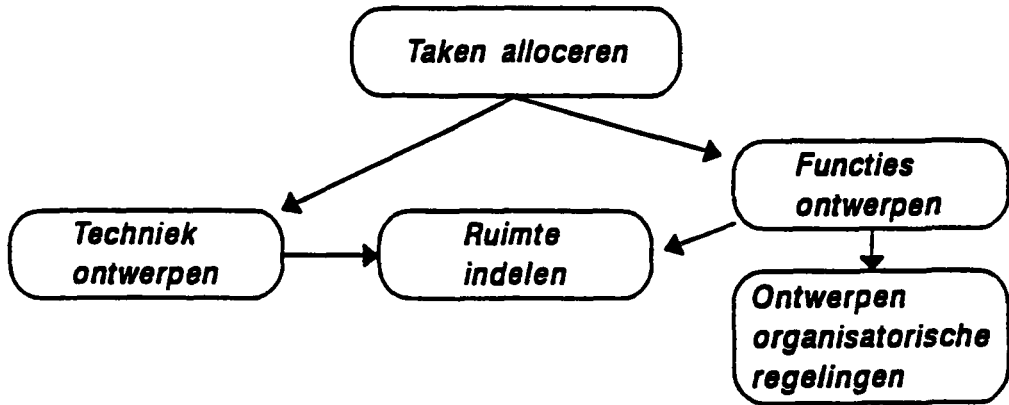
Tijdens de taakallocatie wordt nagegaan of taken het best door mensen of het best door machines kunnen worden uitgevoerd. Een vraag die zich bijvoorbeeld kan voordoen is of het palletiseren van gereed produkt het best door de mens of door een machine (zoals een robot) kan worden gedaan. Aansluitend is het verstandig na te gaan hoe de taken het best over verschillende personen kunnen worden verdeeld. In de globale ontwerpfase ontwerpt men in feite de produktietechniek in samenhang met de arbeidsorganisatie en wordt een globale indeling van de layout gemaakt. De samenhang tussen de activiteiten is afgebeeld in figuur 5.8.

In deze paragraaf zal een techniek voor het uitvoeren van een taakallocatie nader worden toegelicht (5.4.2). Hoe een verdeling van taken over verschillende personen tot stand kan komen wordt besproken in paragraaf 5.4.3. In paragraaf 5.4.4 wordt aangegeven hoe het resultaat van de taakallocatie en het globale functieontwerp kan worden geëvalueerd. Het ontwerpen van functies en de arbeidsor-

ganisatie wordt ook besproken door Pot e.a. [2]. Tot slot wordt in paragraaf 5.4.5 aangegeven hoe een globale lay-out tot stand kan komen.

Figuur 5.8

Overzicht van ontwerpstappen tijdens globaal ontwerp van werksituaties in de serieproductie.



5.4.2 Taakallocatie.

Zoals in hoofdstuk 3 reeds is besproken is het bij het uitvoeren van een taakallocatie van belang inzicht te hebben in de ontwerpruimte die bestaat. De uitgangssituatie is in hoge mate bepalend voor de vraag of een taakallocatie kan worden uitgevoerd. Relevante vragen, bij voorkeur te beantwoorden in de verkenningsfase, worden gegeven in tabel 3.2. Vervolgens wordt per taak aan de hand van uiteenlopende criteria een keuze gemaakt of de taak door een mens of door een technisch hulpmiddel wordt uitgevoerd. Randvoorwaarde is dat voldaan moet worden aan de eisen die aan de taakuitvoering (zoals produktiviteit en kwaliteit) worden gesteld. Deze eisen worden ontleend aan het programma van eisen zoals dat na de analyse en onderzoeksfase is opgesteld. Om bijvoorbeeld te kunnen beslissen of bepaalde tilwerkzaamheden het best handmatig of machinaal kunnen plaatsvinden is het bijvoorbeeld nodig informatie te hebben over de te tillen gewichten, de tilfrequentie de aard van de voorwerpen.

Bij het uitvoeren van een taakallocatie bij arbeidssituaties in de serieproductie zijn er globaal gesproken een aantal keuzemogelijkheden (zie tabel 5.4)

Tabel 5.4 Keuzemogelijkheden bij een taakallocatie voor arbeidssituaties in serieproductie.

Keuzemogelijkheden	Voorbeelden
1. De taak wordt volledig door één persoon uitgevoerd.	Met de hand verplaatsen en het in dozen verpakken van het produkt.
2. Een taak wordt in hoofdzaak door de mens uitgevoerd, doch sommige deeltaken of handelingen vinden plaats met hulpmiddelen.	Transporteren van onderdelen met een heftruck of palletwagen.
3. De taak wordt in hoofdzaak door een machine uitgevoerd.	Voor een mens zijn er nog vaak taken (zoals het laden en lossen, bewaken en bedienen).
4. De taak wordt soms door mensen of soms door machines uitgevoerd.	Het maken van een kleine proefserie van een produkt met de hand kan effectiever zijn dan het omstellen van een machine. Ook kan het nodig zijn verstoringen of variaties in het produktieproces op te vangen door taken tijdelijk door mensen te laten uitvoeren.

Het is mogelijk een veel nauwkeuriger keuze te maken in het niveau van automatisering (mogelijkheid 2 en 3 in tabel 5.4) [10]. Vooral bij hooggeautomatiseerde produktieinrichtingen kan het nodig zijn het automatiseringsniveau met grotere precisie te kiezen.

Bij de keuze voor één van de genoemde alternatieven (tabel 5.4) kan men gebruik maken van uiteenlopende overwegingen. Deze worden toegelicht in tabel 5.5.

Tabel 5.5

Overwegingen bij het maken van een keuze tussen taakuitvoering door de mens en taakuitvoering door technische middelen.

Overweging	Toelichting, voorbeelden
<p>1. Kan een mens de taak uitvoeren, beschikt de mens over voldoende mentale en fysieke capaciteiten om aan de taakeisen te voldoen?</p>	<p>De menselijke fysieke capaciteiten kenmerken zich door:</p> <ul style="list-style-type: none"> - beperkte mogelijkheden kracht te leveren; - beperkingen in lichaamsafmetingen; - ruime bewegingsmogelijkheden; - beperkt energetisch vermogen, krachten kunnen slechts gedurende enige tijd worden volgehouden.
<p>2. Kan een mens de taak uitvoeren zonder dat risico's voor veiligheid en gezondheid of welzijn ontstaan?</p>	<p>Voorbeelden van specifieke situaties die risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn inhouden zijn:</p> <ul style="list-style-type: none"> - werken onder extreme omgevingscondities (lawaai, trillingen, klimaat, toxische stoffen); - een te grote fysieke belasting: te zwaar tilwerk (Te beoordelen met NIOSH-methode), langdurig in dezelfde houding werken, repeterende bewegingen, uitoefening van te grote krachten; - werken met gevaarlijke stoffen, werken in een gevaarlijke omgeving; - monotoon werk, taken met machinebinding, sociale isolatie.
<p>3. Is de taak voor mensen aantrekkelijk?</p>	<p>Dit kan zowel in positieve als in negatieve zin worden bekeken. Sommige taken willen mensen liever niet uitvoeren, andere juist wel;</p> <p>Aantrekkelijk kunnen zijn: taken die mogelijkheden voor ontplooiing bieden, in hoog aanzien staan of de uitoefening van vakmanschap inhouden.</p> <p>Minder aantrekkelijk zijn: eentonig werk, werken in een onaantrekkelijke omgeving (vuil werk, stank).</p>
<p>4. Kan de taak door machines worden uitgevoerd?</p>	<p>Machines hebben beperkingen in de flexibiliteit en de mogelijkheden te reageren op onverwachte situaties.</p> <p>Voorbeelden van situaties waarin machines goed kunnen voldoen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - leveren van grote krachten of hoge vermogens; - uitvoeren van bewerkingen met een hoge reproduceerbaarheid; - werken met grote snelheid.
<p>5. Kan de taak beter (of economischer) door de mens of door een machine worden uitgevoerd.</p>	

Eisen kunnen onderling strijdig zijn met elkaar. Een voorbeeld is het palletiseren van voorwerpen van een verschillende omvang. Uit het gezichtspunt van gezondheidsrisico's kan deze taak het best door een machine (zoals een robot) worden uitgevoerd. Geredeneerd vanuit de techniek en economie zal automatisering niet voor de hand liggen. Eisen kunnen elkaar ook versterken. Bijvoorbeeld het palletiseren van zakken in een lawaaiige omgeving kan goed geautomatiseerd worden. Soms leidt dit ook tot een economisch voordeel.

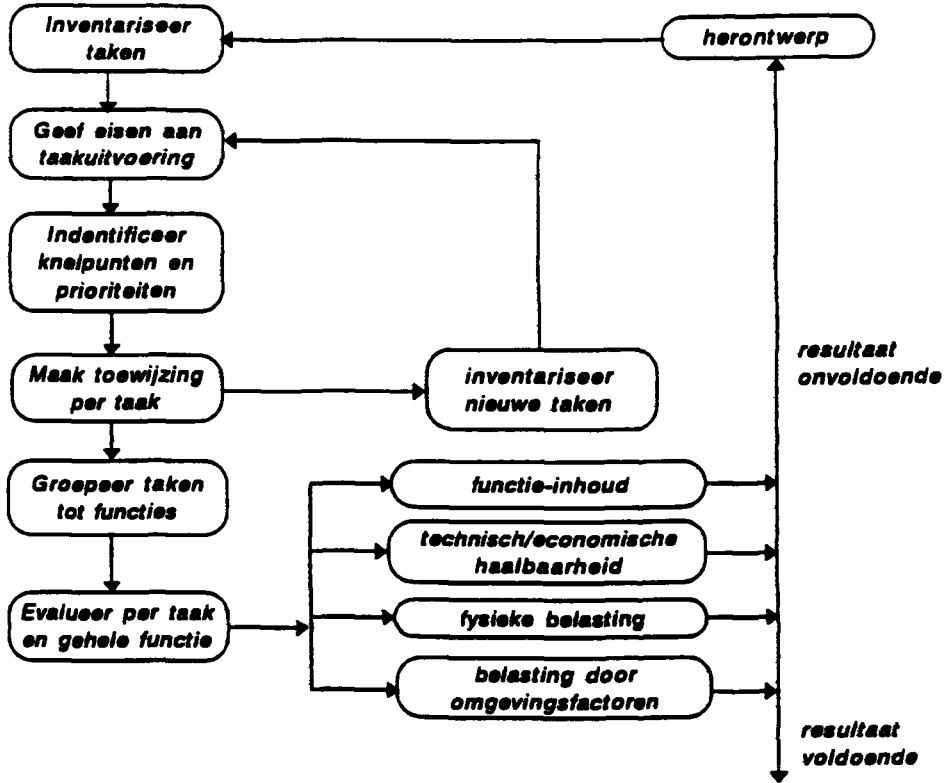
Het toewijzen van een taak aan een machine houdt vrijwel altijd in dat nieuwe taken ontstaan. Indien men beslist dat het assembleren van een apparaat geautomatiseerd gaat worden, houdt dit in dat laden, lossen, bewaken, bedienen en dergelijke als nieuwe taken ontstaan. Deze nieuwe taken moeten ook in het ontwerp worden meegenomen. Laat men dit achterwege dan bestaat het risico dat men bij de in gebruikname tot de conclusie komt dat er nog een aantal resttaken bestaan waarvoor nog geen oplossing is gevonden. In de praktijk blijkt dat juist deze taken kunnen leiden tot functies met verhoogde gezondheids- en welzijnsrisico's.

Het schema dat is afgebeeld in figuur 5.9 kan behulpzaam zijn bij het maken van een taakallocatie. Bij de invulling hiervan moeten de volgende stappen worden doorlopen.

1. Ga na welke taken moeten worden uitgevoerd, maak hierbij eventueel een verdeling in uitvoerende, voorbereidende, ondersteunende en organiserende taken (gegevens worden ontleend aan analyse- en onderzoeksfase, zie paragraaf 5.3).
2. Geef bij de taken aan welke eisen aan de uitvoering worden gesteld (ondermeer met betrekking tot de doelmatigheid), of onder welke omstandigheden de taken moeten worden uitgevoerd (gegevens worden ontleend aan verkenning, analyse en onderzoeksfase, zie paragraaf 5.2 en 5.3).
3. Geef aan waar knelpunten voorkomen. De knelpunten kunnen betrekking hebben op bijvoorbeeld VGW-*risico's*, de kwaliteit van de taakuitvoering, de kwantiteit (gegevens worden ontleend aan analyse en onderzoeksfase, zie paragraaf 5.3).
4. Maak per taak een keuze voor toewijzing, hanteer hierbij genoemde criteria (zie tabel 5.5) en tracht een prioriteit aan te geven.
5. Geef aan welke nieuwe taken ontstaan als gevolg van de toewijzing (denk ook aan transport van onderdelen en/of (half)fabrikaten).
6. Evalueer per taak en voor de gehele functie of een voldoende resultaat is bereikt. Criteria zijn bijvoorbeeld de functie-inhoud, fysieke belasting, belasting door omgevingsfactoren en de technisch/economische haalbaarheid.

Figuur 5.9

Werkschema voor het maken van een taakallocatie.



Voorbeeld

Voor het maken van de mechanische apparaten (zie paragraaf 5.1.2) kon het volgende schema voor een taakallocatie worden opgesteld (zie figuur 5.10).

Figuur 5.10

Taakallocatie voor de produktie van mechanische apparaten uit de case.

Taakanalyse	Informatie over taken	Beoordeling	Taakallocatie	
welke taken	taakeisen	knelpunten	keuze	nieuwe taken
Samenstellen messen	<ul style="list-style-type: none"> - norm x stuks - y uur per dag - toleranties 	<ul style="list-style-type: none"> - scherpe randen - beperkte been ruimte - korte cyclus 	mens en hulpmiddel	
Lassen messen	<ul style="list-style-type: none"> - norm x stuks - y uur per dag - toleranties 	<ul style="list-style-type: none"> - korte cyclus - machinebinding - lasdampen - werkplek-inrichting 	machine	<ul style="list-style-type: none"> - laden, lossen - bewaken - reinigen - onderhoud - bediening

5.4.3 Functie-ontwerp

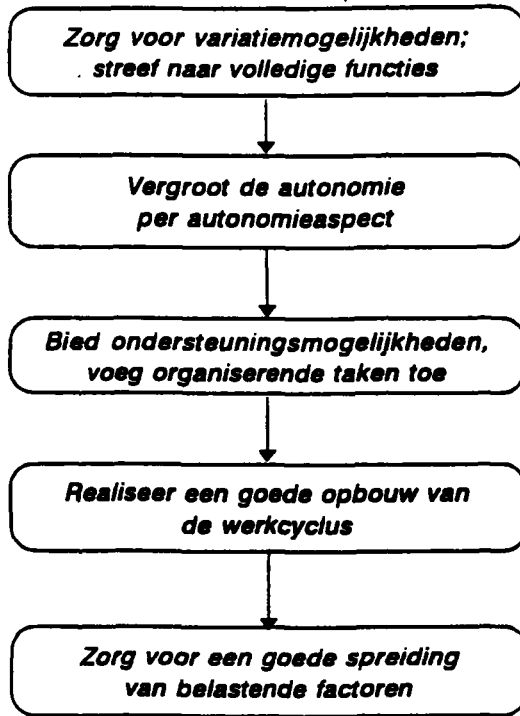
Als de taakallocatie is uitgevoerd is in grote lijnen bekend welke taken door mensen zullen worden uitgevoerd. Op basis hiervan kan een globaal ontwerp voor functies worden gemaakt: de taken worden over verschillende personen verdeeld. Het uitgangspunt bij het functie-ontwerp is reeds besproken in paragraaf 3.4 en tabel 3.8.

In de taakallocatie is er bij de verdeling van de individuele taken al naar gestreefd zoveel mogelijk aan alle bovengenoemde eisen te voldoen. Ook het geheel van taken dat door één persoon wordt uitgevoerd moet hieraan voldoen.

Bij het ontwerpen van functies in een werksituatie kan men te werk gaan als weergegeven in figuur 5.11.

Figuur 5.11

Stappenplan voor het ontwerpen van functies in een produktielijn voor serieproductie. Dit schema wordt in het vervolg van de paragraaf uitgewerkt.



Aanbrengen van variatie en afwisseling

Het bieden van variatie binnen een functie is nodig om een spreiding te krijgen in de vaardigheden die voor het werk nodig zijn en de wijze waarop de werknemer door het werk (zowel fysiek, mentaal als door de omgeving) wordt belast.

Bovendien is afwisseling in het werk een voorwaarde om zelfstandigheid (autonomie) in het werk te kunnen aanbrengen.

Variatie kan op verschillende manieren in een functie worden gerealiseerd. In volgende tabel is een overzicht gegeven.

Tabel 5.6

Mogelijkheden voor het realiseren van variatie en afwisseling binnen een functie.

Aspecten van variatie en afwisseling	ontwerpaanbevelingen
taken	<ol style="list-style-type: none"> 1. verdiepen van functies: toevoegen van taken die voorbereiding, ondersteuning en besturing inhouden; 2. verbreden van functies: verschillende uitvoerende taken toevoegen; 3. taakrotatie: rouleren over verschillende taken.
vaardigheden	beroep doen op verschillende (motorische en mentale) vaardigheden (kan resultaat zijn van het aanbieden van meer variatie in taken)
voorwerpen	werken met verschillende onderdelen, machines, hulpmiddelen en (half)fabrikaten
werkplekken	werken op verschillende werkplekken, reduceren plaatsgebondenheid reduceren, taken toevoegen waarvoor men de werkplek moet verlaten
houding en beweging	toevoegen van verschillende taken: werken op verschillende werkplekken;
moeilijkheid	variatie aanbrengen in moeilijkheid van bewegingen, beslissingen en in de mate waarin concentratie vereist is.

Om een voldoende mate aan variatie te kunnen verkrijgen moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan. Deze voorwaarden zijn onder meer gelegen in de organisatie en in het uiteindelijke ontwerp van een produktielijn. De medewerkers bij een produktielijn moeten bijvoorbeeld als het ware worden uitgenodigd om ook daadwerkelijk verschillende taken te gaan verrichten. Hiervoor is het nodig dat men beschikt over de vereiste vaardigheden (kwalificaties). Daarnaast moet de organisatie zijn afgestemd op een taakuitvoering door verschillende medewerkers. Er moet delegatie van (een deel van) voorbereidende, ondersteunende en organiserende taken naar het uitvoerend niveau mogelijk zijn. Bovendien is het nodig dat de werkplekken waar een medewerker taken verricht gemakkelijk toegankelijk zijn en de afstand tussen de werkplekken niet te groot is.

Autonomie

Aanbrengen of vergroten van zelfstandigheid waarmee de medewerkers hun werk kunnen uitvoeren geeft de medewerker de mogelijkheid het werk beter op zichzelf en de omstandigheden af te stemmen. Als men enige vrijheid heeft problemen zelf op te lossen kan een reductie in stressrisico's ontstaan. Autonomie kan op verschillende manieren binnen een functie worden gerealiseerd. Tabel 5.7 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 5.7 Mogelijkheden om binnen een functie een zekere mate van zelfstandigheid (autonomie) te realiseren.

Aspecten van autonomie	Ontwerpaanbevelingen
werkwijze	tot op zekere hoogte door de medewerker zelf laten bepalen van de manier waarop wordt gewerkt; werkwijze niet bindend voorschrijven; werkplekinrichting moet andere werkwijzen mogelijk maken
werktempo, concentratie	mogelijkheden bieden het werktempo te kiezen (geen machinebinding); door de medewerkers zelf momenten laten kiezen waarop in hoog tempo of met een hoge mate van concentratie wordt gewerkt; aanbrengen van buffers
werksituatie, omgeving	een zekere mate van vrijheid geven in het kiezen van werkplek; mogelijkheden bieden om zelf wijzigingen in werksituatie aan te brengen
hulpverlening	zelf hulp kunnen inroepen bij storingen; mogelijkheden scheppen om collega's te ondersteunen

Voorwaarden om autonomie in het werk te krijgen zijn onder meer het bieden van een reële mogelijkheid voor variatie binnen het werk en het bieden van voldoende regelcapaciteit, bijvoorbeeld door delegatie van taken met bestuurlijk karakter naar het uitvoerend niveau.

Contactmogelijkheden

De mogelijkheden met anderen te spreken kunnen betrekking hebben op informele contacten (gesprekken die niet direct met het werk te maken hebben) op functionele contacten (gesprekken die over het werk gaan of die voor de uitvoering van de taken nodig zijn) en op de mate waarin het mogelijk is elkaar in het werk te ondersteunen. Mogelijkheden voor het bieden van contacten in het werk zijn samengevat in tabel 5.8.

Tabel 5.8 Mogelijkheden voor het aanbrengen van contact mogelijkheden in een functie.

Soorten van contactmogelijkheden	Ontwerpaanbevelingen
informele contacten	toevoegen van taken die: <ul style="list-style-type: none">- geen machinebinding hebben;- niet bij voortdurende volle concentratie vereisen;- het verlaten van de werkplek nodig of mogelijk maken. onderlinge situering van de werkplekken zodanig dat: <ul style="list-style-type: none">- zichtcontact mogelijk is;- gesprekken op normaal stemvolume mogelijk zijn;- hinder van geluidsbronnen beperkt is.
functionele contacten	toevoegen van taken waarbij contacten met anderen nodig zijn: bijvoorbeeld het houden van werkoverleg, werken in taakgroepen en het zelf verzorgen van de aanvoer van onderdelen.
ondersteuning	bieden van de mogelijkheid het werk kortdurend te onderbreken en de werkplek te verlaten; om collega's te kunnen helpen.

Werkcyclus

Veel werkzaamheden in de serieproductie hebben een cyclisch karakter. Als de cyclustijd kort is, ontstaan stressrisico's. Ook biedt kortcyclisch werk niet of nauwelijks mogelijkheden om te leren. Bovendien is er dikwijls sprake van een eenzijdige, zich in hoog tempo herhalende belasting van het spier-skelet stelsel. Hoe er tijdens het ontwerp voor gezorgd kan worden dat een acceptabele weekcyclus ontstaat is aangegeven in tabel 5.9

Tabel 5.9 Beïnvloedingsmogelijkheden met betrekking tot de cyclustijd.

Aspecten van cyclustijd	ontwerpaanbevelingen
cyclustijd	<ul style="list-style-type: none">- verlenging van de cyclustijd door toevoeging van andere taken binnen de cyclus;- inbouwen van rustperiodes van zodanige lengte dat het spier-skelet stelsel zich kan herstellen maar geen verveling ontstaat
opbouw van de cyclus	een wijziging in de opbouw van een cyclus (bijvoorbeeld niet steeds een heel produkt afwerken, maar steeds aan een aantal produkten een bewerking uitvoeren)
ontkoppeling	loskoppeling van de machinecyclus of het werk van collega's geeft mogelijkheden om de cyclusduur enigszins te beïnvloeden

Informatie en terugkoppeling

Het verstrekken van informatie is nodig om achtergrond te geven aan de werkzaamheden. Het gaat hierbij om informatie die betrekking heeft op het werk, op afdelingen en op de gehele onderneming wat betreft informatie vooraf (zoals taakstelling, planning en kwaliteitseisen) en informatie over het resultaat (terugkoppeling met betrekking tot kwantiteit, kwaliteit en de planning).

Spreiding van belastende factoren

In sommige gevallen kan met het functie-ontwerp worden bereikt dat de blootstellingsduur aan ongunstige omgevingsfactoren wordt beperkt. Een dergelijke organisatorische oplossing dient echter alleen te worden toegepast als meer fundamentele oplossingen (aanpak bij de bron of in de overdrachtsweg) niet haalbaar zijn. Een spreiding van belastende factoren (zoals het uitvoeren van lawaaiig werk) gaat in de praktijk vaak samen met het aanbrengen van meer variatie in taken en werkplekken.

Voorbeeld

Bij de fabricage van de mechanische apparaten wordt de functie-inhoud verbeterd door een vergroting van de individuele autonomie binnen de produktielijn. De produktiemiddelen van een produktielijn worden zoveel mogelijk bij elkaar gebracht (bijvoorbeeld opdrukmaschine binnen de produktielijn en eventueel machines voor het fabriceren

ren van metalen strips). Machines die in een vast tempo moeten worden geladen en gelost (het lassen van de strips) worden voorzien van buffers. Aan de produktielijn wordt door een vaste groep medewerkers gewerkt. Iedere medewerker maakt in beginsel een volledig produkt, iedereen verricht zoveel mogelijk van de taken die nodig zijn om een compleet produkt af te leveren. Eén mogelijkheid is dat elke medewerker zijn eigen onderdelen maakt. Een andere mogelijkheid is dat onderdelen naar behoefte worden gemaakt. Het is niet nodig dat alle bewerkingen aan dezelfde werkplek plaatsvinden.

Een aantal taken op het gebied van voorbereiding, ondersteuning en besturing (die in de bestaande situatie door het kader en door andere afdelingen worden verricht) worden naar produktiemedewerkers gedelegeerd:

- uitvoeren van werkzaamheden zoals transport van onderdelen binnen de produktielijn en het aanvullen van werkvoorraden;
- (mede) opzetten van de produktieplanning, bijvoorbeeld in de vorm van werkoverleg;
- onderlinge coördinatie van de taken binnen de produktielijn;
- beheer van tussenvoorraden en halffabrikaten.

5.4.4 Productie-organisatie en lay-out

De globale opzet van de lay-out is voor een groot deel afhankelijk van de te kiezen productie-organisatie. Van belang is onder meer of parallel schakelen van delen van het productieproces en/of segmentering (opdelen in zelfstandige segmenten) van het productieproces mogelijk is en of zelfstandige groepen kunnen worden ontworpen [2,11].

5.4.5 Evaluatie van het globaal ontwerp

In deze paragraaf zal nader worden ingegaan op een globale evaluatie van de functie-inhoud en stressrisico's en de fysieke belasting. Hoewel het ontwerp na de taakallocatie en het verdelen van taken over verschillende medewerkers nog

slechts in globale lijnen vastligt, kan het tot nu toe bereikte resultaat worden geëvalueerd op een aantal aspecten, te weten functie-inhoud, fysieke belasting, mentale belasting en belasting door omgevingsfactoren. Ook is van belang na te gaan of de taken door een medewerker in een normale werkdag uitgevoerd kunnen worden. De resultaten van een dergelijke evaluatie kunnen aanleiding zijn om het globaal ontwerp bij te stellen. Dit kan betrekking hebben op de taakallocatie of het functie-ontwerp. Ook kan blijken dat binnen de gestelde eisen en randvoorwaarden geen acceptabele functies gerealiseerd kunnen worden. In dat geval moet getracht worden de ontwerpeisen en/of de randvoorwaarden te herzien.

Als tijdens het globaal ontwerp meer alternatieven zijn ontwikkeld kunnen de evaluatiemethoden ook als keuze instrument worden toegepast.

Evaluatie van functie-inhoud

Het resultaat van de taakallocatie en het functie-ontwerp kan worden beoordeeld met betrekking tot de functie-inhoud. Om een hiervan een indruk te krijgen kan men de WEBA-methodiek gebruiken [12]. Een oordeel over de functie-inhoud wordt hierbij verkregen door beantwoording van een aantal vragen met betrekking tot kenmerken van een functie. Dit leidt tot een welzijnsprofiel aan de hand waarvan welzijnsrisico's van een functie kunnen worden afgeschat.

Een andere, voor het ontwerpen eveneens goed bruikbare, werkwijze is het maken van een vergelijking tussen de bestaande en de nieuwe situatie of tussen verschillende ontwerpalternatieven.

Evaluatie van fysieke belasting

Een evaluatie van de fysieke belasting kan betrekking hebben op:

1. De zwaarte van het werk (energetische belasting, statische spierbelasting, krachtsuitoefening). Een schatting van de zwaarte van het werk kan worden gemaakt met de schattingsmethode van Hettinger [13].
2. De mate waarin zwaar tilwerkvoorkomt. Inzicht in de toelaatbaarheid van tilsituaties kan worden verkregen door toepassing van de NIOSH-methode [9].

3. De mate waarin afwisseling in houding en beweging mogelijk is, bijvoorbeeld aan de hand van de OWAS-methode [5].

Evaluatie belasting door fysisch/chemische omgeving

Op basis van het globaal technisch ontwerp en het ontwerp van de functies kan reeds een indicatie worden verkregen van eventuele blootstelling aan schadelijke omgevingsfactoren. Uit het technisch ontwerp kan worden afgeleid of er bewerkingen voorkomen die schadelijk geluid of schadelijke trillingen veroorzaken en of er chemische stoffen worden gebruikt. De taakallocatie en het functieontwerp kunnen informatie geven over de mate waarin medewerkers hieraan blootgesteld kunnen worden.

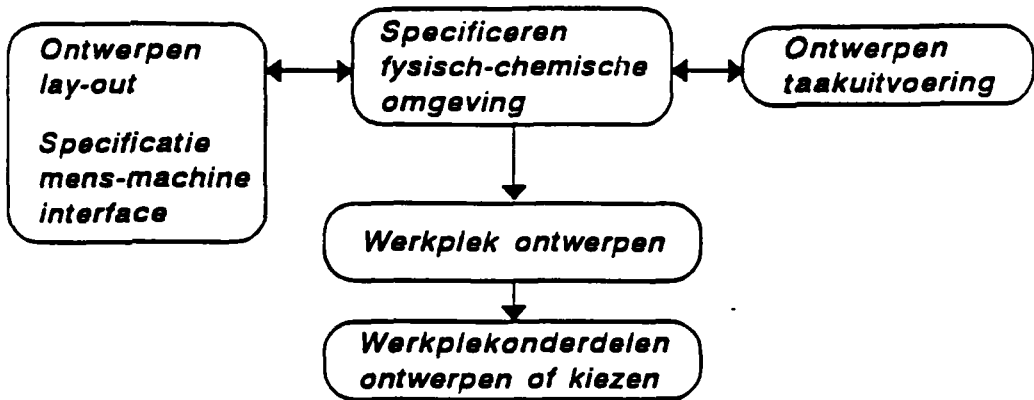
5.5 Detailontwerp

5.5.1 Inleiding

Als in globale aanduidingen bekend is wat het technisch systeem, zal omvatten, hoe functies er uit zien en welke regelingen en procedures er zullen zijn kan het detailontwerp worden gemaakt. Het detailontwerp zal voor werksituaties in de serieproductie voornamelijk betrekking hebben op het specificeren van eisen aan de arbeidsomgeving, het vaststellen van de lay-out, het inrichten van werkplekken en het ontwerp of de keuze van hulpmiddelen en gereedschappen.

Men kan de ontwerpvolgorde aanhouden die in figuur 5.12 is afgebeeld.

Figuur 5.12 Ontwerpvolgorde tijdens detailontwerp.



5.5.2 Lay-out van een produktielijn

Het ontwerp van de lay-out van een produktielijn start met het nader uitwerken van het programma van eisen. Hierin worden eisen die in een eerder stadium al globaal zijn opgesteld gedetailleerd en zoveel mogelijk (bij voorkeur zelfs getalsmatig) uitgewerkt. Eisen voor de lay-out worden ontleend aan de toegepaste produktietechniek en produktieorganisatie (opbouw van het produktieproces), de arbeidsorganisatie (verdeling van taken over verschillende personen en/of werkplekken), eisen aan te taakuitvoering, algemeen ergonomische eisen en randvoorwaarden of beperkingen opgelegd door de uitgangssituatie.

Bij het ontwerpen van de lay-out wordt uitgegaan van de structuur van het produktieproces. Werkplekken die onderling nauw zijn gerelateerd, worden dicht bij elkaar geplaatst. Bij serieproduktie weerspiegelt de lay-out in veel gevallen de produktievolgorde.

De chemisch-fysische omgeving is van grote invloed op de te ontwerpen lay-out. Dikwijls laat de ontwerpruimte niet toe dat grote wijzigingen in de omgeving worden aangebracht. Meestal kan de chemisch-fysische omgeving alleen bij het opzetten van nieuwe produktieruimtes in nauwe samenhang met de lay-out van een produktieproces ontworpen worden. Bij andere uitgangssituaties (opheffen van knelpunten en aanpassingen in het produktieproces) zijn doorgaans slechts

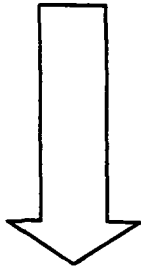
beperkte veranderingen mogelijk. Denk hierbij aan het aanbrengen van tochtdeuren of omkastingen bij lawaaiige machines.

Een goed ontwerp van de lay-out kan een positieve invloed hebben op de functie-inhoud en de arbeidsorganisatie. Zichtcontact en niet te grote afstanden tussen personen vergemakkelijken functionele en informele contacten. Een goede toegankelijkheid van werkplekken en korte afstanden maken het voor werknemers mogelijk te variëren over werkplekken en verbetert de mogelijkheden voor ondersteuning.

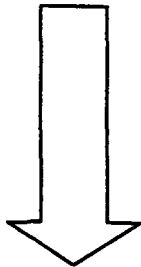
Ook het verloop van het productieproces is gebaat bij een goed ontworpen lay-out. Goed zicht op plaatsen waar storingen kunnen optreden en een goede toegankelijkheid daarvan bevordert de produktiviteit.

Figuur 5.13 Werkvolgorde en vuistregels bij de systematische lay-out planning van een productielijn.

Inventariseer nabijheidseisen



Bepaal benodigde ruimte



Ontwerp lay-out

Ga uit van produktietechniek en produktiestructuur

- realiseer logische volgorde
- minimaliseer transport
- werkplekken met veel relaties dicht bij elkaar

Houd rekening met fysisch-chemische omgeving

- verlichting
- geluid
- gas, damp, stof
- klimaat

Houd rekening met arbeidsorganisatie en functie-inhoud

Reserveer ruimte voor

- transport
- opslag
- vluchtwegen

Vermijd (drukke) transportwegen vlak bij werkplekken

Reserveer ruimte voor onderhoud en reparatie

Ontwerp alternatieven (eerst zonder benodigd

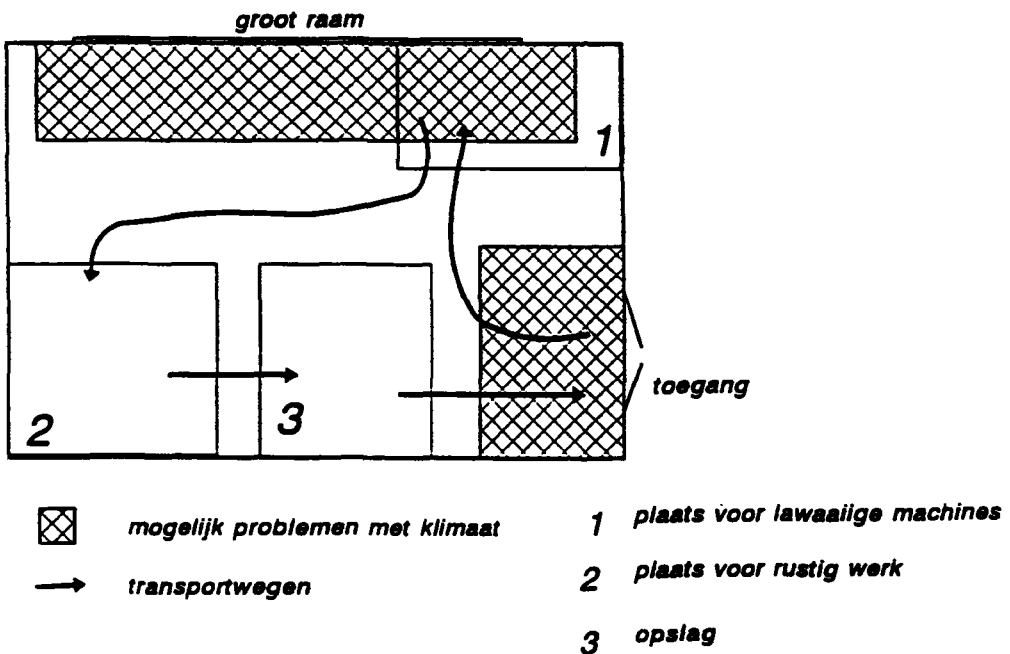
oppervlak, later met)

Maak een keuze uit alternatieven

Voorbeeld

De productielijn voor de mechanische apparaten moet in een hal, tezamen met andere productielijnen en ruimte voor opslag worden ondergebracht. Het werk aan de apparaten vereist enige concentratie, in het bijzonder de visuele inspectie ervan. Ook het contact tussen de medewerkers onderling is belangrijk. De vraag doet zich voor waar de productielijn het best kan worden gesitueerd. Eisen zijn bijvoorbeeld: zo min mogelijk tocht, dus ver verwijderd van toegangsdeuren; grote afstand tot lawaaiige werkzaamheden; goede oriëntatie tot het raam in verband met de uit te voeren visuele inspecties (zie figuur 5.14).

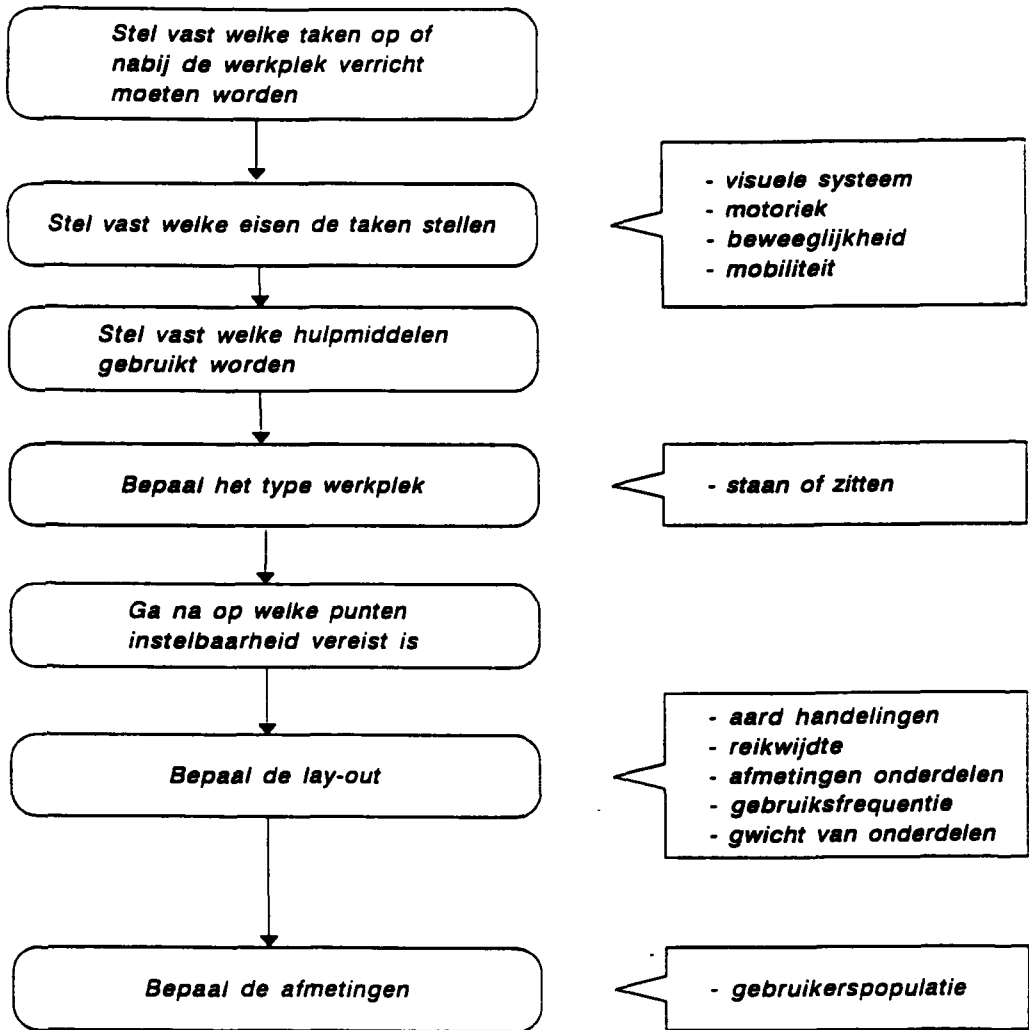
Figuur 5.14 Lay-out en overwegingen bij het ontwerp van een fabriekshal.



5.5.3 Werkplekontwerp

Deze paragraaf gaat in op de wijze waarop een werkplekontwerp tot stand kan komen. Hierbij ligt de nadruk op het aangeven van de stappen die voor het werkplekontwerp van belang zijn. De dimensionering (bepaling van afmetingen) komt slechts summier aan de orde. Dit wordt uitgebreid besproken in hoofdstuk 4 en 7. De reden hiervoor is dat vooral de dimensionering van werkplekken reeds in veel handboeken uitvoerig wordt toegelicht [10, 13 t/m 16]. Een aanpak is afgebeeld in figuur 5.15.

Figuur 5.15 Schematische weergave van een aanpak om te komen tot een werkplekontwerp.



Hieronder worden een aantal van de ontwerpstappen (zie figuur 5.15) nader toegelicht. De taken op of nabij de werkplek, de taakeisen en de te gebruiken hulpmiddelen zijn reeds geïnventariseerd in eerdere fasen van het ontwerpproces. Het is echter goed na te gaan of de benodigde informatie inderdaad aanwezig is. Eventueel kan een aanvullende analyse nodig zijn.

Autonomie met betrekking tot de inrichting van de werkplek

In het werkplekontwerp moet er voor de gebruiker ruimte zijn zelf aanpassingen aan te brengen. Hiermee kan een zekere mate van autonomie gerealiseerd worden. Het instelbaar maken van de werkplek vereist dat de gebruikers goed op de hoogte zijn met de mogelijkheden en wat een goede instelling is.

Staand of zittend werken?

Op grond van voorgaande stappen kan worden beslist of de werkplek moet worden ontworpen voor staand werk, zittend werk of tussenvormen daarin. Het schema in figuur 5.16 kan hierbij behulpzaam zijn.

Figuur 5.16 Beslissingsschema voor zittend of staand werken (Bron: Voskamp, 1991).

<i>Parameters</i>	<i>Zwaar tillen/trekken</i>	<i>Afwisselend werk</i>	<i>Grote reikwijdte</i>	<i>Variabele taken</i>	<i>Variable werkhoogten</i>	<i>Herhaalde bewegingen</i>	<i>Visuele aandacht</i>	<i>Precisiewerk</i>	<i>Tijdsduur > 4 uur</i>
<i>Zwaar tillen/trekken</i>		S	S	S	S	SH	SH	SH	S/SB
<i>Afwisselend werk</i>			S	S	S	Z/SH	Z/SH	Z/SH	Z/SH
<i>Grote reikwijdte</i>				S	S	SH	SH	SH	S/SB
<i>Variabele taken</i>					S	SH	SH	SH	S/SB
<i>Variabele werkhoogten</i>						Z	Z	Z	Z
<i>Herhaalde bewegingen</i>							Z	Z	Z
<i>Visuele aandacht</i>								Z	Z
<i>Precisiewerk</i>									Z
<i>Tijdsduur > 4 uur</i>									

S = staand
Z = zittend

SH = stahulp
SB = stoel beschikbaar

Voorbeeld

Het opspannen van de metalen strips in een houder is werk dat met enige nauwkeurigheid moet worden verricht. De benodigde beweeglijkheid is niet groot en er hoeft geen grote krachtsuitoefening te worden geleverd. De werkplek leent zich daarom goed voor zittend werk. Een nadeel hiervan is echter dat de medewerker minder gemakkelijk op

andere werkplekken andere taken zal verrichten. Dit kan tot gevolg hebben dat men lange tijd achtereen dezelfde kortcyclische taken uitvoert. Dit heeft een negatief effect op de functie-inhoud en vergroot de gezondheidsrisico's. In dit geval zal een gecombineerde zit-sta werkplek de beste resultaten geven.

Bepalen van de lay-out van de werkplek

Als duidelijk is welk type werkplek geschikt is, kan de onderlinge situering van werkstuk, onderdelen en hulpmiddelen vastgesteld worden. De lay-out van de werkplek kan in veel gevallen goed door de gebruiker zelf worden gekozen.

Een flexibele werkplekindeling is echter niet altijd mogelijk. Ook voor werkplekken die door de gebruiker veranderd kunnen worden, is het verstandig uit te gaan van een geschikt ontwerp. De volgende uitgangspunten kunnen voor het ontwerp van de lay-out van een werkplek gehanteerd worden:

Tabel 5.10 Ontwerpaanbevelingen voor het bepalen van de lay-out van een werkplek.

Ontwerpregel	Uitwerking, voorbeeld
1. Werk dicht bij het lichaam.	Zorg ervoor dat de werkzaamheden binnen de comfortzone (dat wil zeggen dicht en midden voor het lichaam) worden uitgevoerd. Vooral bij het hanteren van zware voorwerpen en bij hoge herhalingsfrequenties is dit van belang. Vermijd regelmatig ver reiken, werken naast of achter het lichaam en werken met geheven armen.
2. Rangschik voorwerpen naar gebruiksfrequentie.	Plaats de meest gebruikte onderdelen op de best bereikbare plaatsen, zoveel mogelijk binnen de comfortzone. Indien het niet mogelijk is alle gebruikte voorwerpen permanent binnen bereik te hebben, kan gebruik worden gemaakt van beweegbare opbergplaatsen.
3. Minimaliseer bewegingsafstanden.	Zorg ervoor dat de reikwijdte van veel gemaakte bewegingen beperkt is.
4. Zorg ervoor dat gewrichten rond de neutrale stand gebruikt kunnen worden.	Voorwerpen moeten zodanig worden gerangschikt dat frequente belasting van gewrichten in de uiterste stand wordt vermeden.
5. Rangschik voorwerpen naar belangrijkheid en/of urgentie.	Plaats voorwerpen of bedieningsmiddelen die urgent zijn (zoals een noodstop) op een goed bereikbare plaats.
6. Rangschik voorwerpen naar gebruiksvolgorde.	Onderdelen die in een bepaalde volgorde worden gemonteerd kunnen goed in die volgorde worden gerangschikt. Door het rangschikken van bedieningsmiddelen kunnen bedieningsfouten worden geminimaliseerd.
7. Rangschik voorwerpen volgens functieprincipe.	Plaats voorwerpen met een overeenkomstige functie bij elkaar.

Gegevens over reikwijdten, de omvang van de comfortzone bij verschillende werkhoudingen kunnen worden ontleend aan handboeken en dataverzamelingen [13 t/m 19]. In hoofdstuk 4 en 7 komt het bepalen van afmetingen van werkplekken uitvoerig aan de orde. Op deze plaats wordt daarom volstaan met een verwijzing.

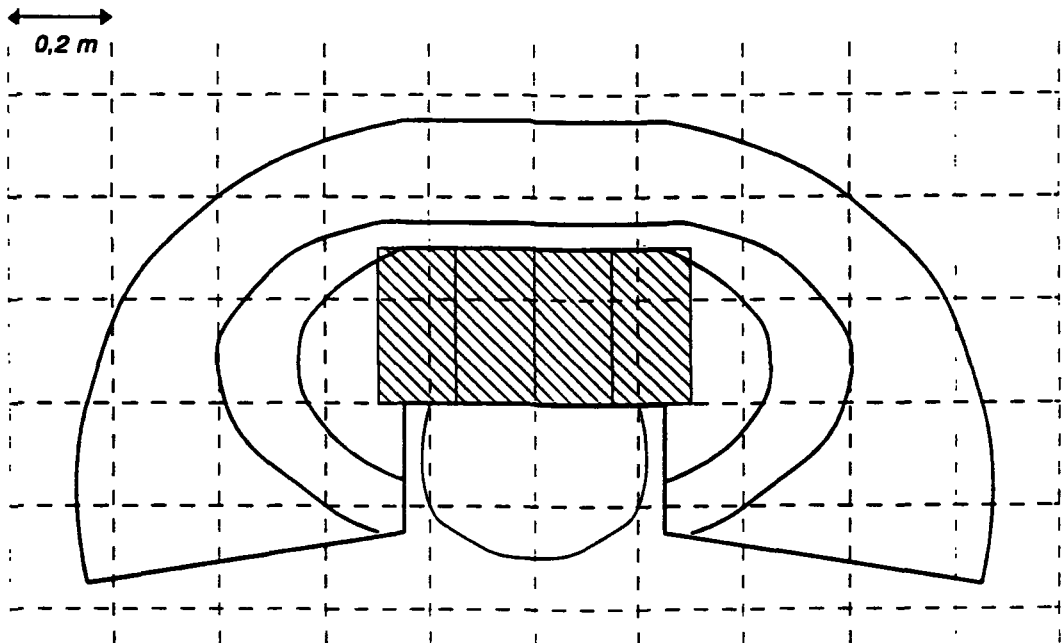
Voorbeeld

Op de werkplek waar de eindmontage van de mechanische apparaten plaatsvindt (zie paragraaf 5.1.2) worden een aantal handelingen uitgevoerd. Er blijken in de praktijk verschillende werkwijzen mogelijk. Soms monteert een medewerker meerdere apparaten tegelijk, soms werkt dezelfde persoon aan één apparaat. De lay-out moet derhalve geschikt zijn voor beide werkwijzen. Dit kan worden bereikt door de werkplek zo te kiezen dat een ruim aantal apparaten geplaatst kan wor-

den. Het toelaatbare aantal kan worden afgeleid uit de reikwijdte en de afmetingen van een apparaat. De reikwijdte van een kleine persoon is in principe bepalend (zie figuur 5.17).

In dit voorbeeld is uitgegaan van een zit-werkplek. Als gekozen wordt voor een sta- of gecombineerde sta-zit-werkplek is de bewegingsvrijheid van de medewerker groter. Er zullen desgewenst ook meer apparaten tegelijk bewerkt kunnen worden.

Figuur 5.17 Comfortzone voor de plaatsing van werkstukken bij de montage. Binnen de comfortzone kunnen enkele apparaten tegelijk bewerkt worden.



- 1 Zone voor frequente bewegingen
- 2 Zone voor weinig frequente bewegingen
- 3 Zone voor laagfrequente bewegingen



Als een sterke oog-hand coördinatie vereist is, of bij visuele controle, kan voorovergebogen werken worden voorkomen door het werkstuk schuin te plaatsen. Voor het oppakken van voorwerpen geldt iets soortgelijks. Werken met polsen in de neutrale stand kan eveneens worden bewerkstelligd door een schuine opstelling van voorwerpen.

Voorstellen voor een werkplekinrichting kunnen zeer goed worden beproefd in een mock-up. Hoe een gebruikersinbreng bij het detailontwerp het best kan worden uitgevoerd is beschreven in hoofdstuk 7.

5.5.4 Ontwerp van tilsituaties

In het globaal ontwerp worden belastende tiltaken al zoveel mogelijk vermeden. Niettemin kan het voorkomen dat tillen toch nodig is. In dat geval moet getracht worden de belasting zo veel mogelijk te beperken. Aandachtspunten zijn de volgende:

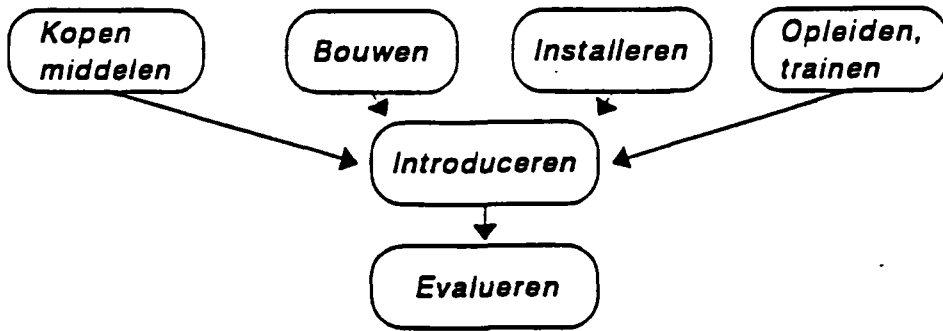
- maak de horizontale afstand tussen lichaam en zwaartepunt van de last zo klein mogelijk;
- plaats het te tillen object op een hoogte van ongeveer 75 cm boven de enkels;
- zorg dat het hoogteverschil tussen plaats van oppakken en neerzetten zo klein mogelijk is;
- zorg voor voldoende bewegingsvrijheid rond de te tillen objecten;
- zorg voor een goede grip (bijvoorbeeld door handvatten);
- zorg voor een goede grip op de vloer.

5.6 Bouw, implementatie en evaluatie

5.6.1 Inleiding

Als het ontwerp gereed is kan begonnen worden met de bouw en implementatie (zie figuur 5.18). Bij werkplekken in serieproductie kan men uitgaan van standaard componenten. Dit geldt in het bijzonder voor gereedschappen en hulpmiddelen (denk bijvoorbeeld aan onderdelen bakjes). De keuze en aankoop van deze onderdelen is derhalve een stap die de aandacht verdient. In deze paragraaf wordt daaraan aandacht besteed.

Figuur 5.18 Activiteiten tijdens bouw, implementatie en evaluatie.



5.6.2 De keuze en aankoop van hulpmiddelen

Voor de keuze voor een hulpmiddel is veel informatie nodig over de mogelijke alternatieven, de markt van aanbieders van deze alternatieven, de eisen die aan het hulpmiddel gesteld moeten worden. Veel van deze informatie is al verzameld in voorgaande stappen van het ontwerpproces. In tabel 5.11 is aangegeven welke gegevens van belang zijn.

Aan de hand van de benodigde gegevens en andere punten uit het programma van eisen moet een eerste keuze uit het aanbod op de markt gemaakt worden, om een overzichtelijk aantal alternatieven te krijgen (de 'korte lijst'). Vervolgens kunnen deze alternatieven nauwkeuriger tegen het programma van eisen getoetst worden en kunnen eventueel tests opgezet worden.

Tabel 5.11 Benodigde gegevens voor het maken van een keuze voor hulpmiddelen.

Fase	Benodigde gegevens
Verkenning	<ul style="list-style-type: none">- randvoorwaarden (bijvoorbeeld kosten, toelaatbare milieu-effecten);- betrokken personen bij de keuze.
Analyse en onderzoek	<ul style="list-style-type: none">- gebruikersgroep;- mogelijke knelpunten in arbeidsomstandigheden;- te volgen werkwijze;- gegevens over de alternatieven die op de markt zijn: de mogelijke werkingsprincipes; leveranciers; prijzen; levertijden; ondersteuning.
Globaal ontwerp	<ul style="list-style-type: none">- de taak (of taken) die de gebruiker met het hulpmiddel moet uitvoeren;- de eventuele keuze voor een werkingsprincipe.

Voor een bepaalde groep van hulpmiddelen, de gereedschappen, is onderstaande checklist met aspecten van gereedschappen en mogelijke arbo-effecten een handig hulpmiddel bij het selecteren van gereedschappen. Deze checklist is ook te gebruiken bij het opstellen van een vragenlijst voor de informatieverzameling bij een gebruikerstest van enkele alternatieven.

Tabel 5.12 Aandachtspunten bij eigenschappen van gereedschappen en gerelateerde arbo-aspecten.

Te beoordelen aspecten van het hulpmiddel	gerelateerde effecten op arbeidsomstandigheden
plaats handgrepen	houding lichaam en arm, stabiliteit
stand handgrepen	stand hand
vorm handgrepen	stand vingers en krachtoverbrenging/drukverdeling op hand en vingers (grip)
krachtbron	bewegingsvrijheid (kabels etc.), geluid, trillingen, statische en dynamische krachtuitoefening (spierkracht als krachtbron en gewicht)
toevoer hulpstoffen	bewegingsvrijheid (slangen), toxische belasting, stofbelasting
afvoer (afval)produkten	bewegingsvrijheid (slangen), toxische belasting, stofbelasting
gewicht, ondersteuning	statische en dynamische krachtsuitoefening
plaats zwaartepunt	statische krachtsuitoefening
reactiekrachten	statische en dynamische krachtsuitoefening, trillingen
zicht op het werk	houding hoofd, statische belasting nek- en schouderspieren
geluid	lawaai-belasting
afscherming	gevaar van verwonding
bedieningsmiddelen: plaats, vorm, bewegingsrichting, kracht	gebruiksgemak, statische en dynamische spierbelasting, beweging
plaats en uitvoering informatiepunten	gebruiksgemak
vorm van het geheel	veiligheid
handleiding	

Naast checklists zijn tests, bij voorkeur door toekomstige gebruikers, goede beoordelingsinstrumenten. Aanbevolen wordt de tests in praktijksituaties te doen, maar indien nodig kunnen ze in een laboratorium of ook in de showroom gebeuren.

Bij praktijktests is een mogelijke aanpak een klein aantal alternatieven volgens een systematisch roulatieschema door een groep medewerkers in de organisatie te laten proberen. Een dergelijke test moet goed bij de medewerkers geïntroduceerd worden en ook goed afgesloten worden, bijvoorbeeld met bijeenkomsten. Voor de

informatie-inwinning zijn vragenlijsten en dagboeken/problemen- en ideeënlijsten bruikbaar.

De beoordeling van de alternatieven tegen alle eisen levert een grote hoeveelheid resultaten op. Een handige methode om daar een overzichtelijke samenvatting van te maken is het invullen van een beoordelingslijst zoals die in tabel 5.13 afgebeeld. De alternatieven zijn afgezet tegen de beoordelingscriteria, waarbij op elk kruispunt de uitkomst van de beoordeling staat. Het eindoordeel over elk alternatief staat in de meest rechtse kolom. Vooral moet afgesproken worden hoe en hoe zwaar elk criterium moet meewegen in het eindoordeel. De in tabel 5.13 genoemde alternatieven en criteria zijn slechts voorbeelden. Een uitvoerig overzicht van keuzetechnieken wordt gegeven door Roozenburg en Eekels [20].

Tabel 5.13 Voorbeeld van een beoordeling van alternatieven tegen het programma van eisen.

criteria alternatieven	gewicht	VGW	check list	hand- leiding	ervaring gebruik- kers	eind- oordeel
alternatief A.1	500	++	[]	--		matig
alternatief A.2	700	+	-	-		matig
alternatief B	450	-	[]	-		slecht
alternatief C	1000	+	+	[]		goed

++ = zeer goed, + = goed, [] = matig, - = slecht, -- = zeer slecht

5.7 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Wilson, J.R., Corlett, E.N. Evaluation of human work, a practical ergonomics methodology. London, Taylor & Francis, 1990.
- [2] Pot, F.D., Peeters, M.H.H., Amelsvoort, P. van, Middendorp, J. Functieverbetering en integraal ontwerpen. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991. (S-112)

- [3] Douwes, M. Dul, J. Preventie beroepsgebonden problematiek van het bewegingsapparaat; inventarisatie van in het veld bruikbare methoden voor het registreren van houdingen en bewegingen. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1990. (S-91-2)
- [4] Armstrong, T.J., Chaffin, D.B., Fulke, J.A. A methodology for documenting hand positions and forces during manual work, *J. Biomech.* 12, 131-133
- [5] Karhu, O., Härkönen, R., Sorvali, P., Vepsäläinen, P. Observing working postures in industry; examples of OWAS application, *Appl. Ergon.* 12 (1981) nr.1, p. 13-17
- [6] Ridd, J.E., Clark, A.G. The Robens Occupation and Task Analysis System (ROTA). XIth World Congress on the prevention of occupational accidents and diseases, Stockholm (1987).
- [7] Zuidema, N. Rugbelasting door industriële arbeid. *T. Soc. Geneesk.* 54 (1979) 571-574
- [8] Corlett, E.N. Posture targetting; a technique for recording working postures. *Ergonomics* 22 (1979) 357-366
- [9] Vink, P., Dul, J. Meer dan 23 kg tillen uit den boze. *Arbeidsomstandigheden* 67 (1991) nr.12, p. 825-826
- [10] Voskamp, P. (eindred.). *Handboek Ergonomie; de stand van de ergonomie in de Arbowet.* Alphen aan den Rijn, Arbeidsinspectie/Samsom, 1991.
- [11] Groep Sociotechniek. *Het flexibele bedrijf: integrale aanpak van flexibiliteit, beheersbaarheid, kwaliteit van de arbeid en produktie-automatisering.* Deventer, Kluwer, 1987.

- [12] Projectgroep WEBA. Functieverbetering en organisatie van de arbeid: wel-
wijn van de arbeid gelet op de stand van de arbeids- en bedrijfskunde.
Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989.
(S-71)
- [13] Hettinger, T., Kaminsky, G., Schmale, H. Ergonomie an Arbeitsplatz. Kiehl
Verlag, Ludwigshafen, 1980.
- [14] McCormick, E.J., Sanders, M.S. Human factors in engineering and design.
New York, McGraw-Hill, 1983.
- [15] Eastman Kodak. Ergonomic design for people at work. London, Lifetime
Learning Publications, 1983.
- [16] Woodson, W.E. Human factors design handbook. New York, McGraw-Hill,
1980.
- [17] Kirchner, A., Kirchner, J.-H., Kliem, M., Müller, J.M. Räumlich-ergono-
mische Gestaltung, Handbuch. Dortmund, Bundesanstalt für Arbeitsschutz
(Fb 632), 1990.
- [18] Pheasant, S. Bodyspace, anthropometrics, ergonomics and design. London,
Taylor & Francis, 1986.
- [19] Molenbroek, J.H.M., Dirken, J.M. DINED-tabel. Delft, Faculteit Industrieel
Ontwerpen, 1986.
- [20] Roozenburg, N.F.M.; Eekels, J. Produktontwerpen, structuur en methoden.
Lemma, Utrecht, 1991.

6. KANTOORWERK

6.1 Inleiding

6.1.1 Kantoorwerk

In dit hoofdstuk wordt het ontwerpen van kantoren behandeld in aansluiting op hoofdstuk 2 en 3, waar in algemene termen op het ontwerpen vanuit ergonomische invalshoek wordt ingegaan. Naast ergonomische aspecten speelt ook produktiviteit een belangrijke rol bij het ontwerpen van kantoren. Dit aspect komt echter niet expliciet aan de orde, maar wordt in de praktijk vaak wel positief door ergonomische verbeteringen beïnvloed.

Kantoorwerk kan bestaan uit (combinaties van) uiteenlopende taken, zoals bijvoorbeeld administreren, gegevens invoeren in een computer met behulp van een beeldscherm, telefoneren, schrijven, tekstverwerken, lezen, discussiëren of nadenken over een project.

De kenmerken van de kantoorgebruikers zijn een belangrijk gegeven bij het realiseren van een nieuw kantoorontwerp. Daarmee worden in dit hoofdstuk de mensen die er dagelijks werken BEDOELD. Daarnaast moet in het ontwerp echter ook rekening gehouden worden met de mensen die het schoonhouden, die de installaties onderhouden en de mensen die het bezoeken.

Dit hoofdstuk richt zich op de wijze waarop verbeteringen in het werk in kantoren kunnen worden ontworpen. Het sluit aan bij de veelheid van bestaande richtlijnen en normen. De volgende onderwerpen komen aan de orde:

- verkenning (6.2): opstellen Programma van Eisen;
- analyse en onderzoek (6.3): taakanalyse en uitwerking van het Programma van Eisen;
- globaal ontwerp (6.4): systeemontwerp hardware en software, indeling;
- detailontwerp (6.5): omgevingsfactoren, werkplekontwerp en keuze software;

- bouw, implementatie en evaluatie (6.6): proefopstellingen, procedures.

De interne mogelijkheden kantoren te verbeteren zijn afhankelijk van de financiële ruimte en van de besluitvorming door derden. In de praktijk kunnen de kantoorprojecten dan ook grote verschillen vertonen, wat met de volgende voorbeelden kan worden geïllustreerd.

- Het "schipperen".

Een bestaande te kleine ruimte moet met (het bestaande) meubilair worden ingericht.

- Een fusie.

Door een fusie van twee bedrijven moet er een nieuw kantoor komen waar beide bedrijven in worden ondergebracht. De bedrijfscultuur van beide bedrijven moet tot uiting worden gebracht in het nieuwe ontwerp.

- Continu ontwerpen.

In sommige bedrijven bestaat de mentaliteit, dat er voortdurend veranderd moet worden om de organisatie optimaal te laten functioneren. Dit betekent het voortdurend veranderen van de inrichting en de wijze van werken binnen het bedrijf.

- Samenspraak met projectontwikkelaar.

Grote huurders (bedrijven van meer dan 100 mensen) krijgen vaak de kans invloed uit te oefenen op het ontwerp van een nieuw gebouw, voordat het wordt opgeleverd. Op die manier kunnen veel gebruikerswensen al in de bouwfase worden gerealiseerd, bijvoorbeeld door het aanbrengen van kabelgoten, geluidwerende wanden, zonwering, enz.

6.1.2 Case beschrijving

Gegeven is een afdeling van een bedrijf bestaande uit 16 medewerkers inclusief een hoofd en een secretaresse, die zich bezighouden met onderzoek en ontwikkeling van medische apparatuur. De werkzaamheden van de afdeling richten zich op het aanpassen van bloedbewakingsapparatuur die op de markt is gebracht, het

ontwikkelen van nieuwe apparatuur en het verbeteren van de eigen produktie. De afdeling is pas uitgebreid met vier medewerkers. Het management besluit dat de huidige wijze van werken en de inrichting van het gebouw eens kritisch onder de loep zouden moeten worden genomen. Er is een noodzaak de bestaande ruimte opnieuw in te richten en er is sprake van steeds verdergaande automatisering.

6.2 Verkenning

6.2.1 Inleiding

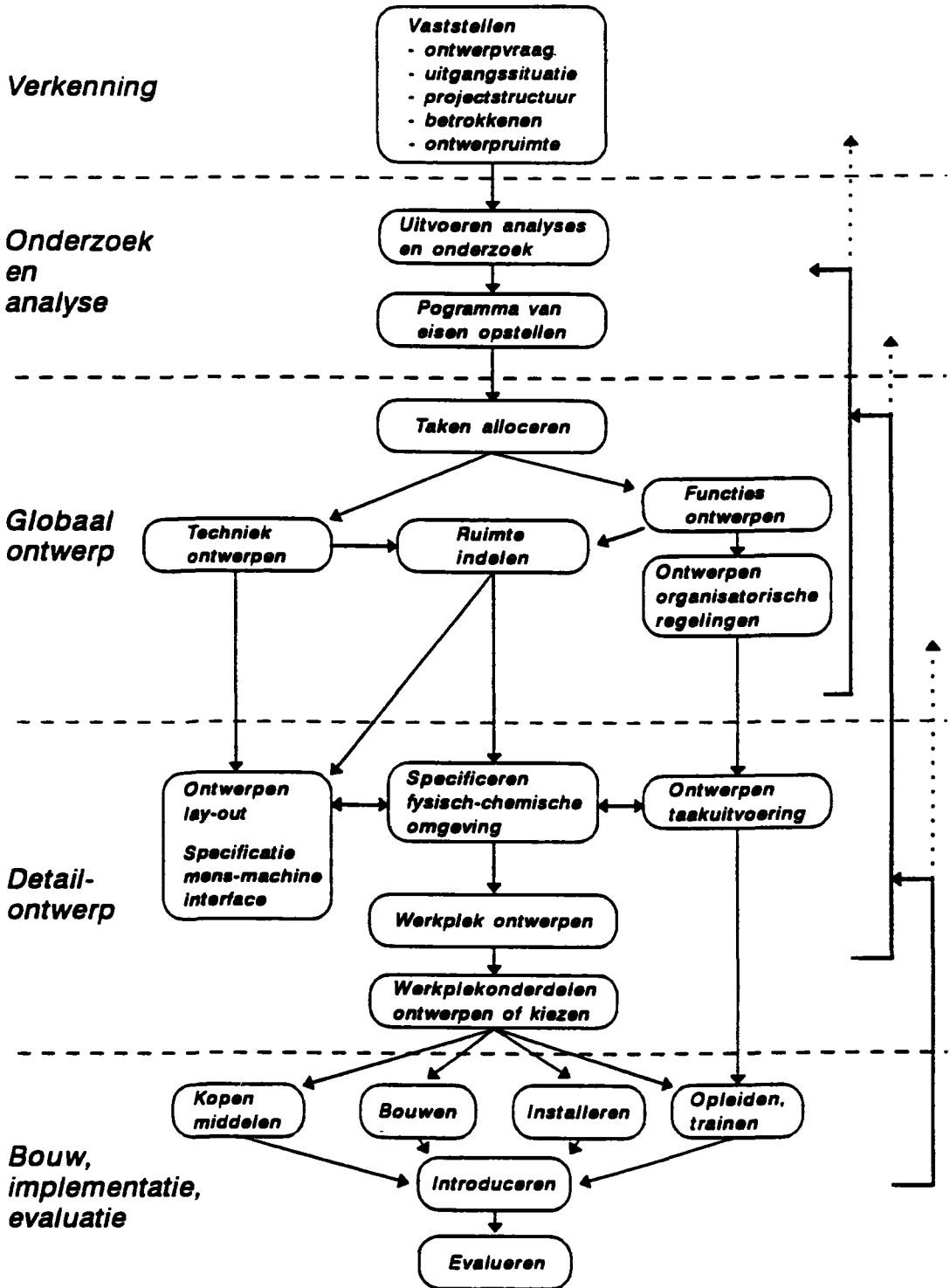
De werkzaamheden binnen deze fase omvatten de activiteiten, die nodig zijn om te komen tot een probleemomschrijving en een projectorganisatie. In figuur 6.1 is het een schematische weergave van de ontwerpaanpak nogmaals aangegeven.

De activiteiten kunnen zijn:

- nader onderzoeken aanleiding project;
- overleggen met betrokkenen;
- oriëntatie op werkzaamheden;
- raadplegen literatuur;
- in kaart brengen ontwerpruimte;
- formuleren doelstelling ontwerpproject;
- omschrijven ontwerpprobleem;
- en realiseren projectorganisatie.

Figuur 6.1

Schematisch overzicht van een ergonomische ontwerpaanpak.



Wie ontwerpen?

Wanneer er weinig aanpassingsmogelijkheden zijn, zoals in het bovengaande voorbeeld aangeduid met "schipperen", wordt de aanpassing over het algemeen zonder hulp van buiten gerealiseerd. Het nieuwe ontwerp van het kantoor wordt bijvoorbeeld bedacht en uitgevoerd door het hoofd van de civiel-technische dienst in nauwe samenspraak met het hoofd van de afdeling en de gebruikers.

Bij grotere projecten worden de gebruikers vaak alleen bij het ontwerp betrokken. De ontwerpers zijn dan bijvoorbeeld architecten, ergonomen, projectinrichters of technici, die kunnen worden bijgestaan door mensen met specifieke deskundigheden, zoals de brandweer en een geluidtechnicus.

Hoe kan het ontwerpen van kantoren het beste worden aangepakt?

De aanpak is al geschetst in hoofdstuk 2 en hoofdstuk 3 en weergegeven in figuur 6.1 en wordt nu toegepast op kantoren. Ieder project kent echter zijn eigen specifieke invulling. Telkens opnieuw zal moeten worden nagedacht over hoe in een bepaalde situatie het beste tot een oplossing kan worden gekomen. In deze inleiding zijn al verschillende typen kantoorprojecten geschetst, waarbij de ontwerpruimte (de mate van vrijheid bij het inrichten/ontwerpen) verschillend was. Deze verschillen komen tot uitdrukking in de aanduidingen:

- aanpassing: bijvoorbeeld het wegnemen van knelpunten in de klimaatbeheersing of het herinrichten van werkplekken,
- verbetering: bijvoorbeeld het intern verbouwen of automatiseren van werkzaamheden in een kantoor,
- vernieuwing: bijvoorbeeld organisatievernieuwing of nieuwbouw.

Relatief kleine veranderingen kunnen toch een belangrijke bijdrage leveren aan de arbeidsomstandigheden, bijvoorbeeld een betere manier van werken door een logischer indeling van het kantoor.

In dit hoofdstuk is ervoor gekozen in het voorbeeld aandacht te geven aan het verbeteren van kantoren.

6.2.2 Globaal Programma van Eisen

Globaal wordt een beeld gevormd van de inhoud van het project. In deze paragraaf worden drie methoden besproken die het systematisch verzamelen van informatie over het project kunnen bevorderen. De informatie kan worden weergegeven in de vormen van een globaal Programma van Eisen. (zie paragraaf 3.2)

Doelenstructuur

Het in kaart brengen van de hoofd- en subdoelstellingen is zinvol om inzicht te verkrijgen in de beoogde resultaten van het project. Bovendien wordt het mogelijk de relatie tussen ergonomische en niet-ergonomische doelstellingen zichtbaar te maken. De relatie tussen hoofd- en subdoelstellingen wordt weergegeven in een boomstructuur. De werkwijze is als volgt.

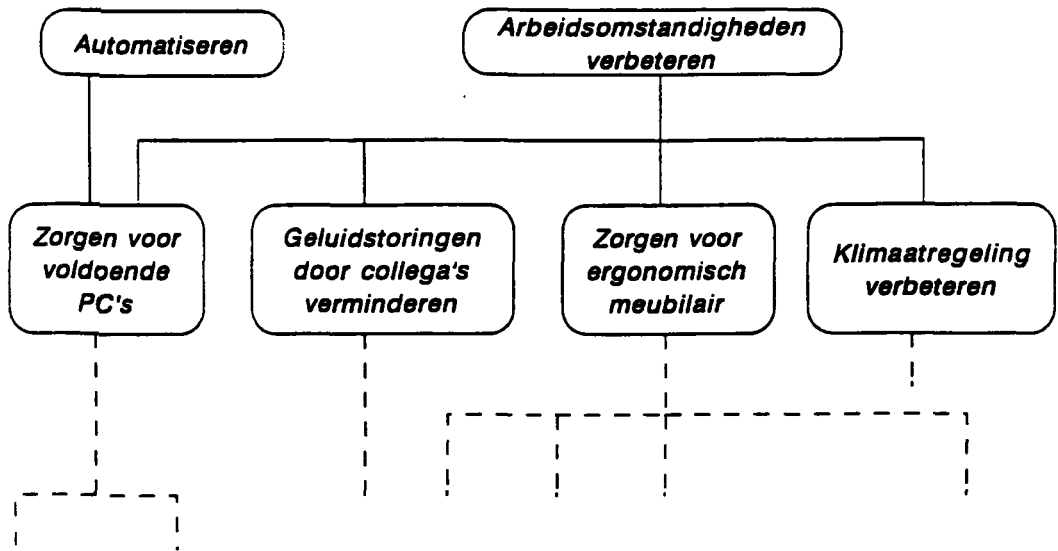
Willekeurig worden eerst zoveel mogelijk doelstellingen van het project opgeschreven, die vervolgens worden geordend en met elkaar in verband gebracht.

Voorbeeld

De doelstellingen op het hoogste abstractieniveau staan bovenaan en vertakken vervolgens naar doelstellingen op lagere niveaus zoals weergegeven in het voorbeeld in figuur 6.2. "Het verbeteren van arbeidsomstandigheden" kan concreter worden gemaakt in de doelstelling "het verminderen van rugklachten". Een handig hulpmiddel bij het ordenen van de doelstellingen zijn memopapiertjes met plakrand, die gemakkelijk kunnen worden opgeplakt op een groot vel en weer verplaatst. In de boomstructuur staan, naast de doelstellingen die betrekking hebben op het verbeteren van de arbeidsomstandigheden, ook andere doelstellingen, zoals bijvoorbeeld verhogen van de produktiviteit of het vergroten van de flexibiliteit [1].

Figuur 6.2

Doelenstructuur. Voorbeeld van relaties tussen verschillende doelstellingen op verschillende abstractie niveaus.



Ontwerpruimte

De tweede methode voor het oriënteren op een nieuw project vormt het in kaart brengen van de ontwerpruimte, zoals hiervoor besproken in paragraaf 3.2. Hier wordt een voorbeeld gegeven.

Voorbeeld

De twee beginnen met het in kaart brengen van de ontwerpruimte. Ze willen dat die zo groot mogelijk is voor een zo goed mogelijk eindresultaat. Na de nodige discussies blijken zo nodig de volgende aspecten te kunnen worden gewijzigd:

- de lay-out van de afdeling;
- de verdeling van taken over de medewerkers van de afdeling;
- inrichting van de werkplekken;
- het meubilair en de hulpmiddelen;
- de software.

De randvoorwaarden zijn:

- het gebouw; de plaats van de afdeling, het centrale ventilatie- en verwarmingssysteem, het algemene verlichtingssysteem;
- de produktie en arbeidsorganisatie en de produktietechniek van het bedrijf (zoals produktie, werkwijze, cultuur en presentatie naar buiten);
- en de hardware, inclusief het centrale computernetwerk.

Bestaanscyclus

De derde methode, die behulpzaam kan zijn bij de verkenning van een nieuw project is het analyseren van het gebruik van het kantoor. De stappen in de bestaanscyclus kunnen behulpzaam zijn bij het structureren van de gebruikersinbreng:

- ontwerpen: terugkoppeling geven op het ontwerpen huidige knelpunten;
- realiseren: afspraken over invoering en terugkoppeling proefopstellingen;
- in gebruik nemen: instructie, inregeling;
- gebruiken: gebruikservaring inventariseren inclusief onderhoud en slijtage;
- evalueren en aanpassen: bijstellen ontwerp;
- uit gebruik nemen.

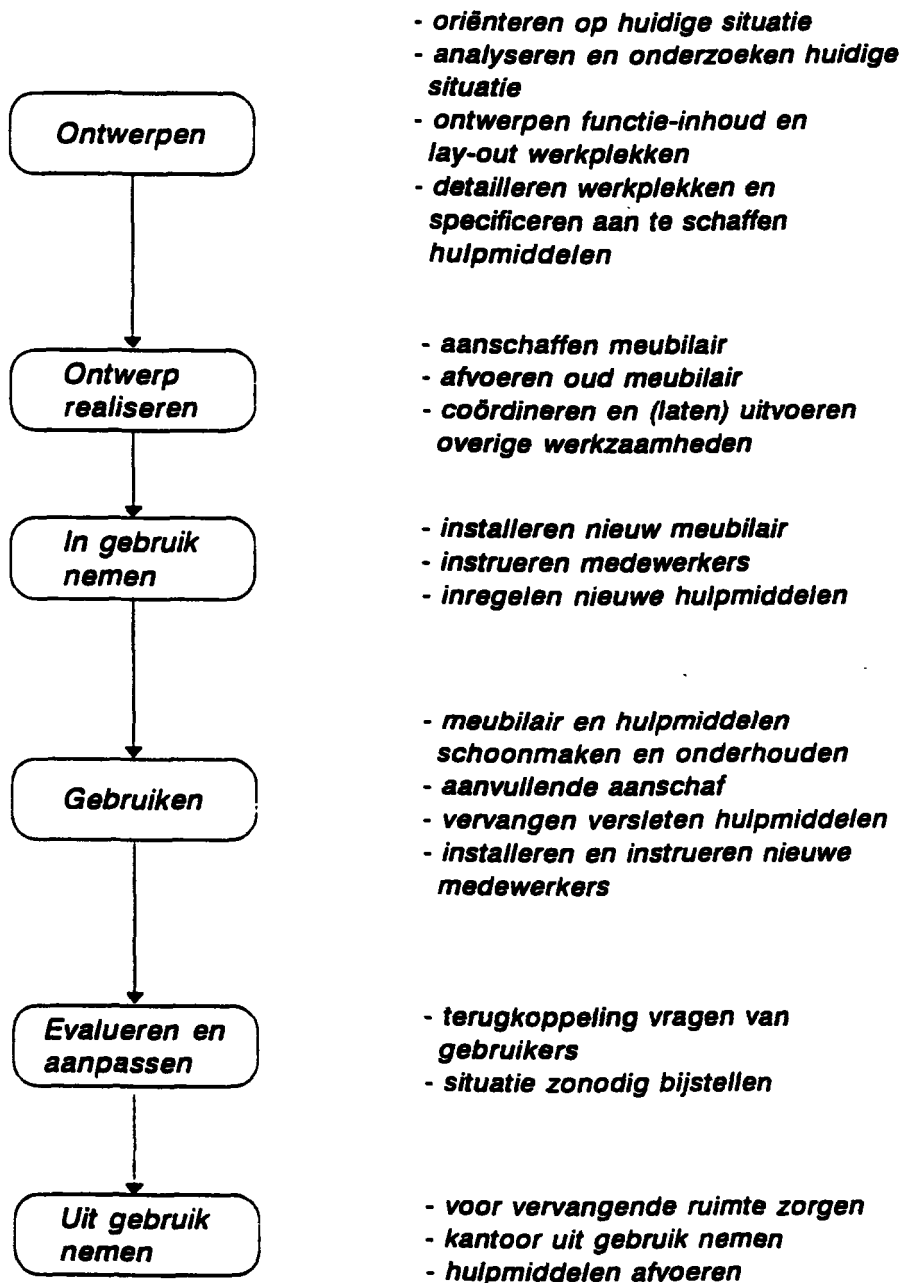
In een schema van de bestaanscyclus worden de verschillende fasen in het bestaan van een kantoor geschetst vanaf het ontstaan tot en met het verdwijnen, zoals te zien in het voorbeeld in figuur 6.3. Per fase kunnen verschillende deelaspecten of fasen worden onderscheiden.

Voorbeeld

De bestaanscyclus van de herinrichting van de bestaande ruimte wordt uitgewerkt. Per fase wordt nagegaan welke activiteiten van belang zijn. Zowel het Programma van Eisen als de verdere aanpak van het project biedt de bestaanscyclus aanknopingspunten.

Figuur 6.3

Bestaanscyclus. De stappen in het bestaan van een kantoor.



6.2.3 Projectorganisatie

Duidelijke afspraken over wie wat wanneer doet zijn belangrijk voor een soepel verlopend project. In deze paragraaf wordt een voorbeeld gegeven hoe een project kan worden georganiseerd. Voor een meer uitgebreide bespreking wordt verwezen naar hoofdstuk 3.

Voorbeeld

In de verkenningsfase denkt de directie van het bedrijf na over de projectorganisatie; wie zich zou kunnen bezighouden met verbeteringen. Deze personen zullen zowel het plan moeten opstellen als zorgen dat de verbeteringen worden doorgevoerd.

De directie besluit in overleg met het hoofd van de afdeling, dat aan twee medewerkers wordt gevraagd het project uit te voeren, om op die manier tegelijk twee gebruikers erbij te betrekken. Ze krijgen daarvoor voorlopig een dag in de week de tijd gedurende een half jaar.

De twee medewerkers besluiten samen een middag over het project te praten. Ze oriënteren zich en stellen een aantal vragen aan:

- enkele collega's over knelpunten op de werkplek,
Zij melden behalve gebrek aan PC's en slecht meubilair, geluidstoringen van collega's en een slechte klimaatregeling.
- en de bedrijfsarts.

Deze maakt melding van nekklachten en hoofdpijn en een ziekteverzuimpercentage van 6 %.

Enkele weken later delen de twee aan het hoofd van de afdeling mee dat ze bereid zijn het project uit te voeren mits er iets met hun voorstellen zal worden gedaan. In een overleg met het management wordt vervolgens een projectteam samengesteld, bestaande uit een directielid, de bedrijfsarts, het afdelingshoofd, de twee ontwerpers en een lid van de ondernemingsraad.

Deze groep zal regelmatig bij elkaar komen om de tussenresultaten te bespreken.

6.3 Analyse en onderzoek

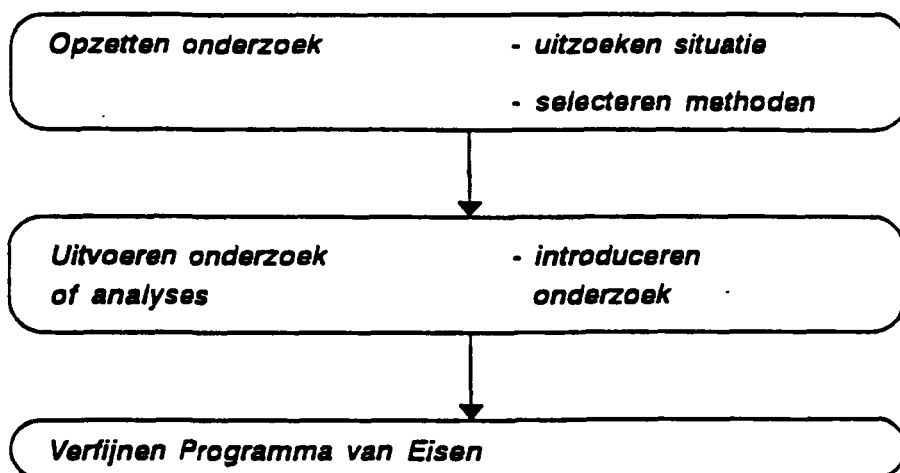
6.3.1 Inleiding

De werkzaamheden in deze fase zijn erop gericht, uitgaande van de resultaten in de vorige fase, te komen tot een gedetailleerde lijst van ontwerpspecificaties (Programma van Eisen). De werkzaamheden kunnen bestaan uit:

- doorlichten en in kaart brengen van huidige werksituatie indien aanwezig;
- beoordelen omgevingsfactoren geluid, verlichting en klimaat met behulp van indicatieve metingen en schattingen;
- overleg met de brandweer in verband met vluchtwegen en brandveiligheidsvoorzieningen;
- in kaart brengen productieproces (functionele analyse);
- oriënteren op mogelijke oplossingen;
- analyseren en ordenen van relevante informatie,
- zonodig bijstellen conclusies vorige ontwerpstep,
- en opstellen lijst van ontwerpspecificaties (Programma van Eisen).

De activiteiten zijn in figuur 6.4 nogmaals samengevat.

Figuur 6.4 Overzicht ontwerpstappen tijdens analyse- en onderzoeksfase.



Voorbeeld

De ontwerpers verzamelen de volgende informatie:

- Normen, richtlijnen en boeken over kantoorontwerp (automatisering, beeldschermwerk en inrichting).
- Folders op een beurs en een symposiumbundel.
- Er wordt een bezoek gebracht aan een kantoor, waar een soortgelijk project heeft plaatsgehad, om ervaringen uit te wisselen.
- Aan de hand van de beschikbare methoden en technieken worden de taken, de werkbelasting en de werkomstandigheden van de medewerkers in kaart gebracht.

Het opstellen van ontwerp-specificaties, waar iedereen achter staat en die bovendien volledig is, blijkt niet eenvoudig. De productontwikkelaars willen bijvoorbeeld graag in de buurt van de verkoopafdeling worden geplaatst om gemakkelijk terugkoppeling te krijgen van gebruikers van de producten. De productieontwikkelaars willen als het kan graag uitzicht hebben op de productie. De wensen ten aanzien van de werkplekinrichting blijken ook heel divers te zijn. De een wil perse een in hoogte verstelbare tafel, terwijl een ander de nadruk legt op een eigen burolamp of een voetensteun. Weer een ander kampt met te weinig kastruimte. Er komt een discussie op gang over de wensen voor het nieuwe kantoor die maanden blijkt te gaan duren. De ontwerpers vatten alle wensen en hun eigen ideeën samen in een lijst met ontwerp-specificaties, die aan de gebruikers wordt teruggekoppeld en vervolgens wordt bijgesteld.

Enkele eisen/specificaties zien er als volgt uit:

- De werkomstandigheden in het kantoor moeten voldoen aan de Arbo-wet en aan geldende normen en richtlijnen.
- Nek- en hoofdpijn klachten moeten worden verminderd door aanpassing van de taak en gebruikmaking van goede meubelen en hulpmiddelen.
- De afstemming tussen mens-en machinetaken moet worden geoptimaliseerd door mens-onvriendelijke taken te automatiseren en mens-vriendelijke taken door mensen te laten uitvoeren.

Wanneer er geen gebruikers meer zijn met belangrijke bezwaren wordt de lijst gebruikt als uitgangspunt voor het verdere ontwerp. De lijst met ontwerp-specificaties wordt besproken in het projectteamoverleg en vervolgens bijgesteld. De lijst wordt vervolgens in bredere kring verspreid om zoveel mogelijk feedback te krijgen. Het einddocument wordt gebruikt als uitgangspunt voor de volgende meer creatieve fase.

6.3.2 Taakanalyse

Er kan een onderscheid worden gemaakt tussen het inventariseren van de situatie en de bijbehorende knelpunten (situatie-analyse) in het in kaart brengen van het productieproces (functionele analyse).

De situatieanalyse is een momentopname van de productie in het kantoor, en gaat niet in op het productieproces. Beschreven worden de huidige indeling van het kantoor, de organisatievorm, de werkzaamheden van de medewerkers en de hulpmiddelen, die daarbij worden gebruikt en de knelpunten in het werk. Methoden die hierbij kunnen worden toegepast worden beschreven in hoofdstuk 5 (Zie tabel 5.1 en de toelichting bij deze tabel in paragraaf 5.3.2).

Bij de functionele analyse wordt niet naar de situatie, maar naar het productieproces gekeken. In abstracte termen wordt aangegeven welke omzetting er plaatsvindt in het productieproces; dat wil zeggen welke materialen, energie en informatie worden omgezet in welk eindproduct. Bij kantoorarbeid kan het gaan om de transformatie van informatie en kennis in onderzoeksresultaten en rapporten.

Er is geen essentieel verschil tussen productieprocessen in de industrie en in kantoren. Een functionele analyse is zinvol om inzicht te krijgen in het doel en nut van de verschillende uitvoerende, ondersteunende, organiserende en voorbereidende werkzaamheden. De wijze waarop een functionele analyse kan worden gemaakt is beschreven in hoofdstuk 4 (functiedecompositie).

6.3.3 Programma van Eisen (Lijst ontwerpspecificaties)

De ontwerpspecificaties ontwikkelen zich van abstract naar concreet met als uitgangspunten de probleemomschrijving, de doelenstructuur, de bestaanscyclus, en de taakanalyse in de eerste ontwerpstep (verkenning). In eerste instantie moet een volledig overzicht van alle aspecten worden weergegeven, later kunnen eisen verder worden gespecificeerd (getalswaarden toevoegen en eventueel een toelichting). Ook de niet-ergonomische aspecten moeten worden meegenomen bij het

ontwerpen, maar worden binnen het kader van dit boek niet behandeld. Belangrijk is dat het programma van eisen toegankelijk is voor alle betrokkenen.

Het programma van eisen kan toegankelijkheid worden gemaakt door een aantal hoofdonderwerpen te kiezen en daarbij de eisen te formuleren. De hoofdonderwerpen kunnen bijvoorbeeld worden ontleend aan:

- De verschillende onderwerpen in dit boek.

Alle onderwerpen die in de verschillende ontwerpstappen aan bod komen, zoals functionele analyse, arbeidsinhoud, aankleding en dergelijke, moeten (eventueel in een aangepaste vorm) worden meegenomen.

- De doelenstructuur.

De hoofd- en subdoelen bieden houvast voor het formuleren van concrete eisen (zie figuur 6.2).

- De bestaanscyclus.

Ook de verschillende fasen in de realisering van het kantoor geven houvast voor het formuleren van eisen. Er kan een onderscheid worden gemaakt naar: de ontwerpfase, het in gebruik nemen, het gebruik, het evalueren en het bijstellen van het in gebruik genomen kantoor. Een dergelijk onderscheid kan in een latere fase (bouw en implementatie) bovendien nuttig zijn bij het plannen van de verschillende stappen (zie figuur 6.3).

Specificaties kunnen ook worden ontleend aan normen, handboeken [2 t/m 5], voorlichtings- of publicatiebladen van de Arbeidsinspectie [6 t/m 13]

6.3.4 Gebruikersinbreng

De communicatie met de gebruikers dient te worden gestructureerd om er voor te zorgen dat de juiste informatie op het goede moment ter beschikking komt van de ontwerpers en de gebruikers.

Relevante ontwerp-informatie van gebruikers kan worden verkregen in de vorm van bijvoorbeeld:

- Interviews.

Open interviews (aan de hand van een aantal items) kunnen snel inzicht geven in de belangrijkste knelpunten en de beleving van het kantoor door de

gebruikers. Ook de bereidheid van en de mogelijkheden om de gebruikers in het project in te schakelen worden in gesprekken met de betrokkenen snel duidelijk.

- **Vragenlijsten (zelfdiagnose).**

Hiermee kunnen knelpunten op de werkplek worden geïnventariseerd, bijvoorbeeld voor beeldschermwerkplekken [14 t/m 16].

Het goed en volledig inventariseren van de knelpunten op de werkplek kost veel tijd en krijgt daardoor in de praktijk meestal te weinig aandacht. Hieraan kunnen de direct betrokkenen, de gebruikers, echter een belangrijke bijdrage leveren door de knelpunten aan te dragen op een voor de ontwerpers bruikbare manier. De aangeduide literatuur bestaat uit een aantal vragenlijsten, die speciaal voor dit doel zijn ontworpen.

- **Taakomschrijvingen en andere documenten, waarin een omschrijving wordt gegeven van de werkzaamheden.**

Het geven van terugkoppeling op gemaakte plannen en het leveren van ideeën door gebruikers is in deze fase mogelijk door het Programma van Eisen aan de gebruikers voor te leggen en hen om commentaar en ideeën te vragen.

De gebruikers dienen verder vroegtijdig op de hoogte te worden gebracht van de stand van zaken, bijvoorbeeld de projectorganisatie, de planning en de mogelijke veranderingen in de toekomst. Dit kan een gunstige invloed hebben op het proces van verandering.

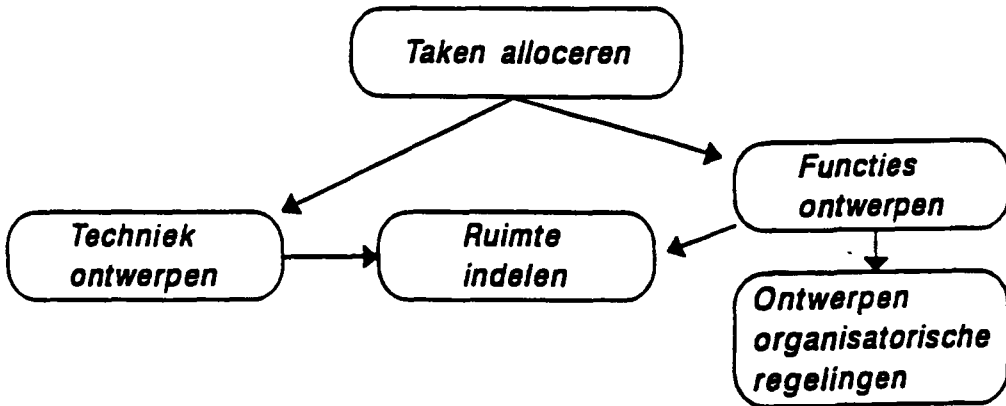
6.4 Globaal ontwerp

6.4.1 Inleiding

De werkzaamheden zijn erop gericht te komen tot een taakallocatie, indeling van een kantoor, systeemontwerp hardware en het structuurontwerp fysieke arbeidsomstandigheden (zie figuur 6.5).

Figuur 6.5

Overzicht ontwerpstappen tijdens globaal ontwerp.



De werkzaamheden kunnen bestaan uit:

- uitvoeren taakallocatie;
- ontwerpen arbeidsinhoud;
- indelen ruimte (vlekkenplan);
- realiseren systeemontwerp hardware;
- nadenken over deeloplossingen;
- nadenken over relatie tussen aspecten.

6.4.2 Taakallocatie

Omdat in de hoofdstukken 4 en 5 al uitgebreid op taakallocatie is ingegaan komt dit onderwerp in dit hoofdstuk niet uitgebreid aan de orde. Het onderwerp is echter ook in kantoren relevant, met name als het gaat over kantoorautomatisering. Bij automatisering wordt in de praktijk vaak uitsluitend bekeken welke menstaken uit produktiviteitsoverwegingen overgenomen kunnen worden door machines. Dat leidt ertoe, dat de kwaliteit van de arbeid in het gedrang kan komen en de technische mogelijkheden niet worden benut. Door echter de mens centraal te stellen en de taken bewust toe te delen aan mensen en machines kan de kwaliteit van de arbeid worden vergroot. In de praktijk blijkt vaak dat men de ontwikkelingen in de techniek volgt, zonder zich af te vragen welke veranderin-

gen dit meebrengt voor de taken en de consequenties op bijvoorbeeld de welzijnsrisico's.

Voorbeeld

Computers, voorzien van goede software, kunnen bijvoorbeeld worden ingezet voor het zoeken in literatuuurbestanden of het opmaken van pagina's met behulp van desk-top-publishing. De fax heeft de communicatie vereenvoudigd en versneld. Ook handgeschreven memo's worden nu direct verstuurd. Daardoor is er veel vaker contact met een aantal buitenlandse toeleveranciers van meetapparatuur, maar nemen de onderlinge contacten tussen de medewerkers af.

6.4.3 Systeemontwerp automatisering

Taken die uit menselijk (en eventueel produktiviteit) oogpunt het beste geautomatiseerd kunnen worden dienen als uitgangspunt voor het opstellen van de ontwerpspecificaties voor de gewenste programmatuur (de software) en apparatuur (de hardware). Het is aan te bevelen eerst na te denken over de gewenste programmatuur, de software en daar de hardware op aan te laten sluiten.

Het is raadzaam verschillende mogelijkheden uit te werken en pas daarna te kiezen. Bij de keuze voor een systeem ontwerp spelen vanuit menselijk oogpunt een rol de consequenties voor:

- de manier van werken;
- de arbeidsinhoud;
- de organisatiestructuur.

Op de keuze van software en hardware wordt verder ingegaan in paragraaf 6.5.5.

6.4.4 Indeling kantoor

Een deel van het vloeroppervlak in een kantoor (ca. 30 %) is niet direct nuttig te besteden, vanwege ruimte voor gangen, liften, trappenhuisen, verkeersruimte, technische installatieruimte. Daarnaast zijn er in een gebouw gemeenschappelijke ruimten zoals vergaderruimten, sanitaire ruimten, kantines en een reprovruimte nodig waardoor het oppervlak, voor bijvoorbeeld een in te richten afdeling op ongeveer 55 % van het totaal komt.

De wijze waarop de overblijvende nuttige ruimte wordt ingedeeld en ingericht wordt in de eerste plaats ingegeven door de aard van de werkzaamheden.

De aard van de werkzaamheden bepaalt de aard en grootte van de benodigde ruimte per werkplek en of het aantal personen per ruimte. Voor de benodigde ruimte per werkplek wordt verwezen naar paragraaf 6.5.4.

Het gewenst aantal personen per ruimte is afhankelijk van de aard van het werk.

- Geconcentreerd werken vraagt om een afsluitbare ruimte.
- Gemakkelijk even overleggen bij niet geconcentreerd werk vraagt om een open ruimte samen met collega's.
- Eenvoudig aanspreekbaar zijn voor medewerkers van een afdeling vraagt om een centrale plek tussen de medewerkers.

Soms stellen taken tegenstrijdige eisen aan de ruimte; op het ene moment moet er privacy zijn terwijl op andere momenten behoefte is aan zichtbaarheid en bereikbaarheid van de medewerker. Bovendien veranderen taken en is er altijd behoefte aan een zekere flexibiliteit. Het is daarom aan te bevelen de vrij in te delen ruimte zo groot mogelijk te houden en op te delen in kleinere eenheden met behulp van verplaatsbare wanden, die kunnen bestaan uit:

- geluid isolerende scheidingswanden, ramen en deuren, waarmee aparte kamers worden gecreëerd, (basismaten: 60/90/120/150/180 cm)
- en/of geluid absorberende kantorschermen in de ruimte, die zorgen voor een visuele afscheiding van afzonderlijke werkplekken in een grotere ruimte (basisafmetingen gebaseerd op afmetingen van meubilair: 60/80/120/160/-180 cm)

Een ander criterium voor het inrichten van de ruimte is de benodigde ruimte

voor het meubilair, de andere benodigdheden (zoals apparatuur), looppaden en voldoende ruimte om te bewegen. Het kan zinvol zijn een aparte ruimte in te richten voor bijvoorbeeld kopieer en andere apparatuur in verband met geluids-overlast, productie van schadelijke stoffen en gemeenschappelijk gebruik.

Zoals al even aangeduid vormen de onderlinge contacten tussen de gebruikers een van de invalshoeken voor het indelen van het kantoor, wat met name zinvol is bij open of landschapskantoren, waar grote aantallen mensen ongeveer hetzelfde werk doen en veel met elkaar samenwerken. De onderlinge contacten kunnen worden weergegeven in een relatiediagram (zie figuur 6.6).

Relatiediagrammen

In een relatiediagram worden met behulp van een matrix de functionele contacten tussen de medewerkers in kaart gebracht. Dit is een hulpmiddel bij het bepalen van de indeling van een kantoor. Zowel op de horizontale als op de verticale as worden alle medewerkers geplaatst. Op de kruispunten kan met een teken worden aangegeven of er functionele contacten bestaan.

Door verschillende soorten tekens te gebruiken kan tevens het soort contact worden aangeduid; bijvoorbeeld samenwerking in projecten of administratieve ondersteuning. Een dergelijk schema wordt vooral gebruikt voor het bepalen van de indeling van landschapskantoren, waarin veel medewerkers ongeveer hetzelfde werk doen en samenwerken. Het minimaliseren van de loopafstand is wel efficiënt, maar brengt echter ook het risico met zich mee, dat mensen minder bewegen. Wanneer veel zittend werk wordt verricht, is lopen juist een welkome afwisseling.

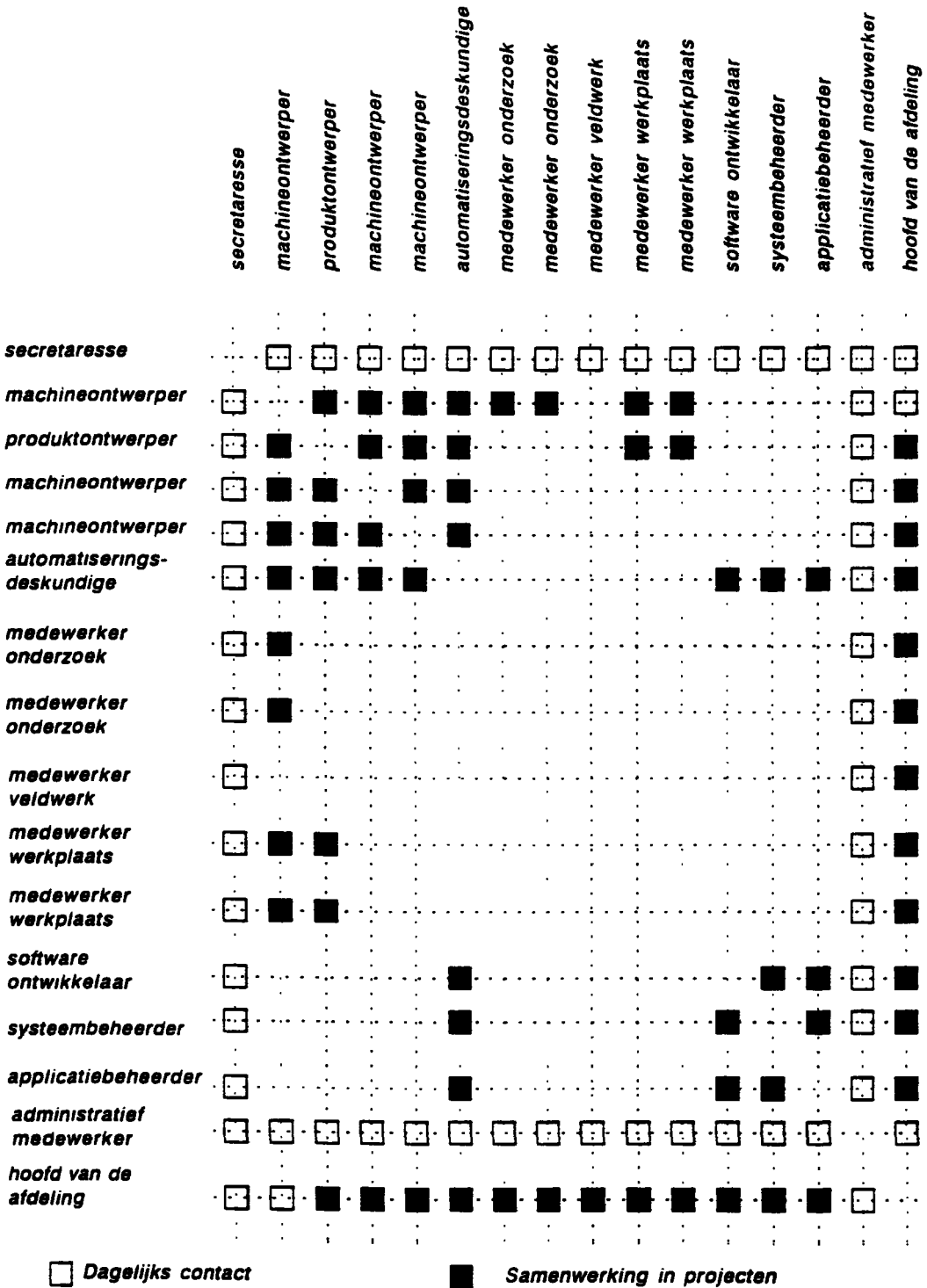
Voorbeeld

De produktietaken worden in kaart gebracht waarbij een verdeling wordt gemaakt naar primaire, ondersteunende en sturende taken. Een gedeelte wordt uitgevoerd door mensen, een ander deel met behulp van machines, zoals de PC, die een ieder ter beschikking staat. In de toekomst wordt men aangesloten op een LAN (Local Area Network), wat mogelijkheden biedt voor verdere automatisering.

Een lastig probleem is het bepalen van de lay-out van de afdeling. Per persoon is, in de vorige fase, inmiddels geïnventariseerd wat het karakter van de werkzaamheden is en met wie er contacten zijn en van welke voorzieningen gebruik wordt gemaakt (zie figuur 6.6 en 6.7). De ontwerpers besluiten de medewerkers in ieder geval zo dicht mogelijk te plaatsen bij de secretaresse en de gemeenschappelijke voorzieningen, zoals de printer en kopieermachine. Er volgen gesprekken met de medewerkers. Als ze voldoende gegevens hebben wordt er een voorlopig voorstel gemaakt en voorgelegd aan de groep.

Figuur 6.6

Relatiediagram voor de R en D-afdeling. De secretaresse verdient de meest centrale plaats.



Naast het aantal personen per ruimte en de onderlinge relaties speelt de indeling van een kantoor tevens een rol:

- **Uitzicht (natuurlijke elementen, de lucht/het weer).**

De gezamenlijke breedte van de lichtopeningen waardoor uitzicht op de omgeving wordt verschaft moet tenminste gelijk zijn aan 1/10 deel van de omtrek van de werkruimte.

- **Daglicht.**

De gezamenlijke oppervlakte van de lichtopeningen waardoor daglicht kan toetreden moet ten minste gelijk zijn aan 1/20 deel van de vloeroppervlakte van de werkruimte.

- **Geluid.**

Door bijvoorbeeld in aparte ruimte plaatsen van lawaai producerende apparatuur (bijvoorbeeld printers) en het bij elkaar plaatsen van vergaderruimten en het afzonderen van de kantine (zie ook hoofdstuk 5).

Wanneer de eisen, die aan de indeling moeten worden gesteld, en de wensen van de gebruikers en de mogelijkheden van het gebouw voldoende duidelijk zijn, moeten alternatieve indelingen worden bekeken op een globaal niveau. Een globale indeling kan worden aangeduid met de term "vlekkenplan".

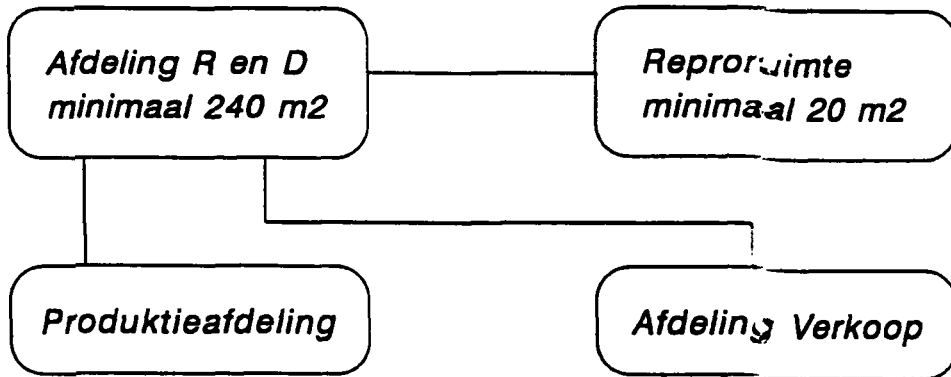
Vlekkenplan

Een gebouw of ruimte kan vaak op vele manieren worden ingedeeld waardoor de realisering vaak veel tijd kost. Het is goed verschillende mogelijkheden te bestuderen, vorm te geven en voor te leggen aan gebruikers, omdat daardoor veel informatie verkregen kan worden over de mogelijkheden en beperkingen van de alternatieve oplossingen. Een voorbeeld is uitgewerkt in figuur 6.7. Vaak wordt te snel vastgehouden aan één mogelijke oplossing. De cyclus kan een aantal malen worden doorlopen. Het is belangrijk om voor een uitleg en visualisatie van de alternatieve (ontwerpen) te zorgen in de vorm van tekeningen en mogelijk modellen en de presentatie en terugkoppeling goed te verzorgen [19].

Voorbeeld

Om de onderlinge situering te ondersteunen wordt een vlekkenplan opgesteld. Dit geeft globaal de relaties tussen de afdelingen R & D productie en verkoop en de ruimtebehoefte aan, als voorbereiding op een definitieve indeling van de beschikbare ruimte.

Figuur 6.7 Globaal vlekkenplan.



6.4.5 Gebruikersinbreng

De bijdrage, die gebruikers in deze fase kunnen leveren bestaat vooral uit het reageren op voorstellen van de ontwerpers met betrekking tot de functie-inhoud en globale indeling kantoor. Het becommentariëren van de voorstellen door het aangeven van voor- en nadelen van de verschillende oplossingen, knelpunten in het gebruik en ideeën voor verbeteringen, kan de kwaliteit van de ontwerpen verhogen en een bijdrage leveren tot een juiste keuze voor een definitieve oplossing. Om zinvol commentaar te kunnen leveren is het belangrijk dat de gebruikers tijdig en volledig worden geïnformeerd over de bedoeling van hun bijdrage en voldoende tijd krijgen om te reageren.

Voorbeeld

Het ophangen van verschillende tekeningen in de afdeling met daarbij een mogelijkheid tot het toevoegen van opmerkingen is een mogelijkheid. Men kan zo gedurende een bepaalde periode over het ontwerp nadenken en ook reageren op de opmerkingen van anderen. Eén of

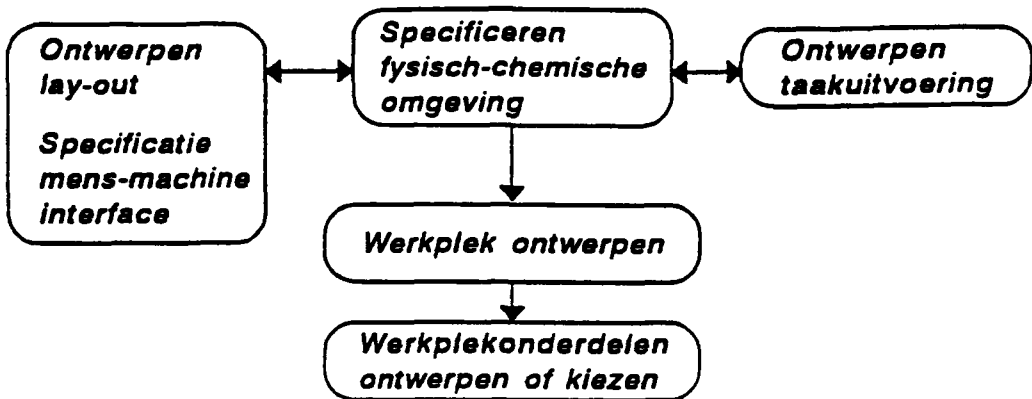
meer groepsbijeenkomsten maken het mogelijk het ontwerp toe te lichten, ervaringen direct uit te wisselen en/of creatief te zoeken naar nieuwe mogelijkheden

6.5 Detailontwerp

6.5.1 Inleiding

De werkzaamheden zijn erop gericht te komen tot een gedetailleerde omschrijving van de gewenste aankleding van het kantoor, werkplekontwerp, software, middelen en eventueel schaalmodellen en testopstelling. Figuur 6.8 illustreert de activiteiten tijdens deze fase.

Figuur 6.8 Overzicht van ontwerpactiviteiten tijdens detail ontwerp.



Bij het ontwerpen van kantoren vinden onder meer de volgende werkzaamheden plaats:

- het detailleren van de indeling en komen tot de inrichting van het kantoor;
- het specificeren van de individuele werkplekken en het uitwerken daarvan door middel van het oriënteren op en kiezen van middelen, zoals software, meubilair, hulpmiddelen, apparatuur;
- het testen van het (of een deel van het) ontwerp met behulp van testopstellingen.

De wijze, waarop het project in deze ontwerpstep kan verlopen wordt beschreven aan de hand van de case.

Voorbeeld

De verschillende individuele ruimten worden nu ontworpen. Nu de afmetingen en de centrale voorzieningen bekend zijn kan naar de werkplekken, het meubilair, de apparatuur, en de overige hulpmiddelen worden gekeken.

Er wordt een lijst met ontwerpspecificaties opgesteld voor het meubilair. Daarin worden na een aantal discussies de volgende eisen opgenomen:

- Een kantoorwerkplek met beeldscherm dient te bestaan uit een bureau en een tafel, die onder een hoek van 135 graden aansluit met daarop een beeldscherm.
- Alle werkplekken dienen te worden voorzien van een goede bureaustoel volgens NEN 1812 met in hoogte instelbare armleggers, een in hoogte instelbaar zitvlak en een rugleuning, die zowel in hoogte als diepte te verstellen is.
- Het moet mogelijk zijn allerlei voorzieningen in het meubilair te integreren, zoals opbergruimte en de bekabeling van de apparatuur.
- Hulpmiddelen als voetensteun, concepthouder en lessenaar moeten bij alle werkplekken aanwezig zijn.

Op grond van een volledige lijst met ontwerpspecificaties wordt geïnteriseerd welk meubilair aan de ergonomische eisen voldoet. Mede op grond van de kosten, de mogelijkheden voor nalevering, service van de fabrikant en andere criteria wordt een keuze gemaakt. Er worden plannen gemaakt voor een gefaseerde aanschaf en in gebruikname van het nieuwe meubilair. Aan de hand van een compleet ingerichte afde-

ling in de vorm van een maquette wordt het plan besproken met alle betrokkenen en bijgesteld.

6.5.2 Structuurontwerp omgevingsfactoren

Wanneer de indeling van het kantoor bepaald is, kunnen de fysisch chemische omgevingsfactoren per ruimte worden geoptimaliseerd door het treffen van een aantal voorzieningen en het creëren van zoveel mogelijk regelmogelijkheden voor de gebruikers. De verschillende optimaliseringsmogelijkheden voor licht [20], geluid en binnenklimaat worden globaal aangegeven.

Licht

- Optimaliseren toelating van daglicht en zonlicht (bij voorkeur individueel regelbaar) door het zonodig aanbrengen van zonwering (bij voorkeur buiten) en het zonodig verminderen of afschermen van direct invallend daglicht (bijvoorbeeld met lamellen). Het uitzicht dient zo min mogelijk te worden belemmerd.
- Aanbrengen kunstmatige verlichting, die geen hinderlijke reflecties oplevert op beeldschermen, bestaande uit:
 - een algemene basisverlichting bestaande uit afgeschermd fluorescentie-armaturen aan het plafond, die op de bureaus een verlichtingssterkte opleveren van minimaal 200 Lux;
 - eventueel aangevuld met individuele werkplekverlichting, in overeenstemming met de taak en individuele wensen;
 - en eventueel extra verlichting ter plaatse op bijvoorbeeld wandborden of wandversiering;
 - Verlichtingsaspecten zijn: verlichtingssterkte, contrast, luminantie, kleurtemperatuur en kleurweergave, ze dienen in overeenstemming te zijn met het gebruik en de inrichting van de ruimte.

Verlichting is naast functioneel ook sterk sfeerbepalend koel/warm voor een ruimte (koel of warme lichtkleur) en bepaald mede de ruimte beleving (groot of

klein). Deze aspecten worden vooral bepaald door de lichtverdeling, de kleur van het licht en van de omgeving en materiaal gebruik.

Geluid

- Geluidhinder afkomstig van buiten is te verminderen met behulp van dubbel glas en geluidwerende ventilatiesystemen (mechanisch, labyrintkasten)
- Geluidhinder die binnen wordt veroorzaakt is te verminderen door:
 - omkasten van geluidproducerende apparatuur (geluidsniveau kantoor-ruimten maximaal 50 dB(A), apparatuur maximaal 45 dB(A));
 - aanschaffen van geluidarme apparatuur (zoals computers, airconditioning);
 - aankleding van de ruimte met geluid absorberend materiaal.

Binnenklimaat

Om te zorgen voor voldoende frisse lucht in het kantoor moet de ventilatie minimaal 25m³ per persoon per uur bedragen. De voorkeur dient te worden gegeven aan natuurlijke ventilatie, die per ruimte regelbaar is. Ook hoge gebouwen kunnen in principe natuurlijk worden geventileerd mits de luchtspleet voldoende klein kan worden gemaakt en nauwkeurig kan worden geregeld. Indien dit niet kan worden gerealiseerd is mechanische ventilatie noodzakelijk.

De plaats van verwarmings- en mechanische ventilatie-elementen en de isolatie van de buitengevel zijn bepalend voor de luchtstromen in de ruimte (warm en koud) en dienen te worden geoptimaliseerd (Arbeidsinspectie, 1990a)

De individuele behaaglijkheid wordt bepaald door:

- de temperatuur (winter: 20-24 graden, zomer: 22-27 graden, richtlijn CP21)
- de relatieve vochtigheid (30-70 %, richtlijn CP21)
- de lichtsnelheid (0,1-0,3 m/s, richtlijn CP21)
- individuele kenmerken (inclusief activiteiten, kleding).

Daarnaast dient de lucht voldoende zuiver te zijn, wat kan worden bereikt door het minimaliseren van de uitstoot van schadelijke stoffen (bijvoorbeeld kopieërapparaten, die ozon produceren, in aparte ruimte) en door te zorgen voor voldoende ventilatie.

6.5.3 Aankleding kantoor

In deze paragraaf wordt kort geschetst aan welke eisen aan de aankleding van een kantoor kunnen worden gesteld en de wijze waarop aan de eisen kan worden voldaan.

Centrale voorzieningen

Computerbekabeling, stopcontacten en andere voorzieningen dienen zodanig in het gebouw te worden geïntegreerd, dat zoveel mogelijk vrijheid overblijft voor het bepalen van de inrichting. In het verleden werden contactdozen veelal aangebracht in de wand en later in de vloer, terwijl tegenwoordig veel wordt gewerkt met kolommen in de ruimte. Een gebrek aan stopcontacten kan indirect leiden tot het verkeerd opstellen van beeldschermapparatuur (bijvoorbeeld dicht bij het raam)

Het creëren van voldoende aansluitpunten kan worden vergemakkelijkt met behulp van systeemmeubilair en kantooorschermen (verplaatsbare wanden), waarin de bekabeling kan worden geïntegreerd.

Andere centrale voorzieningen die moeten worden getroffen zijn een bewegwijzering, de aanduiding van nooduitgangen en andere voorzieningen voor eventuele calamiteiten.

Vloeren

De gewenste eigenschappen van vloeren zijn: slipvrij, brandvrij, eenvoudig schoon te maken, slijtvast, clean, chique en/of juist warm, afhankelijk van de bestemming van de ruimte.

Wanden

De gewenste eigenschappen van wanden zijn: lichte kleuren, ruimte voor informatie en accenten (bijvoorbeeld kunst), gedeeltelijk lichtdoorlatende wanden in gangen, zo mogelijk integratie van voorzieningen, geluid-absorptie.

Plafonds

Gewenste eigenschappen van plafonds zijn: lichte kleuren, zo mogelijk integratie van verlichting en bedrading, geluidabsorberend.

Waar dat mogelijk is zonder een deel van de doelgroep uit te sluiten en zonder verhoging van de kosten zou tegemoet gekomen moeten worden aan de wensen van de zwakkeren binnen de doelgroep. Voor zwakkeren, zoals gehandicapten, zullen daarnaast veelal individuele werkplekaanpassingen noodzakelijk zijn.

Een voorbeeld van een algemene aanpassing, die andere gebruikers niet benadeeld is het weglaten van drempels en bredere deuren en paden voor rolstoelgebruikers.

6.5.4 Werkplekontwerp

Voor het bepalen van de benodigde ruimte per werkplek in relatie tot de functie zijn criteria opgesteld in NEN 1824 en NEN 2850 [11]. Er is minimaal een oppervlakte nodig van 9 m² voor een werkplek met een beeldscherm (een bureaustoel, werktafel, ladenkast onder het bureau en staande kast), terwijl een medewerker met representatieve verplichtingen een ruimte nodig heeft van minimaal 28 m².

Van belang zijn:

- benodigde ruimte en hulpmiddelen voor de taakuitvoering (meubilair, apparatuur, Bedieningsruimte en bewegings- en transportruimte) per werkplek;
- werkhouding; lichaamsondersteuning, beweging, afwisseling in taken en houdingen;
- opstelling van de hulpmiddelen; logistiek, lay-out, instelling meubilair,
- afmetingen van de werkplek; antropometrie [2];
- speciale aandacht is nodig voor beeldschermwerkplekken (verlichtingsaspecten van beeldschermen worden in meer detail besproken in hoofdstuk 4) in verband met de opstelling ten opzichte van het raam en de verlichting.

6.5.5 Keuze software en hardware

In vervolg op paragraaf 6.4.3. wordt nader ingegaan op software en hardware. Zoals al eerder aangegeven is goede software een belangrijk middel om de werkzaamheden doelmatig en efficiënt te kunnen uitvoeren en de functie-inhoud te verbeteren. Door de stroom van nieuwe mogelijkheden is het vaak moeilijk keuzes te maken. Het is dan verleidelijk om eerst de nieuwe mogelijkheden te overwegen en pas daarna na te denken over het nut binnen de eigen situatie. Het is beter eerst vast te stellen waarvoor de software nodig is (bijvoorbeeld statistische dataverwerking, informatiesysteem, tekstverwerking, boekhouding, projectplanning) en daarna na te gaan welke software geschikt is binnen de eigen situatie.

Voor de keuze van software is met name van belang:

- het gebruik, voor welke taken wordt het pakket gebruikt (functionaliteit);
- aantal gebruikers en hun wensen;
- inleertijd;
- scholingsmogelijkheden;
- up-dates en ondersteuningsmogelijkheden.

De vraag doet zich voor of het maatwerk-software of standaard-software moet worden. Afhankelijk van de eisen en wat te koop is kan men besluiten een automatiseringsafdeling of softwarehuis een op een bedrijf toegesneden softwarepakket te laten maken (eventueel op basis van standaardmodules) of om een reeds gereed "off the shelf" standaardpakket aan te schaffen. Dat men in eerste instantie aan het ontwerpen slaat is evident. Maar ook in de tweede situatie moet men in wezen een aantal ontwerpstappen doorlopen, bijvoorbeeld waar het gaat om de keuze tussen diverse standaardpakketten, die op de markt beschikbaar zijn en op het moment dat de standaardsoftware geïnstalleerd wordt en ingepast in het totale systeem, dat de gebruikers ter beschikking staat. Dit laatste is meestal een taak van de systeembeheerders. Omdat dus bij maatwerk- en bij standaard-software de ontwerpstappen van belang zijn, maken we er verder geen onderscheid tussen.

Er zijn een aantal algemene ergonomische eisen te stellen aan software [18]:

- **Geschiktheid voor de taak**

Een interface (gebruikers-grensvlak) is geschikt voor een taak als het de gebruiker niet confronteert met zaken die niets met de eigenlijke taak te maken hebben, maar alleen nodig zijn vanwege bepaalde technische eigenschappen van het systeem. De gebruiker moet zo min mogelijk gegevens van de ene situatie naar de andere over hoeven te brengen, zodat onnodige belasting van haar of zijn geheugen wordt voorkomen. Benodigde gegevens moeten tegelijkertijd zichtbaar zijn met de situatie waarin ze nodig zijn. De functionaliteit die de gebruiker nodig heeft voor uitvoering van de taak is aanwezig in de programmatuur.
- **Zelfbeschrijvend**

In een interface moet steeds duidelijk te zien zijn wat een volgende stap in de dialoog kan zijn. Het programma moet daartoe ook steeds zichtbare terugkoppeling geven na een handeling van de gebruiker. Soms is ook hoorbare terugkoppeling nuttig.
- **Beheersbaarheid**

De gebruiker moet de dialoog met het programma op elk moment onder controle hebben, tot het doel van het gebruik bereikt is. Niet het programma dicteert het tempo van de interactie, maar de gebruiker. De gebruiker kan toestand-informatie opvragen wanneer hij of zij dat nodig vindt. De gebruiker bepaalt hoe uitgebreid de gepresenteerde informatie moet zijn. Er zijn mogelijkheden voor korte onderbrekingen, om tussendoor een korte andere taak te doen en dan direct terug te kunnen keren om verder te werken. Na vergissingen heeft de gebruiker mogelijkheden die te herstellen, bijvoorbeeld om verloren gegane gegevens weer terug te halen.
- **Aansluiting bij verwachtingen van de gebruiker**

Het interface moet aansluiten bij wat de gebruiker verwacht op grond van al opgedane ervaringen met het programma, training en algemene werkervaring. Responstijden bijvoorbeeld, moeten voldoen aan de verwachting van de gebruiker: zo kort mogelijk voor simpele acties, wat langer voor ingewikkelde acties, in vergelijkbare situaties even lang.
- **Foutentolerantie**

De gebruiker moet na het maken van een fout of vergissing, toch het gewenste resultaat kunnen bereiken zonder, of met weinig corrigerende acties. Verkeerde invoer kan nooit leiden tot situaties waarin de taakuitvoering onderbroken moet worden. De gebruiker krijgt bij verkeerde invoer duidelijke informatie voor het herstel van de fout.

- **Aanpasbaarheid aan persoonlijke wensen**

De gebruiker moet het interface kunnen aanpassen aan de eigen vaardigheden en kennis. Ook mogelijkheden tot aanpassing aan de eigen taal en eventuele handicaps kunnen nodig zijn. De gebruiker heeft de keuze om op meerdere manieren hetzelfde doel te bereiken.

- **Eenvoud in het aanleren van het gebruik**

Het programma moet de gebruiker begeleiden door de leerfase, en zo de leertijd minimaliseren. Waar dat nuttig is, moet de vorming van automatische bewegingspatronen gestimuleerd worden. Help-informatie is steeds aan de toestand van het programma aangepast. Consistentie in de wijze van informatie presenteren, schermopbouw, betekenissen van toetsaanslagen, toetsvolgordes en benamingen is ook belangrijk voor het gemakkelijk aanleren van het gebruik.

Voor de hardware is met name van belang:

- taken die moeten worden uitgevoerd;
- interactie tussen gebruikers en gebruiksmogelijkheden (software, randapparatuur);
- capaciteit van het systeem;
- flexibiliteit en uitbreidingsmogelijkheden;
- service/systeembeheer/beveiliging.

De aanpak van kantoorautomatiseringsprojecten en aspecten die en rol spelen bij de keuze van software worden beschreven in de literatuur [17, 18].

6.5.6 Keuze middelen

Onder middelen worden meubilair, hulpmiddelen en apparatuur verstaan, die worden gebruikt bij het verrichten van kantoorwerk.

In het meest gunstige geval, wanneer een kantoor geheel nieuw kan worden ingericht kunnen alle hulpmiddelen optimaal op elkaar worden afgestemd door te kiezen voor een geïntegreerd systeem, waarin alle benodigde zaken, zoals tafels, stoelen, kantorschermen, bureauverlichting, accessoires, etc., zijn ondergebracht.

Aspecten bij de keuze zijn: geschiktheid voor de werkzaamheden, compleetheid van het systeem en/of combinatiemogelijkheden met anderen oplossingen, sfeerbepaling, kosten, levertijd, nalevermogelijkheden, levensduur.

In vele gevallen zal echter (voor een deel) van bestaande middelen en een bestaande ruimte-indeling moeten worden uitgegaan en moeten de nieuwe spullen daarin worden ingepast, wat in de praktijk tot het kiezen van bijvoorbeeld een bepaald type bureau of stoel zal leiden. Hierop wordt verder ingegaan in paragraaf 6.5.7.

Meubilair

- Stoelen.

Voldoende ondersteuning van het lichaam moet worden gecombineerd met voldoende bewegingsvrijheid. De optimale combinatie van deze twee aspecten is vooral afhankelijk van de arbeidsinhoud; reden waarom er veel verschillende stoelen te krijgen zijn. Naast de gebruikelijke bureaustoel met in hoogte verstelbaar zitvlak en leuning zijn er ook steeds meer alternatieve zitvormen mogelijk, zoals een stasteun of een balancestoel, die echter nog weinig worden toegepast.

- Tafels.

Het klassieke bureau met blad en laden is in de meeste gevallen vervangen door een bureaublad met een ladenblok op wielen, omdat het flexibeler is. Er is instelbaar en verstelbaar meubilair op de markt te krijgen; bladen kunnen zowel in hoogte als in hoek worden ingesteld.

Verder zijn bij de keuze van tafels de volgende aandachtspunten van belang:

- geen scherpe randen en hoeken aan meubilair
- integratie van kabel en snoeren in tafels en kantoor schermen
- afmetingen in overeenstemming met gebruiker en gebruik (bijvoorbeeld schuin werkvlak wanneer veel wordt geschreven en gelezen)
- **Opbergruimte.**

De persoonlijke opbergruimte dient bij voorkeur te bestaan uit een eigen afsluitbare kast voor persoonlijke eigendommen en daarnaast voldoende en gemakkelijk toegankelijke opbergruimte voor de overige spullen in de vorm van bijvoorbeeld boekenplanken, ladenkasten, verrijdbare ladenblokken

Hulpmiddelen

Pas wanneer de reeds genoemde mogelijkheden om de werkplek te verbeteren zijn uitgeput kan de werkplek tot slot worden aangepast middels hulpmiddelen, waarmee de werkhouding kan worden verbeterd. Voorbeelden zijn:

- **Voetensteun.** Bij voorkeur een schuine in hoogte verstelbare voetensteun.
- **Polssteun.** Er zijn een "zachte balkjes" op de markt te koop, die voor het toetsenbord neergelegd kunnen worden, maar ook een beweegbare arm waarop de onderarm kan worden neergelegd en bewogen. Een polssteun is belangrijk wanneer kleine korte bewegingen gedurende langere tijd niet kunnen worden vermeden.
- **Concepthouder.** Deze zijn vooral belangrijk in combinatie met beeldschermwerk. Er zijn typen, die los naast het beeldscherm kunnen worden geplaatst en typen die onder het beeldscherm kunnen worden opgeborgen en het origineel onder het beeldscherm plaatsen.
- **Lessenaar.** Dit is een hulpmiddel om de houding bij het lezen te verbeteren door het boek schuin te plaatsen.
- **Flexibele armen voor ondermeer computer en telefoon.** Hulpmiddelen die men alleen bij bepaalde taken nodig heeft kunnen zo naar de gebruiker toe worden verplaatst als hij of zij ze nodig heeft. Wanneer taken gedurende langere tijd moeten worden uitgevoerd is het beter om voor een goed ingestelde vaste opstelling te kiezen.

6.5.7 Schaalmodellen/mock-up

Schaalmodellen in de vorm van maquettes zijn vooral behulpzaam bij het verschaffen van inzicht in het ontwerp van het kantoor, wat betreft de indeling en inrichting van de ruimte. Een globale indruk van een ruimte kan worden verkregen met behulp van een endoscoop. Een mock-up is een nabootsing van (een deel van) de echte werksituatie. In een dergelijke proefopstelling kunnen bepaalde aspecten van de ontworpen werksituatie worden uitgetest (zie ook hoofdstuk 4 en 7).

6.5.8 Gebruikersinbreng

Met behulp van schaalmodellen kunnen mogelijke vormen van de nieuwe werksituatie in een laboratoriumsituatie met gebruikers worden bestudeerd en geëvalueerd. Gebruikers kunnen daarnaast nuttige informatie leveren door terugkoppeling te geven op gepresenteerde ontwerpen in de vorm van tekeningen, rapporten en maquettes. Het ontwerp kan aan de hand van de ervaringen en opmerkingen worden bijgesteld.

Tekeningen en maquettes kunnen ook worden gebruikt voor voorlichting over de mogelijke toekomstige situatie. Mogelijke problemen bij de invoering en de benodigde scholing dienen van te voren met de gebruikers te worden besproken alvorens tot invoering over te gaan.

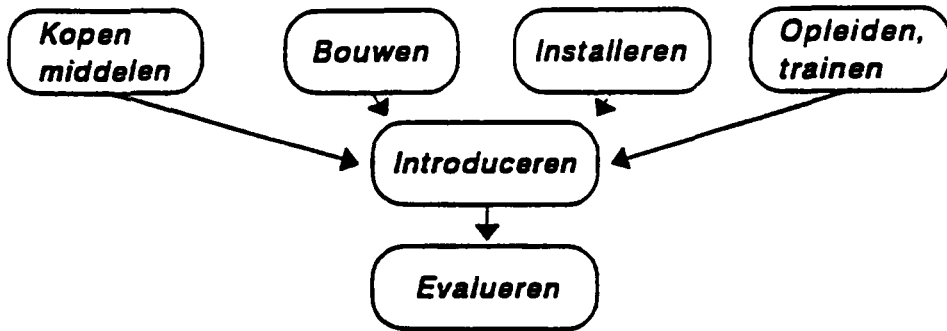
6.6 Bouw, implementatie en evaluatie

6.6.1 Inleiding

De werkzaamheden zijn erop gericht te komen tot keuze van meubilair, hulpmiddelen en apparatuur, procedures en stappenplannen, prototypen en proefopstellingen, trainingsprogramma (zie figuur 6.9).

Figuur 6.9

Overzicht van activiteiten tijdens bouw, implementatie en evaluatie.



De werkzaamheden kunnen bestaan uit:

- ontwerp in detail bespreken met uitvoerders en zonodig bijstellen;
- oriënteren en opstellen ontwerpsspecificatie meubilair, hulpmiddelen en apparatuur en maken van een voorlopige keuze;
- eerst uitproberen prototypen van gekozen middelen met gebruikers alvorens definitief aan te schaffen;
- plannen van de uitvoering/ realisering van het ontwerp:
 - plan voor het zo lang mogelijk laten functioneren van het huidige kantoor tijdens de realisering;
 - overleggen met uitvoerders over mogelijkheden;
 - gebruikers informeren over procedure en terugkoppeling vragen met behulp van prototypen;
- opstellen van een scholings/trainingsprogramma; bijzonder belangrijk om ervoor te zorgen, dat de nieuwe mogelijkheden daadwerkelijk worden benut.

De wijze, waarop het project in deze ontwerpstep kan verlopen wordt geïllustreerd aan de hand van de case.

Voorbeeld

De afdeling moet worden verbouwd; dit kan pas beginnen als de afdeling verhuisd is naar de tijdelijke nieuwe ruimte.

Een maquette wordt neergezet in de tijdelijke werkruimte. Zo kunnen de medewerkers zich alvast een voorstelling maken van de nieuwe werksituatie en eventueel nog wijzigingen voorstellen.

De nieuwe werksituatie blijkt nogal wat vragen op te roepen bij de medewerkers. Daarom wordt besloten een aantal middagen te reserveren voor het toelichten van het ontwerp en voor het beantwoorden van vragen.

Bij terugkeer naar de werkplekken zal instructie worden gegeven over hoe met de instelmogelijkheden van het meubilair en de apparatuur moet worden omgegaan om te komen tot een goede aanpassing aan de eigen lichaamsmaten en wensen.

6.6.2 Procedures en stappenplannen

Het doorvoeren van een nieuw kantoorontwerp brengt nogal wat praktische consequenties met zich mee in de vorm van mogelijk productieverlies, het zoeken van spullen en dergelijke. Een verhuizing moet daarom van te voren tot in de details worden voorbereid en worden vastgelegd in procedures en stappenplannen; bij een verhuizing is dat vaak een draaiboek.

6.6.3 Proefopstellingen

Proefopstellingen en prototypen bieden de mogelijkheid om voor de definitieve invoering ervaring op te doen met een nieuwe werksituatie en te beoordelen of de oplossing voldoet. Het verschil met een mock-up is dat het gaat om het tijdelijk gebruik maken van de definitieve oplossing in de normale werksituatie.

In veel gevallen blijken fabrikanten bereid te zijn mee te werken aan het laten uitproberen van meubilair, alvorens mogelijk tot de aankoop van een groot meubel wordt overgegaan.

6.6.4 Trainingsprogramma

De invoering van vernieuwingen dient te worden gecombineerd met het begeleiden van de gebruikers daarvan. De begeleiding kan variëren van een enkele instructie, een cursus (bijvoorbeeld PC-gebruik), (bij)scholing of "training on the job" (het instrueren van en oefenen door werknemers in de eigen werksituatie).

Het is in veel gevallen gewenst een instructie en oefening na een aantal maanden nog eens te herhalen, om ervoor te zorgen dat het geleerde ook echt in de praktijk wordt gebracht. Of er gebruik gemaakt kan worden van een standaardcursus of speciaal op maat instructie moet worden gegeven is afhankelijk van de situatie en het cursusaanbod.

In de praktijk worden er te vaak nieuwe spullen aangeschaft of veranderingen doorgevoerd, die vervolgens niet op de juiste wijze worden gebruikt door de gebruikers door gebrek aan voorlichting. Het investeren in opleiding van de mensen is echter minstens zo belangrijk als het investeren in aanpassingen van de werkomgeving.

6.6.5 Gebruikersinbreng

Procedures, stappenplannen, proefopstellingen en training moeten ruimschoots voor de doorvoering van vernieuwingen worden doorgesproken met de gebruikers, zonodig bijgesteld en opgestart. Dat maakt het mogelijk de risico's te verkleinen in de invoeringstijd te bekorten.

Het is raadzaam enige tijd na de invoering (bijvoorbeeld drie maanden) de vernieuwingen met de gebruikers te evalueren en zonodig bij te stellen. Daarvoor kan een discussiemiddag worden georganiseerd en/of gebruik worden gemaakt van een vragenlijst. Ook een ideeënbus kan hier goede diensten bewijzen.

6.7 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Cross, N. Engineering design methods. Chichester, John Wiley and Sons, 1991.
- [2] Molenbroek, J.F.M., Dirken, J.M. Dined-tabel 1986, Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen. Delft, Faculteit van het Industrieel Ontwerpen, 1986.
- [3] Rijks Geneeskundige Dienst. Aanbevelingen voor de arbeidsomstandigheden in kantoren en gelijksoortige ruimten voor de huisvesting van Burgerlijk Rijksoverheidspersoneel. Den Haag, 1979.
- [4] Schalkoort, T.A.J. Ontwikkeling en behoud van gezonde kantoorgebouwen. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991. (S-124)
- [5] Grandjean, E. Ergonomics and health in modern offices. London, Taylor & Francis, 1984.
- [6] Arbeidsinspectie. Bouw en inrichting van bedrijfsruimten. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1983. (P-30)
- [7] Arbeidsinspectie. Zittend en staand werk. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1988. (P-41)
- [8] Arbeidsinspectie. Verantwoord werken met kopieerapparatuur. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1988. (CP-11-1, CP-11-2, CP-11-3)
- [9] Arbeidsinspectie. Nationale MAC-lijst. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989. (P-145)

- [10] Arbeidsinspectie. Klimaatbeheersingsapparatuur verontreiniging door micro-organismen. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989. (CV-13)
- [11] Arbeidsinspectie. Kantoren inrichten. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1990. (CP-21)
- [12] Arbeidsinspectie. Werken met beeldschermen. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1990. (V-13)
- [13] Arbeidsinspectie. Als je denkt dat de automatisering beter kan, zeg het dan; funktieverbetering voor vrouwen in de administratie. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991.
- [14] Berndsen, M.B., Vaas, S. Vragenlijst ter beoordeling van administratieve beeldschermfuncties. Amsterdam, FNV Steunpunt Technologie, 1990.
- [15] Berndsen, M.B., Vaas, S. Vragenlijst ter beoordeling van beeldschermtekenfuncties. Amsterdam, FNV Steunpunt Technologie, 1990.
- [16] Berndsen, M.B., Vaas, S. Vragenlijst ter beoordeling van het beeldschermwerk van software-ontwikkelaars. Amsterdam, FNV Steunpunt Technologie, 1990.
- [17] Vaas, S. Kantoorautomatisering, beschreven, beoordeeld, beïnvloed. Amsterdam, FNV Steunpunt Technologie, 1991.
- [18] Willemse, H., Lindijer, G. Software ergonomie. Den Haag, Academic Service, 1988.
- [19] Huijsman, C. Inbreng werkneemsters vereist; kwaliteit van de werkplek laat veel te wensen over. Klinker 6 (1990) nr. 1, p. 4-5.

[20] Bergem-Jansen, P.M. van, Padmos, P. Een andere kijk op aanbevelingen voor verlichtingssterkte bij binnenverlichting. Voorburg, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1989. (S-72)

NORMEN:

NEN 1812. Ergonomische criteria voor kantoorwerkstoelen en kantoorwerktafels. Eisen voor afmetingen uitvoering. Meet- en beproevingsmethoden. Delft, NNI, 1988.

NPR 1813. Ergonomische uitgangspunten voor kantoormeubelen en aanwijzingen voor het gebruik. Delft, NNI, 1988.

NEN 1824. Ergonomische aanbevelingen voor de afmetingen van kantoorvertrekken. Delft, NNI, 1990.

NEN 1890. Binnenverlichting - Functionele eisen. Delft, NNI, 1990.

NEN 2449. Ergonomische criteria voor kantoorwerktafels. Eisen voor afmetingen en uitvoering. Beproevingmethoden. Delft, NNI, 1990.

NEN 2580. Oppervlakten en inhouden van gebouwen. Termen, definities en wijze van bepaling. Delft, NNI, 1990.

NEN 3002. Ergonomische criteria voor het ontwerp en gebruik van beeldschermen en hun bedieningsmiddelen. Delft, NNI, 1987.

NPR 3003. Ergonomische uitgangspunten toegepast bij het ontwerp van kantoor-taken waarbij informatiesystemen met beeldschermen worden gebruikt. Delft, NNI, 1987.

NEN 3011. Veiligheidskleuren en tekens. Delft, NNI, 1986.

NEN 3087. Visuele ergonomie in relatie tot verlichting. Principes en toepassingen. Delft, NNI, 1991.

NEN 3895. Brandbeveiliging van gebouwen - kantoorgebouwen. Delft, NNI, 1988.

NEN-ISO 6385. Ergonomische beginselen bij het ontwerpen van werksystemen. Delft, NNI, 1989.

NEN-ISO 7730. Gematigde thermische binnencondities, Bepaling van de PMV- en de PPD-waarde en specificatie van de voorwaarden voor thermische behaaglijkheid. Delft, NNI, 1989.

7. VOERTUIGCABINES

7.1 Inleiding

7.1.1 Werkzaamheden in cabines

Bestuurderswerkplekken komen in vele varianten voor, zoals in cabines van auto's, kranen, grondverzetmachines, bussen, trams, vorkheftrucks, rupsvoertuigen en in vliegtuigen. De functie van de chauffeur bestaat uit het op een veilige en doelmatige wijze verplaatsen (van een last) van A naar B. Vrijwel altijd moeten er naast de rijtaak andere taken worden uitgevoerd, zoals het plannen van en oriënteren op de route, het bewaken van de wegomgeving en de overige verkeersdeelnemers, het onderhouden van mondelinge communicatie.

Op de uitvoering van deze taken kunnen allerlei verstoringen inwerken zoals files, een slecht wegdek, duisternis, weersomstandigheden. Om de taken goed en comfortabel uit te voeren dient de bestuurder over de nodige regelmogelijkheden te beschikken zodat deze verstoringen waar mogelijk opgeheven, of zo goed mogelijk gecompenseerd kunnen worden.

Kenmerkend voor de rijtaak is dat deze langdurig achtereen statisch wordt uitgevoerd en dat fouten ernstige consequenties kunnen hebben.

Aan de inrichting van de werkplek dient veel aandacht geschonken te worden getuige ook het feit dat bijvoorbeeld slechts 30% van de vrachtwagenchauffeurs nog na hun 45^e jaar actief werkzaam is. Ongetwijfeld zijn erbij die afhaken op sociaal-psychologische gronden, denk aan vrachtwagenchauffeurs (langdurig van huis) en chauffeurs op bussen en trams (toenemend verbaal en fysiek geweld): Een belangrijke bron betreft echter afkeuringen op grond van rugklachten. Deze worden veroorzaakt door een slechte afstemming van stoel en bedieningsmiddelen op de lichaamsmaten van de gebruiker, door schokken, of door het voortdurend voorover of met een getordeerde rug zitten (bij containerkranen en vorkheftrucks).

Naast de werkplekinrichting zijn ook de diverse omgevingsfactoren van groot belang; te hoge belasting vanwege trillingen, temperatuur en geluidsniveau kunnen een langdurig alerte taakuitvoering zeer negatief beïnvloeden.

In dit hoofdstuk wordt aan de hand van de ontwerpstappen een case beschreven waarbij het ergonomisch ontwerpen van een vrachtwagencabine wordt gevolgd. Bij dit ontwerp komen vrijwel alle ergonomisch belangrijke aspecten en ontwerpstappen aan de orde die in het algemeen gelden voor de bestuurderswerkplekken. De criteria voor deze aspecten zijn veelal terug te vinden in handboeken, wetten, of richtlijnen zoals van de EG. Punten die daarin niet of onvoldoende aan de orde komen, of die in de praktijk bij herhaling tot een knelpunt leiden, zullen beknopt worden aangegeven.

De volgende onderwerpen komen aan de orde:

- **casebeschrijving (7.1.2);**
- **verkenning (7.2);**
- **analyse- en onderzoek (7.3): kwalificeren van klachten, verzamelen van oordelen;**
- **globaal ontwerp (7.4): antropometrie;**
- **detailontwerp (7.5): gebruik van CAD programma's, zichtaspecten;**
- **bouw, implementatie en evaluatie (7.6): toetsing.**

De uitgangssituatie bij het ontwerpen van cabines is minder systeemgericht en wordt gekenmerkt door het volgende:

- **er is een duidelijke scheiding tussen ontwerper en gebruikers, deze maken deel uit van verschillende organisaties;**
- **functie-ontwerp valt buiten het ontwerpdomein.**

De fase van het globaal ontwerp is hierdoor beperkt tot het maken van een grof ontwerp van de cabine.

7.1.2 Casebeschrijving

In de case is een groot internationaal transportbedrijf met vele vestigingen in het buitenland, betrokken bij het ontwerp van een vrachtwagencabine. De in gebruik zijnde vrachtwagens (van één fabrikant) zijn aangepast aan de diverse transportsoorten, zoals transport van zware goederen, volumetransport en koelwagens.

De ondernemer constateert, mede op aangeven van de ondernemingsraad, dat de in gebruik zijnde cabines niet meer voldoen aan de eisen van deze tijd.

De fabrikant stelt de transportondernemer vòòr afgevaardigden uit zijn onderneming zitting te laten nemen in het reeds opgerichte projectteam. Deze participatie behelst een actieve betrokkenheid van zowel onderhoudspersoneel als chauffeurs uit de onderneming. Het projectteam is samengesteld uit vertegenwoordigers van alle disciplines binnen het bedrijf, zoals deskundigen op het gebied van de constructie, veiligheid, vormgeving, materialen, wettelijke eisen, marketing. In het projectteam is afgesproken dat zonodig specialistische kennis wordt ingehuurd.

In deze case worden de activiteiten gevolgd van de groep die als opdracht heeft het interieur van de nieuwe cabine te ontwerpen.

7.2 Verkenning

De verkenningsfase omvat een aantal activiteiten:

- verdelen van taken;
- globale opzet van Programma van Eisen vanuit verschillende deelnemende disciplines;
- literatuuronderzoek, verzamelen van normen en richtlijnen;
- harmoniseren van Programma van Eisen;
- integreren van randvoorwaarden.

Voorbeeld

Als eerste krijgen de betreffende disciplines de opdracht hun aandeel in het program van eisen op te stellen.

De afdeling Cabines formuleert onder meer de volgende eisen:

- De cabine moet geschikt zijn voor langdurig en comfortabel reizen met twee personen.
- De chauffeurspopulatie kan bestaan uit Europese chauffeurs, zowel mannelijk als vrouwelijk; (binnen Europa gelden geen lichamelijke toelatingseisen, zodat bij het ontwerp van de cabine rekening gehouden moet worden met een grote diversiteit aan lichaamsmaten).
- Uit te voeren taken en activiteiten die naast de rijtaak worden uitgevoerd zijn: slapen, verkleeden, formulieren invullen, gedurende de wachttijd ontspannen kunnen zitten.
- De wagen wordt niet altijd bestuurd door dezelfde chauffeur.

Dit deelpakket wordt ingeleverd bij het project-managementteam. De verschillende eisenpakketten worden naast elkaar gelegd en de op voorhand tegenstrijdige eisen worden geharmoniseerd. Vervolgens wordt voor elke discipline vastgesteld wat de ontwerprandvoorwaarden zijn op basis van constructieve- en veiligheidseisen, beschikbare ruimte etc. Ook besluit men nader onderzoek in te stellen naar de klachten in de huidige voertuigen, de wensen van de gebruikers, en de producten van de concurrentie.

Men bereikt consensus over de te volgen planning, het financiële raamwerk, de samenstelling van de projectgroepen en de inbreng van gebruikers. Het op basis van deze gegevens samengestelde Programma van Eisen krijgt het predikaat "voorlopig", omdat er in loop van het project nog bijstelling kan volgen.

Parallel zijn alle normen en richtlijnen verzameld zoals uitgegeven in de verschillende landen. Daarbij is gebruik gemaakt van de diensten van het Nederlands Normalisatie Instituut en de publikaties van de Arbeidsinspectie. Ook is in de vakbladen en de ergonomische literatuur nagegaan welke studies er op dit gebied uitgevoerd zijn. De eisen worden in het Programma van Eisen geïntegreerd.

7.3 Analyse- en onderzoeksfase

7.3.1 Inleiding

In de analyse- en onderzoeksfase worden de klachten in de bestaande voertuigen in kaart gebracht, en worden de huidige en eventuele toekomstige behoeften geïventariseerd.

De volgende methoden zijn hiervoor geëigend:

- het geven van subjectieve oordelen, (kwantificeren van klachten);
- het uitvoeren van metingen;
- het observeren en registreren van gedrag.

7.3.2 Kwantificering van klachten, verzamelen van oordelen

Voor het kwantificeren van de klachten in de bestaande cabine geeft de volgende werkwijze een goed perspectief:

- Met behulp van een gerichte vragenlijst kunnen chauffeurs hun klachten kenbaar maken.
- Voorbeelden van checklists zijn in de literatuuropgave opgenomen [6, 8 en 9].
- Voor het vaststellen van de knelpunten kan een zogenaamde "evaluatieve" checklist opgesteld worden. Om nuancering te krijgen in de ernst van het knelpunt kan het gebruik van een vijf-punts schaal nuttig zijn. De te evalueren aspecten worden gedestilleerd uit bestaande checklists en aangevuld met enkele specifieke aspecten die voornamelijk de nevenactiviteiten betreffen.
- Door onder diverse taakomstandigheden met tussenpozen de zithouding en de stoelinstelling te registreren, kan inzicht worden verkregen in het "zitgedrag" van de chauffeur. Ook fotografisch vastleggen is mogelijk. Tevens kunnen gedurende de ritten trillingsmetingen worden uitgevoerd.

Gebruik van checklists

Het is duidelijk dat het gebruik van checklists bij de inventarisatie een belangrijke rol zal gaan spelen. De vijf stappen die doorlopen moeten worden om te komen tot een goede lijst zijn:

1. Selecteer de relevante items.
2. Bepaal de, met het oog op de taakuitvoering, kritieke items.
3. Operationaliseer de items. Dit om ze meetbaar en vergelijkbaar te maken, en de effecten op de taakuitvoering en het comfort vast te kunnen stellen.
4. Bepaal, voorzover mogelijk, de minimaal noodzakelijke en maximaal toelaatbare waarde.
5. Bepaal het belang van het betreffende aspect ten opzichte van andere factoren zoals technische mogelijkheden, kwaliteit en kosten.

Deze strategie elimineert zoveel mogelijk dat verschillende personen eenzelfde situatie anders zullen beoordelen (interbeoordelaarsbetrouwbaarheid).

Voor het verkrijgen van betrouwbare gegevens moet bij het onderzoek rekening gehouden worden met de volgende variabelen:

- de lichaamsafmetingen.
- zowel relatief korte, als meerdaagse ritten.
- verschillende verkeers- wegdek- en klimaattypen.
- observaties en metingen tijdens de voorkomende verkeers- en neventaken.
- verschillen in transport, zoals met vaste oplegger, en met aanhanger.

Selectie proefpersonen

De proefpersonen worden geselecteerd op basis van de lichaamsmaten. In de volgende categorieën worden telkens een aantal proefpersonen geselecteerd: gemiddelde, extreem grote,- en extreem kleine lichaamslengte (resp. 50^e, 1^e en 99^e percentiel); gemiddeld, extreem groot,- en extreem klein lichaamsgewicht (respectievelijk 50^e, 1^e en 99^e percentiel). Uit de vrouwelijke populatie worden de proefpersonen gerecruteerd die aan de 1^e en 50^e percentielcriteria voldoen; uit de mannelijke de 50^e en 99^e percentiel. De van belang zijnde antropometrische gegevens van de proefpersonen dienen zorgvuldig te worden vastgelegd. De meest

relevante zijn: de lichaamslengte, het gewicht, de zithoogte en de ooghoogte zittend, de schouder- en heupbreedte, de reikwijdte, de boven- en onderbeenlengte en de dijbeendikte.

Inventarisatie van mensen en wensen

Aan de proefpersonen wordt de mening gevraagd ten aanzien van eisen en wensen voor een nieuwe cabine.

Een zorgvuldige samenstelling van een lijst waarmee de daarmee samenhangende behoeften kunnen worden vastgesteld is nodig. Hierin worden acties beschreven die verricht moeten worden, evenals de daartoe benodigde middelen en voorzieningen.

Elke activiteit kan worden uitgesplitst in vier elementen die in relatie staan met de uit te voeren taak:

- mensgebonden variabelen: eisen ten aanzien van lichaamsafmetingen, bewegingsruimte, bereikbaarheid, spierkracht;
- uitrustingsvariabelen ("hardware"): eisen ten aanzien van soorten bedieningsmiddelen, wijze van informatiepresentatie, stoeleigenschappen, zicht- en verlichtingscondities;
- omgevingsvariabelen: welke omgevingsfactoren zijn onder welke omstandigheden van invloed op de gezondheid en het welzijn, zoals klimaat-eisen, trillingen;
- procedurevariabelen: welke factoren in termen van werk-rusttijden, organisatie van het werk, zijn van invloed op een goede taakuitvoering, mede gelet op de toekomstige ontwikkelingen op dit gebied (bijvoorbeeld navigatiehulp).

Alle taken worden geïnventariseerd en gesplitst in subtaken, bijvoorbeeld met behulp van functie-decompositie (zie ook hoofdstuk 4). Per item wordt aangegeven welk ergonomisch aspect voor de uitvoering van de subtaak relevant is en wat daarvoor van belang is, zie tabel 7.1. Bijvoorbeeld: voor de subtaak "bewaking snelheid", is informatiepresentatie noodzakelijk in de vorm van een snelheidsmeter. Dit laatste wordt op een globaal niveau ingevuld (de detailinvulling, -analoog, digitaal of hybride,- vindt plaats tijdens het detailontwerp).

Tabel 7.1

Voorbeelden van taken bij het besturen van vrachtwagens [7].

Taken	Voorbeelden
Strategische taken	- routeplanning - volgen van de route
Regeltaken	- "deelnemen aan verkeer"
Additionele taken	- bewaken van autofuncties - waarschuwen overige verkeersdeelnemers - schoonhouden van ruiten - klimaatregeling tijdens rijden en tijdens stilstand
Administratieve werkzaamheden	- lezen - schrijven - interactie met boordcomputer
Ontspannen	- eten - koffie zetten - lezen - TV-kijken
Slapen	- omkleden - in/uit bed stappen - lezen - bed opmaken

Het is verstandig voorafgaande aan de eigenlijke onderzoeken met enkele proefpersonen een pilot-experiment uit te voeren. Op grond hiervan is het mogelijk de vragenlijsten en de meetprotocollen op onderdelen bij te stellen.

Voorbeeld

Na een maand zijn de proeven afgerond en kan het analyseren van de gegevens beginnen. Enkele van de klachten in de huidige cabine zijn:

- Algemene indruk van de cabine: "veel te krap voor zowel chauffeurspositie als voor het uitvoeren van de overige activiteiten".

Wat meer in het bijzonder:

- een slechte stoel, bij zowel grote als kleine chauffeurs zijn de verstelmogelijkheden van de stoel te gering: langere krijgen beenkramp omdat de stoel niet ver genoeg achteruit kan; kleineren klagen in het stadsverkeer over een gebrek aan zicht direct voor het voertuig omdat de stoel niet hoog genoeg kan.
- te "benauwde" slaappleatsen, te weinig bergruimte.
- gedurende pauzes te weinig ruimte om:
 - in de cabine te bewegen/verplaatsen;
 - andere taken uit te voeren zoals routeplanning en logboek bijwerken;
 - om te kleden;

De gemaakte foto's van de zithoudingen tijdens het rijden blijken dit beeld te ondersteunen. Veel klachten zijn er ook over schokken en trillingen; problemen die vooral duidelijk werden tijdens de ritten op Oost-Europese wegen. De uitgevoerde trillingsmetingen bevestigen deze klachten. Bij de huidige wagen zijn zowel de cabine als de stoel voorzien van schokdemping. Hier blijkt het middel erger dan de kwaal. Op bepaalde trajecten bleken de afzonderlijke veercharacteristieken elkaar te versterken waardoor er sprake is van een "opslingering" (versterking van de schok) in plaats van demping.

Onder tamelijk extreme weersomstandigheden blijkt de klimaatregeling verre van voldoende; in warme klimaten is de ventilatie onvoldoende (een airconditioningsinstallatie is zeker geen luxe); in koude gebieden is de cabine 's nachts niet behaaglijk te krijgen, tevens broemt en stinkt de "stand"-kachel.

De inventarisatie van de (toekomstige) behoeften ten aanzien van de cabine-inrichting vormt een lange lijst, die ten dele aansluit bij de klachtenlijst van de huidige situatie. Ook hier vormen de foto's met door de chauffeurs aangebrachte voorzieningen een goede illustratie.

(De verlangens zijn gesplitst in "noodzakelijk" en "wenselijk"). Enkele van de "noodzakelijke" verlangens:

- goede stoel met meer instelmogelijkheden (zoals in een hoogte en diepte instelbare lumbaalsteun);
- meer beenruimte;
- het stuur zowel in hoogte en hoek verstelbaar;
- goede klimaatregeling, ook bij stilstand;
- meer ruimte voor verplaatsen, omkleden, bed-instap;
- meer bergruimte;
- een extra ("trottoir")spiegel waarmee voetgangers en fietsers direct naast de cabine kunnen worden waargenomen.

Als "wenselijk" werden onder andere aangemerkt:

- een niet buiten, maar in de cabine geplaatst koelkastje;
- een oriëntatielampje voor het rijden bij donker;
- een uitklaptafeltje op de bijrijdersplaats.

In overleg binnen het projectteam is nagegaan welke van de noodzakelijke en de gewenste voorzieningen alsnog opgenomen moeten worden in het program van eisen. Daarbij wordt doorgenomen wat de invloed van deze eisen is voor de andere disciplines.

Besluiten over de mogelijkheden tot realisatie van het één en ander worden mede op economische gronden in een later stadium van het project genomen (waarbij de bij de concurrentie beschikbare voorzieningen niet uit het oog worden verloren).

7.4 Globaal ontwerp

7.4.1 Inleiding

In het globaal ontwerp gaat de aandacht met name uit naar de globale opzet van de cabine. Gezien de uitgangssituatie is een taakallocatie minder zinvol: de taken liggen op hoofdlijnen vast. De lay-out en de situering van de componenten is het belangrijkste onderwerp. De werkplekken worden bepaald op basis van het Programma van Eisen en de randvoorwaarden ten aanzien van de lichaamsmaten. Ook de aspecten zicht, bereikbaarheid en uitvoerbaarheid van (neven)taken worden tijdens het globaal ontwerp meegenomen.

7.4.2 Belangrijke ergonomische aspecten in het globaal ontwerp

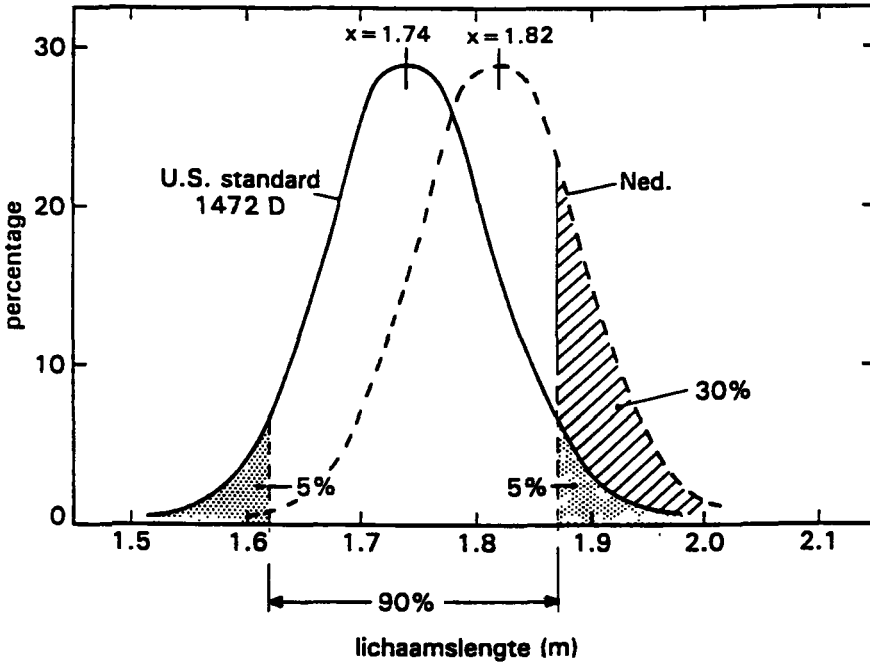
Op een aantal van deze onderwerpen zal nader worden ingegaan. Dit betreft in het bijzonder aspecten die in de handboeken onvoldoende aan bod komen, of aspecten die in de praktijk telkens weer tot problemen blijken te leiden.

Antropometrische gegevens en ontwerpgrenzen

Van de lichaamsmaten van de diverse bevolkingsgroepen bestaat geen compleet overzicht: deze moeten aan de literatuur ontleend worden [1]. Voor de Nederlandse bevolking geldt dat op basis van een Duits gegevensbestand en gegevens van Nederlandse deelgroepen de Dined-tabel is samengesteld [2]. Antropometrische gegevens over de Nederlandse bevolking kunnen het best aan deze bron ontleend worden. Gebruik van andere bronnen moet ontraden worden, omdat deze gegevens veelal sterk afwijken van die van de Nederlanders. Een belangrijke oorzaak van dat verschil is dat de lichaamslengte van in het bijzonder de Nederlandse mannelijke bevolking na de oorlog sterk is toegenomen. Dit heeft onder andere tot gevolg dat bijvoorbeeld cabines die ontworpen zijn op basis van antropometrische gegevens van de "gemiddelde" Europeaan of Amerikaan, te klein zijn voor een belangrijk deel van de gemiddeld langere Nederlanders.

Figuur 7.1 illustreert dat een cabine die is ontworpen volgens een Amerikaanse norm, 30% van de Nederlandse populatie uitsluit van een optimale inrichting.

Figuur 7.1 Een produkt, strikt ontworpen volgens een Amerikaanse norm, sluit niet 5%, maar 30% van de gebruikers Nederlandse uit.



In de praktijk zal het niet haalbaar zijn een werkplekontwerp af te stemmen op personen met zeer extreme lichaamsafmetingen. Om die reden worden in de ergonomie de percentielgrenzen gehanteerd. Veel gehanteerde grenzen zijn het 5^e en 95^e percentiel. Dat wil zeggen dat bij het ontwerp geen rekening wordt gehouden met de kleinste 5% en de grootste 5% van de populatie. Het aanbrengen van deze grenzen heeft echter wel tot gevolg dat de werkplek voor 10% van de populatie niet geschikt is. De bij de diverse percentielgrenzen behorende lichaamslengten van de Nederlandse populatie zijn weergegeven in figuur 7.2.

De relevante percentielwaarden worden als volgt berekend:

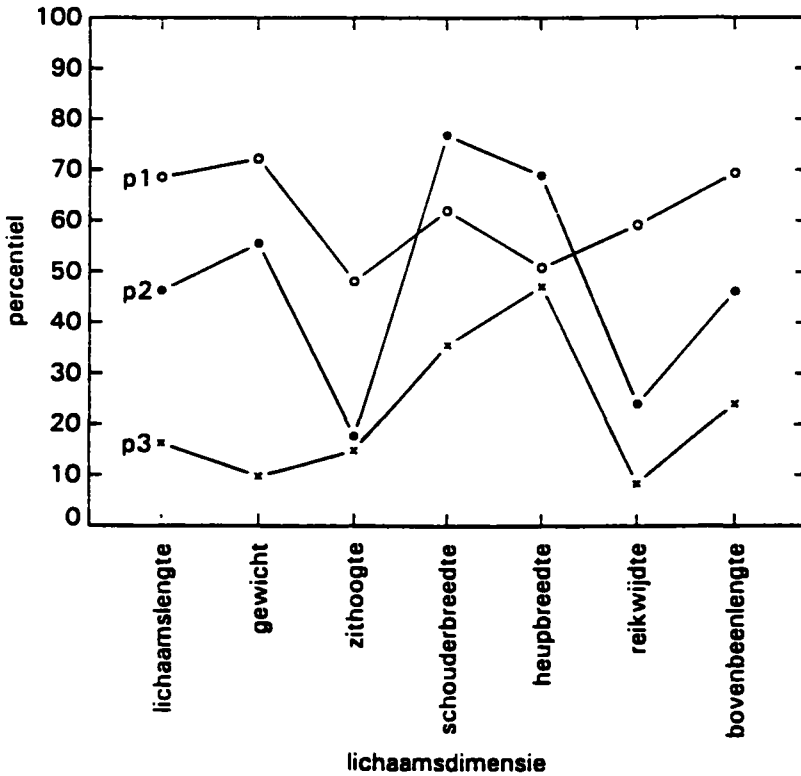
$$P_5 = X_{gem} - 1,65 * S \quad P95 = X_{gem} + 1,65 * S$$

$$P_1 = X_{gem} - 2,33 * S \quad P99 = X_{gem} + 2,33 * S$$

Waarin: X_{gem} = gemiddelde waarde
 S = Standaard afwijking

Figuur 7.2

De bij de verschillende percentielwaarden behorende lichaams-lengte voor Nederlandse mannen en vrouwen (Bron: TNO [IZF,11]).



Met het van kracht worden van de Arbowet, waarin onder andere is opgenomen dat iedereen recht heeft op een goede werkplek (zie artikel 3f), is het niet langer een gunst maar een noodzaak om ontwerpen af te stemmen op een geschiktheid voor een zo groot mogelijk deel van de populatie.

Als bij een ontwerp slechts een enkele lichaamsmaat van belang is, zal het geschiktheidspercentage overeenstemmen met de ontwerpgrenzen [3]. Bij een ontwerp waarvoor meer lichaamsdimensies maatgevend zijn, zoals chauffeurs-werkplekken, neemt het percentage personen waarvoor het ontwerp geschikt is snel af. Voor een stoel geldt dat wanneer voor vijf van de kritische afmetingen het 5% en/of 95% criterium wordt gehanteerd, dit meubel slechts voor 75% van de gebruikersgroep geschikt is, in plaats van voor de beoogde 90%.

Het percentage van de populatie waarvoor een ontwerp met twee kritische maten nog geschikt is kan als volgt worden berekend [4]:

$$P_z = P_x * P_y + r^2 * (P_x - P_x * P_y)$$

Waarin:

P_z = percentage geschiktheid

P_x en P_y = percentages van ontwerpdimensies

r = correlatiecoëfficiënt

Een ontwerp wordt voor een groter percentage personen geschikt door voor de kritische lichaamsmaten strengere criteria aan te leggen, zoals de 1^e en/of 99^e percentielwaarde.

Zoals uit de formule blijkt wordt het percentage uitvallers groter naarmate de correlatie tussen de van belang zijnde lichaamsdelen lager is. Deze relatie tussen lichaamsdelen (correlatiecoëfficiënt) varieert tussen 0,2 en 0,9. De lengtematen hebben een onderling tamelijk hoge correlatie; dit geldt ook voor breedtematen onderling (ca. 0,7). Daarentegen is de onderlinge correlatie tussen lengte- en breedtematen slechts circa 0,30, en tussen lengte- en omvangsmaten circa 0,20 (zie tabel 7.2).

Tabel 7.2

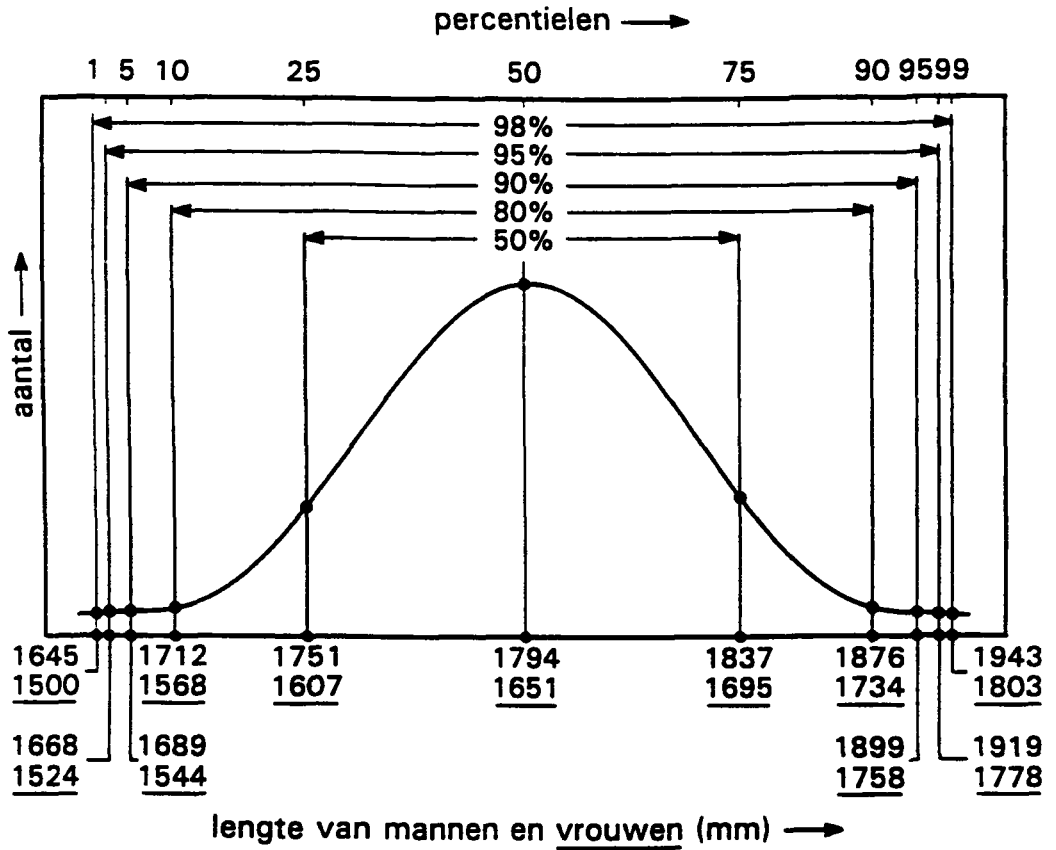
Correlatie tussen een aantal lichaamsmaten

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Gewicht										
2. Lichaams- lengte	0,49	-								
3. Zithoogte	0,42	0,74	-							
4. Ooghoogte (zittend)	0,41	0,69	0,89	-						
5. Schouder- breedte	0,79	0,34	0,29	0,29	-					
6. Heup- breedte	0,78	0,48	0,40	0,39	0,65	-				
7. Reikwijd- te (max)	0,41	0,68	0,45	0,44	0,33	0,38	-			
8. Boven- beenleng- te	0,60	0,82	0,45	0,42	0,44	0,58	0,60	-		
9. Onder- beenleng- te	0,33	0,82	0,45	0,43	0,24	0,32	0,65	0,71	-	
10. Dijbeen- dikte	0,74	0,24	0,22	0,24	0,55	0,56	0,21	0,36	0,15	-

Ook moet rekening worden gehouden met een grote mate van verschil in lichaamsbouw binnen individuen. Figuur 7.3 geeft voor 3 personen een verschillende lichaamslengte weer. Uit een vergelijk van de verhoudingen van de andere lichaamsdimensies blijkt dat er grote verschillen tussen de individuen bestaat. Dit wordt veroorzaakt door de lage correlatie tussen bepaalde lichaamsmaten.

Figuur 7.3

De percentielverdeling van de lichaamsmaten kan tussen personen sterk verschillen (Bron: [4]).



In de praktijk blijkt het veelal mogelijk te zijn ontwerpen af te stemmen op een grote gebruikersgroep. In enkele gevallen zal het niet mogelijk zijn vanwege bijvoorbeeld technische beperkingen, of financiële consequenties.

Voorbeeld

Op technische gronden is het vrijwel onmogelijk een hoogte-verstelling voor werkstoelen te realiseren die voor alle toepassingen geschikt is (bijvoorbeeld voor een balie en een typetafel). Om die reden verschij-

nen op de markt stoelen waarbij gekozen kan worden uit diverse verstelbereiken voor de zittinghoogte.

Niet altijd hoeft een tweezijdig criterium te worden aangelegd; wanneer voor de zittingbreedte van een stoel het 95^e percentiel wordt gehanteerd zal de zitting ook breed genoeg zijn voor de allersmalsten.

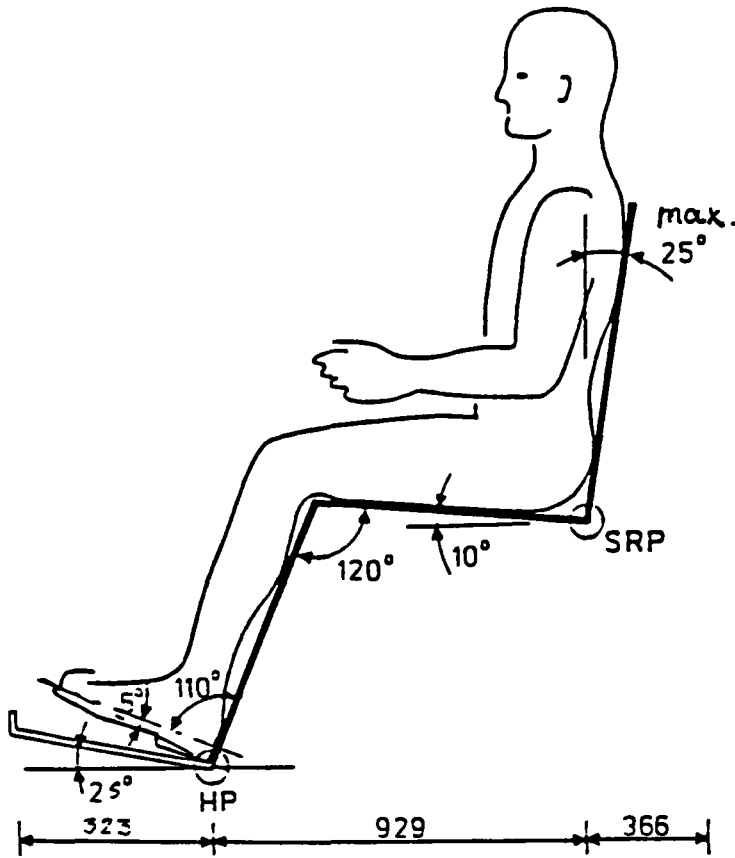
Voor de bepaling van een aantal criteria zal uitgegaan moeten worden van de kleinste gebruiker (bijv. reikwijdte), voor andere van de langste, (bijv. beenruimte): voor andere criteria, zoals bedienbaarheid van het stuur en de pedalen dient met beide groepen rekening te worden gehouden. Dit zal meestal resulteren in een mogelijkheid tot verstelling.

Voorbeeld

Voor het betreffende cabine-ontwerp worden de uiterste ontwerpgrenzen aan de ene zijde bepaald door de mannelijke Nederlanders, en aan de andere zijde door de kleine Zuid-Europese vrouwen. Ter illustratie is voor de lange gebruikers het benodigde ruimtebeslag en de optimale zithouding aangegeven in figuur 7.4. Vergelijking van deze werkplekmaten met die van de kleine vrouwen levert de noodzakelijke verstelmogelijkheden op voor de stoel en het stuur.

Figuur 7.4

De voor de 99 percentiel Nederlandse man benodigde ruimte, gebaseerd op een goede zithouding (bron: TNO/IZF).



Optimale werkhouding en benodigde werkruimte

In de globaal ontwerpfase is het van belang aan te geven hoeveel ruimte er voor de chauffeurspositie gereserveerd moet worden. Dit vanwege het bepalen van de globale afmetingen van de cabine en de constructieruimte.

Daarbij dient de optimale werkhouding als uitgangspunt te worden gehanteerd zoals aangegeven in figuur 7.4. Het is van groot belang dat ook personen met extreme lichaamsmaten (1^e/99^e percentiel) in deze houding kunnen werken.

In de praktijk blijkt dat men in allerhande typen cabines de verstelmogelijkheden van de stoel veelal alleen baseert op de bereikbaarheid van pedalen en bedie-

ningsmiddelen. Daarbij wordt onvoldoende rekening gehouden met voldoende zichtmogelijkheden van kleine personen vlak voor het voertuig.

De wet bepaalt dat 4 meter voor de bumper van het voertuig aan het zicht onttrokken mag zijn. Uit interviews en observaties blijkt echter dat kleine chauffeurs in stadsverkeer hun stoel in de hoogst mogelijke stand zetten om zoveel mogelijk van het wegdeel vlak voor het voertuig te kunnen waarnemen. In voertuigen zonder verstelbaar stuur resulteert dit in een slechte werkhouding waarbij de chauffeur heel dicht op het stuur zit. Lange chauffeurs gaan vaak lager zitten dan gewenst om verkeerslichten beter te kunnen zien. Het is daarom beter, uitgaande van een goede werkhouding, de bereikbaarheid van de pedalen en een goed zicht als ontwerpcriteria te hanteren. Vanwege een goede bereikbaarheid moeten de belangrijkste bedieningsmiddelen op de stuurkolom worden aangebracht (zie paragraaf 7.5.2). Een voorbeeld van een zodanige ontworpen werkplek is aangegeven in figuur 7.5. Op basis van de extremen van de populatie zijn de minimaal benodigde verstellingen voor stoel en stuur te bepalen.

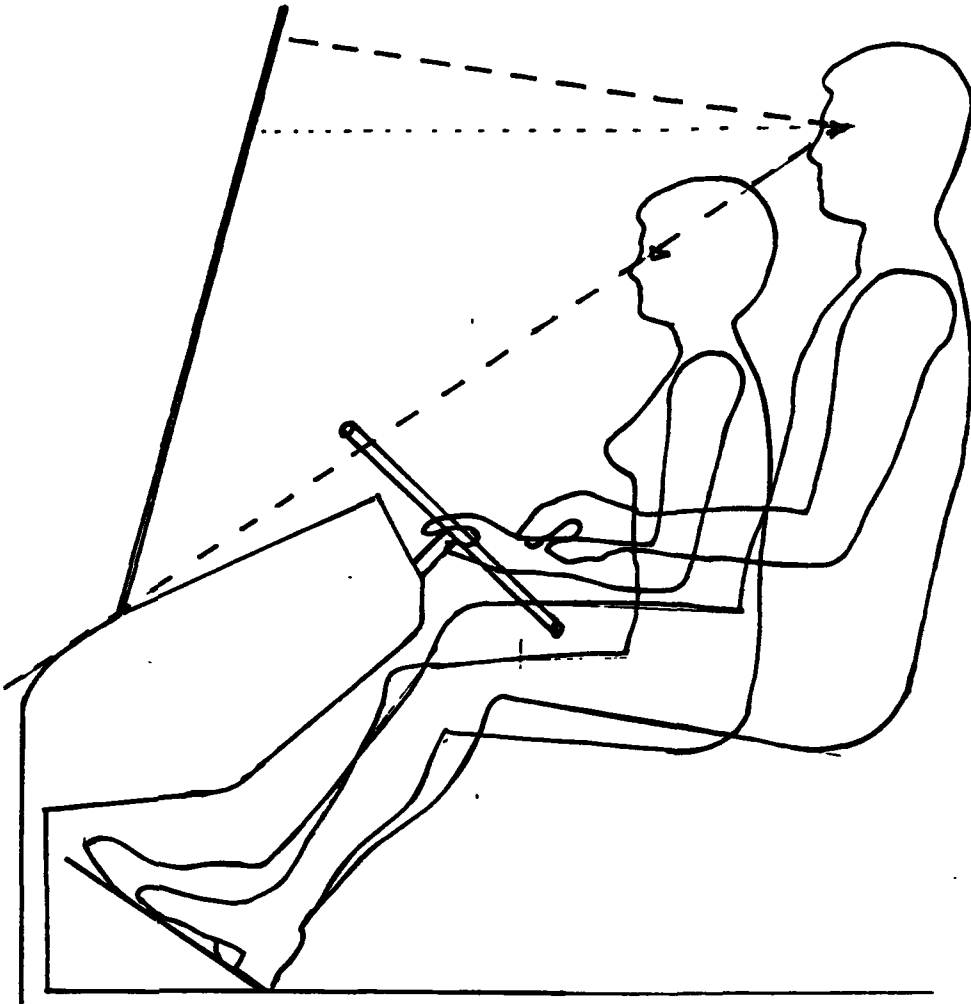
Zichtaspecten

De afmetingen van de ruiten dienen afgestemd te worden op het vereiste zicht dat ook door de uitersten van de populatie gehaald dient te worden.

Bij het bepalen van de ruitafmetingen is voor de hoogte van de onderzijde de oogpositie van de kleine gebruiker bepalend. De hoogte van de ruitbovenzijde wordt bepaald door de oogpositie van de lange gebruiker en de ergonomische eis dat verkeerslichten vanuit de normale zithouding kunnen worden waargenomen. Het verdient aanbeveling de ruiten niet hoger te maken dan uit zichtoverwegingen noodzakelijk is: grote glasoppervlakken veroorzaken een overmatige zoninstralingsbelasting.

Figuur 7.5

Vereiste verstellingen van stoel en stuur, uitgaande van de extremen van de doelgroep en een optimale zicht en bereikbaarheid van pedalen (bron: TNO/IZF).



Vanzelfsprekend dient de cabine ook te voldoen aan de wettelijke bepaalde uitzichteisen naar voren, opzij en naar achter. Deze eisen hebben met name invloed op de plaatsing en uitvoering van spijlen en spiegels.

Slaap- en kledactiviteiten

Op het gebied van de benodigde ruimte voor het verkleeden en het slapen, ontbreekt het in Europees verband aan richtlijnen. Daarvoor zijn in Nederland wel richtlijnen opgesteld [5].

7.4.3 Evaluatie van het globaal ontwerp en ontwerpkeuzen

Een evaluatie van het globaal ontwerp en de eisen die door verschillende disciplines zijn uitgewerkt, moet leiden tot een aantal ontwerpkeuzen. In deze keuzen worden compromissen gezocht tussen strijdige eisen.

Voorbeeld

Bij het samenvoegen van alle ideeën omtrent de afmetingen van de carrosserie blijkt iedere groep binnen het ontwerpteam de prioriteiten gelegd te hebben bij de voorwaarden die voortkomen uit de kennis op het eigen vakgebied.

Daarnaast komt het ontwerpteam voor de cabine met twee ingrijpende voorstellen. Om het vereiste comfort tijdens het verplaatsen, verkleden en slapen in de cabine te bereiken, zal de 2^e aanmerkelijk verhoogd moeten worden. Om die reden wordt tevens voorgesteld de motor niet onder de cabine te plaatsen, maar achter de cabine onder de laadbak (waardoor de "tunnel" in de cabine vervalt).

Men besluit nader te beoordelen wat de gevolgen zijn van deze voorstellen voor de ontwikkeling van nieuwe constructies, de planning en de kosten. Geconcludeerd wordt dat een hoge cabine en een vergroot vloeroppervlak haalbaar zijn binnen de randvoorwaarden van het Programma van Eisen, maar dat het verplaatsen van de motor tot te sterke vertraging en te hoge kosten leidt.

Omdat iedereen te overtuigen van de noodzaak van deze vergroting van de cabine wordt besloten de hoofddimensies in een houten model op ware grootte vorm te geven.

In de loop van de projectvoortgang zullen alle wijzigingen in het model aangebracht worden.

7.5 Detailontwerp en toetsing

Wanneer het ontwerp op hoofdlijnen vastligt, volgt in de detailontwerpfase de verfijning van het ontwerp. In deze fase worden de materialen en de componenten gekozen en in de mock-up geplaatst.

7.5.1 Nut en beperkingen van mock-ups en CAD-programma's

Ten aanzien van de mogelijkheden en beperkingen van mock-ups en CAD-programma's de volgende kanttekeningen:

Bruikbaarheid van mock-ups

Een 1:1 model blijkt bijzonder nuttig te zijn als hulpmiddel bij het ontwerpen, bij het overleg met andere disciplines, bij het opsporen van knelpunten, en vooral in een vroeg stadium bij het produkt betrekken van toekomstige gebruikers.

Bij het gebruik van een mock-up zijn de volgende kanttekeningen te plaatsen:

- Voorzie de gedetailleerde mock-up van echte componenten en boots de diverse omstandigheden zo goed mogelijk na. Dit is nodig om zo vroeg mogelijk eventuele knelpunten op te kunnen sporen. Bijvoorbeeld om na te kunnen gaan of de displays in zonlicht goed afleesbaar zijn en of deze bij donker niet hinderlijk in de ruiten worden gespiegeld.
- Het toetsen van de werkplek en de verstelmogelijkheden met behulp van enkele proefpersonen geeft geen uitsluitsel over de geschiktheid voor de uitersten. Toets zo mogelijk ook met proefpersonen die de uitersten van de ontwerppopulatie vormen en wees bedacht op het feit dat 'vanwege de grote diversiteit aan lichaamsmaten' (zie paragraaf 7.4.2) er geen "gemiddelde mensen" bestaan. Leg van de proefpersonen de lichaamsmaten vast en ga na in hoeverre deze binnen de ontwerpspecificaties vallen. Vraag zo mogelijk ervaren gebruikers als proefpersoon.
- Breng alle aspecten in kaart waarvoor de mock-up onvoldoende uitsluitsel geeft en toets die op een andere wijze. Bijvoorbeeld: is er voldoende vrije ruimte boven het hoofd van de chauffeur bij het rijden op slechte wegen blijven de zijruiten goed zicht verschaffen bij nat weer; voldoet de klimaatregeling onder alle weerscondities (is de verwarmingsvoorziening 's nachts adequaat)?

Bruikbaarheid van computer ondersteund ontwerpen

CAD-programma's bewijzen hun nut bij de constructieve aspecten van een ontwerp. Op dit gebied zijn een groot aantal programma's beschikbaar die

verschillen in uitgebreidheid en gebruikersvriendelijkheid. De markt biedt enkele CAD-programma's waarin ook antropometrische modellen geïmplementeerd kunnen worden. De doelmatigheid van deze programma's is vaak nog beperkt vanwege de geringe mogelijkheden tot manipulatie van de modellen. Ook zijn de meeste programma's nogal gebruikersonvriendelijk vanwege de moeizame manipulatie van de modellen. Een veel voorkomend manco is dat de modellen niet of in voldoende mate gebaseerd zijn op de Nederlandse bevolking.

Antropometrische CAD-programma's kunnen worden gebruikt in het globale ontwerp voor het op hoofdlijnen beoordelen van alternatieven: voor een betrouwbare evaluatie dienen mock-ups gebruikt te worden.

7.5.2 Belangrijke ergonomische aspecten in het detailontwerp

Op een aantal van de aspecten die in een detailontwerp moeten worden uitgewerkt wordt nader ingegaan:

Uitzichtaspecten

Het vereiste zicht via spiegels is vastgelegd in het wegenverkeersreglement. Ook bolle spiegels worden wel toegepast, opdat dode hoeken in het zicht kunnen worden opgeheven. Vanwege de bolling treedt vertekening op in de afstandschatting. De literatuur geeft [7] een kromtestraal aan die een compromis vormt tussen een goede waarneming van dode hoeken en de afstandschatting. In een enkel geval zijn aparte spiegels nodig om bijvoorbeeld bij vrachtwagens met hoge cabines de aanwezigheid van fietsers en de trottoirband direct naast de cabine waar te nemen. Ook met de stoel in de achterste stand dient het zicht door de zijruit gewaarborgd te zijn (vereiste zijwaartse hoek: 110°). Algemeen voorkomende klachten over de rechterzijspiegel zijn: de raamstijl belemmert (vanuit sommige oogposities) een goed zicht door de spiegel, (dit wordt eveneens vaak veroorzaakt door de deels neergelaten zonwering op de bijrijdersplaats); het verstellen van de spiegel is uiterst moeizaam.

Binnenspiegels dienen vlak te zijn, en op de ruit geplaatste spiegels mogen geen gevaarlijke blinde hoeken in het directe zicht veroorzaken; dit gevaar bestaat vooral voor grote gebruikers.

De veiligheid is gediend met buitenspiegels die van een verwarmingselement en ruiten (ook zijruiten) die van een ontdooi- en ontwasemingsinstallatie voorzien zijn. Het bereik van de ruitenwissers dient ook voor grote gebruikers een goed zicht te waarborgen.

De plaats en afmetingen van raamstijlen is kritisch. Zo mogelijk worden stijlen in het primaire gezichtsveld vermeden. In ieder geval dient de breedte van een stijl in de kijkrichting beperkt te blijven tot het uit constructieve en veiligheids-overwegingen minimum noodzakelijke. Ter voorkoming van blinde hoeken dienen de raamstijlen in de kijkrichting niet breder dan 5 cm te zijn.

Visuele signaleringen en indicatoren

De belangrijkste parameters voor signaleringen zijn: informatie, duidelijkheid, zichtbaarheid, plaatsing, nauwkeurigheid, reflectie, verlichting, grootte, aantal, schaalindeling en kalibratie.

Uit onderzoek [7] blijkt dat het niet noodzakelijk is dat informatie over snelheid, toerental, benzinepeil, koelwatertemperatuur en oliedruk door een vaste schaal met een bewegende wijzer wordt aangegeven. Voor het aflezen van een waarde en het bepalen of een waarde zich boven een limiet bevindt (zoals bij het bepalen van de snelheid), is een elektronisch display het nauwkeurigste.

Uitgangspunten bij de keuze en plaatsing zijn:

- Binaire informatie die frequent voorkomt maar niet erg belangrijk is, moet visueel gepresenteerd worden (waarschuwinglampje). Aan binaire informatie die niet frequent voorkomt, maar wel belangrijk is, moet naast de visuele signalering een dynamisch signaal worden toegevoegd (knipperend licht, afwisselend geluid/licht).
- Signaleringen dienen zowel in fel zonlicht als bij donker goed zichtbaar te zijn;
- Signaleringen dienen functioneel gegroepeerd te zijn; zoals een blok met indicatoren, en één met storingsmeldingen.
- Storingsindicatoren dienen alleen afleesbaar te zijn in geactiveerde toestand.

- Meldingen die een storing aanduiden die de veiligheid in gevaar kunnen brengen (bijv. remdruk weggevallen) dienen ook akoestisch gemeld te worden.
- Signaallampkleuren die bij zonlicht slecht zijn af te lezen vanwege de lage helderheid, zoals blauw, moeten vermeden worden.
- Signaleringen en displays dienen zo geplaatst of afgeschermd te worden dat deze bij donker niet hinderlijk gespiegeld kunnen worden in de ruiten. Soms biedt het wijzigen van de stand van de ruiten een adequate oplossing voor dat probleem.

Pictogrammen dienen te voldoen aan de daarvoor geldende (EG)richtlijnen. Bij de plaatsing van pictogrammen moet ervoor gezorgd worden dat deze loodrecht op de kijkrichting staan (dus niet zijn aangebracht op draaiknoppen).

Verlichting

- De luminantie van inwendig verlichte panelen, schakelaars en signaleringen moet tenminste $0,5 \text{ cd/m}^2$ bedragen en max. 5 cd/m^2 .
- Ter plaatse waar de kaart wordt gelezen moet een verlichtingssterkte van circa 30 lux (regelbaar) beschikbaar zijn.
- In de cabine dient een algemene oriëntatieverlichting te zijn aangebracht.
- Voor oriëntatie tijdens rijden in donker dient een rode oriëntatieverlichting te zijn aangebracht (rood licht verstoort de donkeradaptatie het minst).
- Boven de bedden moet een bedleeslampje zijn geïnstalleerd.

Glaskleur en zoninstraling

Voor de ruiten wordt bij voorkeur blank glas gebruikt; getint glas heeft als nadelen dat men bij mindere lichtomstandigheden als het ware door een zonnebril kijkt die (ook bij slechte zichtomstandigheden) niet afgezet kan worden, en dat onder die omstandigheden meer hinder van spiegeling van het interieur in de ruiten wordt ondervonden. Getint glas leidt tot een reductie van de detectieafstand van ca. 12%; een afname die onder ongunstige omstandigheden kritisch kan blijken te zijn. Daarnaast kan, afhankelijk van het toegepaste type getint

glas, vertekening van kleuren, zoals van verkeerslichten, optreden. Luchtbehandelingsinstallaties zijn in Europa nog geen gemeengoed, maar verhogen het comfort voor de chauffeur in hoge mate. Daartegenover staat dat getinte beglazing de warmtelast door zoninstraling onvoldoende reduceert. De warmteontwikkeling tengevolge van zoninstraling kan worden beperkt door de ruiten niet hoger te maken dan functioneel noodzakelijk is; door individueel instelbare daglichtwering toe te passen en door zorg te dragen voor voldoende ventilatie.

Bedieningsmiddelen

Bij de keuze en plaatsing van de bedieningsmiddelen dient aan het volgende gedacht te worden:

- Plaats bedieningsmiddelen onder handbereik (afstemmen op kleine gebruikers). Veel gebruikte bedieningsmiddelen dienen zich binnen 18 cm van de handpositie op het stuur te bevinden.
- Bedieningsmiddelen worden op de stuurkolom geplaatst, om snel bediend te kunnen worden. Nadeel is dat er verwisseling bij de bediening op kan treden. Daarom moet het aantal functies beperkt worden. Op de links op de stuurkolom gemonteerde hendel moeten de volgende functies zijn aangebracht: richtingaanwijzer; klein- en grootlicht; lichtsein. De rechts gemonteerde hendel bevat de ruitenwischerfuncties.
- De schakelaars voor de koplampen, parkeerlichten en claxon mogen niet aan de stuurkolom gemonteerd zijn.
- Bij gebruik van drukknopschakelaars vindt meer foutieve bediening plaats dan bij draaischakelaars.
- Plaats de bedieningsmiddelen naar prioriteit.
- Door keus van het juiste type en een goede plaatsing kan het bedieningsmiddel afgeschermd worden tegen ongewenste bediening.
- De stoel dient recht achter het stuur geplaatst te zijn.

Geluidsaspecten

Het toelaatbare geluidsniveau mag volgens internationale normen, met het oog op de spraakverstaanbaarheid, nooit meer bedragen dan 78 dB(A). Met de huidige stand der techniek is een aanmerkelijk comfortabeler niveau (circa 60 dB(A))

haalbaar. De omstandigheden waaronder gemeten moet worden en de meetprocedure zijn vastgelegd in Europese normen (tijdens de metingen mag het bijvoorbeeld niet regenen en de windkracht moet minder dan 6 Beaufort bedragen).

Klimaataspecten

De afzuiging, de toevoer van frisse lucht en de klimaatregeling blijken in cabines tot veel klachten te leiden. De temperatuur in de cabine mag niet hoger oplopen dan 28°C; de lichtsnelheid dient lager dan 0,2 m/sec te blijven, en de temperatuur tussen voet - en hoofdhoogte mag niet meer verschillen dan 5°C.

Toxische stoffen

Kunststoffen mogen geen hinderlijke of schadelijke dampen afgeven. Schadelijke dampen mogen evenmin vrijkomen ingeval van brand.

De uitlaat dient zo gepositioneerd te zijn dat onder geen enkele omstandigheid uitlaatgassen de cabine kunnen binnenkomen. Door inbouw van filters kan de van buiten aangezogen lucht gezuiverd worden.

Trillingen en schokken

Naast het directe lichamelijke ongemak vormen trillingen en schokken rugklachten bij beroepschauffeurs. Ook kunnen deze leiden tot ongunstige gevolgen voor de nieren en tot een slechte doorbloeding van handen en vingers. Het opvangen van trillingen en schokken vergt extra lichamelijke inspanning die leidt tot snellere vermoeidheid. Ook de visuele waarneming van de omgeving en instrumenten wordt er door verstoord.

Een goede afstemming van de demping van de cabine en de stoel zijn van groot belang [10]. De demping dient ook effectief te werken bij overbelading, bij het leeg of met oplegger rijden, of bij een ongelijk verdeelde lading. Luchtvering op de assen verdient de voorkeur boven een mechanische vering. Afzonderlijke en op vier punten geveerde cabines vangen trillingen en schokken het best op en houden de positie van de chauffeur ten opzichte van de bedienings- en informatiemiddelen intact. Regelmatig onderhoud van excentrisch draaiende motordelen en van de schokdempers is van groot belang.

7.6 Bouw, implementatie en evaluatie: toetsing van het ontwerp

Voor het verifiëren van de bereikbaarheid van bedieningsmiddelen en het zicht, in combinatie met de verstelmogelijkheden van stoel en stuur, is gebruik gemaakt van dezelfde proefpersonen, geselecteerd zoals beschreven in par. 3.2.

In paragraaf 7.4.2 is reeds aangegeven dat er tussen proefpersonen een grote diversiteit bestaat in lichaamsmaten. Het evalueren van het ontwerp met behulp van proefpersonen vormt zeker geen waarborg dat daarmee alle denkbare varianten in lichaamsmaten ondervangen zijn. In Amerika is een set van 14 mannikins (paspoppen) zodanig samengesteld dat daarin alle uitersten in lichaamsmaten voorkomen. Vanwege het verschil in lichaamsafmetingen (bijvoorbeeld de Noord-Amerikaanse mannen zijn gemiddeld 8 cm kleiner dan de Nederlandse) zijn deze modellen voor deze toepassing in Nederland niet geschikt.

Het zicht kan met behulp van foto-opnamen vanaf de mogelijke oogposities worden vastgelegd. Voor elke positie moet een dubbele opname gemaakt worden (vanaf de positie van elk oog afzonderlijk); dit om na te gaan of zich geen ontoelaatbare dode hoeken voordoen.

Voorbeeld

Beproeving in de klimaatkamer van het proto-type zorgde voor een tegenslag: bij regen bleek door luchturbulenties de linkerzijruit "dicht" te slaan, zodat de constructie-afdeling de frontconstructie en de stand van de zijruit aan moest passen. Ook veroorzaakten luchturbulenties onaanvaardbare trillingen in de cabine. Bij het herontwerp van het front is daarmee rekening gehouden.

7.7 Literatuur bij dit hoofdstuk

- [1] Pheasant, S.T. Anthropometrics. London, British Standards Institution, 1984.**
- [2] Molenbroek, J.F.M., Dirken, J.M. Dined-tabel 1986. Nederlandse lichaamsmaten voor ontwerpen. Delft, Faculteit van het Industrieel Ontwerpen, Technische Universiteit Delft, 1986.**
- [3] Dirken, D.J. Antropometrische ontwerpstatistiek. Tijdschrift voor Ergonomie, juni 1984.**
- [4] Roebuck, J.A., Kroemer, K.H.E., Thomson, M.S. Engineering antropometry methods. London, Wiley, 1975.**
- [5] Ellens, E. Benodigde kled- en slaapruijnte in vrachtwagencabines. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid ,DGA, 1992. (S-136)**
- [6] FNV. Als het stuur maar rond is; een brochure met checklist over vrachtwagencabines. Utrecht, FNV, 1989.**
- [7] Waal, B. de, Moraal J. Ergonomie van wegvoertuigen. Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie/TNO, 1983. (Rapport 1983-15).**
- [8] Korteling J.E., Osinga D.S.C. De IZF ergonomie checklist voor vrachtwagencabines. Soesterberg, Instituut voor Zintuigfysiologie/TNO, Rapport 1989. (1989-37)**
- [9] Inspectiemethode Arbeidsomstandigheden. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, (DGA) en TNO. Zeist, Kerkebosch.**

- [10] Swuste, P.H.J.J., e.a. Vermindering van de trillingsbelasting door afgeveerde stoelen. Den Haag, Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, DGA, 1991. (S58-3)
- [11] Voskamp, P., Bruintjes R., Ellens, E. De arbowet: Maatwerk 'verplicht'. SZW, Stichting Languit en TNO/IZF

INDEX

- Analyse 40, 44**
- Antropmetrie**
 - ontwerpgrenzen 190**
- Antropometrie 186**
- Antropometrische gegevens 190**
- Apparatuur 155**
- Arbeidsomstandigheden 38, 46**
- Arbeidsomstandighedenwet 39**
- Arbeidsorganisatie 13, 14, 44, 105, 121**
- Arbowet**
- Automatisering 12, 44, 46**
- Automatiseringsgraad 46**
- Automatiseringsniveau 73**
- Automatiseringsprojecten 45**
- Autonomie 114**
- Basisverlichting 164**
- Bedieningsmiddelen 197, 205, 207**
- Beeldscherm 167**
- Beeldschermen 164**
- Beeldschermwerkplekken 153, 167**
- Beheersbaarheid 169**
- Beloning 49**
- Beslisdocument 29**
- Bestaanscyclus 146, 151**
- Besturingsorganisatie 19**
- Besturingsstructuur 19, 44, 45, 48**
- Bestuurderswerkplekken 181**
- Bewaken 57**
- Bewakingstaken 57**
- Binnenklimaat 165**
- Bouw 16, 53**

CAD-programma's 201, 202
Centrale voorzieningen 166
Checklists 134, 185, 186
Chemisch-fysische omgeving 120
Concepthouder 172
Conditionele benadering 20
Contacten 157
Contactmogelijkheden 114
Contrast 164
Correlatiecoëfficiënt 193
Curatieve ergonomie 26
Daglicht 160, 164
Daglichtwering 205
Detailontwerp 51
Documentatie 54, 98
Doelenstructuur 144, 151, 152
Eindgebruikers 39
Ergonomie 25, 38, 47, 53
 doelstellingen 20
 inpassing in ontwerpproject 25
 onderwerpen 24
 uitgangspunten 20
Ergonomische ontwerpaanpak 21, 29
Evaluatie 16, 53, 54
Evaluatiemethoden 118
Flexibiliteit 23, 24, 26
Foto-opnamen 207
Foutentolerantie 169
aanpasbaarheid, eenvoud 169
Functie-decompositie 187
Functie-inhoud 46, 49, 57, 117, 118, 121, 161, 162
 procesoperators 73
Functie-ontwerp 45, 47, 49, 111

Functiedecompositie 100
Functies 45, 46
Functiewaardering 49
Functionele analyse 41, 149, 151
Functionele contacten 114
Fysieke belasting 118
Fysisch chemische omgevingsfactoren 164
Fysisch/chemische omgeving 119
Gebruikers 52, 143, 153
Gebruikersinbreng 38, 39, 52, 63, 131, 152, 173, 176
 gedrag
 observatie 185
 registratie 185
Geluid 160, 165
Geluidhinder 165
Geluidniveau 205
Gereedschap 51
Gereedschappen 50
Gezondheid 20, 22
Gezondheidsrisico's 108
Globaal ontwerp 44, 49
Handboeken 4
Hardware 155, 168, 170
Houdings- en bewegingsanalyse 102
Hulpmiddel 51
Hulpmiddelen 50, 51, 132
Implementatie 16, 53, 54
Individuele werkplekaanpassingen 167
Informatie 116
Informatiepresentatie 187
Integraal ontwerpen 19, 21, 34
Integraal 34
Interbeoordelaarsbetrouwbaarheid 186

Interface. 58
Interviews 98, 152
Introductie 43
Kantoorinrichting
 ruimte 156
Kantoorwerk 139
Kleurtemperatuur 164
Kleurweergave 164
Klimaat 50
Klimaatregeling 206
Knelpunten 41
Kortcyclisch werk 115
Krachtuitoefening 102
Kritisch scenario 63
Kwalificaties 49
Kwantificeren van klachten 185
Lay-out 23, 50, 51, 120, 190
Leermogelijkheden 20
Lessenaar 172
Lichaamsmaten 193, 207
Licht 164
Luchtsnelheid 206
Luminantie 164
Mannikins 207
Maquettes 173
Medezeggenschap 39, 49
Meetprotocol 188
Meetprotocollen 188
Mens-computer interactie 169
Mens/machine interactie 61
Mens/machine interface 50
Mens/machine systeem 61
Mensgebonden variabelen 187

Metingen 99
Meubilair 171
Mock-up 52, 131, 175
Bedieningsconsole 63
Mock-ups 201
NIOSH-methode 104
Observaties 98
Omgevingsfactoren 44, 50, 149
Omgevingsvariabelen 187
Onderhoud 206
Ondernemingsraad 5, 38
Onderzoek 40, 43
 introductie 43
Onderzoeksmethoden 37
Ontwerpaanpak 6
Ontwerpbeslissingen 25, 60
Ontwerpdimensies 193
Ontwerpen 12
 definitie 11
Ontwerpgrenzen 190
Ontwerpkeuzes 29
Ontwerpmethode 18
Ontwerppopulatie 201
Ontwerpprobleem 14, 17
Ontwerpprocedures 18
Ontwerpproces 13, 17, 18, 29, 39, 52, 53, 60
 belanghebbenden 20
 kenmerken 15
Ontwerpproject 11, 16, 29, 35
 analyse en onderzoek 40
 betrokkenen 16, 17
 methodische aanpak 18
 ontwerpproces 14

planning 37
structurering 17, 33, 37
Ontwerpruimte 13, 34, 35, 45, 50, 52, 141, 145
Ontwerpspecificatie 174
Ontwerpspecificaties 151, 155
Ontwerptechnieken 6
Ontwerpvaardig 12, 15, 34
Oogpositie 198
Opbergruimte 172
Opleiding 52
Opleidingseisen 49
Organisatorische regelingen 45, 46, 49
Organiserende taken 19
Oriëntatieverlichting 204
Overlegstructuur 37
Participatie 39
Percentiel 186
Percentielgrenzen 191
Percentielwaarden 191
Person-Environment Fit 23
Pictogrammen 204
Pilot-experiment 188
Plafonds 166
Polssteun 172
Populatie
 extremen 198
Uitersten 198
Preventieve ergonomie 26
Primaire gezichtsveld 203
Probleemdefiniëring 15
Probleemomschrijving 151
Procedurevariabelen 187
Productie-organisatie 117

Productieorganisatie 19
Productieproces 44, 151
Productieprocesse 19
Productieprocessen 19
Productietechniek 14, 46
Proefopstellingen 175, 176
Proefpersonen 186, 187, 201, 207
Programma van Eisen 34, 44, 49, 139, 144, 149, 153, 183
Programmatuur 155
Projectorganisatie 141, 153
Projectplanning 168
Prototype 52
Prototypen 175
Randvoorwaarden 16, 34, 35
Regelcapaciteit 114
Regelen 57
Regelmogelijkheden 22, 23
Relatiediagram 157
Relatiediagrammen 157
Reorganisatie 12
Responstijden 169
Ruimte-indeling 171
Ruitafmetingen 198
Scenario 61
Schaalmodellen 162, 173
Schadelijke dampen 206
Schokken 206
Scholings/trainingsprogramma 174
Serieproductie 91
Signaleringen 203
Simulatie 49, 52
Situatie-analyse) 151
Socio-technische systemen 19

Software 155, 162, 167, 168
 ergonomische eisen 169
 beheersbaarheid 169
 geschiktheid 169
 functionaliteit 169
 responstijden 169
 maatwerk 169
 standaard 169

Spiegeling 204

Spraakverstaanbaarheid 205

Stappenplannen 175, 176

Stoelen 171

Stressrisico 115, 117

Subjectieve oordelen 185

Supervisie 57

Systeemfuncties 41
 allocaties van 61

Systeemmeubilair 166

Systeemprestatie 60

Systematische lay-out planning 122

Taakallocatie 38, 44-49, 105, 109, 111, 117, 153, 154

Taakanalyse 44, 65, 96, 151

Taakuitvoerbaarheid 52

Taakuitvoering 20, 41, 44, 106

Tafels 171

Taken
 ondersteunende 47

Technisch ontwerp 49

Temperatuur 206

Testopstelling 162

Tilsituatie 104, 131

Tilwerkzaamheden 104

Training 52, 176

Trainingsprogramma 174, 176
Transportwegen 50
Trillingen 206
Trillingsmetingen 185
Tweezijdig criterium 196
Uitgangssituatie 13, 35, 41
 aanpassing 13
 belangrijke aanpassing 41
 knelpunt 41, 42
 nieuw ontwerp 13, 41
 oplossen knelpunt 14
Uitrustingsvariabelen 187
Uitvoerende taken 19
Uitzicht 160, 164
Vakbekwaamheid 46
Variatie 112
Veiligheid 20, 22
Ventilatie 165
Verhuizing 175
Verkenningfase 33, 34, 37, 38
Verlichting 50,82
 cabines 204
Verlichtingsaspecten 164
Verstelmogelijkheden 207
VGW-commissie 38
VGW-risico 21, 52
Vlekkenplan 160
Vloeren 166
Voetensteun 172
Voorbereidende taken 19
Voorzieningen 166
Vragenlijst 185, 188
Vragenlijsten 153, 188

Wanden 166
WEBA-methodiek 118
Welzijn 20, 22
Welzijnsaspecten 38
Welzijnsrisico's 46, 109
Werkcyclus 115
Werkhouding 197
Werkomgeving 38
Werkplekindeling 128
Werkplekinrichting 51, 131
Werkplekken 38, 50
Werkplekontwerp 13, 50, 124, 162
Werkplekverlichting 164
Wet op de ondernemingsraden 39
Zelfbeschrijvend 169
Zelfstandigheid 114
Zicht 198, 202
Zithouding 198
Zonwering 164

In de Arbowet wordt gesteld dat het oplossen van knelpunten in arbeidsomstandigheden in eerste instantie bij de bron plaats moet vinden. Het beste is dit te realiseren door reeds in de ontwerpfase van arbeidssituaties met arbeidsomstandigheden rekening te houden.

Doel van dit boek is te laten zien dat in ontwerpprocessen de ergonomie kan worden toegepast op de momenten dat dit nodig is en op een manier die het gewenste effect heeft. Het achterliggende doel van toepassing van de ergonomie in ontwerpprocessen is het streven de ontworpen arbeidssituaties zo goed mogelijk te laten passen bij de werkers en hun taken. De arbeidsomstandigheden zijn dan optimaal, dat wil zeggen dat de werkers hun taken kunnen uitvoeren met zo weinig mogelijk risico's voor veiligheid, gezondheid en welzijn. Dergelijke werksituaties bieden over het algemeen ook voor efficiënt en effectief werken de beste condities.



ISBN 90-399-0242-9



9 789039 902424



Uitgave van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van
het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,
Postbus 90804, 2509 LV Den Haag

Sdu Uitgeverij Plantijnstraat, Den Haag