TU/e technische universiteit eindhoven

dictaat

mechanisatie op de bouwplaats

/ faculteit bouwkunde

capaciteitsgroep
uitvoeringstechniek

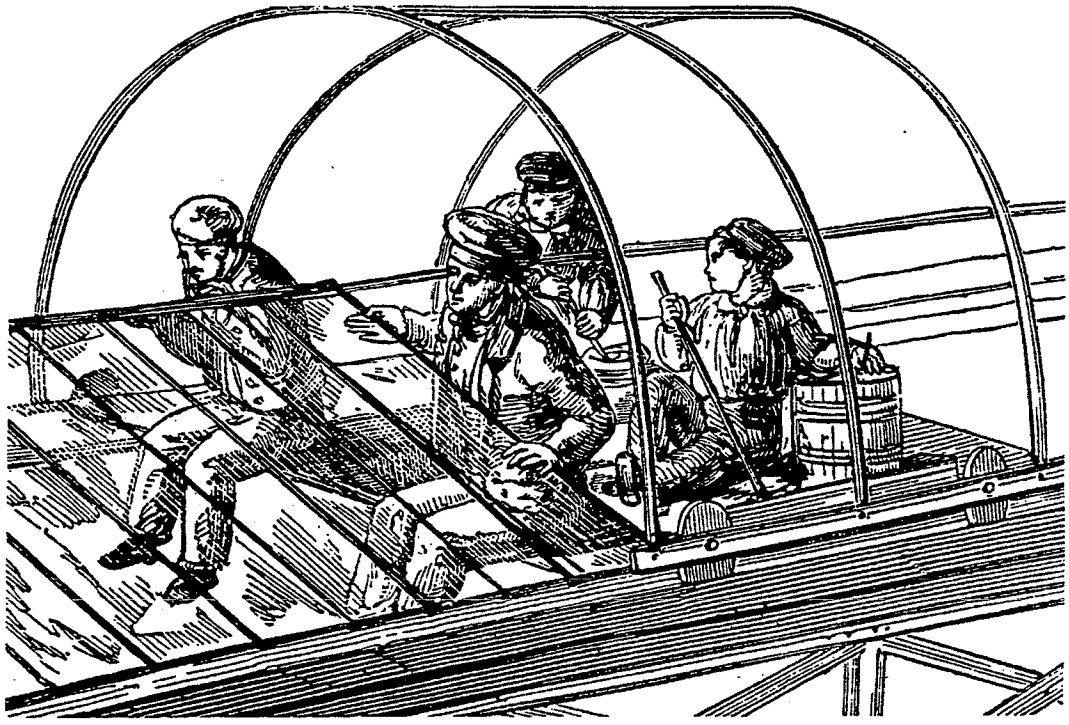
Dictaat

Mechanisatie op de bouwplaats

ir. F.J.M. van Gassel

Uitgave 1999

Inhoudsopgave



Het beglazen van een lichtstraat gemechaniseerd,.
Uit het boek: 'Wendepunkt im Bauen' van Konrad Wachsmann, 1959.

Voorwoord

Voor u ligt het collegedictaat "Mechanisatie op de bouwplaats" uitgave 1999.

Het college beoogt de student:
- kennis te laten nemen van de vakgebieden van mechanisatie, werktuigen, ergonomie en methodisch ontwerpen;
- inzicht te geven in de relaties tussen bovenstaande vakgebieden voor toepassing op de bouwplaats.

Eindhoven, september 1999.
ir. F.J.M. van Gassel.

Dictaat

MECHANISATIE OP DE BOUWPLAATS

ir F.J.M. van Gassel

1

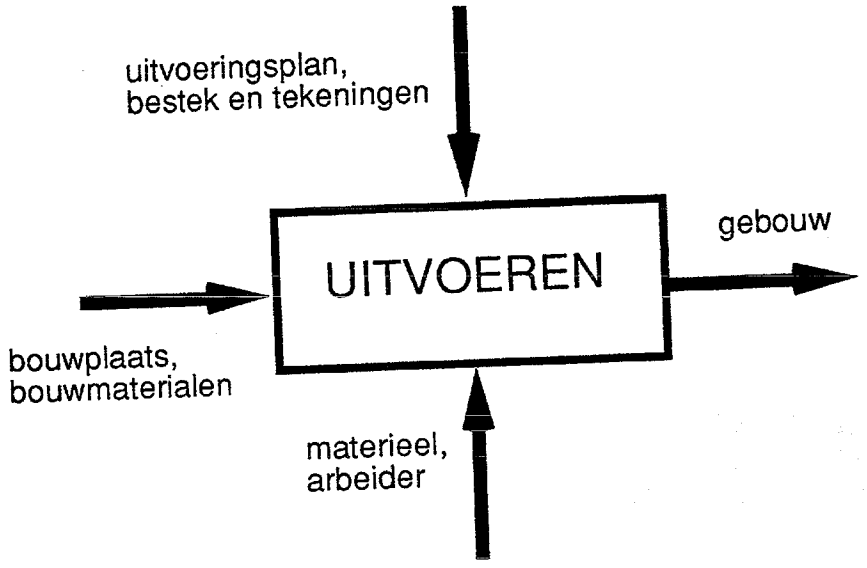
Inleiding mechanisatie

Inhoud

1.1 Inleiding

In Hoofdstuk 9 van Uitvoeringstechniek 2 wordt het "Ontwerpen van de uitvoering" behandeld. Het uitvoeren wordt in dat hoofdstuk beschreven aan de hand van de SADT-systematiek [Maas, 1994, p 196]. Zie figuur 1.1 waarbij het proces UITVOEREN schematisch is weergegeven. Men onderkent hierbij de volgende aspecten:

- invoer bouwplaats, bouwmaterialen
- uitvoer gebouw
- besturing uitvoeringsplan, bestek en tekeningen
- middelen materieel en arbeiders



Figuur 1.1 *Uitvoeren weergegeven volgens de SADT-systematiek*

In het college "Mechanisatie op de bouwplaats" wordt nader ingegaan op het aspect middelen, dat bestaat uit materieel en menselijke arbeid.

In Uitvoeringstechniek 1 is de structuur van het begrip materieel weergegeven:

- instrumenten
- hulpconstructies
- werktuigen
- verplaatsbare gebouwen

Dit college gaat voornamelijk over werktuigen. Enkele soorten werktuigen zijn:

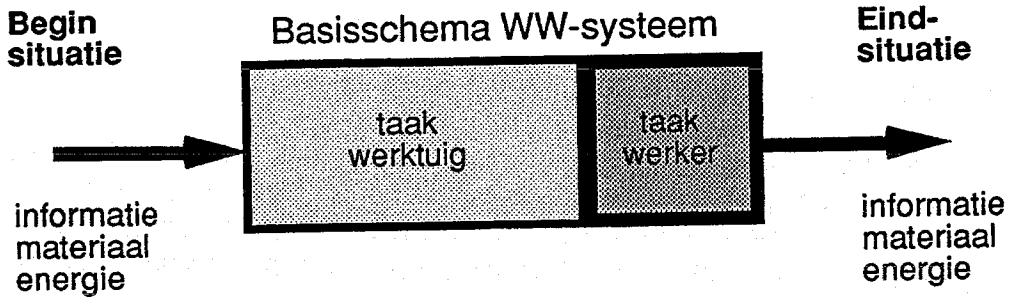
- transportwerktuigen
- gereedschappen
- bewerkingswerktuigen
- verwerkingswerktuigen

Het college beperkt zich de middelen die op de bouwplaats worden ingezet en niet tot de middelen die in een fabriek worden ingezet om bouwprodukten te fabriceren.

1.2 Werker-Werktuigsysteem

1.2.1 Basisschema

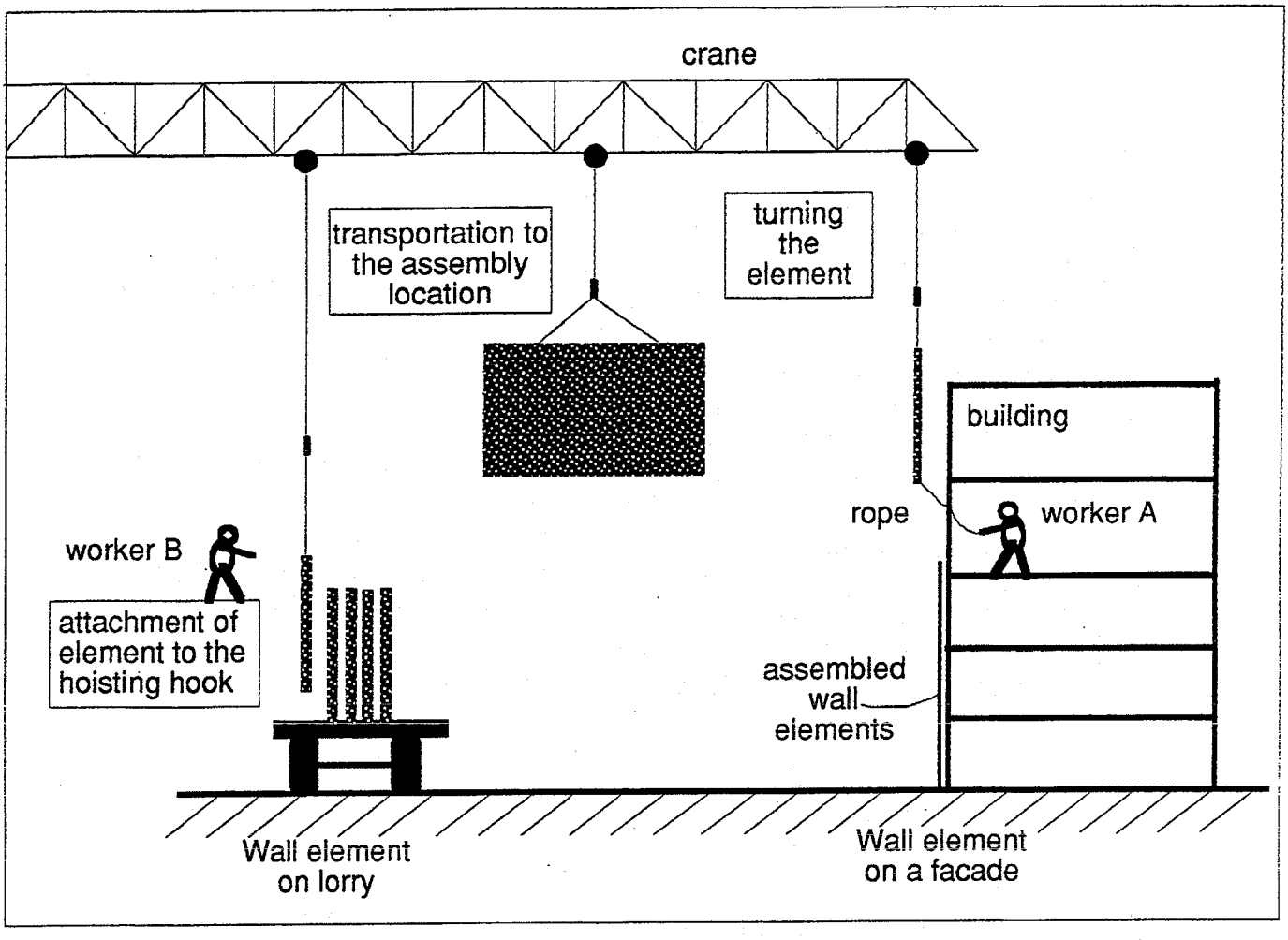
Het basisschema bestaat uit een rechthoek met ingangen en uitgangen.
Rechthoek bestaat uit werkers en werktuigen.
In- en uitgangen bestaan uit informatie-, materiaal- en energiestromen.
De werkers en werktuigen transformeren de informatie-, materiaal- en energiestromen van een beginsituatie naar een eindsituatie. In de rechthoek is een verdeling aangegeven tussen de taken die de werker en die het werktuig uitvoert.
In figuur 1.2 is het basisschema weergegeven.
Dit model wordt door Maas in de intreerede "Produktie in de Bouwkunde" voorgesteld om het bouwproces te beschrijven [Maas, 1992, p 9].
Het volgende citaat is uit de intreerede van Maas.
"Dit algemene model geeft beter weer dan de tradtionele beschrijvingen van het bouwproces, de samenhang tussen materie, arbeid en gegevens, die nodig zijn om tot een goed resultaat te komen. De verantwoordelijkheid voor het goede resultaat ligt bij alle drie de elementen. (...) Het model beschrijft wat duidelijker, hoe je als producent naar het bouwen kijkt. Je hebt een beginsituatie, waarin materialen, produktiemiddelen en informatie beschikbaar zijn, waarmee je naar een eindsituatie werkt: het vervaardigde gebouw of bouwwerk."



Figuur 1.2 *Basisschema WW-systeem*

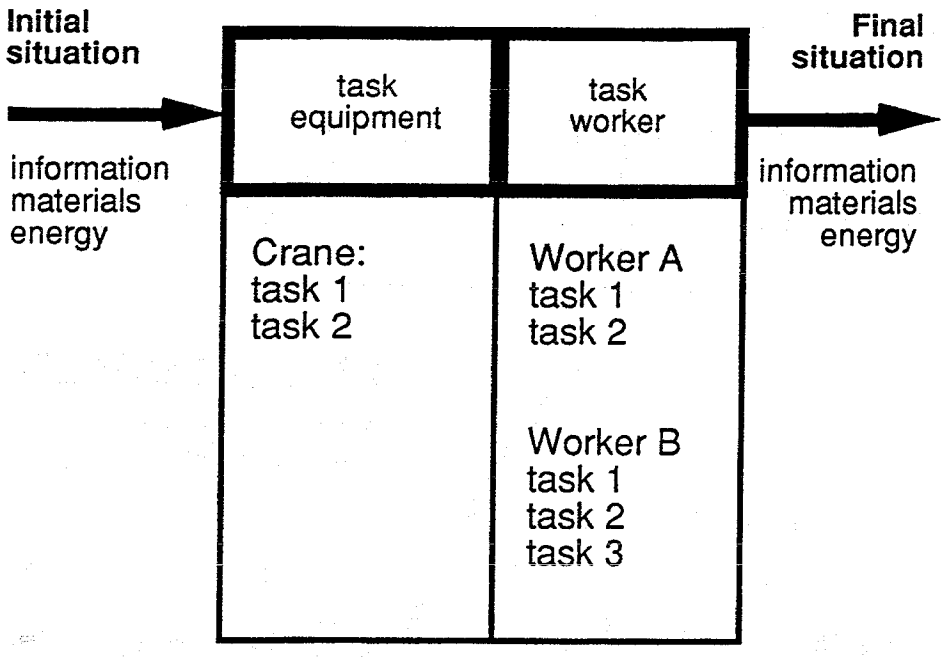
1.2.2 Voorbeeld WW-systeem

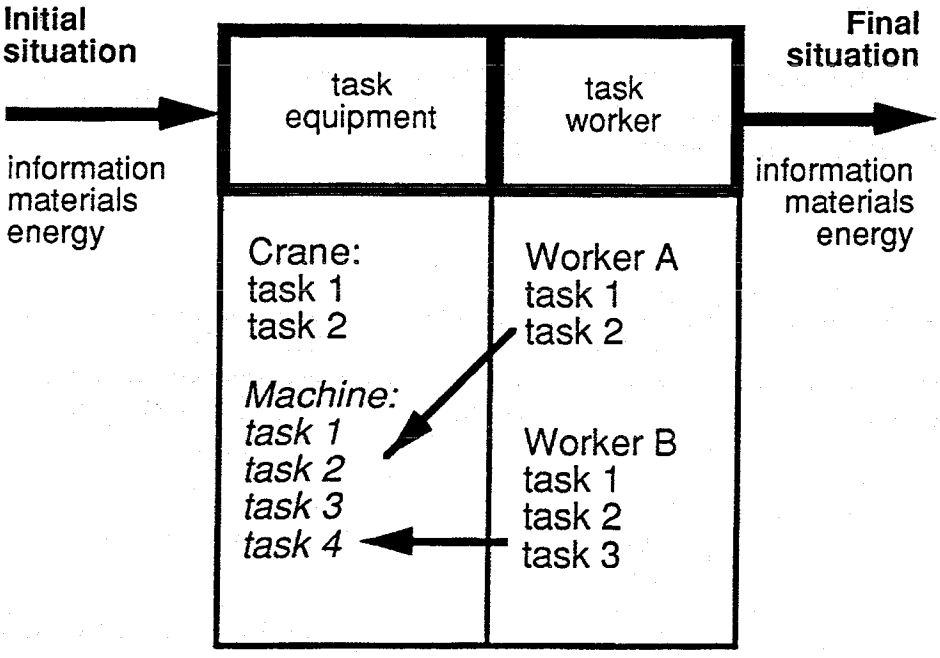
Het basisschema is als voorbeeld toegepast op een produktieproces waarbij zware en omvangrijke wandelementen vanaf de vrachtwagen tegen een gevel van een gebouw worden geassembleerd. Zie figuur 1.3.



Figuur 1.3 *Assembleren van omvangrijke wandelementen*

Het assembleren is op te splitsen in een aantal deelprocessen: het aanslaan van het element aan de hijshaak, het transporteren naar de montage plaats en het draaien van het element in de gewenste positie. Bij elk deelproces kan worden aangegeven welke taken door het werktuig en welke taken door de werker worden uitgevoerd. Zie figuur 1.4.
Wanneer men besluit een aantal taken van de werker te laten uitvoeren door werktuigen dan mechaniseert men het produktieproces.



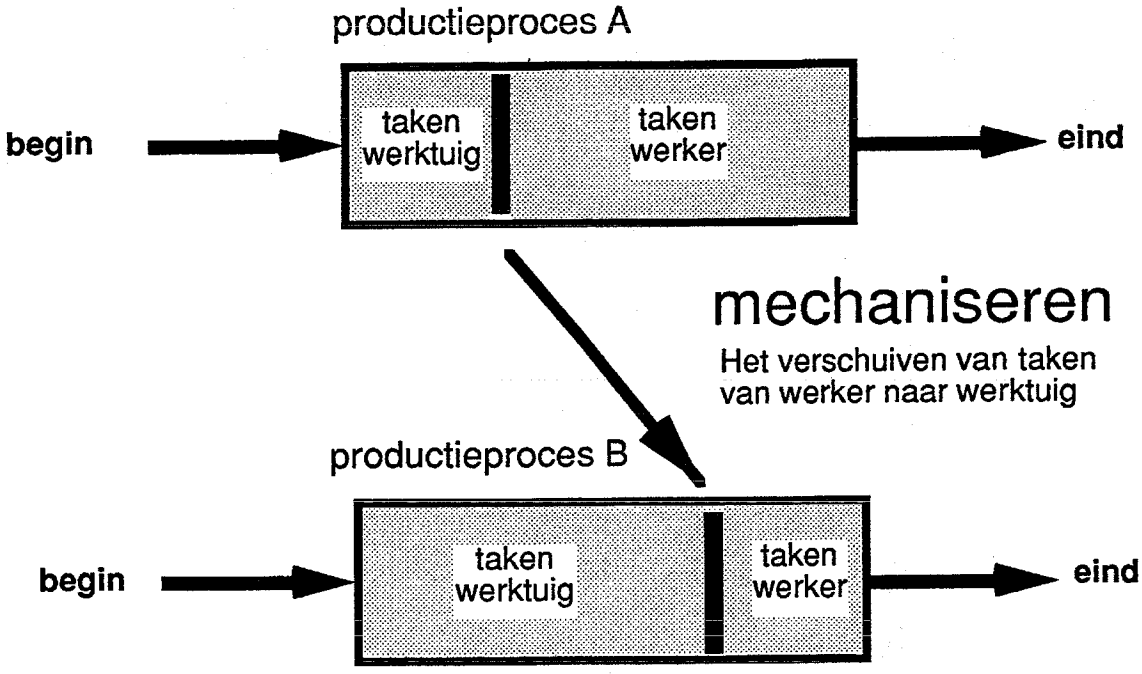


Figuur 1.4 *Taken werker en werktuig voor en na mechaniseren*

1.3 Omschrijvingen

1.3.1 Mechaniseren

Op basis van figuur 1.4 wordt het begrip mechaniseren als volgt omschreven:
"Mechaniseren is het verschuiven van taken van werker naar werktuig".
In figuur 1.5 is het begrip schematisch weergegeven.



Figuur 1.5 *Mechaniseren*

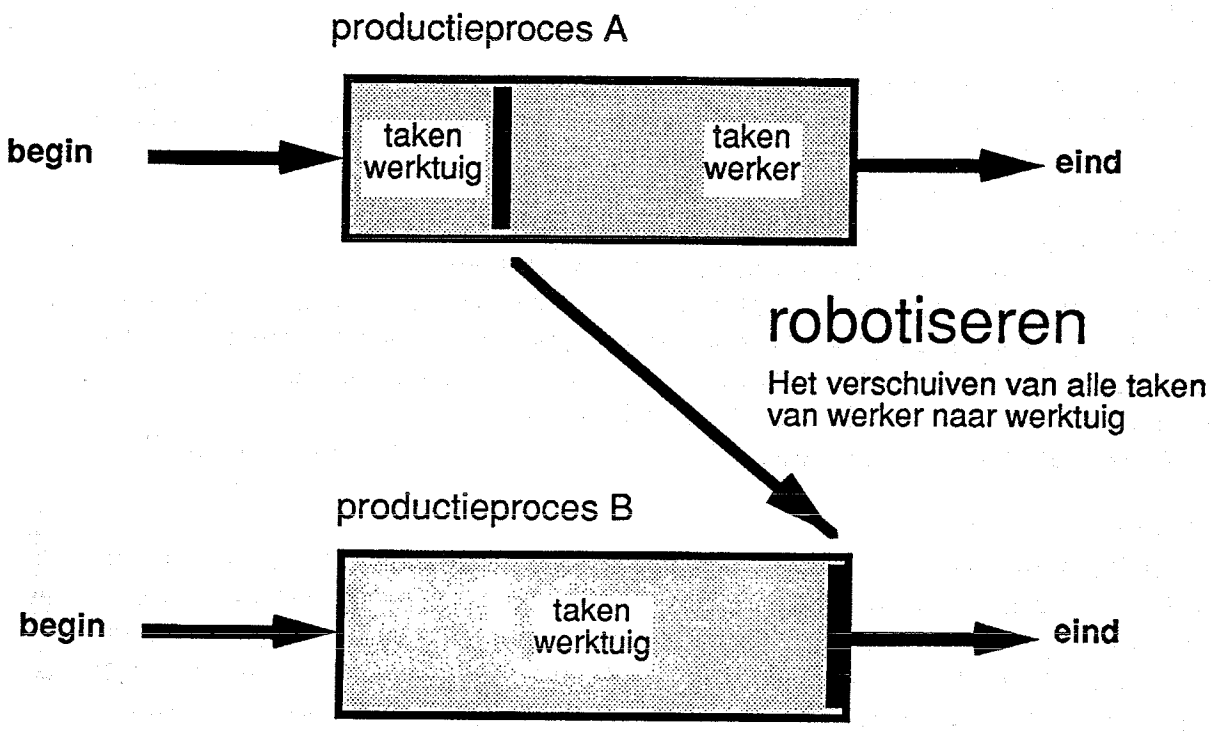
Om taken te kunnen uitvoeren bezit de werker een aantal functies. Deze functies moeten nu door een werktuig worden uitgevoerd. In tabel 1.1 wordt aangegeven hoe de werker en het werktuig de functies uitvoert.

Tabel 1.1 *Functies werker en werktuig*

Functie	Werker	Werktuig
Kracht en energie leveren	Spieren en longen	Aandrijfwerktuigen - motoren
Informatie verzamelen - beeld - geluid	Zintuigen - ogen - oor	Sensoren - camera, lichtcel - microfoon
Beslissingen nemen	Hersenen	Elektronica/informatica - computer

1.3.2 Robotiseren

Een bijzondere vorm van mechaniseren is robotiseren. Hierbij worden alle taken van de werker naar het werktuig verschoven. Zie figuur 1.6.
Bij de taken zijn niet begrepen de controle- en ondersteuningstaken, omdat deze niet direct met het produktieproces te maken hebben.
In hoofdstuk zes van dit dictaat wordt het begrip robotiseren verder behandeld.



Figuur 1.6 *Robotiseren*

1.3.3 Andere omschrijvingen

In de literatuur zijn andere omschrijvingen te vinden van de begrippen mechaniseren en mechanisatie. Enkele omschrijvingen zijn:

Grote Winkler Prins
"De vervanging van de handkracht van de mens, in een of ander arbeids- of produktieproces door werkingen van door de mens bediende machinale middelen".

Brockhaus ABC, Naturwissenschaft und Technik
"Mechanisierung ist die Schaffung und Anwendung von Arbeitsmitteln, mit deren Hilfe es möglich ist, unter verzicht auf schwere Körperliche, gesundheitsschädlich und zeitraubende Arbeiten des Menschen entsprechende Operationen auszuführen". {Brockhaus]

Van Dale
"Inrichten met werktuigen ter vervanging van menselijke of dierlijke arbeid"

Sanders
"Mechanisatie is het toepassen van technische hulpmiddelen bij de arbeid met de bedoeling deze te verlichten of soms zelf geheel te elimineren. Mechanisatie vervangt de menselijke spieren door werktuigen of machines, die signaleren bij afwijkingen van het gewenst gedrag". [Sanders, p 19]

1.3.4 Verwante omschrijvingen

Er zijn een aantal omschrijvingen die min of meer verwant zijn met het begrip mechaniseren of die in samenhang daarmee worden gehanteerd. Een aantal van deze omschrijvingen wordt hier beschreven:

Kleinschalige mechanisatie
Kleinschalig heeft hier betrekking op hulpmiddelen die liggen tussen handgereedschap en grotere bouwmachines. [PKMB]
Project Kleinschalige Mechanisatie Bouw (PKMB) was een stichting die ten doel had de verbetering van de arbeidsomstandigheden en de produktiviteit in de bouw door middel van het optimaliseren, ontwikkelen en toepassen van kleinschalige mechanisatie van hulpwerktuigen.
Voorbeelden zijn: metselplatform, lijmpistool, sleuvenfrezen en spactspuiten.

Bedrijfsmechanisatie
Bedrijfsmechanisatie betreft het toepassen van deze hulpmiddelen bij het op industriële wijze voortbrengen van goederen. De toegepaste hulpmiddelen behoeven geenszins van uitsluitend mechanische aard te zijn, hoewel de naam dat suggereert. De te produceren goederen kunnen zowel discrete produkten zijn, die soms in grote aantallen worden vervaardigd, maar evenzeer meer continue produkten zoals vloeistoffen, draad enz." [Sanders, p 19]

Crone omschrijft het begrip bedrijfsmechanisatie als volgt: "Het toepassen van technische hulpmiddelen bij de industriële vervaardiging van goederen". [Crone]

Mechatronisatie
Toepassen van elektronica en informatica bij het mechaniseren van taken.

Automatisering
Grote Winkler Prins
De omschrijving van automatisering sluit aan op de bovenstaande omschrijving van mechanisatie.
"Vervanging van handkracht van de mens door de werking van mechanische, elektrische of elektronische middelen wanneer ook de besturing van het arbeidsproces geheel of gedeeltelijk wordt opgenomen".

David Foster
"Automation is development into data controlled process" [Foster]

Sanders
Toepassing van de bedoelde hulpmiddelen wanneer het functioneren ervan afhankelijk is en gepaard gaat met een aanmerkelijke hoeveelheid informatieverwerking. Deze kan betrekking hebben op programmeren, sturen, controleren, rapporteren enz. Bij automatiseren reageert het werktuig zelfstandig op bovengenoemde signalen. het regelmechanisme kan allerlei vormen hebben, maar dankzij toepassing van elektronische hulpmiddelen is automatiseren grootschalig mogelijk geworden. [Sanders, p 19]

Warzawsky
Automation of the building process involves preprogramming of various mechanized building tasks, both on site and in the prefabrication plant. [Warzawsky, p 434]

Industrialisatie
Warzawsky
An investment in equipment, facilities and technology with the purpose of increasing output, saving manual labor and improving quality.
The main attributes of industrialization are
- centralization of production
- large volume
- standardization of products
- specialization of workers
- efficient organization of production and distribution
- and unified authority over all stages of the process [Warzawsky, p 16]

Eekhout
Eekhout spreekt van industrialisatie als bouwcomponenten geheel ontwikkeld en in alle eigenschappen, inclusief afmetingen, zijn bepaald en in principe machinaal of automatische vervaardigd worden via een industriële produktiemethode in een geconditioneerde omgeving en wel voordat ze worden verkocht.. [Eekhout]

Computer Integrated Construction (CIC)
Deze term is een variant van de afkorting CIM (Computer Integrated Manufacturing), die in de industrie wordt gehanteerd. Hiermee wordt bedoeld dat men bij het ontwerp, dat met behulp van een computer gemaakt wordt, al rekening houdt hoe het geproduceerd wordt. De gegevens die in de computer zitten kunnen gebruikt worden om het productieproces aan te sturen.

Machinisieringsgrad
De Duitse term Machinisierungsgrad betekent het aantal kilo's machines per werker op de bouwplaats [Poppy].
Het is een term die alleen zinvol te gebruiken is op branche-niveau.

1.4 Niveau van mechaniseren

1.4.1 Graad van mechanisatie

In de literatuur zijn diverse graden van mechanisatie omschreven.

Brockhaus ABC

Kleinmechanisierung	ist im allgemeinen auf den Einsatz von mechanisierten Arbeitsmitteln am einzelne Arbeitsplatz beschränkt.
Teilmechanisierung	bezieht sich auf die zusätzliche Anwendung mechanisierte Arbeitsmittel in größeren Abschnitten des Produktionsprozessen.
Vollmechanisierung	wird durch die Verkettung vieler mechanisierte Arbeitsmittel erreicht.
Komplexmechanisierung	dabei sind alle Haupt-, Hilfs- und Nebenprozess in dieser Weise mechanisiert.

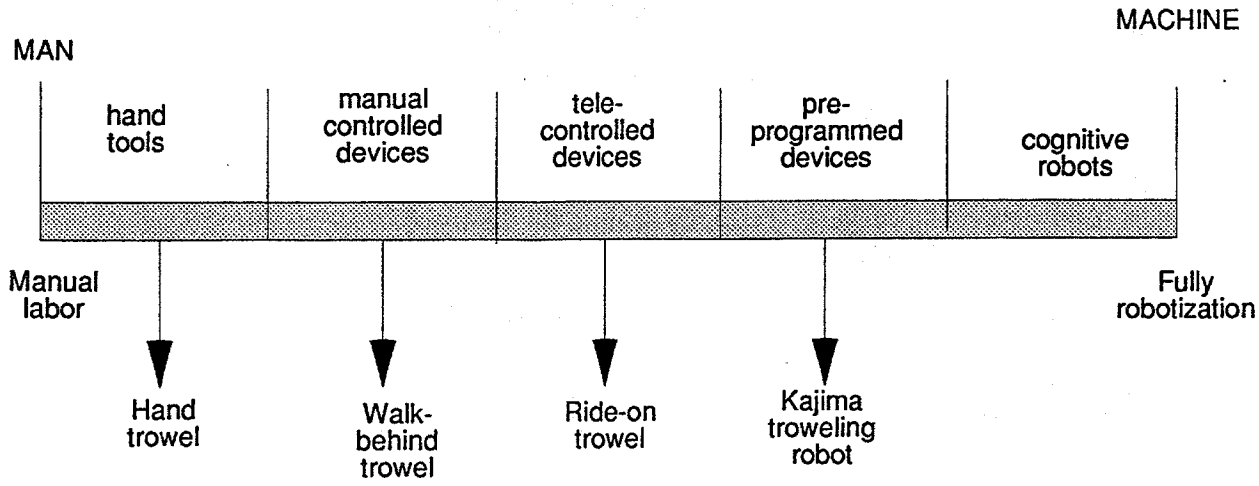
Robert Kangari somt vijf groepen van taken op:
1. Pure manual labor involving no tools, eg materials handling.
2. Tool-assisted manual labor, eg traditional craft tools.
3. Use of conventional man-controlled mechanical craft tools.
4. Use of partially automated construction equipment, where the performance of conventional equipment is improved by the addition of some automated controls, like automatic gear changing for scrapers and laser-controlled screeders.
5. Use of fully-automated equipment capable of adapting itself to suit changing environments and situations. [Kangari]

Stichting Toekomstbeeld der Techniek (STT) onderscheid vijf automatiserings- of mechaniseringshulpmiddelen:
- Gereedschappen en werktuigen
- Zelfwerkende machine
- Zelfcontrolerende machine
- Zelfregelende machine
- Flexibele machine [STT]

Sanders somt in het college dictaat vijf graden van mechanisatie op:
1e. Handen arbeid met ruimtelijk hanteerbare gereedschappen of werktuigen.
2e. Hanteerbare bewerkingsmachines zijn vervangen door stationaire machines.
3e. Zelfhandelende machines.
4e. Specifieke mechanisatie.
5e. Complexe bewerkingsmachines waaraan automatische informatiesystemen zijn toegevoegd.

Naarmate de mens-onafhankelijkheid groter is, ontstaat een hogere graad van mechanisatie. [Sanders, p 40-50]

Om het niveau van automatisering (mechanisatie) aan te geven heeft Guo en Tucker [Guo,Tucker, p40] een man-machine lijn voorgesteld om de relatie aan te tonen tussen "human conditions" en "mechanical contributions". Zie figuur 1.7
De lijn start links waarbij een taak om een gebouw(deel) te produceren alleen wordt uitgevoerd met menselijke arbeid en eindigt rechts met een werktuig (robot) dat de taak zelfstandig kan uitvoeren. Een bepaalde plaats op deze lijn geeft het niveau aan van automatisering.



Figuur 1.7 Automation spectrum van Guo and Tucker.

1.4.2 Mechanisatiematrix

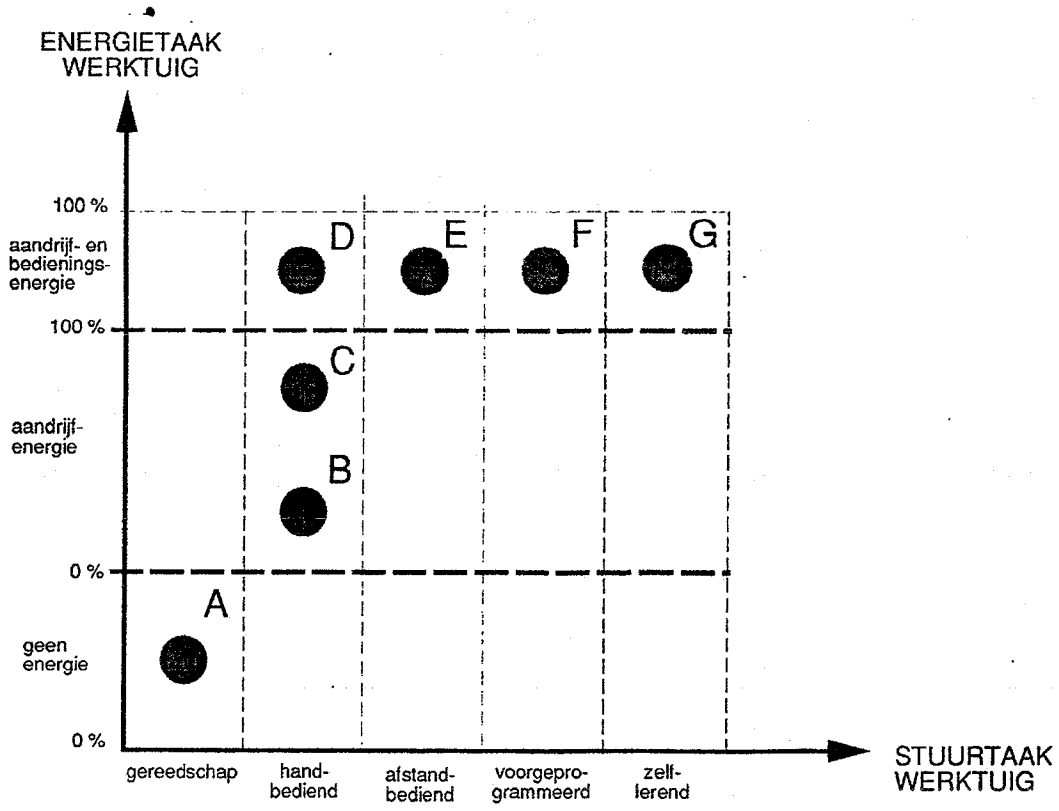
Het niveau van automatisering en mechanisering is ook op een andere manier weer te geven, namelijk door een matrix. Hierbij wordt op de verticale as de relatieve energietaak van het werktuig uitgezet en op de horizontale as de relatieve stuurtaak. Zie figuur 1.8.

De verticale as is ingedeeld in drie groepen:
- Het werktuig levert geen energie.
- Het werktuig levert een bepaalde hoeveelheid aandrijfenergie.
  De hoeveelheid energie te leveren door het werktuig varieert tussen de 0 en 100%.
- Het werktuig levert alle aandrijf- en bedieningsenergie

De horizontale as is ingedeeld in groepen die door Guo en Tucker zijn gedefinieerd in paragraaf 1.4.1.

Aan de hand van een boormachine kan worden toegelicht wat met aandrijfenergie en wat met bedieningsenergie wordt bedoeld.
- Aandrijfenergie: Ronddraaien en/of rechtlijnig bewegen van de boor.
- Bedieningsenergie: De boormachine in stabiele toestand vasthouden en schakelaar van werktuig indrukken

De matrix geeft de mogelijkheid werktuigen in te delen op energie- en stuurtaken. In de cellen met een zwarte stip worden voorbeelden gegeven.



Figuur 1.8 *Mechanisatiematrix*

Voorbeelden van figuur 1.8

A. - hamer en beitel
  - metseltroffel
B. - elektrische boormachine
  - sleuvenfreesmachine
C. - betonboormachine op standaard
D. - bemande vlindermachine of graafmachine
E. - afstandbediende torenkraan
  - afstandbediende graafmachine
F. - metselrobot
  - boorrobot
G. - geautomatiseerde sleuvengraafmachine

1.5 Doel mechaniseren

1.5.1 Inleiding

Waarom komt men tot het besluit om een bestaande taak van een werker naar een werktuig te verschuiven. Waarom gaat met mechaniseren?
J. van der Wal heeft in 1940 al in zijn boek "De economische ontwikkeling van het bouwbedrijf in Nederland" beschreven wat de gevolgen zijn van 'vervanging van de handenarbeid door machines'.
Van der Wal constateert in die tijd dat het nauwe contact ontbreekt tussen de ingenieur die machines construeert en de uitvoerend-ingenieur die met de

machines moet werken. Een zodanig contact dat geen ervaringen en proeven op de bouwplaats worden uitgevoerd. De machinebouwer is over de speciale eisen waaraan een bouwmachine moet voldoen niet voldoende georiënteerd en de uitvoerder bezit meestal onvoldoende kennis van de constructie van de machine. Het gevolg is dat nog vele constructeurs van bouwmachines een produkt leveren, waarbij onvoldoende rekening is gehouden met deze speciale eisen.
Een speciale eis noemt Van der Wal dat machines geschikt moeten zijn voor verschillende doeleinden, omdat de nuttige tijd dat de machines kunnen draaien gering is. [Van der Wal, p 204]

In 1964 besteedde ook Vallings in het boek "Mechanisation in building" aandacht aan het mechaniseren van werkzaamheden op de bouwplaats.
Hij noemt een aantal reden waarom de industrie en ook de bouwindustrie mechaniseert:
- to increase production
- to reduce cost
- to perform work that cannot be done by hand
- to eliminate heavy manual work
- to maintain production when labor is unobtainable [Vallings, p 8]

Verder constateert Vallings dat succesvol mechaniseren niet alleen inhoudt machines op de bouwplaats neer te zetten, maar ook dat er kritisch gekeken moet worden naar de werkmethoden en naar het ontwerp.

Michael Brown geeft een aantal gebieden aan waar op de bouwplaats de afgelopen jaren is gemechaniseerd.
- Excavation and earth moving equipment.
- Hoisting and transportation systems for materials, waste and workers.
- The processing and delivery of concrete and other 'wet' materials.
- Spraying equipment.
- Small electrical and mechanical tools. [Brown, p 2]

Ook Guo en Tucker sommen een aantal redenen op om te mechaniseren.
Deze zijn [Guo, p43]:
- Safety
  - Hazardous to health
  - Physically dangerous
  - Elevated work
- Productivity
  - Repitive
  - Dirty, unpleasant work
  - Boring, tedious (vervelend), exhaustive
- Worker utilization
  - Require special skill
  - Labor intensive
- Super human handling
  - Heavy lift
  - High lift
  - Meticulous (nauwkeurig)

- Quality
  - Tolerance
  - Consistency

De Japanner Yasuyoshi Miyatake van Shimizu Corporation noemt twaalf operationele voordelen en 8 strategische voordelen bij toepassing van CIC.
Operational benefits:
- construction and design productivity improvement through automation
- cost reduction
- project time schedule optimization
- quality improvement of design and construction
- coordination and management improvements
- design integration
- flexibility in design and constructing of innovative facilities
- concurrent performance by various departments
- communication improvement by rapid transmission and availability of data, images, and knowledge
- avoidance of similar data entries in design and construction processes
- opportunities for further construction robotization
- opportunities to electronically link with subcontractors, suppliers, insurances, banks, vendor sand bonding companies

Strategic benefits:
- improvement of the company's competive advantage in the marketplace by specializing in CIC
- capture of expertise
- better relationship with client
- improvement of company's image
- increase market share
- less dependency on skilled labor
- staying at the forefront of technology
- enhancing from local optimization to global optimization [Miyatake]

Een aantal overwegingen om te mechaniseren die voornamelijk voor de Nederlandse situatie gelden zullen in de volgende paragrafen worden behandeld.

1.5.2 Verlagen produktietijd

De tijd die verstrijkt om een gebouw(deel) op de bouwplaats produceren noemen we de produktietijd.
Produktietijd wordt onder andere bepaald door:
- instel- en bewerkingstijden van WW-systemen
- regen-, vorst-, licht- en windverlet
- wacht- en afstemtijden
- serie-effect

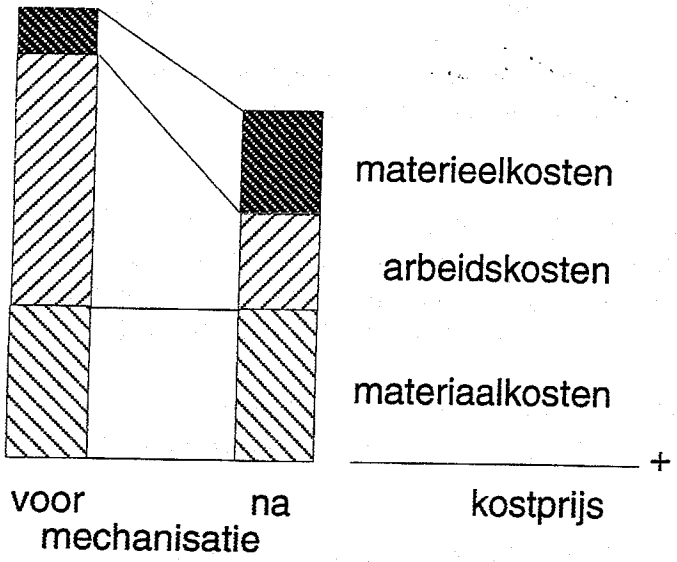
1.5.3 Verlagen offers

Een aspect van offers is de kostprijs van een gebouw(deel)
De kostprijs wordt onder andere bepaald door:
- Materieelkosten
- Materiaalkosten
- Arbeidskosten

Om de kostprijs te verlagen zullen in het algemeen de machinekosten toenemen en de arbeidskosten af. Zie figuur 1.9.

De arbeidskosten kunnen dalen omdat de werker minder taken krijgt toebedeeld. De materieelkosten nemen toe. In welke mate is volgens Warzawski [Warzawski] van de onderstaande parameters afhankelijk:
- investering werktuig
- onderhoudskosten
- rentepercentage
- economische levensduur
- belastingaftrek
- transportkosten

Men zou nog kunnen toevoegen:
- bezettingsgraad
- omsteltijden



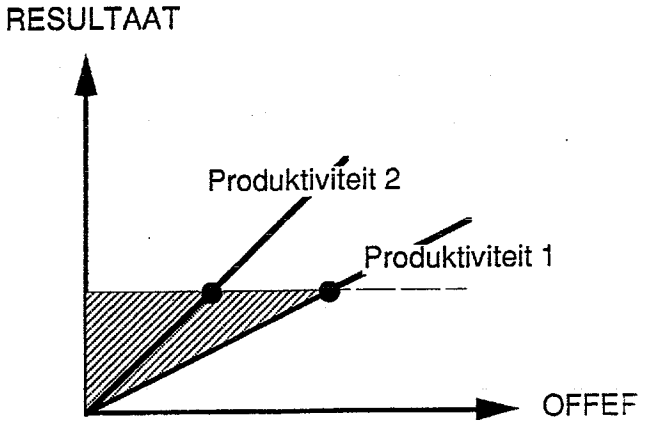
Figuur 1.9 *Opbouw kostprijs voor en na mechaniseren*

1.5.4 Verhogen produktiviteit

Produktiviteit is de verhouding tussen geleverde resultaten en de daarvoor gemaakte offers. Van verhoging van de produktiviteit is sprake wanneer het quotiënt tussen resultaat en offer toeneemt.
In figuur 1.10 is in een grafiek weergegeven met op de horizontale as uitgezet de offers en op de verticale as de resultaten. Het gearceerd gebied geeft aan waar men binnen moet blijven wil men een verhoging van de produktiviteit bereiken.

Zoals uit de grafiek blijkt hoeven de resultaten niet per se toe te nemen of de offers af te nemen.
In plaats van resultaten en offers gebruikt men ook wel de termen baten en kosten.

Arbeidsproduktiviteit is de verhouding tussen geleverde resultaten en de daarvoor gemaakt arbeidsoffers. Bij mechanisatie neemt de arbeidsproduktiviteit toe bij een bepaald resultaat.



Figuur 1.10 *Verhoging produktiviteit*

1.5.5 Verbeteren van de arbeidsomstandigheden

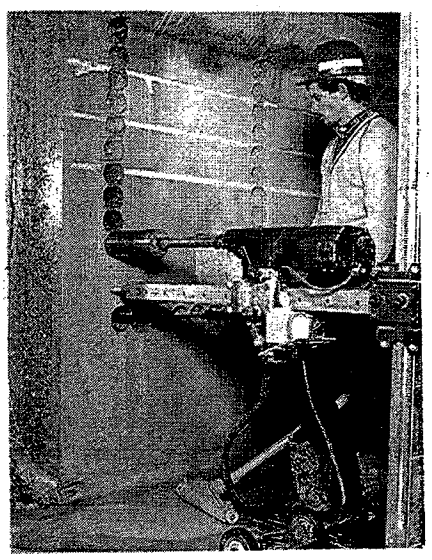
Door arbeidsonvriendelijke taken door een werktuig te laten uitvoeren kunnen gezondheid, welzijn en veiligheid van de werker worden verbeterd.
Toelichting op deze drie aspecten:

- Gezondheid
  Het lichaam van de werker mag niet zodanig belast worden dat de gezondheid achteruit gaat. Kracht op lichaam, inspanning, stof in longen, lawaai in oren, trillingen op lichaam, gevaarlijke materialen op lichaam en straling door lichaam kunnen een ongunstige uitwerking hebben op de gezondheid van de werker.
- Welzijn
  De taakinhoud van de werker moet dusdanig zijn dat de arbeidssatisfactie voldoende is. Motivatie, tevredenheid, schaftruimte, toiletten zijn aspecten die hier een rol in spelen.
- Veiligheid
  Een produktieproces dient dusdanig veilig te zijn dat er geen ongelukken gebeuren. Goedgekeurde en onderhouden machines en geplaatste ladders zijn aspecten hiervan.

1.5.6 Onmogelijkheid tot uitvoeren van een taak

Aan een gebouw of produktieproces kunnen dusdanige eisen (kwaliteit) worden gesteld dat deze niet door een werker uitgevoerd kunnen worden. De taak wordt dan door een werktuig overgenomen..

Voorbeeld
Door een wand dient met een bepaalde haaksheid een gat worden gezaagd. De werker kan de machine niet voldoende haaks op de muur houden. Om wel voldoende haaksheid te krijgen wordt de zaagmachine op een geleider gemonteerd. Deze geleider is wel in staat de gewenste haaksheid te leveren.
Zie figuur 1.11.



Figuur 1.11 *Boren gat in muur met geleider*

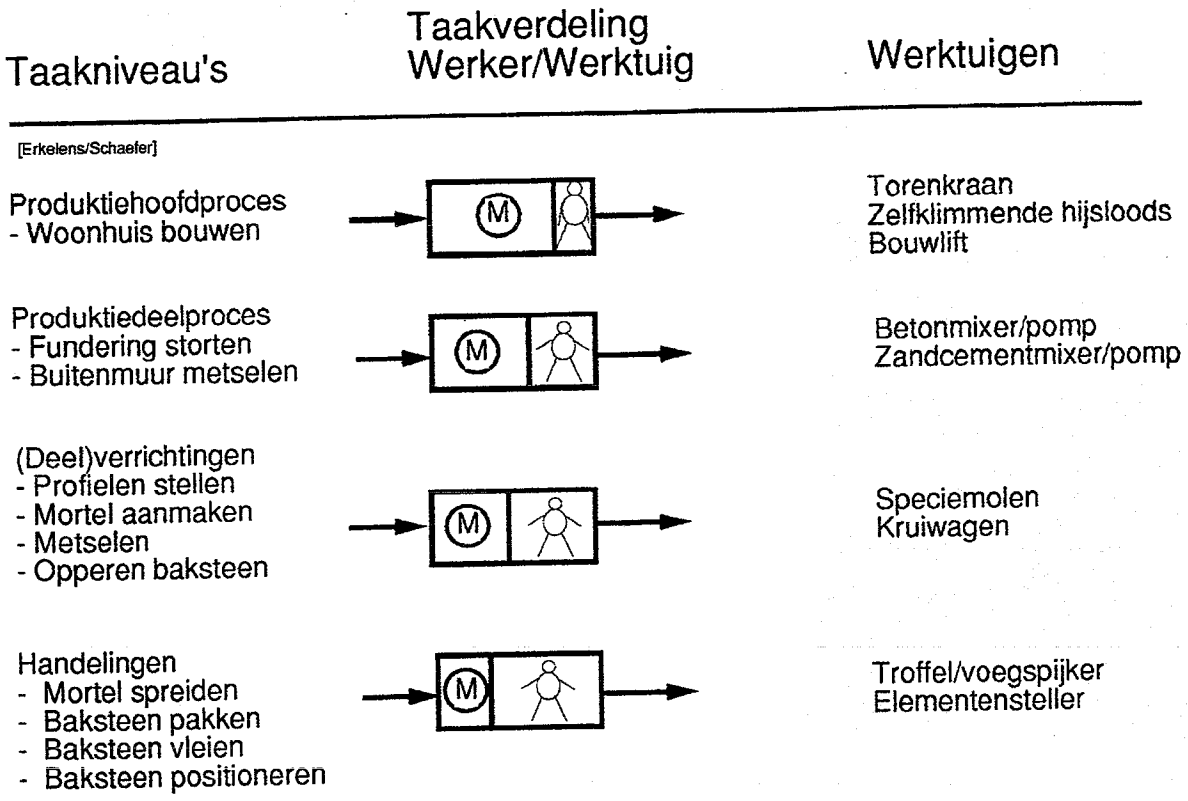
1.5.7 Onbereikbaarheid van de werkplek

Soms moet op een plaats die niet door een werker toegankelijk en bereikbaar is een taak verricht worden. Men is dan afhankelijk van een werktuig om de taak te verrichten of om de werkplek te bereiken.
Voorbeeld is het inspecteren van rioleringen. Men monteert een televisiecamera op een robot en laat deze door het rioleringstelsel lopen.

1.6 Mechaniseren en taakniveaus

Volgens Schaefer en Erkelens [Schaefer] zijn bij het produceren van een gebouw een aantal niveaus te onderscheiden.
- Produktie hoofdproces
- Produktie deelproces
- (Deel)verrichtingen
- Handelingen

In figuur 1.12 is aangegeven hoe per taakniveau de taakverhouding ligt tussen werker en werktuig en welke werktuigen worden ingezet.
Uit de figuur kan men afleiden dat op taakniveau van handelingen de taken die door een werktuig worden uitgevoerd in het algemeen minimaal zijn.



Figuur 1.12 *Taakverdeling Werker/Werktuig op verschillende niveaus*

1.7 Nadelen mechaniseren

In een van de vorige paragrafen zijn een aantal overwegingen opgesomd om te mechaniseren. Het mechaniseren van taken kan voordelen opleveren, maar ook nadelen.
Een aantal nadelen wordt hieronder genoemd:

- De traditionele vakman achter een werktuig zetten dat een aantal taken van hem 'overneemt' vraagt om moeilijkheden.
- De bedieningsvakman moet het gevoel hebben dat het werktuig een hulp voor hem is, anders zal hij/zij het niet gebruiken.
- De te verwerken bouwmaterialen dienen te voldoen aan de eisen die bij het ontwerp van het werktuig zijn gesteld.
- Bij het ontwerp wordt te weinig rekening gehouden met het feit dat de WW-systeem te weinig kan inspelen op onverwachte storingen bij het produktieproces.

1.8 Bedrijfsmechanisatie

Mechanisatie in bedrijven is succesvoller dan mechanisatie op de bouwplaats. Vallings beschrijft de verschillen van mechanisatie in bedrijven en op bouwplaatsen. Hij zegt het volgende erover:
"In the factory, a permanent installation can be set up with fixed places of work and with elaborate machinery and handling equipment to deal with all materials from

their arrival at the works, through the production processes to the despatch department. All this is possible because output is virtually continuous for many years and design is closely linked with production. Products are designed with the resources of the works in mind, and new designs that may require alterations to or extensions of the installation are planned well in advance with the engineers responsible for production.
In building, each site requires a new installation and one that must be dismantled at the end of the contract. There is virtually no process that is carried out at a single location. The operations in bricklaying, concreting, and carpentry, for example, have to be carried out at many places around a building as at different heights. Thus to mechanize such operations, the work cannot be brought to a fixed machine - the machine has to be brought to the work. In addition a building process is seldom continuous. More often a process cannot continue beyond a certain stage until other processes have been completed. (...) It is these factors, plus the vagaries of the weather, that make it impossible to apply on the site the high degree of mechanization found in the modern factory". [Vallings, p 7]

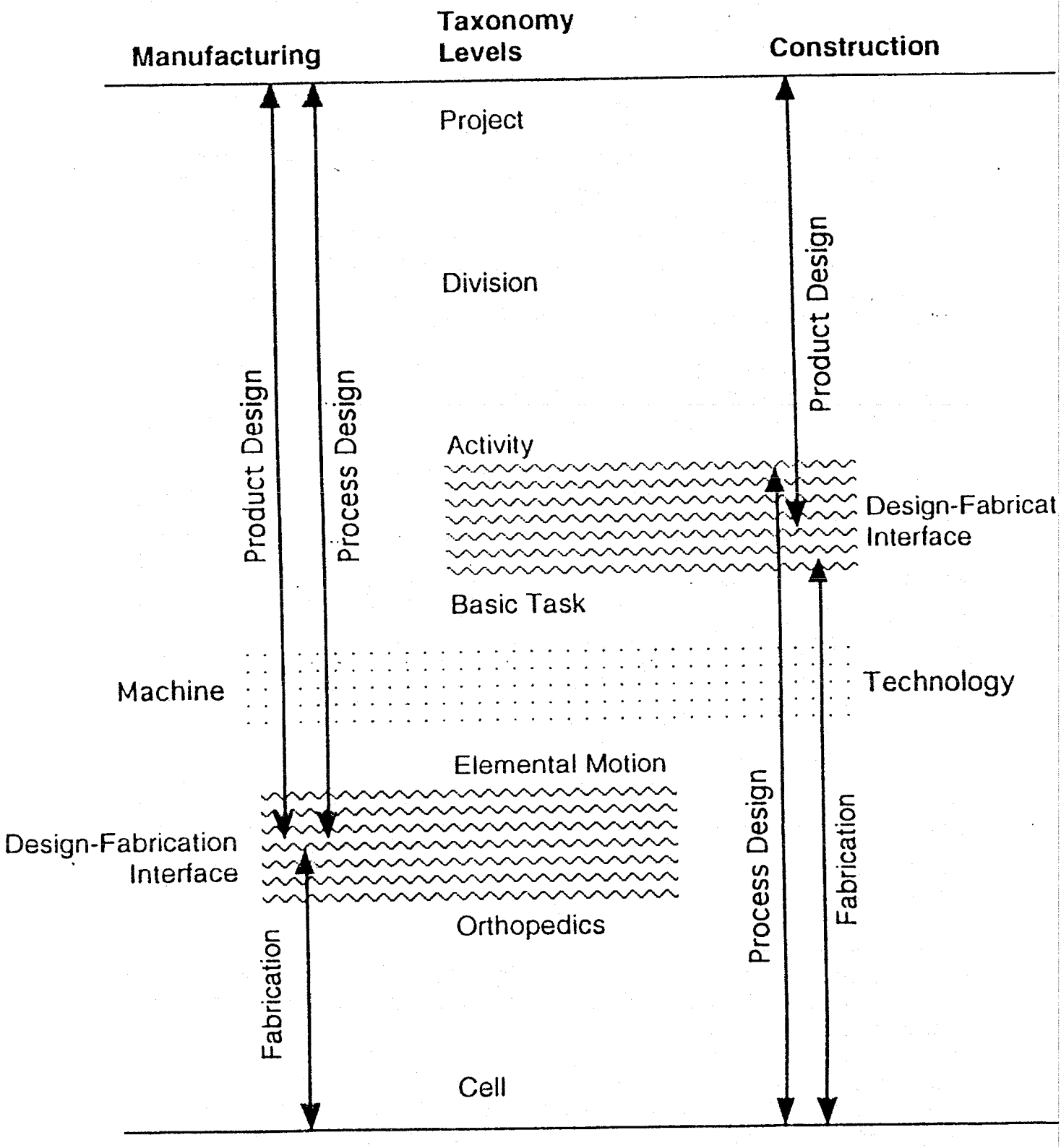
John Everett [Everett] heeft onderzoek verricht naar de verschillen tussen mechanisatie in de fabrieken en op de bouwplaats.
In de fabricage- en bouwindustriie onderscheidt hij zeven niveaus. Zie tabel 1.2.

Tabel 1.2 *Taxonomy of construction Field Operations* [Everett]

Niveau	Omschrijving	Voorbeelden
1	Project	Office building
2	Division	Concrete, masonry, mechanical
3	Activity	Drywall partition, concrete wall
4	Basic task	Connect, cut, measure, position
5	Elemental motion	Reach, grasp, eye, travel
6	Orthopedics	Muscle, bone, joint
7	Cell	Muscle, fiber, nerve

Everett probeert na te gaan op welk niveau de volgende activiteiten plaats vinden:
- productontwerp
- procesontwerp
- produktie.

Hij constateert dat in de fabricage-industrie het procesontwerp samenvalt met het produktontwerp. Dit in tegenstelling tot de bouwindustrie waarbij het procesontwerp samenvalt met de produktie.
Ook geeft hij aan tot welk niveau een produkt wordt ontworpen.
In de fabricage-industrie ligt dit tussen de elementaire beweging en het bewegingsapparaat en bij de bouwindustrie tussen de activiteit en de basistaak.
In het schema van figuur 1.13 brengt Everett nog een gebied aan, die de mogelijkheden van machines en technologie weergeven.
Op deze manier wordt een kloof zichtbaar tussen de mogelijkheden van machines en het overgangsgebied waarbij de produktie plaatsvindt.



Figuur 1.13 *Design-Fabrication Interface, Manufacturing and Construction.* [Everett]

Literatuur

Brockhaus ABC, Naturwissenschaft 2, VEB F.A. Brockhaus Verlag Leipzig.

Brown, M.,1989, The appication of robotics and advanced automation to the construction Industry, CIOB, Berkshire.

Crone, H., Bewust omgaan met bedrijfsmechanisatie in Poly Technisch tijdschrift van april 1993, nummer 4.

Eekhout, M., Tussen produktontwikkelen en de-systematiseren in De Bouwadviseur, mei 1994.

Everett, J.G., Automation and robotics opportunities: Construction versus manufacturing, Journal of Construction Engineering and Management, Vol 120, no 2, juni 1994.

Foster, D., (1963), Modern automation, Pitman, London.

Guo, S. en Tucker, R., 1993, Automation needs determination using AHP approach, in de proceedings of the 10th International Symposium on Automation and Robotics in construction (ISARC), Elsevier Amsterdam.

Kangari, R., 1988, Automation and robotics in consruction, A feasibility study, ISARC V, Georgia.

Kroonenberg, 1992, Methodisch ontwerpen, Educaboek, Culemborg.

Kock en andere, 1993, Werkboek Robotica, Academic Service.

Maas, G., 1994, Uitvoeringstechniek 2, Collegedictaat Technische Universiteit Eindhoven.

Maas, G., 1991, Produktie in de Bouwkunde, Intreerede op 1 februari 1991 aan de Technische Universiteit Eindhoven.

Miyatake, Y., (1993), SMART System: A full scale Implementation of Computer Integrated Construction, lezing op ISARC XI te Houston, Shimuzu Corporation.

PKMB, Drieluik Project Kleinschalige Mechanisatie Bouw, SAOB, Ede.

Poppy, W, Baumachinen techniek als Optimierunsaufgabe, Bautechnik 70(1993), Heft 3.

Sanders, P.W., 1994, Industriele Mechanisatie en Automatisering, Collegedictaat Technische Universiteit Eindhoven. Faculteit Bedrijfskunde.

Schaefer, W., Erkelens, P., 1988, Structurering en verwerking van tijdgegevens voor de invoering van bouwwerken, Bouwsteen no. 9, TU Eindhoven, Faculteit Bouwkunde.

Schrauwen, J, 1988, Oriëntatie Produktietechniek A en B, Inleiding Mechanisering en Automatisering, College dictaat TU Eindhoven.

SBR, 1992, Besparen met Bouw-robots, Stichting Bouwresearch SBR, Rotterdam

STT, Stichting Toekomstbeeld der Techniek, nr 35, 1983, ISBN 90 62 751 121.

Vallings, H.G., 1964, Mechanisation in building, CR Books Limited, London.

Warzawsky, 1990, Industrialisation and robotics in Building, Harper&Row Publ., New York.

Wal, van der, J., 1974, De economische ontwikkeling van het bouwbedrijf in Nederland, Gottmer, Haarlem.

Dictaat

MECHANISATIE OP DE BOUWPLAATS

ir F.J.M. van Gassel

2

Analyse van werktuigen

Inhoud

2.1. Inleiding

2.1.1 Wat is een werktuig?

In dit hoofdstuk worden werktuigen geanalyseerd. Voordat naar het Werker-Werktuigsysteem wordt gekeken zullen we een aantal omschrijvingen geven van het begrip werktuig zoals die in de literatuur te vinden zijn.

Van Dale omschrijft het begrip werktuig als een stuk gereedschap bestaande uit gezamenlijke voorwerpen die voor het verrichten van een werkzaamheid nodig zijn.

Volgens Kwee zijn werktuigen hulpmiddelen om nog rationeler en doelmatiger de transformatie van natuurlijke systemen in dingsystemen te kunnen uitvoeren.
Bij een natuurlijk systeem denken we bijvoorbeeld aan mergel en grind waarna transformatie een betonprodukt ontstaat. Het produkt noemt hij dan een dingsysteem.

Van den Kroonenberg plaats het werktuig als onderdeel van een technische inrichting:

Technische installatie	Uitrusting om sleuven te frezen
Samengesteld werktuig	Freesmachine met stofzuiger
Werktuig	Freesmachine
Component	Aandrijfmotor
Onderdeel	Kogellager

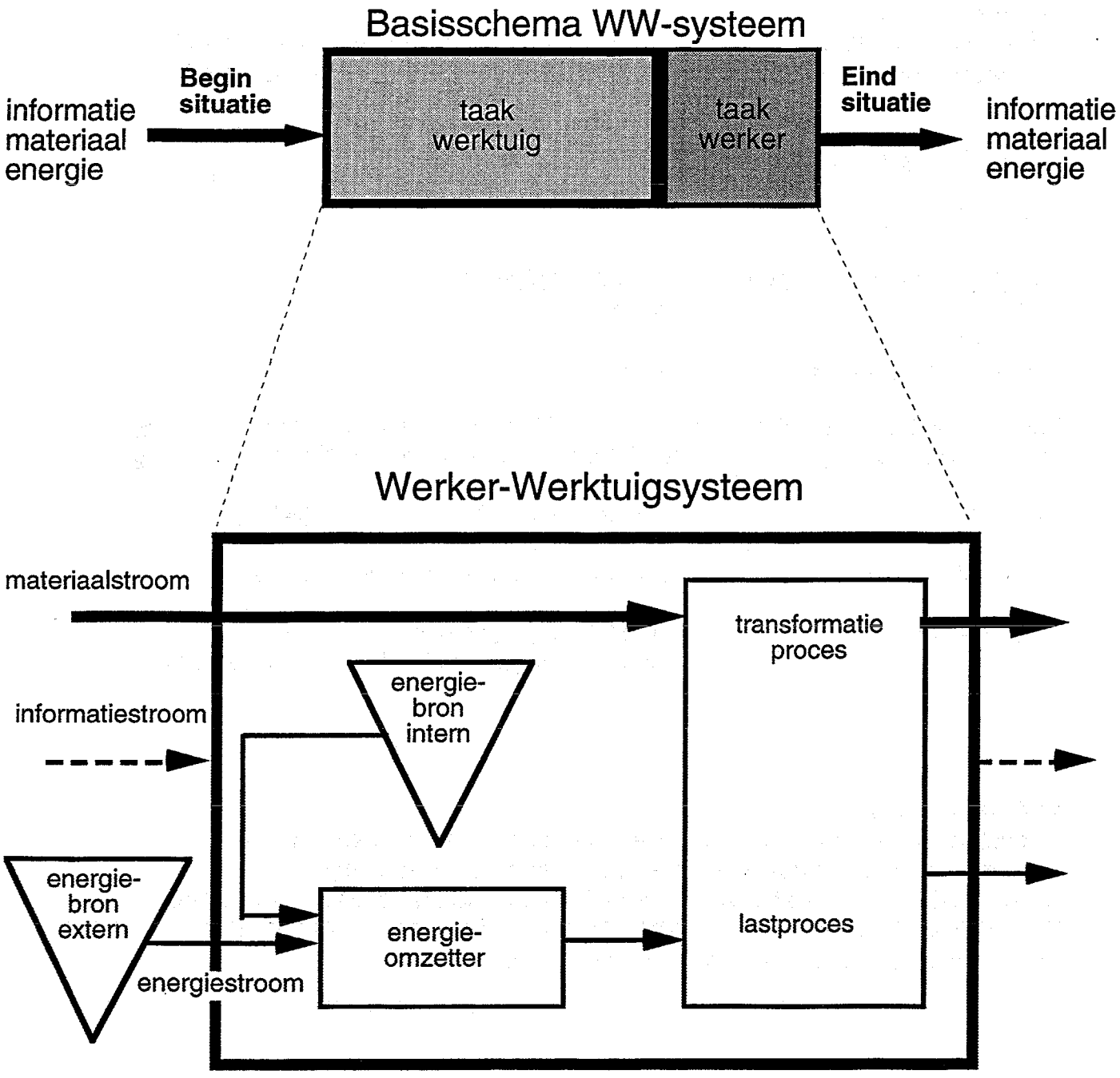
2.1.2 Werker-Werktuigsysteem

De analyse van werktuigen als aspectsysteem van een Werker-Werktuigsysteem vindt plaats door na te gaan hoe de energie door het systeem stroomt.
Energie is een moeilijk te omschrijven begrip.
Splinter omschrijft energie als volgt:
"Energie is een niet materieel object dat het vermogen heeft veranderingen in of aan objecten aan te brengen".

In figuur 2.1 is het basisschema voor wat betreft het werktuigkundig gedeelte uitgewerkt. In dit schema zijn de volgende elementen te herkennen:
- energiebron extern
- energiebron intern
- energieomzetter
- lastproces

Tussen deze elementen vindt de energiestroom in de richting van de dunne getrokken pijl plaats.

De elementen en de energiestroom zijn als volgt te omschrijven:
Energiebron:
- Een energiebron levert warmte, straling of arbeid. Een externe energiebron bevindt zich buiten het WW-systeem, een interne bron in het systeem.



Figuur 2.1 *Energiestroom in een Werker-Werktuigsysteem*

Energiestroom
- Verplaatsing van energie.

Lastproces
- Een lastproces is een transformatieproces waarbij materiaal vanuit een beginsituatie in een eindsituatie wordt veranderd.

Energieomzetter
- Een energieomzetter is een werktuig, dat met behulp van een energiebron een energiestroom dusdanig omzet dat een lastproces kan worden uitgevoerd

2.2 Energiestromen en -bronnen

2.2.1 Energie

Energie wordt in de volgende eenheid weergegeven:

Naam:	Joule
Symbool:	J
Weergave in grondeenheden:	$m^2.kg.s^{-2}$

Energie komt in verschillende soorten voor. Hier volgt een opsomming van een aantal soorten energie met de daarbij behorende afgeleide eenheden.

elektrische energie:	ampère * volt * tijd	[A.V.s]
thermische energie:	soortelijke warmte * gewicht	[$J.Kg^{-1}.K$]
mechanische energie:	kracht * afgelegde weg	[N.m]
	moment * afgelegde hoek	[N.m.radiaal]

Wet van behoud van energie
Er bestaat een natuurkundige wet die zegt dat de energie in een systeem behouden blijft. Dit betekent dat men de energiestroom kan volgen.
Bij een elektrisch kacheltje wordt alle elektrische energie omgezet in warmte.
Bij een voertuig wordt maar een gedeelte van de energie omgezet in een beweging, rest gaat verloren door warmte en geluid.

2.2.2 Energiebronnen buiten en op de bouwplaats

Energie kan op de bouwplaats worden aangeleverd of is op de bouwplaats aanwezig.

Energie die wordt aangeleverd:
- Elektriciteitsnet
- Aardgasnet
- Zonnestralen
- Waterleidingnet

Energiebron op de bouwplaats:
- Mens
- Dier
- Accu
- Brandstof vloeibaar (diesel, LPG, propaan)
- Kruit
- Drukvat (lucht, stoom)
- Reservoir (water)
- Brandstof als stortgoed (steenkool, hout)

2.2.3 Interne en externe energiebronnen

In het Werker-Werktuigsysteem afgebeeld in figuur 2.1 wordt onderscheid gemaakt tussen interne en externe energiebronnen.
Een interne energiebron behoort bij het werker-werktuigsysteem en een externe energiebron levert energie aan een Werker-Werktuigsysteem.

Voorbeelden:
- Handbediende elektrische speciemolen
  Externe energiebron is het elektriciteitsnet
  Interne energiebron is de bouwvakker.

- Troffelmachine op brandstof
  Geen externe energiebron
  Interne energiebronnen zijn een brandstofmotor en de vloerenlegger

2.2.4 Energiegehalte van brandstoffen

Niet elke kg of m3 brandstof heeft hetzelfde energie gehalte. Er zijn verschillen. In Tabel 2.1 zijn de verbrandingswaarden van diverse brandstoffen weergegeven.

Tabel 2.1 *Verbrandingswaarden van diverse brandstoffen*

Brandstof	Dichtheid [kg.m^{-3}]	Verbrandingswaarde [mJ.kg^{-1}]
Steenkool	750-850	30-32
Hout luchtdroog		15
Papier		13,5
Dieselolie	835	42,5
Benzine	725	43
Stadsgas		15 MJ/nm^{-3}
Aardgas	0,781	32 MJ.nm^{-3}
Propaangas		

Bron: Poly-technisch zakboekje, Tabel 2.12 uit Hoofdstuk G1/31

2.2.4 Prestaties van een energiebron

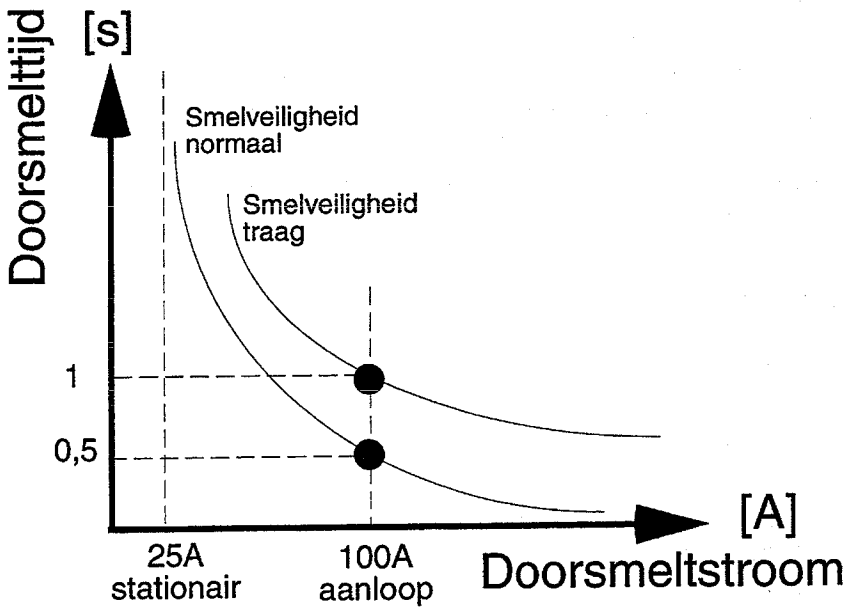
De prestatie van een energiebron wordt uitgedrukt in de hoeveelheid energie die per tijdseenheid geleverd kan worden. Hiervoor wordt de grootheid vermogen gebruikt en de eenheid is Watt.

Eenheid vermogen
Naam: Watt
Symbool: W
Weergave in grondeenheden: kg.m^2.s^{-3}

Hieronder volgen enkele voorbeelden van prestaties die energiebronnen kunnen leveren:

- De mens
  De mens is ook een energiebron. Het vermogen dat een mens kan afgeven bedraagt 500 Watt. Het hart/longsysteem bepaalt deze grens.
  Ook de kracht die een bouwvakker kan leveren is begrensd: namelijk 300 N. Het spier/skeletsysteem bepaalt deze grens.

- Elektrisch net
  Uit het elektrisch net kan men één fase en drie fasen wisselstroom betrekken:
  Een fase: 220 volt (het gewone stopcontact, 2 pennen en aarde)
  Indien het net is afgezekerd met een zekering van 16 ampère bedraagt het vermogen uit het net: 16*220 = 3.520 Watt
  Drie fasen: 380 volt (3 pennen, nul en aarde)
  Het elektrisch net wordt beveiligd door smeltpatronen. Omdat motoren bij aanloop een hoge stroomsterkte trekt, zekert men meestal af met trage zekeringen. Zie figuur 2.2.



Figuur 2.2 *Doorsmeltkarakteristiek van een normale en trage smeltpatroon*

- Accu in handgereedschap
  Veel moderne handgereedschappen worden niet meer gevoed uit het elektrisch-net maar uit een accu die onderdeel uitmaakt van het handgereedschap.
  Voorbeeld:
  De boorhamer van AEG, waarmee in beton gaten van rond 16 mm geboord kunnen worden, werkt op een gelijkstroomwisselaccu van 12 volt. De accu heeft een capaciteit van 4 Ah (ampère * uur).
  De prestatie die een accu kan leveren heeft te maken met de afmetingen en het gewicht. Het moet een handzaam onderdeel blijven van het handgereedschap. Gedurende een uur levert de accu 12 * 4 = 48 Watt. Met een superlader is het mogelijk deze accu in 35 minuten te laden.

- Accu in bijvoorbeeld een heftruck
  Deze accu's mogen groter en zwaarder zijn. Een accu die 24 volt levert, met een lengte van 190 mm, breedte 200 mm en hoogte van 500 mm heeft een capaciteit in 5 uur van 800 Ah. Vermogen gedurende 5 uur: 800*24 = 19.200 Watt.

- Stroomaggregaat
  Wanneer men niet de beschikking heeft over een aansluiting op het elektrisch net gebruikt men stroomaggregaten. Deze leveren een vermogen van 12,5 - 600 kWatt. De brandstof is diesel.
  Deze aggregaten zijn te gebruiken voor verlichting, laswerkzaamheden, voor de aandrijving van cementmolens, kranen, hijsinstallaties enz.

- Perslucht
  Ook lucht onder een druk van plm 7 bar (perslucht) wordt gebruikt om werktuigen aan te drijven. Denk maar eens aan de sloophamer.
  Perslucht wordt gemaakt door een (transportabele) compressor. De energiebron voor deze machine kan elektrische stroom, diesel of benzine zijn.
  De prestatie van een compressor wordt uitgedrukt in de hoeveelheid kubieke meter lucht bij atmosferische druk (normaaldruk) die deze machine per tijdseenheid kan leveren. In tabel 2.2 wordt aangegeven wat een bepaald gereedschap aan lucht verbruikt.

***Tabel 2. 2** Verbruiken bij perslucht.*

Gereedschap	Verbruik [$Nm^3.min^{-1}$]
Afbouwhamer	1,3-1,8
Boormachine groot	0,7-2,5
Boormachine klein	0,3-0,4
Reinigingspistool	0,25-0,35
Cirkelzaag	0,7
Klinkhamer	0,6-0,7
Slijpmachine	0,3-1,3

Bron: Poly-technisch zakboekje

- Propaangas in flessen
  Propaan (en ook butaangas) wordt op de bouwplaats gebruikt voor verwarming en heetstoken. Het gas is onder druk opgeslagen in tanks of flessen.

- Kruit
  Sommige schiethamers worden aangedreven met kruit dat in een patroon of huls zit. De grootte van de lading wordt gekenmerkt door een kleuraanduiding op de patroon.

2.2.5 Kosten van energie

Energie kost geld. Maar niet alle energie is even duur. In tabel 2.3 is een vergelijking gemaakt.

Tabel 2.3 *Prijzen van enkele energiesoorten* [cent/m^3 aardgas-equivalent]

Energiesoort	Prijs
Aardgas	62,6
Flessegas (butaan)	201,0
Petroleum	92,1
Huisbrandolie (HBOI)	81,8
Kolen (nootjes 4)	82,1

Bron: Gasunie

De dieselolie die men in een voertuig gebruikt is rood. Hierover wordt belasting betaald. Gebruikt men op de bouwplaats dieselolie dan hoeft hierover geen belasting worden betaald. De kleur van dieselolie zonder belasting is wit.

2.3 Energieomzetter

2.3.1 Verschijningsvorm omzetters

Een energiestroom kan door een energieomzetter of werktuig worden omgezet in een andere verschijningsvorm.

Voorbeelden van werktuigen:
- Boiler zet elektrische stroom om in warm water.
- Aggregaat zet dieselbrandstof om in elektrische stroom.
- Zonnecollector zet zonnestraling om in elektrische stroom of warmwater.
- Compressor zet elektrische stroom om in lucht onder hoge druk.

2.3.2 Eenheden omzetters

Een energieomzetter zet niet alleen energie om in een andere verschijningsvorm maar ook in andere eenheid.

Voorbeelden van werktuigen:
- Koevoet zet de mankracht van 100 N om in een kracht van 1000 N
- Transformator zet de wisselspanning om van 220 volt naar 12 volt.

2.3.3 Rendement van energieomzetters

Het lukt niet altijd alle energie om te zetten in de verschijningsvorm of eenheden die men wenst. Bij een aantal omzettings processen gaat energie verloren.

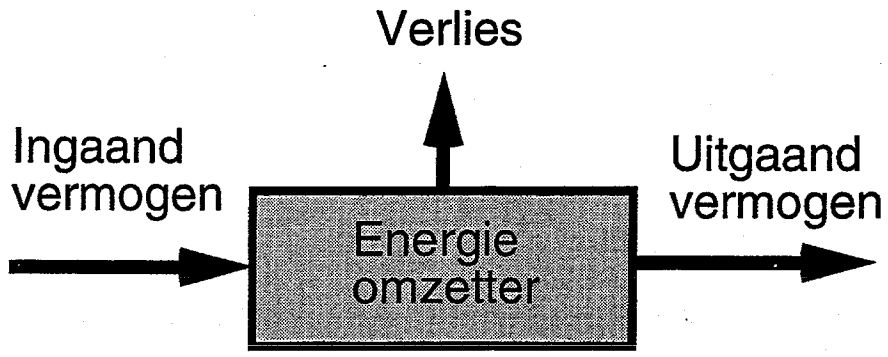
Voorbeelden
- Bij een elektrische transformator wordt een gedeelte van de ingangsenergie omgezet in warmte en in geluid. Deze energie is men kwijt.
- Bij een gaskachel gaat een gedeelte van de energie door de schoorsteen verloren en wordt niet aangewend om de ruimte te verwarmen.

De mate dat de energie beschikbaar is noemt men het rendement van een energieomzetter.
In formule vorm:

$$\text{Rendement} = \frac{\text{Uitgaand vermogen} * 100\%}{\text{Ingaand vermogen}}$$

$$\eta \text{ (etha)} = \frac{P_{uit} * 100\%}{P_{in}}$$

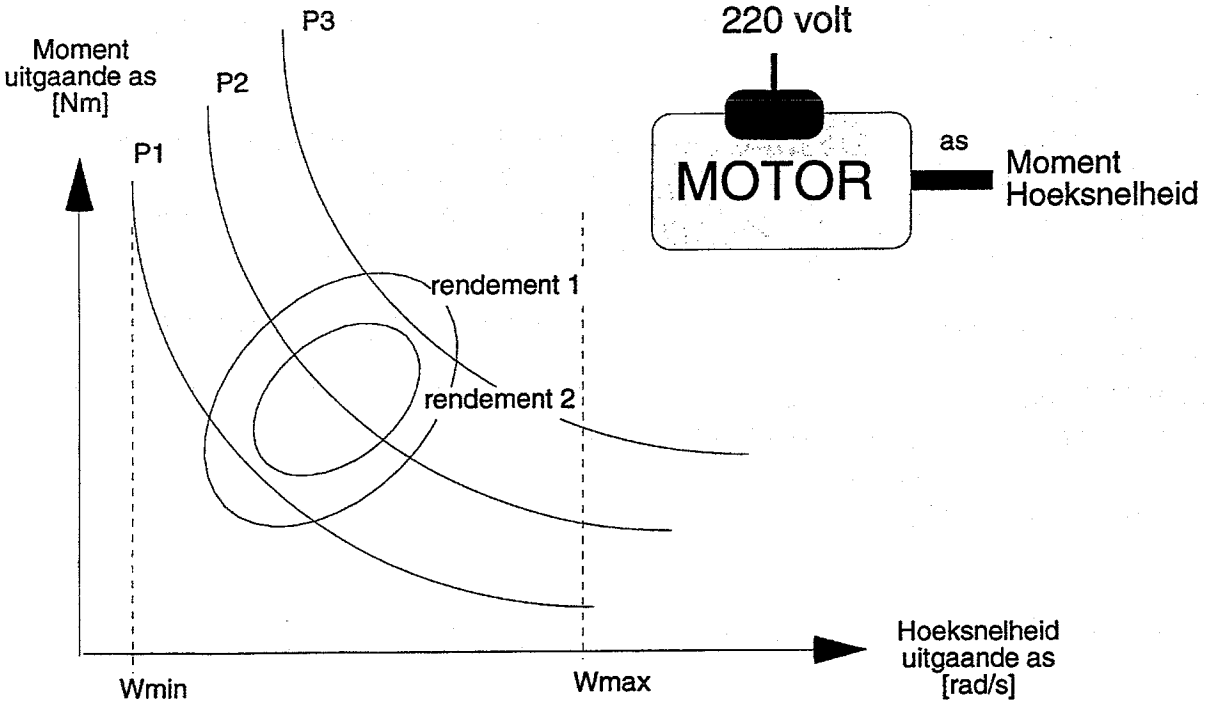
In figuur 2.3 is het rendement schematisch weergegeven.



Figuur 2.3 Rendement van een energieomzetter

2.3.4 Energiebron karakteristiek

Een energiebron is beperkt in het afgeven van energie. Indien de auto geen versnellingsbak had zou men niet mee kunnen wegrijden. De karakteristiek van de motor (hoog toerental en laag aandrijfmoment) is zodanig dat er een overbrenging nodig is om te kunnen wegrijden. Bij het wegrijden moet het toerental laag zijn en het moment hoog. Er is namelijk veel energie nodig om de auto te versnellen.
De karakteristiek van een motor kan men in een grafiek weergeven. Zie figuur 2.4. In deze figuur is horizontaal uitgezet de hoeksnelheid van de uitgaande as en verticaal het moment. Men kan nu in de grafiek een lijn trekken van gelijk vermogen. Bijvoorbeeld P1. De motor is ontworpen voor het leveren P Watt.
Ook kan men in de grafiek lijnen tekenen die een gebied aangeven waar de motor het hoogste rendement heeft.
De kunst is nu de motor dat werkpunt te geven waar die het hoogste rendement oplevert.



Figuur 2.4 Energiekarakteristiek motor

2.4 Lastprocessen

2.4.1 Functie lastproces

Het lastproces zorgt voor de daadwerkelijke transformatie van het materiaal van een beginsituatie naar een eindsituatie. Om inzicht te krijgen in het lastproces probeert men de functie te beschrijven met mathematische modellen. Deze mathematische modellen maken het mogelijk om het verloop van het lastproces te optimaliseren. Het geeft inzicht hoe de eenheden van de energiestroom gedimensioneerd moeten worden. Van een aantal voorbeelden zal een mathematisch model of lastkarakteristiek worden ontwikkeld.

2.4.2 Schroef indraaien

Een veel voorkomende bewerking op de bouwplaats is het vastschroeven van het ene bouwprodukt op het andere.
Voorbeelden:
- Gipsplaten op stalen stijl vastschroeven
- Plint vastschroeven op muur
- Scharnier op kozijnstijl vastschroeven

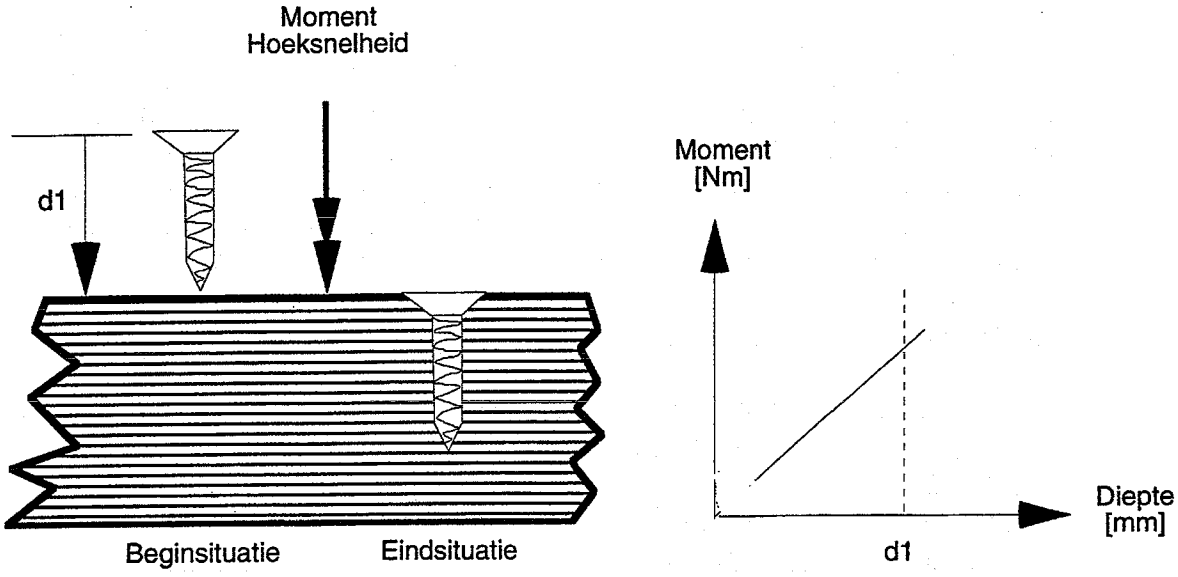
Bij het indraaien van een schroef moet een moment (Mi)worden uitgeoefend. Dit moment neemt toe met de indraaidiepte van de schroef.
Daarbij kan de schroef snel of langzaam (ω) worden ingedraaid. Hiervoor zijn verschillende vermogens (P) voor nodig. Zie figuur 2.5.
Er kunnen zich een aantal verschillende situatie voordoen.

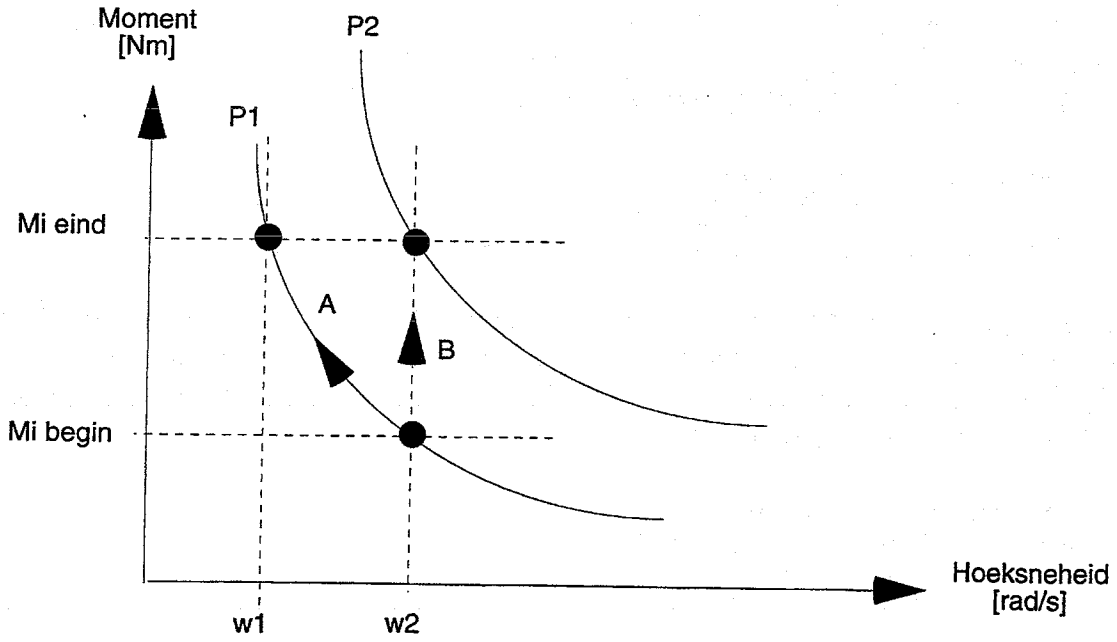
A. Vermogen P blijft constant
Moment Mi neemt toe (gegeven)
Hoeksnelheid (ω) neemt af

Het is een bekend verschijnsel dat naarmate de schroef dieper wordt ingedraaid de indraaisnelheid afneemt. Het vermogen van de timmerman of schroefmachine is namelijk beperkt respectievelijk begrensd. Het langzaam indraaien van de schroef gaat ten koste van de produktietijd.

B. Vermogen P neemt toe
Moment Mi neemt toe (gegeven)
Hoeksnelheid (ω) blijft constant

Moderne schroefmachines hebben de mogelijkheid variabel vermogen te leveren. Hierdoor kan de hoeksnelheid constant worden gehouden en een betere produktietijd worden verkregen.
De energie die de timmerman of de boormachine heeft geleverd wordt bij dit lastproces grotendeels omgezet in warmte. De schroef en materiaal wordt warm.





Figuur 2.5 *Lastkarakteristiek indraaien schroef*

2.4.3 Last hijsen

Verticaal transport vindt op de bouwplaats veel plaats.
Voorbeelden:
- Hijsen van een betonkubel door een hijskraan
- Transporteren van een volle kruiwagen stenen met behulp van een bouwlift.

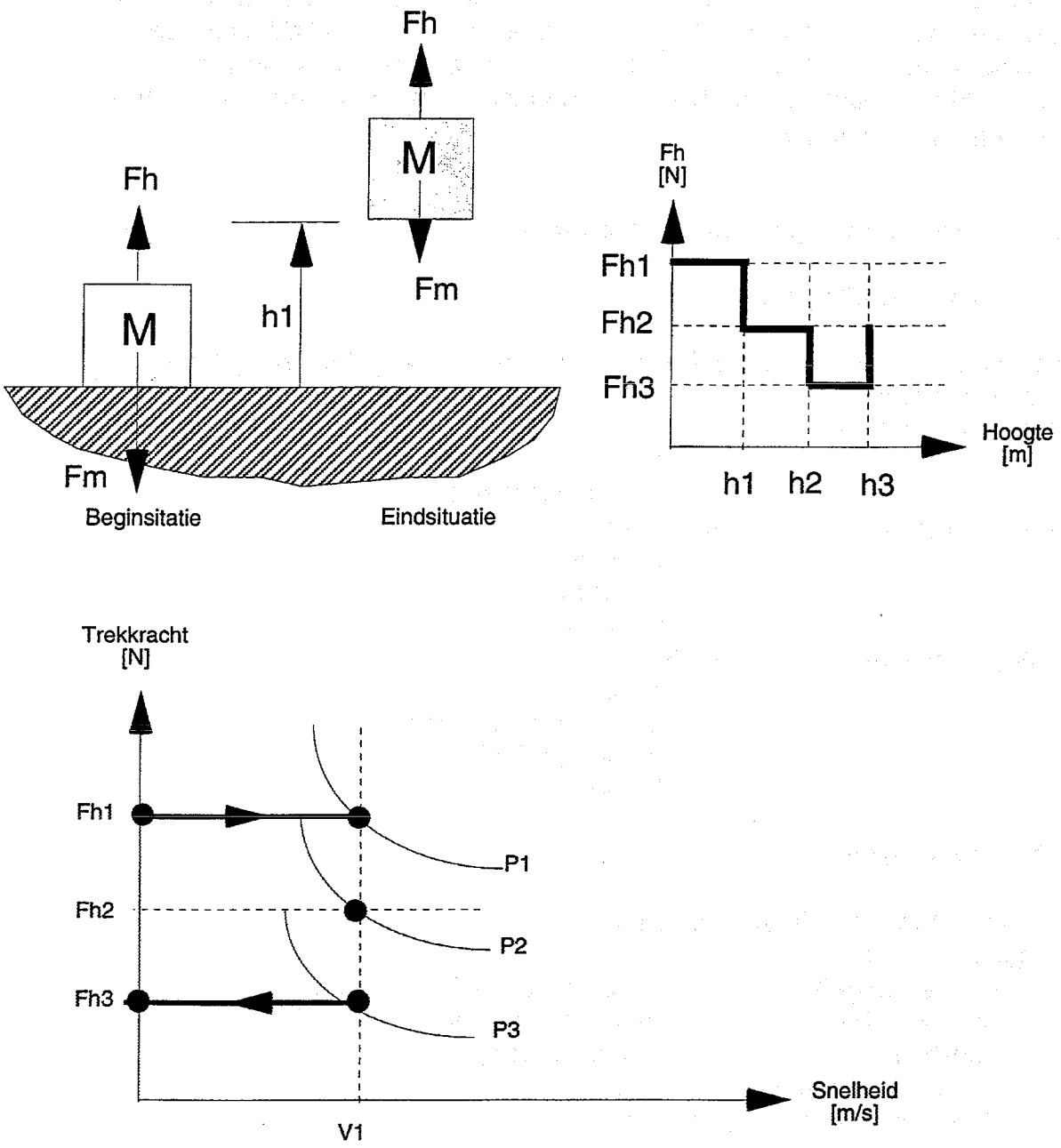
Om een last in de hoogte te verplaatsen moet een aantal fasen worden doorlopen.

I De hijslast moet een bepaalde snelheid krijgen. De hijskracht is groter dan de zwaartekracht.

II De hijslast wordt met een constante snelheid verplaatst. De hijskracht is gelijk aan de zwaartekracht.

III De hijslast moet op en bepaalde hoogte stilgezet worden. De hijskracht is kleiner dan de zwaartekracht.

Het verloop van de hijskracht tijdens het hijsproces en de daarbij behorende lastkarakteristiek is in figuur 2.6 weergeven



Figuur 2.6 *Lastkarakteristiek van een hijsproces*

2.4.4 Afstemming energiebron en lastproceskrakteristiek

Een optimaal Werker-Werktuigsysteem verkrijgt men wanneer de karakteristieken van de energiebron en van het lastproces onderling in de tijd goed zijn afgestemd. Soms zijn er situaties waar dit niet het geval is.
Enkele voorbeelden:
- Het is bijna onmogelijk met de auto in de vierde versnelling weg te rijden. Door naar de eerste versnelling te schakelen verkrijgt men een betere afstemming tussen de karakteristiek van de versnellingsbak en de stilstaande auto.
- Onder een zwaar pre-fab betonelement wil men extra stelplaatjes schuiven. De spierkrachten van de monteurs zijn niet toereikend. Door middel van een koevoet is het mogelijk grotere krachten op het element uit te oefenen.

Om die afstemmingen te verkrijgen worden tussen energiebronnen en lasten overbrengingen toegepast.

2.5 Gereedschappen en werktuigen

2.5.1 Gereedschappen

Met een gereedschap kan met kracht concentreren, vergroten en opslaan.
Voorbeelden zijn:
- kracht concentreren (kracht)
  - Beitel
  - Schroevedraaier
- kracht vergroten (moment)
  - koevoet
  - nijptang
  - kruiwagen
- energie opslaan (joule)
  - pijl en boog
  - speelgoed met veer
  - wekker en klok
  - hamer

2.5.2 Werktuigen

Werktuigen kan men als volgt indelen:
- transportwerktuigen
  - hijswerktuigen (torenkraan, mobiele kraan)
  - hefwerktuigen (bouwlift, heftruck)
  - voertuigen (vrachtwagen)
  - opslagvoorzieningen (silo)
  - verdringingswerktuigen (pompen)

- bewerkingstuigen
  - boormachines
  - mixers

- verwerkingstuigen
  - schroefmachine
  - nietmachine

2.6 Veiligheid van werktuigen

2.6.1 Arbo-wet

De overheid heeft de ARBO-wet ingesteld om de gezondheid, welzijn en veiligheid van werkers te bevorderen. De ARBO-wet is een raamwet. De invulling gebeurt door veiligheidswetten. De arbeidsinspectie geeft publikaties uit gebaseerd op die wettelijke bepalingen. Deze publikaties zijn richtinggevend en hanteerbaar binnen het kader van de wet. Door de in de publikatiebladen gegeven aanwijzigingen in acht te nemen, voldoet men naar het oordeel van de Arbeidsinspectie aan de wettelijke bepalingen.
Deze publikatiebladen worden ook wel P-bladen genoemd. Hieronder volgen enkele voorbeelden uit de P-bladenreeks die eisen stellen aan de veiligheid van werktuigen op de bouwplaats.

Voorbeelden P-bladen:

P-043	Schiethamers, constructie, levering, gebruik en onderhoud
P-115	Hijsgereedschappen
P-125	Mobiele kranen
P-127	Kraanbanen voor bouwkranen
P-146	Elektrisch handgereedschap, Elektrotechnische voorschriften
P-135	Bouwcirkelmachines

In bijlage 2.2 zijn een aantal bladzijden uit P-blad nummer 127 "Kraanbanen voor bouwkranen" weergegeven.

2.6.2 Machinerichtlijn

De Machinerichtlijn omvat fundamentele eisen ten aanzien van veiligheid en gezondheid. Deze eisen hebben onder andere betrekking op het ontwerp, de beveiliging, de bediening, het onderhoud en de gebruiksaanwijzing van machines. De technische aspecten van deze eisen zijn of worden uitgewerkt in Europese normen.
Per 1 januari 1995 moeten alle machines die binnen Nederland of aan EG- en EVA-landen worden verhandeld, voldoen aan deze Europese richtlijnen.
Producenten en importeurs van machines moeten dit kenbaar maken door hun produkt van een CE-merk (Conformité Européenne) te voorzien. Produkten zonder CE-merk mogen niet meer worden verhandeld of in gebruik worden genomen.
In bijlage 2.3 is een afdruk opgenomen van een Merkblatt over de Europese Machinerichtlijn. In dit blad worden een aantal aspecten behandeld die spelen bij het toekennen van het CE-merk.

2.6.3 Materieelkeuringen

De wet schrijft voor dat materieel op de bouwplaats gekeurd en geïnspecteerd wordt. In Nederland voert ABOMA+KEBOMA deze keuringen uit.
In bijlage 2.4 is een overdruk van het hoofdstuk Materieelkeuringen uit de Abomafoon opgenomen. De Abomafoon is een publikatie van Aboma.

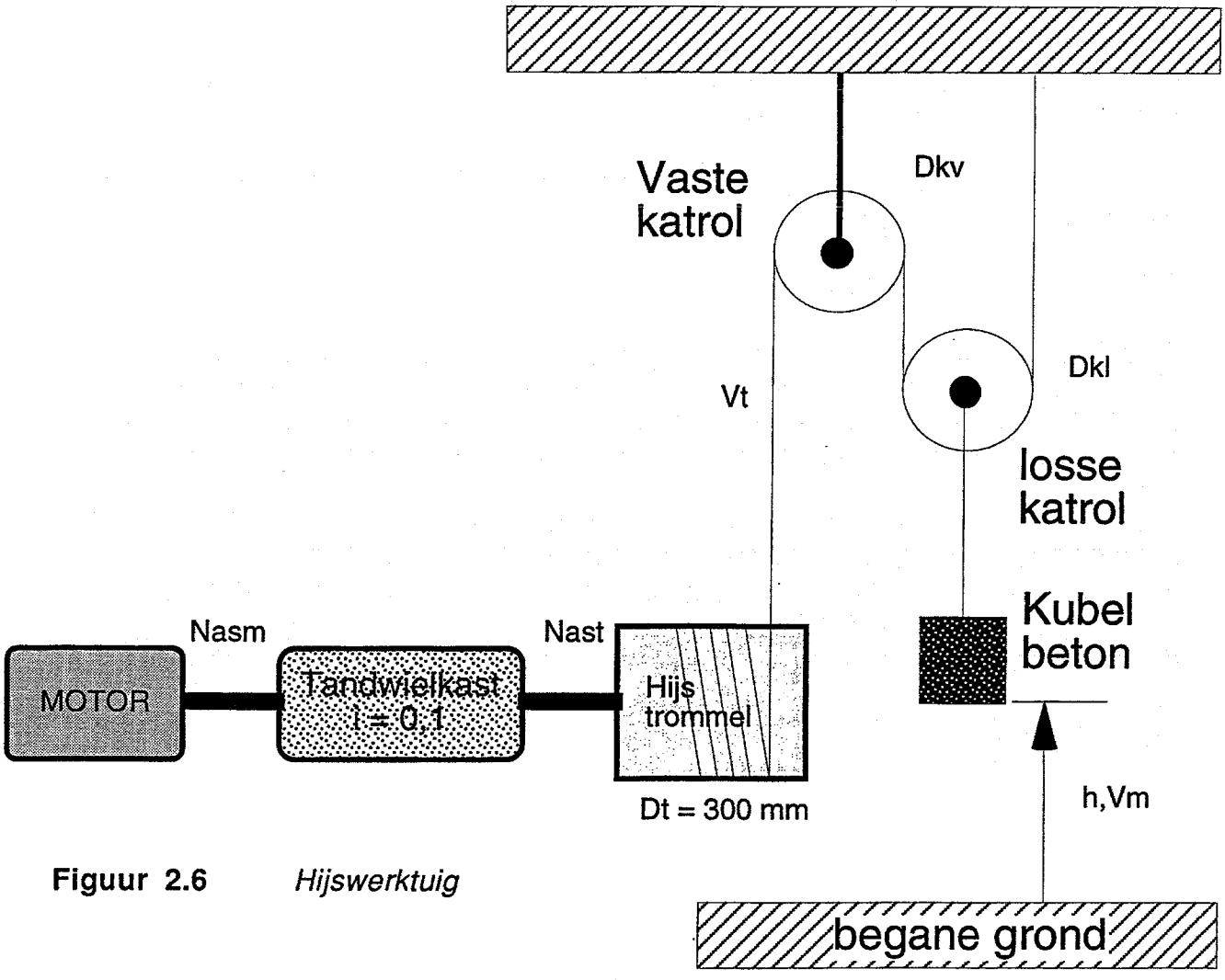
2.6 Oefeningen

2.6.1 Oefening 1

In figuur 2.6 is schematisch een werktuig getekend, dat met behulp van energie uit het electrischnet lasten hijst.
Voer de volgende werkzaamheden uit:

1. Geef het werktuig schematisch in een aantal systemen weer.
2. Geef de eenheid van relatie tussen de systemen weer.
3. Welk toerental van de motor is nodig om de last met een snelheid van 2 m/s te laten stijgen?

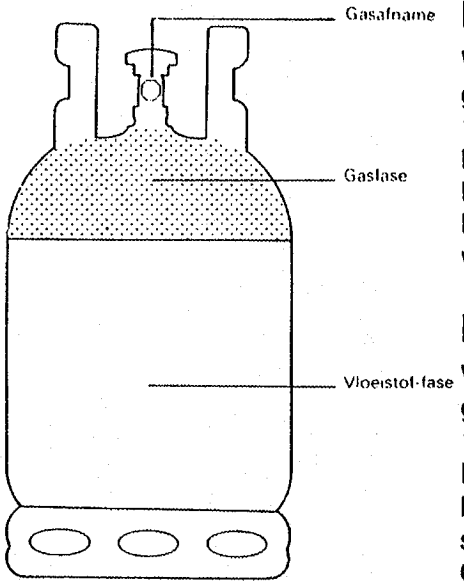
Hulp:
Hoeksnelheid = 2*pi*N/60
Overbrenging = UIT/IN



Figuur 2.6 *Hijswerktuig*

Flessegas is niet gevaarlijk. Wel is het zaak er zorgvuldig mee om te gaan. De nu volgende instructies zullen dat duidelijk maken.

GASDRUKREGELAAR



PRIMAGAZ BUTAAN:

Wordt geleverd in de bekende groene fles met een inhoud van 11 kg.
Butaan is bestemd voor het gebruik binnenshuis.
Kan tot +5°C ook buiten gebruikt worden.

PRIMAGAZ PROPAAN;

Wordt geleverd in de bekende grijze fles met een inhoud van 10,5 kg. of in de cilinder van 33 kg.
Propaan is hoofdzakelijk bestemd voor opstelling buiten.
Ook bij vorst bruikbaar.

De "werking" van de gasfles.

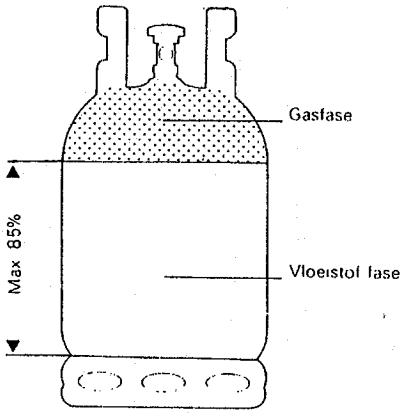
De gasfles is voor maximaal 85% gevuld met vloeibaar produkt.
De druk van de aanwezige vloeistof (max 85%) en de druk van het aanwezige gas (min. 15%) zijn, indien geen gas wordt afgenomen, in evenwicht.
Zodra gas wordt afgenomen vermindert de druk boven de vloeistof. De vloeistof vult deze druk aan door te gaan verdampen. Door deze verdamping wordt warmte aan de vloeistof onttrokken. Zodra de omgevingstemperatuur van de fles hoger is dan de temperatuur van de vloeistof zal er warmte, door de flessewand heen, naar de vloeistof stromen.

Waarom mag de afgeleverde fles nooit helemaal vol zijn?

Boven de vloeistof in de gasfles moet een ruimte zijn van minimaal 15% van de inhoud van de gasfles.

Dit is nodig omdat de uitzettingcoefficiënt van vloeibaar gas hoog is. Is de ruimte boven de vloeistof minder dan 15% van de inhoud van de fles dan is de kans aanwezig dat door verwarming en dus uitzetting van de vloeistof (b.v. felle zon, brand) de fles vervormt, in het ergste geval zal de fles exploderen.

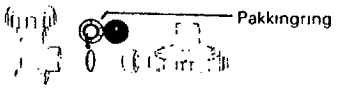
Ruil uw lege gasfles alleen om tegen een volle bij een officiële Primagaz handelaar.



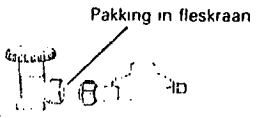
Waarom?
- Primagaz controleert d.m.v. geijkte weegschalen de juiste inhoud van alle gasflessen.
- Primagaz controleert alle gasflessen op gebreken.
- Primagaz controleert elke gevulde fles op lekkage.
- Primagaz verzegelt na vulling de gasfles.

De gasdrukregelaar: waarom en welke?

De druk in de gasfles is niet altijd gelijk.
De aan te sluiten apparaten hebben een contante gasdruk nodig.
Op het type plaatje van elk gasapparaat staat deze "werk druk" vermeld.
De navolgende soorten regelaars zorgen voor het afregelen naar de juiste gasdruk.
De 50 grams: regelt af naar 50 gr/cm²=500 mm WK= 0,05 bar.
De 30 grams: regelt af naar 30 gr/cm²=300 mm WK=0,03 bar.
En voor de industrie:
De vast ingestelde regelaars b.v. 1 bar.
De instelbare regelaar b.v. 0-2,5 bar.



Aansluiting van de propaangas regelaar op de fleskraan.



Aansluiting van de butaangas regelaar op de fleskraan.

BIJLAGE 2.2

Europäische Maschinen-Richtlinie

Rat der Europäischen Gemeinschaften

Richtlinie des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten für Maschinen

Gesetz zur Änderung des Gerätesicherheitsgesetzes

Erfüllung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für Maschinen

Die **Maschinenrichtlinie** verpflichtet die Mitgliedstaaten der EG, alle erforderlichen Maßnahmen zu treffen, damit Maschinen nur in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden dürfen, wenn sie **die Sicherheit und Gesundheit bei bestimmungsgemäßem Gebrauch nicht gefährden.**

Diese Richtlinie gilt nicht unmittelbar in den Mitgliedstaaten. Sie hat keine direkte Wirkung auf Hersteller, Importeure oder Händler eines Mitgliedstaates. Sie muß erst in nationales Recht umgesetzt werden. Die Umsetzung in der Bundesrepublik Deutschland erfolgt voraussichtlich im Rahmen **eines Gesetzes zur Änderung des Gerätesicherheitsgesetzes.**

In der Maschinenrichtlinie sind die **grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen** festgelegt. Die Erfüllung dieser Anforderungen ist für die Sicherheit von Maschinen zwingend notwendig. Die Sicherheitsanforderungen müssen verantwortungsbewußt angewandt werden.

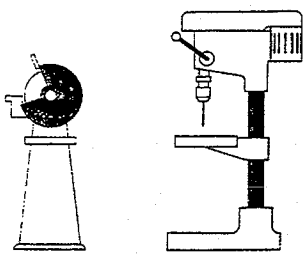
Harmonisierte europäische Normen

Harmonisierte Europäische Normen

Europäische Normungsgremien – CEN – CENELEC –

Den **für die Europäische Normung zuständigen Gremien – CEN – Europäisches Komitee für Normung** und **CENELEC – Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung** – ist die Aufgabe übertragen, Normen auszuarbeiten, die die in den Richtlinien festgelegten grundlegenden Sicherheitsanforderungen konkretisieren. Diese Normen sind allerdings nicht verbindlich. Es wird lediglich begründet, daß eine Maschine, die den europäischen Normen entspricht, mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen der Richtlinie übereinstimmt. Die gleiche Sicherheit kann aber auch auf andere Weise erreicht werden.

Fehlen harmonisierter Normen



Fehlen harmonisierter Normen, hat der Hersteller eigenverantwortlich festzulegen, durch welche sicherheitstechnischen Maßnahmen den grundlegenden Sicherheitsanforderungen Rechnung getragen wird. **Darüber hinaus gilt das Herkunftslandprinzip.** Wird eine Maschine nach den nationalen sicherheitstechnischen Regeln eines Mitgliedstaates hergestellt, darf sie in jedem Mitgliedstaat in Verkehr gebracht werden. Gleichwohl kann eine Behörde gemäß Art. 36 EWG-Vertrag die erforderlichen Schutzmaßnahmen treffen, wenn sie feststellt, daß eine entsprechend den nationalen Vorschriften eines Mitgliedstaates hergestellte Maschine die Sicherheit gefährdet.

EG-Konformitätserklärung

EG-Konformitätserklärung
EG-Konformitätszeichen – CE –

CE 93

Technische Dokumentation

Der Hersteller muß für jede Maschine die Übereinstimmung mit den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen **der Richtlinie bescheinigen.** Dazu muß er **eine formelle EG-Konformitätserklärung ausstellen** und **das EG-Zeichen – CE – an der Maschine anbringen.**

Der Hersteller muß vor der Erstellung der EG-Konformitätserklärung **eine technische Dokumentation ausarbeiten**, die alle Angaben darüber enthält, wie die Übereinstimmung der Maschine mit den grundlegenden sicherheitstechnischen Anforderungen der Richtlinie sichergestellt wird. Diese Dokumentation muß der zuständigen Behörde auf Verlangen vorgelegt werden.

EG-Baumusterprüfung

EG-Baumusterprüfung

EG-Baumusterbescheinigung

Für einige Maschinenarten, die ein größeres Gefahrenpotential darstellen, ist die **EG-Baumusterprüfung zwingend** vorgeschrieben. Diese Maschinenarten sind in der Richtlinie **enumerativ aufgezählt.** Die EG-Baumusterprüfung wird von einer akkreditierten und der EG-Kommission gemeldeten **Prüfstelle** durchgeführt. Sie erteilt eine **EG-Baumusterbescheinigung.** Freiwillige EG-Baumusterprüfungen für andere Maschinenarten sind möglich. Dadurch kann ein Teil der technischen Dokumentation entfallen.

Inkrafttreten – nationales Umsetzen

Inkrafttreten 1. 1. 1993

Ab dem 1. 1. 1993 muß die Europäische Maschinen-Richtlinie von den Mitgliedstaaten **in Kraft gesetzt sein. Vor dem 1. 1. 1992** müssen die Mitgliedstaaten die erforderlichen Rechts- und Verwaltungsvorschriften erlassen und veröffentlichen.

Geltungsbereich

Art. 1 (1) Diese Richtlinie findet **Anwendung auf Maschinen** und legt in **Anhang I die einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen** fest.

Definition Maschine – Gesamtheit verbundener Teile und Einrichtungen mit mindestens einem bewegten Teil sowie eine Gesamtheit mehrerer Maschinen, die zusammen funktionieren.

(2) Im Sinne der Richtlinie gilt als **Maschine eine Gesamtheit von miteinander verbundenen Teilen oder Vorrichtungen, von denen mindestens eines beweglich ist**, sowie gegebenenfalls von Betätigungsgeräten, Steuer- und Energiekreisen usw., die für eine bestimmte Anwendung, insbesondere die Verarbeitung, die Behandlung, die Fortbewegung und die Aufbereitung eines Werkstoffes integral zusammengefügt sind.

Als **Maschine** wird **auch eine Gesamtheit von Maschinen** betrachtet, die, damit sie zusammenwirken, so angeordnet sind und betätigt werden, daß sie **als Gesamtheit funktionieren.**

Ausnahmen – bewegliche Maschinen Hebezeuge – Krane Handwerkzeuge Medizinisch-technische Geräte Jahrmarktgeräte Nukleare Anlagen Radioaktive Teile von Maschinen Überwachungsbedürftige Anlagen nach § 24 GewO Feuerwaffen

(3) **Vom Anwendungsbereich dieser Richtlinie sind ausgenommen:**
- **bewegliche Maschinen,**
- **Hebezeuge,**
- **Maschinen, deren einzige Kraftquelle die unmittelbar angewandte Arbeitskraft ist,**
- **Maschinen für medizinische Zwecke**, die in direktem Kontakt mit dem Patienten verwendet werden,
- feststehende und verfahrbare **Jahrmarktgeräte,**
- **Dampfkessel** und **Druckbehälter,**
- speziell **für eine nukleare Verwendung entwickelte oder eingesetzte Maschinen**, deren Ausfall zu einer Emission von Radioaktivität führen kann,
- **in eine Maschine eingebaute radioaktive Teile,**
- **Feuerwaffen,**
- **Lagertanks** und **Förderleitungen** für Benzin, Dieselkraftstoff, entzündliche Flüssigkeiten und gefährliche Stoffe.

Andere besondere Gemeinschaftsrichtlinien

(4) Werden die in dieser Richtlinie genannten Gefahren, die von einer Maschine ausgehen, **ganz oder teilweise von anderen besonderen Gemeinschaftsrichtlinien** erfaßt, so gilt diese Richtlinie für diese Maschine und diese Gefahren nicht bzw. findet sie auf diese ab Inkrafttreten dieser besonderen Richtlinien keine Anwendung mehr.

Für elektrische Betriebsmittel – Europäische Richtlinie 73/23/EWG
- Niederspannungsrichtlinie –
- in deutsches Recht umgesetzt durch **1. VO zum Gerätesicherheitsgesetz**

(5) Gehen von einer Maschine **hauptsächlich Gefahren aufgrund von Elektrizität** aus, so fällt diese Maschine ausschließlich in den **Anwendungsbereich der Richtlinie 73/23/EWG** des Rates vom 19. Februar 1973 zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten **betreffend elektrische Betriebsmittel** zur Verwendung innerhalb bestimmter Spannungsgrenzen.

Inverkehrbringen

Maßnahmen der Mitgliedstaaten gegen Inverkehrbringen von gefährdenden Maschinen

Art. 2 (1) **Die Mitgliedstaaten treffen alle erforderlichen Maßnahmen, damit die Maschinen** im Sinn dieser Richtlinie **nur in Verkehr gebracht und in Betrieb genommen werden dürfen, wenn sie die Sicherheit und die Gesundheit** von Personen und gegebenenfalls von Haustieren oder Gütern bei angemessener Installierung und Wartung und bestimmungsgemäßem Betrieb **nicht gefährden.**

Befugnis der Mitgliedstaaten Anforderungen zur Benutzung von Maschinen **festzulegen, sofern dies keine Änderungen** der Maschinen in bezug auf die Maschinen-Richtline bewirkt.

(2) Diese Richtlinie berührt nicht die **Befugnis der Mitgliedstaaten,** unter Einhaltung der Vertragsbestimmungen **Anforderungen festzulegen**, die sie **zum Schutz der Personen und** insbesondere **der Arbeitnehmer** bei der Verwendung der betreffenden Maschinen für erforderlich halten, **sofern dies keine Änderungen dieser Maschinen** in bezug auf die Bestimmungen dieser Richtlinie **zur Folge hat.**

Ausstellung von Vorführmaschinen mit Hinweis

(3) Die Mitgliedstaaten lassen es zu, daß **bei Messen, Ausstellungen, Vorführungen und dergleichen den Bestimmungen dieser Richtlinie nicht entsprechende Vorführmaschinen ausgestellt werden, sofern ein sichtbares Schild deutlich darauf hinweist**, daß sie nicht den Anforderungen entsprechen und erst erworben werden können, wenn der Hersteller oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter die Übereinstimmung hergestellt hat. Bei Vorführungen sind die entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen zu treffen, um den Schutz von Personen zu gewährleisten.

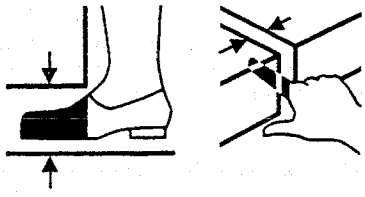
Anhang I

Grundlegende Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen bei Konzipierung und Bau von Maschinen –

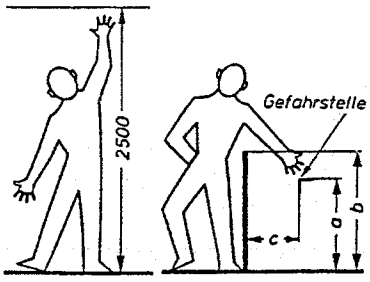
DIN EN 292, Entwurf 9/89
Sicherheit von Maschinen, Geräten und Anlagen – Grundbegriffe – Allgemeine Gestaltungsleitsätze –

Schutz gegen bewegliche Teile, z. B.
Verkleidung – Verdeckung
Umzäunung – Umwehrung
Steuernde trennende Schutzeinrichtung
z. B. Schutzschirmsteuerung
Zweihandschaltung
Schutz durch Annäherungsreaktion
z. B. Lichtvorhang

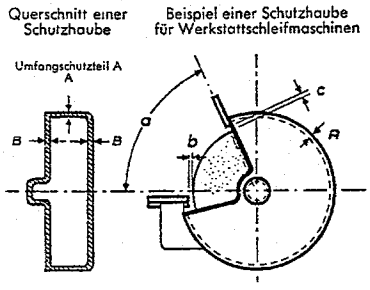
DIN EN 349, Entwurf 8/90
Sicherheit von Maschinen, Geräten und Anlagen – Mindestabstände gegen Quetschen von Körperteilen



Fehlen harmonisierter Normen – Nationale Norm weiter anwenden –
z. B. **Sicherheitsabstände – DIN 31001 –**
Art. 5 (1) Satz 2 – wichtig für Umsetzung



Schutz gegen wegfliegende Teile, z. B.



z. B. Unfallverhütungsvorschrift VBG 7 n6

Grundlegende Sicherheitsanforderungen

Art. 3 **Die Maschinen** im Sinne dieser Richtlinie **müssen die in Anhang I aufgeführten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen erfüllen.**

EG-Konformitätserklärung

Art. 4 (1) Die Mitgliedstaaten dürfen **das Inverkehrbringen** und die Inbetriebnahme **von Maschinen**, die den Bestimmungen dieser Richtlinie entsprechen, in ihrem Gebiet **nicht verbieten, beschränken oder behindern.**

(2) Die Mitgliedstaaten dürfen das **Inverkehrbringen von Maschinen nicht verbieten**, beschränken oder behindern, **wenn diese** entsprechend der Erklärung des Herstellers oder seines in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten **gemäß Anhang II Abschnitt B in eine Maschine eingebaut** oder mit anderen Maschinen zu einer Maschine im Sinne dieser Richtlinie zusammengefügt werden sollen, außer wenn sie unabhängig voneinander funktionieren können.

Inhalt der Erklärung des Herstellers oder seines in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten – Anhang II B.:

- **Name und Anschrift des Herstellers oder des Bevollmächtigten,**
- **Beschreibung der Maschine oder der Maschinenteile,**
- **Hinweis darauf, daß die Inbetriebnahme so lange untersagt ist, bis** festgestellt wurde, daß die Maschine, in die diese Maschine eingebaut werden soll, **den Bestimmungen der Richtlinie entspricht,**
- Angaben zum Unterzeichner.

Art. 5 (1) **Die Mitgliedstaaten gehen bei den Maschinen mit EG-Zeichen und EG-Konformitätserklärung gemäß Anhang II von der Übereinstimmung mit den in Artikel 3 genannten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen aus.**

Sofern keine harmonisierten Normen vorliegen, treffen die Mitgliedstaaten die erforderlichen Maßnahmen, damit den Betroffenen **die bestehenden nationalen Normen** und technischen Spezifikationen **zur Kenntnis gebracht werden**, die für die sachgerechte Umsetzung der grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nach Anhang I **als wichtig oder hilfreich erachtet werden.**

(2) Entspricht eine nationale Norm in Umsetzung einer harmonisierten Norm, deren Fundstelle im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften veröffentlicht worden ist, einer oder mehreren grundlegenden Sicherheitsanforderungen, wird bei der entsprechend dieser Norm hergestellten Maschine davon ausgegangen, daß sie den betreffenden grundlegenden Anforderungen genügt.

Die Mitgliedstaaten veröffentlichen die Fundstellen der nationalen Normen, die harmonisierte Normen ersetzen.

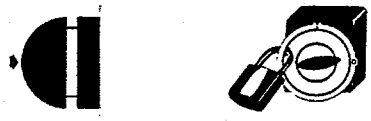
(3) Die Mitgliedstaaten stellen sicher, daß geeignete Maßnahmen getroffen werden, um den Sozialpartnern auf nationaler Ebene eine Einflußmöglichkeit bei der Erarbeitung und der weiteren Verfolgung harmonisierter Normen zu eröffnen.

Inhalt der EG-Konformitätserklärung – Anhang II A.:

- **Name und Anschrift des Herstellers** oder seines in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten mit Anschrift der Herstellerfirma,
- **Beschreibung der Maschine,** Fabrikat, Typ, Seriennummer usw.,
- **alle einschlägigen Bestimmungen,** denen die Maschine entspricht,
- **gegebenenfalls Name und Anschrift der gemeldeten Stelle und Nummer der EG-Baumusterbescheinigung,**
- gegebenenfalls Name und Anschrift der gemeldeten Stelle, der die Unterlagen übermittelt worden sind, daß die Maschine nach den Normen gemäß Art. 5, Abs. 2 hergestellt ist und daher keine Baumusterprüfung erforderlich ist,
- gegebenenfalls Name und Anschrift der gemeldeten Stelle, die die Überprüfung vorgenommen hat, ob die Normen gemäß Art. 5, Abs. 2 eingehalten sind und darüber eine Bescheinigung erteilt hat,
- gegebenenfalls die Fundstellen der harmonisierten Normen,
- gegebenenfalls umgewandelte nationale technische Normen und Spezifikationen,
- Angaben zum Unterzeichner, der bevollmächtigt ist, die Erklärung für den Hersteller oder seinen in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten rechtsverbindlich zu unterzeichnen.

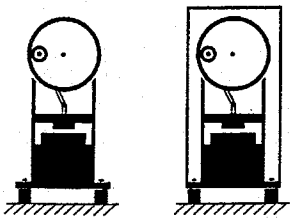
Verfahren bei nicht dem Anhang I genügenden harmonisierten Normen

Steuerungen – Befehlseinrichtungen

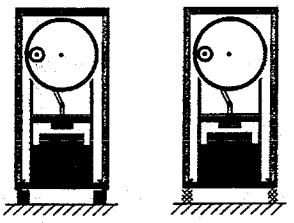


Not-Aus- und **Hauptschalter** – VDE 0113

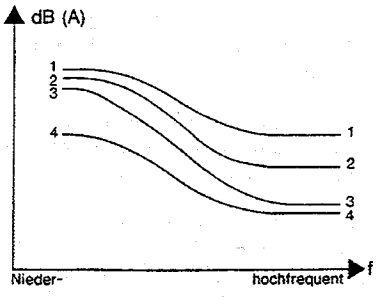
Lärm- und Erschütterungsminderung in der **Rangfolge** bei der Konstruktion



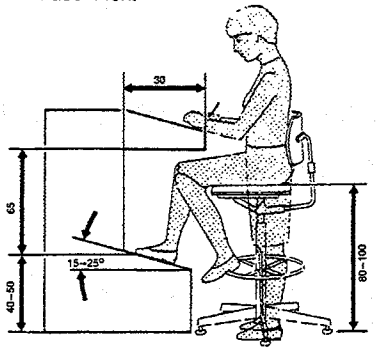
1. Lärmarm gestalten 2. Lärmdämmung



3. Lärmdämpfung 4. Erschütterungsschutz



Ergonomische Gestaltung, z. B. an Maschinen:



Arbeitsplatz – wahlweise zum Sitzen oder Stehen – Maße cm

Art. 6 (1) Ist ein Mitgliedstaat oder die Kommission der Auffassung, daß die in Artikel 5 Abs. 2 genannten harmonisierten Normen nicht voll den in Artikel 3 genannten einschlägigen grundlegenden Anforderungen entsprechen, so befaßt die Kommission oder der betreffende Mitgliedstaat den durch die Richtlinie 83/189/EWG eingesetzten Ausschuß unter Darlegung der Gründe. Der Ausschuß nimmt hierzu umgehend Stellung.

Aufgrund der Stellungnahme des Ausschusses weist die Kommission die Mitgliedstaaten darauf hin, daß die betreffenden Normen aus den nach Artikel 5 Absatz 2 vorgenommenen Veröffentlichungen gestrichen werden müssen bzw. nicht gestrichen werden dürfen.

(2) Es wird ein Ständiger Ausschuß aus von den Mitgliedstaaten ernannten Vertretern eingesetzt; den Vorsitz im Ausschuß führt ein Vertreter der Kommission.

Der Ständige Ausschuß . . .

Gefährdende Maschinen mit EG-Zeichen – aus dem Verkehr ziehen –

Art. 7 (1) **Stellt ein Mitgliedstaat fest, daß Maschinen, die das EG-Zeichen tragen** und bestimmungsgemäß verwendet werden, **die Sicherheit von Personen und gegebenenfalls von Haustieren oder Gütern zu gefährden drohen, so trifft er alle zweckdienlichen Maßnahmen, um die Maschinen aus dem Verkehr zu ziehen, das Inverkehrbringen und die Inbetriebnahme zu verbieten oder den freien Verkehr für diese Maschinen einzuschränken.**

Der Mitgliedstaat unterrichtet die Kommission unverzüglich von dieser Maßnahme, begründet seine Entscheidung und gibt insbesondere an, ob die Abweichung von den Anforderungen

a) auf die Nichterfüllung der in Art. 3 genannten grundlegenden Anforderungen,

b) auf die mangelhafte Anwendung der in Art. 5 Abs. 2 genannten Normen,

c) auf einen Mangel der in Art. 5 Abs. 2 genannten Normen selbst

zurückzuführen ist.

(2) Die Kommission tritt unverzüglich in Konsultation mit den Betroffenen. Stellt die Kommission nach dieser Anhörung fest, daß die Maßnahme gerechtfertigt ist, so unterrichtet sie davon unverzüglich den Mitgliedstaat, der die Maßnahme getroffen hat, sowie die anderen Mitgliedstaaten. Stellt die Kommission nach dieser Anhörung fest, daß die Maßnahme nicht gerechtfertigt ist, so unterrichtet sie davon unverzüglich den Mitgliedstaat, der die Maßnahme getroffen hat, sowie den Hersteller oder seinen in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten. Ist die in Abs. 1 genannte Entscheidung in einem Mangel der Normen begründet, so befaßt sie den Ausschuß, falls der betreffende Mitgliedstaat bei seiner Entscheidung bleiben will, und leitet das in Art. 6 Abs. 1 genannte Verfahren ein.

(3) Ist eine den Anforderungen nicht entsprechende Maschine mit dem EG-Zeichen versehen, so ergreift der zuständige Mitgliedstaat die geeigneten Maßnahmen gegenüber demjenigen, der das Zeichen angebracht hat, und unterrichtet hiervon die Kommission und die übrigen Mitgliedstaaten.

(4) Die Kommission stellt sicher, daß die Mitgliedstaaten über den Verlauf und die Ergebnisse dieses Verfahrens unterrichtet werden.

Anhang IV:

Maschinentypen mit EG-Baumusterprüfung – Art. 8 (2) b

1. **Einblatt- und Mehrblatt-Kreissägen** zum Bearbeiten von Holz und Fleisch

1.1 **Sägemaschinen mit** während des Arbeitsvorgangs feststehendem Werkzeug, mit feststehendem Tisch, mit Handvorschub des Sägeguts oder mit abnehmbarem Vorschubapparat

1.2 Sägemaschinen mit während des Arbeitsvorgangs feststehendem Werkzeug, mit Pendelbock oder -schlitten, mit Handvorschub

1.3 Sägemaschinen mit während des Arbeitsvorgangs feststehendem Werkzeug, mit bauarteigenem mechanischem Vorschub des Sägeguts und Handbeschickung und/oder Handentnahme

1.4 Sägemaschinen mit während des Arbeitsvorgangs beweglichem Werkzeug, mit mechanischer Vorschubeinrichtung und Handbeschickung und/oder Handentnahme

2. **Abrichthobel mit Handvorschub** für die Holzbearbeitung

3. **Hobelmaschinen** für einseitige Bearbeitung mit Handbeschickung und/oder Handentnahme für die Holzbearbeitung

4. **Bandsägen** mit beweglichem Sägetisch oder Schlitten zur Handbeschickung und/oder Handentnahme für das Bearbeiten von Holz und Fleisch

5. **Kombinierte Maschinen** der unter den Nrn. 1 bis 4 und Nr. 7 genannten Typen für die Holzbearbeitung

6. **Mehrspindel-Zapfenfräsmaschinen** mit Handvorschub für die Holzbearbeitung

7. **Unterfräsmaschinen** mit Handvorschub für die Holzbearbeitung

8. **Handkettensägen** für die Holzbearbeitung

9. **Pressen einschließlich Biegepressen** für die Kaltbearbeitung von Metall mit Handbeschickung und/oder Handentnahme, deren im Fertigungsvorgang bewegliche Teile einen Hub von mehr als 6 mm und eine Geschwindigkeit von mehr als 30 mm/s haben können.

10. **Kunststoffspritzgieß- oder -formpreßmaschinen** mit Handbeschikkung oder Handentnahme

11. **Gummispritzgieß- oder -formpreßmaschinen** mit Handbeschikkung oder Handentnahme

12. **Bolzensetzgeräte mit Treibladung.**

Akkreditierte Stellen

Stellen für das Bescheinigungsverfahren akkreditiert von der

Zentralstelle der Länder für Sicherheitstechnik –

Der Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung meldet die **akkreditierten Stellen** der EG-Kommission.

Bescheinigungsverfahren – Art. 8 –

Art. 8 (1) **Der Hersteller** oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter **muß, um die Übereinstimmung der Maschinen mit den Bestimmungen dieser Richtlinie zu bescheinigen,** für jede hergestellte Maschine **eine EG-Konformitätserklärung nach dem Muster in Anhang II ausstellen und das in Art. 10 genannte EG-Zeichen an der Maschine anbringen.**

(2) Vor dem Inverkehrbringen muß der Hersteller oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter folgende Unterlagen zusammenstellen:

a) **findet Anhang IV auf die Maschine keine Anwendung, so muß er die Unterlagen gemäß Anhang V zusammenstellen;**

b) **findet Anhang IV auf die Maschine Anwendung und werden** bei ihrer Herstellung **die Normen des Art. 5 Abs. 2 nicht** oder nur zum Teil **beachtet,** oder sind solche Normen nicht vorhanden, **so muß er das Modell der Maschine nach der in Anhang VI genannten EG-Baumusterprüfung prüfen lassen;**

c) **findet Anhang IV auf die Maschine Anwendung und wird sie entsprechend den Normen gemäß Art. Abs. 2 hergestellt,**

– **so muß er die Unterlagen gemäß Anhang VI zusammenstellen** und sie einer gemeldeten Stelle übermitteln, die den Empfang dieser Unterlagen unverzüglich bestätigt und sie aufbewahrt, oder

– er muß die Unterlagen gemäß Anhang VI der gemeldeten Stelle vorlegen, die lediglich überprüft, ob die Normen gemäß Art. 5 Abs. 2 korrekt angewendet wurden, und eine Bescheinigung darüber erstellt, daß die Unterlagen den Vorschriften entsprechen, **oder**

– **er muß das Modell der Maschine nach der in Anhang VI genannten EG-Baumusterprüfung prüfen lassen.**

(3) Bei Anwendung von Abs. 2 Buchstabe c erster Gedankenstrich finden Nr. 5 erster Satz und Nr. 7 des Anhangs VI entsprechende Anwendung.

Bei Anwendung von Abs. 2 Buchstabe c zweiter Gedankenstrich finden die Nr. 5, 6 und 7 des Anhangs VI entsprechende Anwendung.

(4) Bei Anwendung des Abs. 2 Buchstabe a und Buchstabe c erster und zweiter Gedankenstrich muß die EG-Konformitätserklärung nur die Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie bescheinigen.

Bei Anwendung des Abs. 2 Buchstaben b und c dritter Gedankenstrich muß die EG-Konformitätserklärung die Übereinstimmung mit dem Modell bescheinigen, das Gegenstand der EG-Baumusterprüfung war.

(5) Unterliegen die Maschinen anderen Gemeinschaftsrichtlinien über andere Aspekte, so gibt das EG-Zeichen des Art. 10 in diesen Fällen an, daß die Maschinen auch den Anforderungen dieser anderen Richtlinien entsprechen.

(6) Sind weder der Hersteller noch sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter den Verpflichtungen der vorstehenden Absätze nachgekommen, so obliegen diese Verpflichtungen der Person, die die Maschine in der Gemeinschaft in den Verkehr bringt. Die gleichen Verpflichtungen gelten für denjenigen, der Maschinen oder Teile von Maschinen unterschiedlichen Ursprungs zusammenfügt oder eine Maschine für den Eigengebrauch herstellt.

Gemeldete Bescheinigungs-Stellen – Akkreditierte Stellen

Art. 9 (1) Jeder Mitgliedstaat meldet der Kommission und den übrigen Mitgliedstaaten die Stellen, die für die Durchführung der Bescheinigungsverfahren gemäß Art. 8 Abs. 2 Buchstaben b und c zuständig sind. Die Kommission veröffentlicht die Liste dieser Stellen zur Information im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften und sorgt für ihre Fortschreibung.

(2) Die Mitgliedstaaten müssen die Kriterien von Anhang VII zur Beurteilung der zu meldenden Stellen heranziehen. . . .

Anhang V

EG-Konformitätserklärung – Inhalt – Voraussetzungen –

EG-Konformitätserklärung durch den Hersteller

CE 93

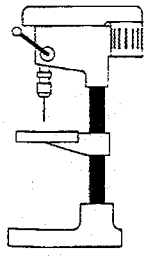
Mit Unterzeichnung der EG-Konformitätserklärung – Berechtigung des Herstellers EG-Zeichen an der Maschine anzubringen

Aufbewahrung der Unterlagen

Inhalt der technischen Dokumentation

Interne Maßnahmen bei Serienfertigung

Tests an Bau- und Zubehörteilen oder an der Maschine selbst, ob Montage und Inbetriebnahme ohne Risiko ist.



Anh. V 1. **Als EG-Konformitätserklärung wird das Verfahren bezeichnet, bei dem der Hersteller** oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter erklärt, **daß die in den Verkehr gebrachte Maschine allen einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen entspricht.**

2. **Mit Unterzeichnung der EG-Konformitätserklärung ist der Hersteller** oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter **berechtigt, auf der Maschine das EG-Zeichen anzubringen.**

3. Bevor der Hersteller oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter die EG-Konformitätserklärung ausstellen kann, muß er sich vergewissert haben und gewährleisten können, daß in seinen Räumen zum Zweck einer etwaigen Kontrolle die nachstehend definierten Unterlagen vorhanden sind und verfügbar bleiben werden:

a) **eine technische Dokumentation, die folgendes beinhaltet:**

- **einen Gesamtplan der Maschine sowie die Steuerkreispläne;**
- **detaillierte und vollständige Pläne,** eventuell mit Berechnungen, Versuchsergebnissen usw. für die Überprüfung der Übereinstimmung der Maschine mit den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen;
- eine Liste der grundlegenden Anforderungen dieser Richtlinie. der Normen und der anderen technischen Spezifikationen, die bei der Konstruktion der Maschine berücksichtigt wurden;
- **eine Beschreibung der Lösungen, die zur Verhütung der von der Maschine ausgehenden Gefahren gewählt wurden;**
- auf seinen Wunsch, jeglichen technischen Bericht oder jegliches von einem zuständigen Laboratorium ausgestellte Zertifikat;
- wenn er die Konformität mit einer harmonisierten Norm erklärt, die dies vorschreibt, jeglichen technischen Bericht über die Ergebnisse der Prüfungen, die er nach seiner Wahl selbst durchführen oder durch eine zuständige Stelle oder ein zuständiges Laboratorium ausführen lassen kann;
- **ein Exemplar der Betriebsanleitung der Maschine;**

b) bei Serienfertigung eine Zusammenstellung der intern getroffenen Maßnahmen zur Gewährleistung der Übereinstimmung der Maschinen mit den Bestimmungen der Richtlinie.

Der Hersteller muß an Bau- und Zubehörteilen oder an der Maschine insgesamt mit den erforderlichen Untersuchungen und Tests ermitteln, **ob die Maschine aufgrund ihrer Konzipierung und Bauart ohne Sicherheitsrisiko montiert und in Betrieb genommen werden kann.**

Werden die Unterlagen auf gebührend begründetes Verlangen der zuständigen nationalen Behörden nicht vorgelegt, so kann dies ein ausreichender Grund dafür sein, die Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Richtlinie zu bezweifeln.

4. a) Die unter Nr. 3 genannten Unterlagen brauchen nicht ständig und tatsächlich vorhanden sein, müssen jedoch innerhalb eines Zeitraums, der der Wichtigkeit der Unterlage zu entsprechen hat, zusammengestellt und zur Verfügung gestellt werden können;

Die Unterlagen brauchen keine detaillierten Pläne und sonstige genaue Angaben über die für die Herstellung der Maschine verwendeten Baugruppen zu umfassen, es sei denn, daß die Kenntnisse über diese Baugruppen unerläßlich oder notwendig sind, um die Übereinstimmung mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen prüfen zu können.

b) Die unter Nr. 3 genannten Unterlagen werden aufbewahrt und für die zuständigen nationalen Behörden mindestens zehn Jahre nach der Herstellung der Maschine oder, wenn es sich um eine Serienfertigung handelt, des letzten Exemplars der Maschine bereitgehalten.

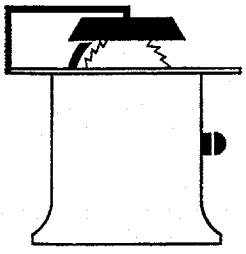
c) Die unter Nr. 3 genannten Unterlagen mit Ausnahme der Bedienungsanleitung der Maschine müssen in einer der Amtssprachen der Gemeinschaft abgefaßt sein.

Anhang VI

EG-Baumusterprüfung – Verfahren – Grundlagen –

Antragsinhalt:

- **Name und Anschrift des Herstellers** oder seines in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten sowie **Herstellungsort** der Maschine
- **eine technische Dokumentation**, die mindestens beinhaltet:
  - den **Gesamtplan** der Maschine sowie die **Steuerkreispläne**
  - **detaillierte und vollständige Pläne,** eventuell mit Berechnungen, Versuchsergebnissen für die Überprüfung der Übereinstimmung der Maschine mit den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen;
  - die **Beschreibung der Lösungen,** die **zur Verhütung der von der Maschine ausgehenden Gefahren** gewählt wurden,
  - **Liste der berücksichtigten Normen;**
  - **die Bedienungsanleitung** der Maschine;
  - bei Serienfertigung eine Zusammenstellung der intern getroffenen Maßnahmen zur Gewährung der Übereinstimmung der Maschine mit den Bestimmungen der Richtlinie.



Anh. VI 1. **Die EG-Baumusterprüfung ist das Verfahren, nach dem eine gemeldete Stelle feststellt und bescheinigt, daß die Bauart einer Maschine den** einschlägigen Bestimmungen **dieser Richtlinie entspricht.**

2. **Der Antrag auf eine EG-Baumusterprüfung wird vom Hersteller** oder von seinem in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten für ein Maschinenmodell **bei einer einzigen gemeldeten Stelle eingereicht.**

   Mit dem Antrag ist eine für die geplanten Produkte repräsentative Maschine vorzuführen bzw. gegebenenfalls der Ort anzugeben, an dem die Maschine der Prüfung unterzogen werden kann.

   Die Unterlagen brauchen keine detaillierten Pläne und weitere genaue Angaben über die für die Herstellung der Maschinen verwendeten Baugruppen zu umfassen, es sei denn, daß die Kenntnisse über diese Baugruppen unerläßlich oder notwendig sind, um die Übereinstimmung mit den grundlegenden Sicherheitsanforderungen prüfen zu können.

3. **Die gemeldete Stelle führt** die EG-Baumusterprüfung im einzelnen wie folgt **durch:**
   - **Sie prüft die technischen Bauunterlagen** und stellt fest, ob diese angemessen sind, und sie prüft die vorgeführte bzw. bereitgestellte Maschine.
   - **Bei der Prüfung der Maschine**
     a) achtet die Stelle darauf, ob die Maschine in Übereinstimmung mit den technischen Bauunterlagen hergestellt worden ist und unter den vorgesehenen Betriebsbedingungen sicher verwendet werden kann;
     b) überprüft sie, ob berücksichtigte Normen eingehalten wurden;
     c) führt sie Prüfungen und Versuche durch, um festzustellen, ob die Maschine den einschlägigen grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen entspricht.

4. **Entspricht die Bauart den einschlägigen Bestimmungen, so stellt die Stelle eine EG-Baumusterbescheinigung aus,** die dem Antragsteller mitgeteilt wird. Diese Bescheinigung enthält die Ergebnisse der Prüfung, die gegebenenfalls an sie geknüpften Bedingungen sowie die zur Identifizierung des zugelassenen Baumusters erforderlichen Beschreibungen und Zeichnungen.

   Die Kommission, die Mitgliedstaaten und die übrigen benannten Stellen können ein Exemplar der Bescheinigung und auf begründeten Antrag eine Abschrift der technischen Bauunterlagen und der Protokolle über die durchgeführten Prüfungen und Versuche erhalten.

5. **Der Hersteller** oder sein in der Gemeinschaft niedergelassener Bevollmächtigter **muß die gemeldete Stelle über alle – auch geringfügigen – Änderungen unterrichten,** die er an der Maschine der betreffenden Bauart vorgenommen hat oder vornehmen will. Die gemeldete Stelle prüft diese Änderungen und teilt dem Hersteller oder seinem in der Gemeinschaft niedergelassenen Bevollmächtigten mit, ob die EG-Baumusterbescheinigung weiterhin gilt.

6. Die Stelle, die die Ausstellung einer EG-Baumusterbescheinigung verweigert, teilt dies den übrigen gemeldeten Stellen mit. Die Stelle, die eine EG-Baumusterbescheinigung zurückzieht, teilt dies dem Mitgliedstaat mit, der sie gemeldet hat. Dieser unterrichtet die übrigen Mitgliedstaaten und die Kommission unter Angabe der Gründe für diese Entscheidung.

7. Die Unterlagen und der Schriftverkehr betreffend die EG-Baumusterprüfverfahren werden in einer Amtssprache des Mitgliedstaates, in dem die gemeldete Stelle niedergelassen ist, oder in einer von dieser Stelle akzeptierten Sprache verfaßt.

Auskünfte in allen Fragen des Arbeitsschutzes erteilen die örtlich zuständigen Gewerbeaufsichtsämter:

8900 Augsburg, Morellistraße 30 d, Telefon 08 21/57 09 02
8580 Bayreuth, Telemannstraße 2, Telefon 09 21/6 40 68
8630 Coburg, Oberer Bürglaß 34–36, Telefon 0 95 61/7 41 90
8300 Landshut, Neustadt 480, Telefon 08 71/2 70 91

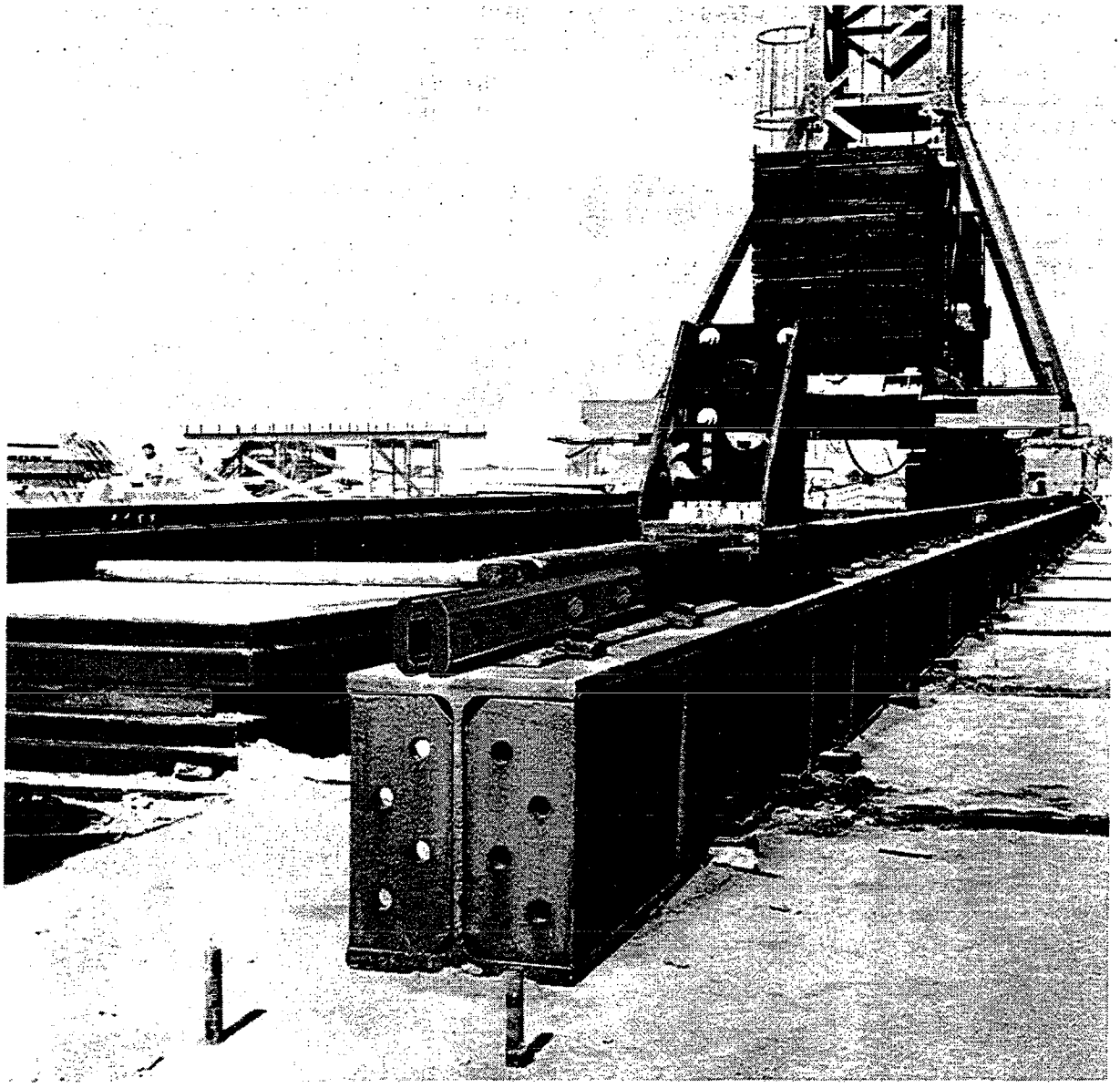
München-Stadt *für Stadt- und Landkreis München:*
8000 München 40, Winzererstraße 9, Telefon 0 89/12 61-03

München-Land *für Oberbayern:*
8000 München 40, Winzererstraße 9, Telefon 0 89/12 61-02
8500 Nürnberg, Roonstraße 20, Telefon 09 11/27 41
8400 Regensburg, Bertoldstraße 2, Telefon 09 41/50 25-0
8700 Würzburg 1, Ludwigstraße 33, Telefon 09 31/30 87-0

In Fragen des medizinischen Arbeitsschutzes berät das
Bayerische Landesinstitut für Arbeitsmedizin
8000 München 22, Pfarrstraße 3
Telefon 0 89/21 84-1

LAS 042 – 10/90 / Dr. Bo. / Mk. **Bayerisches Landesinstitut für Arbeitsschutz,** Pfarrstraße 3, 8000 München 22, Fernruf 0 89/21 84-1

BIJLAGE 2.3



Arbeidsinspectie

Kraanbanen voor bouwkranen

P 127

1. INLEIDING

Kraanbanen voor bouwkranen hebben in het algemeen een tijdelijk karakter omdat zij gemiddeld niet langer dan één à twee jaar achtereen op een bouwwerk dienst doen. Gedurende de gebruiksperiode worden zij intensief belast door één of meer bouwkranen, waarvan de eigen massa kan variëren van 10 ton tot meer dan 100 ton. Om verzakken van de kraanbaan en daardoor omvallen van de kraan te voorkomen, is het noodzakelijk dat zowel de fundering als de constructie van de bouwkraan voldoende stevig worden uitgevoerd.

De met een * gemerkte aanwijzingen zijn geheel of gedeeltelijk gebaseerd op een of meer artikelen van het Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen 1938 en hebben mede betrekking op de naleving van die artikelen. Tevens moet bij de aanleg en het gebruik van kraanbanen aan een aantal aanvullende voorwaarden worden voldaan.
Deze publikatie geeft hiervoor aanwijzingen, die tevens aangeven op welke wijze men naar het oordeel van de Arbeidsinspectie voldoet aan het wettelijk voorschrift dat een hijskraan steeds zodanig moet zijn opgesteld en verankerd dat deze zo min mogelijk gevaar oplevert (artikel 140 en artikel 141 van het Veiligheidsbesluit voor fabrieken of werkplaatsen 1938, zie hoofdstuk 6.).

2. BEREKENING VAN KRAANBANEN

2.1 Functie en te stellen eisen

Sommige in Nederland veel voorkomende grondsoorten zoals veen kunnen op hun oppervlak slechts geringe drukken verdragen (minder dan 0,2 kgf/cm^2 = 20 kN/m^2). Een bouwkraan heeft echter doorgaans een eigen massa van vele tienduizenden kilogrammen, zodat er een methode moet worden gevonden om deze zware last over een groot grondoppervlak te verdelen. Deze methode bestaat uit het toepassen van een ondersteuningsconstructie die aan twee eisen moet voldoen.

a De ondersteuningsconstructie moet een voldoende groot dragend oppervlak hebben opdat de door de constructie naar de grond geleide belasting de ter plaatse toelaatbare gronddruk niet overschrijdt.
b De ondersteuningsconstructie moet voldoende stijfheid bezitten opdat een voldoende gelijkmatige verdeling van de belasting over het gehele dragend oppervlak gewaarborgd is en de zakking binnen de vereiste grenzen blijft.

De ondersteuningsconstructie voor over rails verrijdbare bouwkranen is de kraanbaan die in het algemeen bestaat uit twee evenwijdig lopende — eventueel op langsliggers bevestigde — stalen rails. De rails of de langsliggers rusten op dwarsliggers, op betonplaten of op heipalen. Het is ook mogelijk dat de langsliggers aan de onderzijde zodanig zijn verbreed, dat zij zonder dwarsliggers of betonplaten rechtstreeks op de grond kunnen dragen.

2.2 Berekeningsgegevens

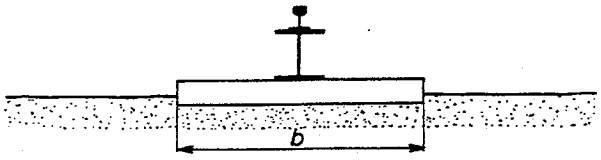
Om voor een bouwkraan, die op een bepaalde grondsoort moet worden opgesteld, een kraanbaan te kunnen ontwerpen, moeten de volgende gegevens bekend zijn:
— de eigen massa G van de kraan (inclusief ballast);
— de beddingsconstante k van de aanwezige grondsoort inclusief grondverbetering (zie 3.1).

Met deze gegevens en het gestelde in de punten 2.3 e.v. kan worden bepaald welke kraanbaanconstructie met redelijke zekerheid de kraanmassa kan dragen.

2.3 Beddingsconstante

De beddingsconstante k bedraagt, afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond, (in kgf/cm^3 of 10 MN/m^3):
— k = 0,1 bij een zeer slechte ondergrond (bijv. metersdikke slappe veen- of kleilaag);
— k = 0,2 bij een slechte ondergrond;
— k = 0,4 bij een matige ondergrond;
— k = 0,8 bij een redelijke ondergrond;
— k = 1,6 bij een goede ondergrond;
— k = 3,2 bij een zeer goede ondergrond (bijv. metersdik, ongeroerd zandpakket).

Toelichting
Bij de vaststelling van deze k-waarden is er van uitgegaan dat op de ondergrond een laag verdicht zand van 0,5 m hoogte is aangebracht. De k-waarden gelden voor een belasting die op de oppervlakte van de opgebrachte zandlaag wordt aangebracht.
De achter de k-waarden vermelde grondsoortomschrijvingen zijn slechts bedoeld om globaal aan te duiden welke grondsoort



Afb. 1 'Stijve breedte b' voor betonplaten

eventueel bij de ondergrondkwalificaties zou kunnen behoren.
In een aantal gevallen zal men de k-waarde – uiteraard met de nodige voorzichtigheid – kunnen taxeren aan de hand van opgedane ervaringen met de ter plaatse aanwezige grondgesteldheid. Hiertoe moeten voldoende gegevens over die grondgesteldheid beschikbaar zijn. In het algemeen dient de k-waarde door een deskundige op het gebied van de grondmechanica te worden bepaald.

2.4 Stijve breedte

2.4.1 De zogenaamde 'stijve breedte b' is voor betonplaten gelijk te stellen aan hun afmeting loodrecht op de rail (zie afbeelding 1), mits hun onderlinge afstand niet meer bedraagt dan 0,40 m bij toepassing van rails op langsliggers en niet meer dan 0,15 m bij toepassing van enkele rails.

2.4.2 Bij houten dwarsliggers kan, in verband met de relatief grote tussenruimten, de 'stijve breedte b' niet gelijk worden gesteld aan de afmeting loodrecht op de rail (de lengte l).
Voor b kan een waarde van ¾ l worden aangehouden.
Daarenboven moet, rekening houdend met de buigingsstijfheid van de dwarsliggers in relatie tot de beddingsconstante, bij de bepaling van de 'stijve breedte b' nog de volgende beperking in acht worden genomen:
– bij k = 0,1 – 0,3 kan b niet groter zijn dan 14 x h;
– bij k = 0,4 – 0,8 kan b niet groter zijn dan 11 x h;
– bij k = 0,9 – 3,2 kan b niet groter zijn dan 8 x h.
Hierin is h de hoogte van de dwarsligger, deze moet ten minste 0,15 m bedragen (zie ook 3.3.2).

2.5 Bepaling rail- en langsliggerprofiel

Nadat G, k en b bekend zijn wordt k maal b bepaald. Met behulp van G, en k.b kan nu in grafiek 1[1]) het vereiste kraanbaanprofiel worden afgelezen.

2.6 Bepaling afmetingen van dwarsliggers en betonplaten

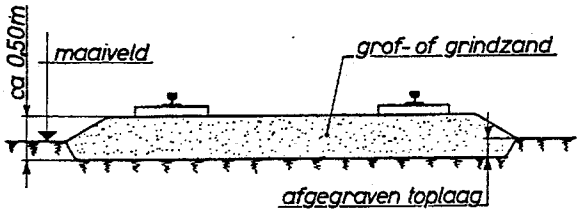
De wijze van ondersteuning van het kraanbaanprofiel, nl. door middel van dwarsliggers of betonplaten, hangt af van de 'stijve breedte b' waarmee het produkt k.b – en dus het kraanbaanprofiel – is bepaald. Indien voor de 'stijve breedte b' een waarde gekozen is die onder de in 2.4.2 genoemde maxima ligt, kunnen zowel houten dwarsliggers met een lengte l = 4/3 b en een onderlinge afstand van 0,25 m (0,50 m h.o.h.) worden toegepast als betonplaten met een breedte b.

Wanneer de 'stijve breedte b' de in 2.4.2 gestelde grenzen echter overschrijdt, zullen betonplaten (of heipalen) als ondersteuning moeten worden gekozen.

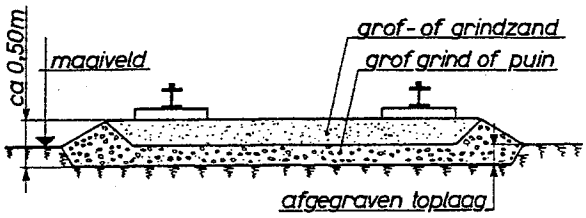
De vereiste afmetingen van betonplaten kunnen worden bepaald met behulp van grafiek 2, door uitgaande van de kraanmassa G horizontaal naar rechts te gaan, tot men de juiste lijn (langsliggers of geen langsliggers) van de toegepaste k.b-waarde snijdt.
Vanaf dit snijpunt gaat men vertikaal naar beneden tot men de lijn van de gekozen 'stijve breedte' snijdt.
De horizontale strook waarin dit snijpunt zich bevindt heeft een nummer. Dit is het plaatnummer waarvoor in tabel 1 de benodigde plaatdikte en wapening staan vermeld.

Rekenvoorbeeld
Voor een torenbouwkraan met een eigen massa van 75 ton moet een kraanbaanconstructie worden bepaald bij opstelling op een grondsoort waarvoor de beddingsconstante k = 0,5 kgf/cm^3 of 5 MN/m^3.
Wanneer als 'stijve breedte b' = 100 cm wordt gekozen volgt hieruit dat k.b = 0,5 x 100 = 50.
Uitgaande van deze gegevens, nl. G = 75 ton en k.b = 50, kan nu met behulp van grafiek 1 het benodigde kraanbaanprofiel worden bepaald door vanuit G = 75 horizontaal naar rechts te gaan tot de vertikale lijn vanuit k.b = 50 wordt gesneden. Dit snijpunt blijkt te liggen tussen de profielen HE 260 B en HE 240 B. Van deze beide moet altijd het zwaarste profiel worden gekozen, in dit geval dus HE 260 B.

[1]) De theorie waarvan bij het samenstellen van de grafieken 1 en 2 is uitgegaan, wordt uiteengezet in het artikel 'de berekening van spoorbanen voor bouwkranen' van de hand van Ir. L. de Rijk, in het Polytechnisch Tijdschrift – editie Bouw van 28 november 1973.



Afb. 2 Kraanbaanbed van zand



Afb. 3 Kraanbaanbed van puin en zand

3. UITVOERING VAN KRAANBANEN

3.1* **Grondverbetering**

3.1.1 Indien de ondergrond van een bouwterrein bestaat uit een weinig draagkrachtige grondsoort die niet met zand is opgehoogd, zal ter plaatse van de kraanbaan grondverbetering moeten worden toegepast.
Hiertoe moet eerst de slappe toplaag (humus en dergelijke) worden verwijderd, waarna een laag grof zand wordt aangebracht die goed moet worden ingewaterd en aangetrild om inklinken na ingebruikneming van de kraanbaan zo veel mogelijk te voorkomen (zie afbeelding 2). In bepaalde gevallen kan in verband met de drainering de toepassing van grindzand aanbeveling verdienen.

3.1.2 Vooral op voor water slecht doordringbare grondsoorten zoals klei, is het noodzakelijk na het verwijderen van de slappe toplaag eerst een laag grof grind of puin aan te brengen en vervolgens deze laag tot de gewenste hoogte aan te vullen met grof- of grindzand (zie afbeelding 3). In ongunstige situaties kan het zelfs noodzakelijk blijken voorzieningen te treffen voor een juiste wijze van waterafvoer door middel van drainage of bemaling.

3.1.3 Wanneer het zandlichaam niet op de slechts van de slappe toplaag ontdane grondslag wordt aangebracht, maar wordt ingegraven in een cunet, moet een goede afwatering verzekerd zijn (zie afbeelding 4). Als het hemelwater niet voldoende kan afvloeien bestaat er namelijk gevaar voor verzakken van de kraanbaan tengevolge van het 'gaan drijven' van de onderliggende zandlaag. Dit laatste kan ook worden veroorzaakt door een (te) hoge grondwaterstand.

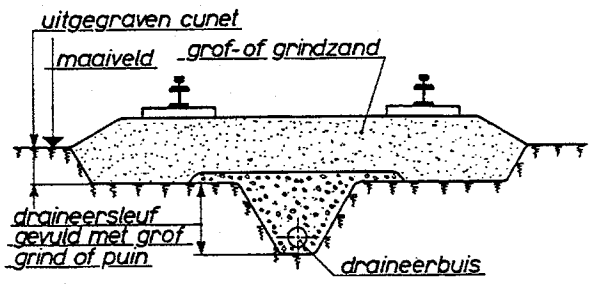
Opmerking
Men dient er op toe te zien dat onder een kraanbaan geen waterleidingen, gasleidingen, rioolbuizen, duikers en dergelijke aanwezig zijn omdat hierin gemakkelijk breuk kan optreden tengevolge van de door de rijdende kraan veroorzaakte wisselende belastingen.

3.1.4 Wanneer de grondslag van een zodanig slechte kwaliteit is dat grote verzakkingen van de kraanbaan kunnen worden verwacht, zullen de in 3.1.1 t/m 3.1.3 vermelde methoden van grondverbetering niet toereikend zijn en moet de kraanbaan op palen worden gefundeerd.

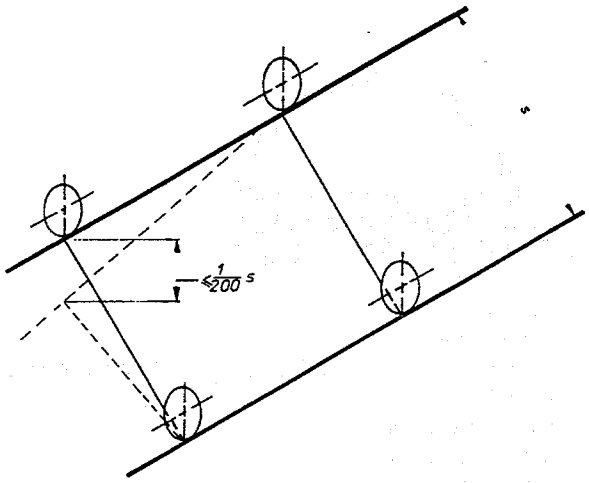
3.2* **Ligging van de kraanbaan**

3.2.1 De kraanbaan moet zowel op de rechte stukken als in de bochten zo zuiver mogelijk waterpas worden gelegd.
De ligging van de kraanbaan moet regelmatig (kort na de aanleg vaker dan later) worden opgemeten en zo nodig verbeterd. Voor de 'onbelaste' kraanbaan geldt hierbij dat twee, op beide rails, tegenover elkaar gelegen punten en twee punten op één rail, op een afstand gelijk aan de spoorwijdte van de kraan, geen groter onderling hoogteverschil mogen hebben dan 1/200 van de spoorwijdte (zie afbeelding 5).
Voorts mag de (verende) zakking ten opzichte van de onbelaste rail tengevolge van een wiel(stel)last ter grootte van de halve kraanmassa niet meer dan 2 cm bedragen.

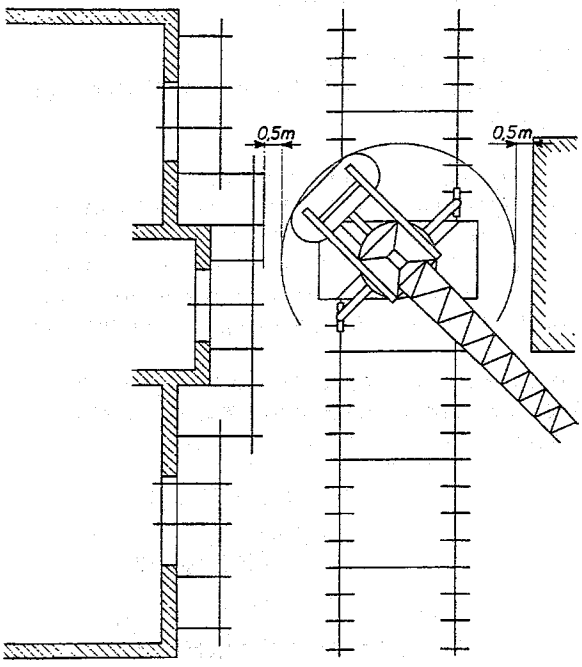
Toelichting
Voor een controle-meting is het realiseren van een last ter grootte van 1/2 G (halve eigen massa) op één wiel(stel) in het algemeen erg gecompliceerd. Als eenvoudig en toch goed benaderend alternatief kan bij een onbelaste kraan, die symmetrisch is ten opzichte van de lengte-as van de giek, de volgende werkwijze worden toegepast:
– richt de giek evenwijdig aan de kraanrails



Afb. 4 Kraanbaanbed in uitgegraven cunet met drainage



Afb. 5 Maximaal toelaatbare afwijking waterpasligging



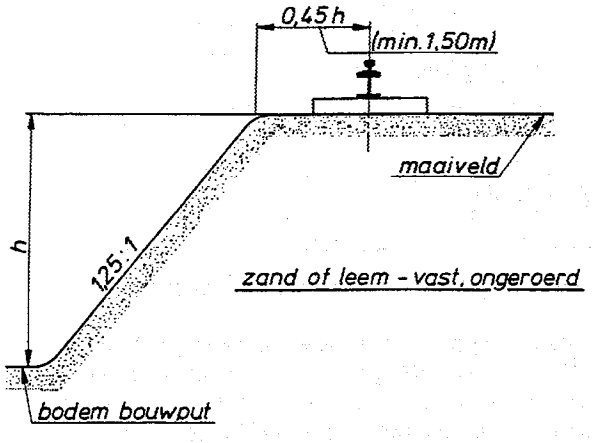
Afb. 6 Vrije ruimte tussen bouwkraan en bouwwerk of obstakels

zodat de last op elke rail gelijk is aan 1/2 G;
– meet de zakking van elke rail ter plaatse van de wielen (wielstellen);
– de som van de zakkingen ter plaatse van beide wielen (wielstellen) op één rail correspondeert dan nagenoeg met de gezochte zakking van de rail bij een last van 1/2 G op één wielstel.

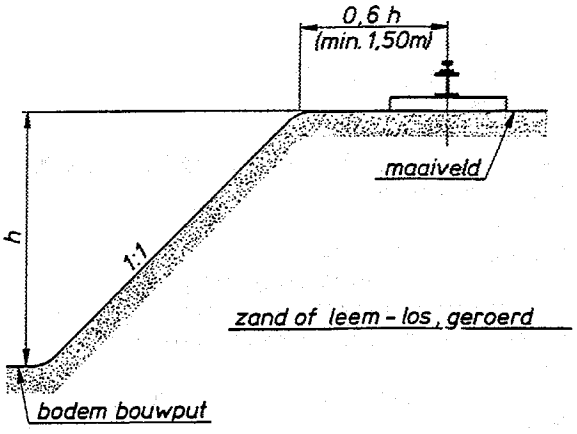
3.2.2 Om knelgevaar tussen enig deel van de kraan en het bouwwerk te voorkomen, moet de kraanbaan zodanig worden gelegd dat op elke plaats en bij elke stand van de kraan waar bedoeld gevaar zou kunnen optreden, ten minste 0,50 m vrije ruimte overblijft (zie afbeelding 6).

3.2.3 De kromtestraal van bochten in de kraanbaan mag niet kleiner zijn uitgevoerd dan de minimum-maat die de fabrikant van de bouwkraan hiervoor aangeeft.

3.2.4 Indien de kraanbaan langs een bouwput of sleuf moet worden gelegd, moet de kraanbaan zich op zodanige afstand van de rand van de bouwput bevinden dat hierdoor geen gevaar bestaat voor instorten of afkalven van taluds.
Wanneer de diepte van de bouwput niet meer dan 4 m bedraagt en de helling van de taluds niet groter is dan in de afbeeldingen 7 en 8 is aangegeven, moet de horizontale afstand van de rail aan de zijde van de bouwput tot de insteek van het talud ten minste bedragen:
– 0,45 h (met een minimum van 1,50 m) in vast, ongeroerd zand of leem (zie afbeelding 7);
– 0,6 h (met een minimum van 1,50 m) in los of geroerd zand of leem, waarbij h de diepte van de ingraving is (zie afbeelding 8).
Voor de afstanden in klei kunnen geen algemene regels worden gegeven; in het algemeen zullen deze afstanden groter moeten zijn dan voor zand en leem is aangegeven. Dit laatste geldt in nog sterkere mate voor veen.



Afb. 7 Afstand kraanbaan tot rand bouwput bij ongeroerd zand of leem



Afb. 8 Afstand kraanbaan tot rand bouwput bij geroerd zand of leem

BIJLAGE 2.4

Materieelkeuringen

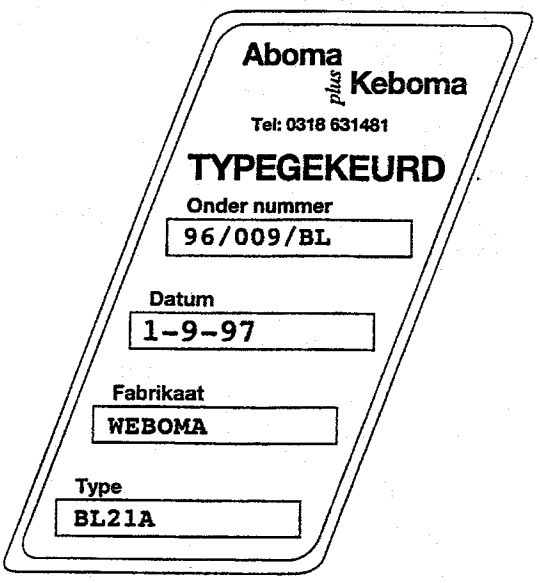
Er is bijna geen bouwwerk denkbaar waar geen materieel aan te pas komt. Materieel moet functioneel zijn, maar ook betrouwbaar. In concreto: storingen aan materieel moeten tot een minimum beperkt blijven en er moet veilig en gezond mee kunnen worden gewerkt, gericht op zowel de gebruiker als zijn omgeving. Er is daarom een veelheid aan regelgeving over het keuren van materieel. In de meeste gevallen wordt niet expliciet voorgeschreven wie de verschillende keuringen moet uitvoeren. Echter, de genoemde betrouwbaarheid is het best gediend met een terzake deskundig keurings-bureau, dat bovendien onafhankelijk is, dus geen belangenverstrengeling kent. Ook bij juridische aansprakelijkheid naar aanleiding van letsel en/of schade kan deze onafhankelijkheid een rol spelen. Een toenemend aantal grotere opdrachtgevers verlangt daarom van opdrachtnemers dat Aboma+Keboma wordt ingeschakeld. Aboma+Keboma is aangesloten bij Eurocert, een netwerk van Europese instellingen voor inspecties en productcertificatie. Het kan gaan om onderstaande materieelsoorten en keuringen.

Hijswerktuigen, zoals:
- mobiele kranen;
- torenkranen;
- bovenloopkranen/portaalkranen;
- autolaadkranen;
- multifunctionele werktuigen, ingezet voor hijswerkzaamheden;
- werfkranen;
- havenkranen;
- overslagkranen;
- containerkranen;
- drijvende kranen;
- off-shore kranen;
- elementenstelmachines;
- hijsgereedschappen.

Overig materieel, zoals:
- hoogwerkers en werkbakken;
- bouwliften;
- hangbruggen;
- glazenwassersinstallaties (waaronder hangladders);
- ladders en trappen;
- autoladders;
- leuning- en hekwerken;
- funderingsmachines en heistellingen;
- grondverzet- en wegenbouwmachines (waaronder uitvoeringen voor het incidenteel leggen van leidingen);
- transportwerktuigen (voor andere functies dan hijsen);
- steigersystemen (waaronder rolsteigers);
- ondersteuningsmaterieel, waaronder schroef-stempels;
- heftrucks;
- hefbruggen;
- multifunctionele werktuigen (voor andere functies dan hijsen);
- asfaltinstallaties;
- betoninstallaties;
- brekerinstallaties;
- boorinstallaties;
- handgereedschap;
- attractie- en speeltoestellen.

Keuringen en inspecties
Aboma+Keboma kent verschillende soorten keuringen en inspecties.

1. Typekeuring (ook EG-type-onderzoek)
Bij een typekeuring wordt van één exemplaar van een type vastgesteld of het voldoet aan het betreffende voorschrift. De fabrikant kan van elk volgend exemplaar van dit type een conformiteitsverklaring afgeven, waarin hij verklaart dat het overeenkomstig het typegekeurde exemplaar is.
Tevens wordt controle uitgeoefend op de conformiteit van de productie. Dit waarborgt dat alle te leveren exemplaren aan het voorschrift voldoen.



Figuur 1 Keurmerk van een typekeuring

Bij materieel dat onder de EG-Richtlijn Machines valt, spreken we over EG-type-onderzoek: daarmee wordt voor fabrikant of afnemer vastgesteld of een machine voldoet aan de fundamentele veiligheids- en gezondheidseisen van deze Richtlijn. In Nederland is een en ander ingevoerd via het Besluit Machines (vallend onder de Wet op de Gevaarlijke Werktuigen).

Het bijbehorende keurmerk is in figuur 1 weergegeven. Aan de fabrikant/leverancier wordt een nader overeen te komen aantal keurmerken verstrekt, die door hem op de betrokken machines kunnen worden aangebracht.
Bij het EG-type-onderzoek wordt tevens het technisch constructiedossier (zie Abomafoon 7.01) geverifieerd op volledigheid en juistheid, met inbegrip van de door de fabrikant opgestelde gevarenanalyse voor het gebruik van de machine. Zo'n EG-geschiktheidsonderzoek kan ook separaat worden uitgevoerd.

2. Stukskeuringen

Keuring voor eerste ingebruikname

Deze keuring is eenmalig. Gecontroleerd wordt of de machine voldoet aan de hiervoor geldende (veiligheids)voorschriften (veelal op basis van het Arbobesluit en relevante Beleidsregels/normen). Nadat een machine in orde is bevonden, worden de machinedocumenten gewaarmerkt en wordt een op datum gesteld keurmerk (zie figuur 2) verstrekt. Bij machines met CE-markering kan deze keuring in verkorte versie worden uitgevoerd.

Periodieke keuring

Deze keuring wordt jaarlijks uitgevoerd aan machines die een keuring voor eerste ingebruikname met goed gevolg hebben ondergaan. Deze keuring richt zich op de veiligheidstechnische aspecten en is tevens een conformiteitscontrole (gericht op de bij de eerste keuring vastgelegde specificaties). Nadat een machine in orde is bevonden, wordt een nieuw op datum gesteld keurmerk (zie figuur 2) verstrekt. Op verzoek kan de periodieke keuring worden uitgebreid met een controle op onderhoudsaspecten en/of een opstellingsinspectie.

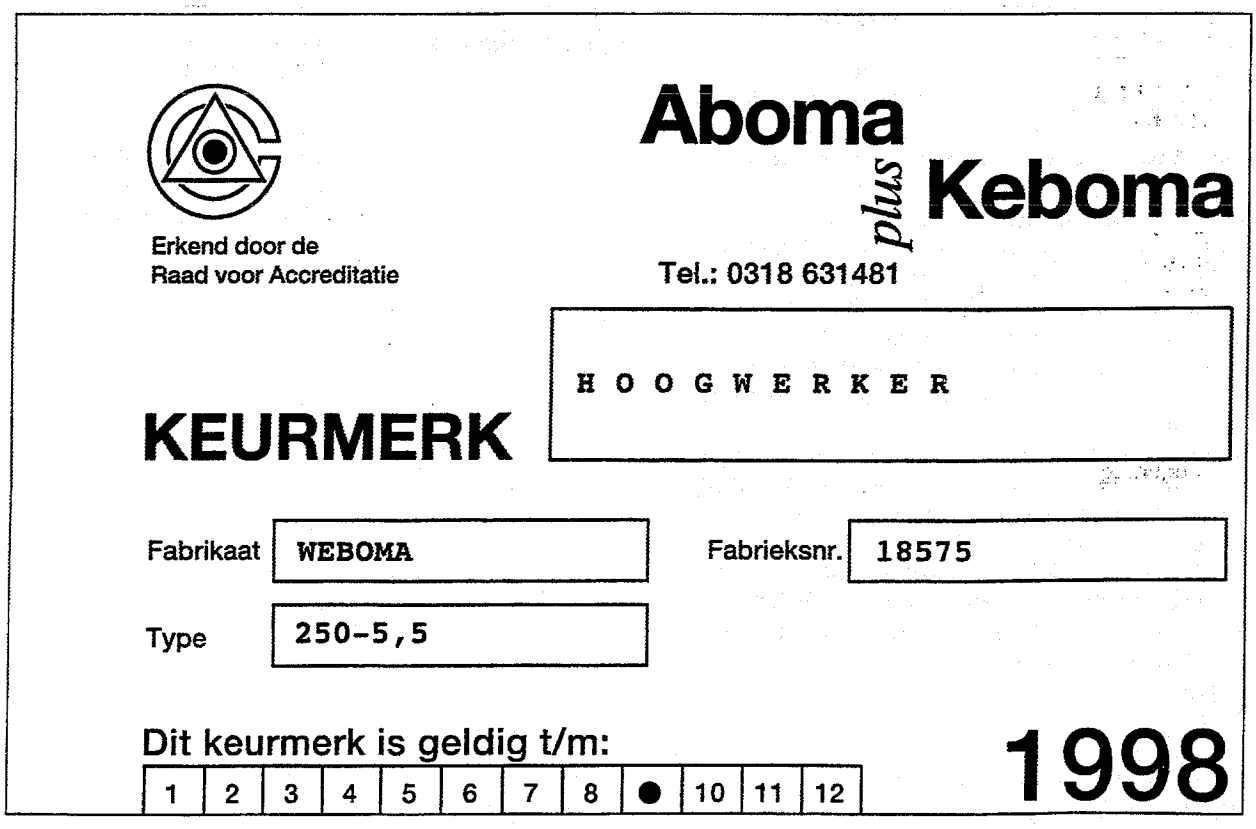
3. Inspecties

Veiligheidsinspectie

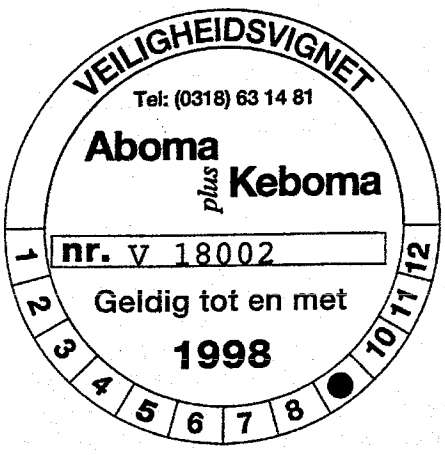
Indien materieel geen keuring voor eerste ingebruikname heeft ondergaan, kan een veiligheidsinspectie worden uitgevoerd. De inspectie is uitsluitend gericht op de toestand van de machine en de staat van onderhoud ervan in relatie tot veiligheidsaspecten. De inspectie geeft geen beeld of het materieel al dan niet aan normen en regelgeving voldoet. Nadat het materieel in orde is bevonden, wordt een genummerd en op datum gesteld veiligheidsvignet (zie figuur 3) verstrekt.
Het nummer verwijst naar het bijbehorende rapport. Op verzoek kan de veiligheidsinspectie worden uitgebreid met een controle op onderhoudsaspecten.

Opstellingsinspectie

Een opstellingsinspectie is niet uitsluitend gericht op de machine zelf, maar ook op de veilige inzet in relatie tot het uit te voeren werk (eveneens op basis van het Arbobesluit). De inspectie mag niet worden beschouwd als een periodieke keuring of veiligheidsinspectie. Er wordt na een opstellingsinspectie geen vignet verstrekt.



Figuur 2 Keurmerk van eerste en periodieke keuringen



Figuur 3 Veiligheidsvignet na inspectie

4. Overige activiteiten

- geluidsmetingen;
- taxaties van materieel en materieelparken;
- ongevalsonderzoek;
- controle van ontwerp en berekening van hijskranen en bouwmaterieel;
- opzetten van keuringsplannen;
- registratie van materieelgegevens.

Erkenningen

Aboma+Keboma beschikt over de volgende erkenningen:

- Raad voor Accreditatie: *Uitvoeren van systeemcertificatie* voor VCA, VCA Baggerbedrijf en NEN-ISO 9000 serie op basis van EN 45012 "Algemene criteria voor certificatie-instellingen die kwaliteitssysteemcertificatie uitvoeren".
- Raad voor Accreditatie: *Uitvoeren van product-certificatie* van materieel voor de bouw, wegenbouw en gelijksoortig, waaronder horizontaal en verticaal transport op basis van EN 45011 "Algemene criteria voor certificatie-instellingen die productcertificatie uitvoeren". Een door Aboma+Keboma geleverd certificaat wordt door andere Europese organisaties geaccepteerd.
- Ministerie SZW: *Keuren van hijswerktuigen* (Keboma) met een maximale last van 2 ton of meer en met een bedrijfslastmoment van 10 tonmeter of meer (erkenning binnen Nederland).
- Nobo/Ministerie SZW: *Uitvoeren van taken van een "Notified Body"* in het kader van de EG-Richtlijn Machines (type-certificatie, EG-type-onderzoek en EG-dossieronderzoek) van:
  - heftafels;
  - hefsteigers;
  - hefbruggen;
  - laadinrichting/- klep aan een voertuig;
  - hoogwerkers;
  - hangbruggen/gevelinstallaties;
  - machinistenliften van torenkranen;
  - werklift op funderingsmachine;
  - werkbak (aan hijskraan, heftruck e.d.);
  - kantelbeveiligingsinrichting (ROPS) en constructie ter beveiliging tegen vallende voorwerpen (FOPS) voor onder andere laders, trekkers en graders. (erkenning binnen de Europese Unie).
- Ministerie VWS: *Keuren van attractie- en speeltoestellen*, alsmede het afgeven van certificaten en aanbrengen van merken van goedkeuring en het verstrekken van verklaringen van geschiktheid voor technische dossiers, als bedoeld in het Besluit Veiligheid attractie- en speeltoestellen en de Regeling nadere regels voor attractie- en speeltoestellen (erkenning binnen Nederland).
- Ministerie VROM: *Meten van geluidsvermogens-niveau* van:
  - motorcompressoren;
  - torenkranen;
  - stroomaggregaten (voor laswerk en voor arbeidsvermogen);
  - sloophamers;
  - grondverzetmachines.

Deze gelden voor bovengenoemde erkenning binnen de Europese Unie.
En verder in het kader van de 'Regeling Vrije Afschrijving Milieu-investeringen' (Va-Mil) binnen Nederland:

- mobiele kranen;
- vorkheftrucks;
- bronbemalingspompen;
- houtversnipperaars.

Voor meer informatie:

Aboma+Keboma
Galvanistraat 1
Postbus 141
6710 BC Ede
telefoon 0318 631481
fax 0318 632013
e-mail info@aboma.nl

Dictaat

MECHANISATIE OP DE BOUWPLAATS

ir F.J.M. van Gassel
Drs H.J. van der Molen, Arbouw

3

Analyse van werkers

Inhoud

3.1. Inleiding

3.1.1 Wat is een werker?

In dit hoofdstuk wordt de werker, als onderdeel van een Werker-Werktuigsysteem geanalyseerd.
War is een werker?
Volgens Van Dale is een werker, iemand die werkt. En onder werken wordt verstaan een taak, beroep of bedrijf uitoefenen als bron van inkomsten.
Vergelijkbare begrippen zijn: persoon, arbeider of bouwvakker.

3.1.2 Basisschema Werker-Werktuigsysteem

De analyse van de werker als een aspectsysteem van het Werker-Werktuigsysteem vindt plaats door na te gaan welke relaties er bestaan tussen het werktuig en de werker en tussen de werker en de omgeving.
Het WW-systeem wordt verder uitgesplitst in de volgende deelsystemen:

Werker:
- Zintuigen
- Beslissingsorgaan en geheugen
- Spierskeletstelsel

Werktuig:
- Informatiepunten
- Bedieningsmiddelen

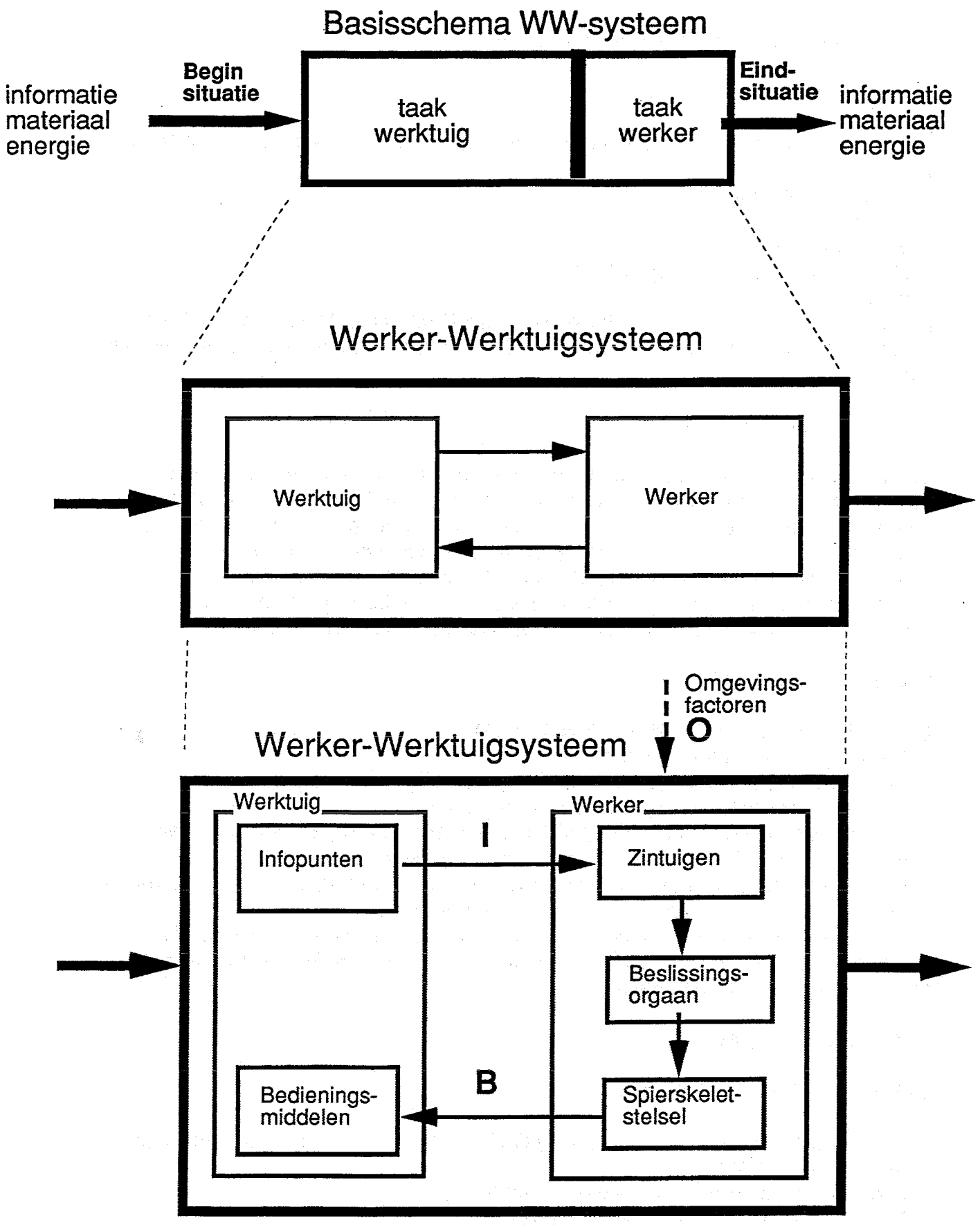
Tussen deze deelsystemen bestaan de volgende relaties:
- relatie tussen informatiepunten en zintuigen:
  de informatiepresentatie **-I-**
- relatie tussen spierskeletsysteem en bedieningsmiddelen:
  de bedieningsmiddelen **-B-**

Tussen deze deelsystemen en de omgeving bestaan de
de omgevingsfactoren **-O-**.

Het schema is in figuur 3.1 weergegeven.

De wetenschap die zich bezig houdt met die relaties en omgevingsfactoren is de (produktie)ergonomie. Het woord ergonomie komt van de griekse woorden ergon (arbeid) en nomos (wet).

Het Tijdschrift voor Ergonomie omschrijft het begrip als volgt:
"Ergonomie streeft naar het zodanig ontwerpen van gebruiksvoorwerpen, technische systemen en taken, dat de veiligheid, de gezondheid, het comfort en het doeltreffend functioneren van mensen worden bevorderd".



Figuur 3.1 Basisschema Werker-Werktuigsysteem

3.2 Beschrijving relaties WW-systeem

3.2.1 Informatiepresentatie

De informatie kan op de volgende manieren aan de werker worden gepresenteerd, via:
- teksten en tekens,
- beeldschermen,
- aanwijsinstrumenten,
- signaal en waarschuwingslichten en
- auditieve informatie.

Deze opsomming is afkomstig uit het Jaarboek Ergonomie [Voskamp]. Dit boek beschrijft de eisen die aan de verschillende informatiepresentaties kunnen worden gesteld.

3.2.2 Bedieningsmiddelen

De werker gebruikt bedieningsmiddelen om informatie aan het werktuig door te geven. Bij het ontwerp van de bedieningsmiddelen moet men volgens het Jaarboek Ergonomie rekening houden met de veiligheid bij het gebruik van de machine en met de doelmatigheid waarmee een taak wordt uitgevoerd.
Ook zal men rekening moeten houden met de afmetingen van de werker en met de mogelijkheid dat een werker het bedieningsmiddel onjuist kan bedienen. De wetenschap die zich hiermee bezig houdt noemt men de Antropometrie.

3.2.3 Omgevingsfactoren

Op de werker werken de volgende factoren in:
- Hinderlijk en schadelijk geluid.
- Trillingen veroorzaakt door aangedreven werktuigen worden door bedieningsmiddelen op de werker overgebracht.
- Thermische klimaat en luchtreinheid. De werker op de bouwplaats kan last hebben van koude, warmte, vocht, regen, sneeuw, wind en stof.
- Licht om te kunnen werken. Op de bouwplaats komt het voor dat er onvoldoende of slecht licht is om een taak te kunnen uitvoeren.

Aan deze factoren mag de werker maar in beperkt mate worden blootgesteld. Richtlijnen, normen en wet- en regelgeving geven aan in welke mate de werker hieraan mag worden blootgesteld.

3.3 Belastingen

3.3.1 Soorten belastingen

De bovenstaande relaties en omgevingsfactoren belasten de werker. Deze kan men als volgt indelen:
- Mentale belasting (functie ontwerp, werktijden).
- Fysische belasting (kou, trilling, lawaai).
- Chemische belasting (oplosmiddelen).
- Fysieke belasting.

Wat de fysieke belasting voor de werker betekent wordt in de volgende paragrafen uitgelegd.

3.3.2 Fysieke belasting

Het bedienen van een werktuig levert de werker een fysieke belasting op. Wat verstaan we nu onder fysieke belasting. De publikatie "Herkennen en voorkomen van fysieke belasting tijdens arbeid" [V25] beschrijft de fysieke belasting als volgt:

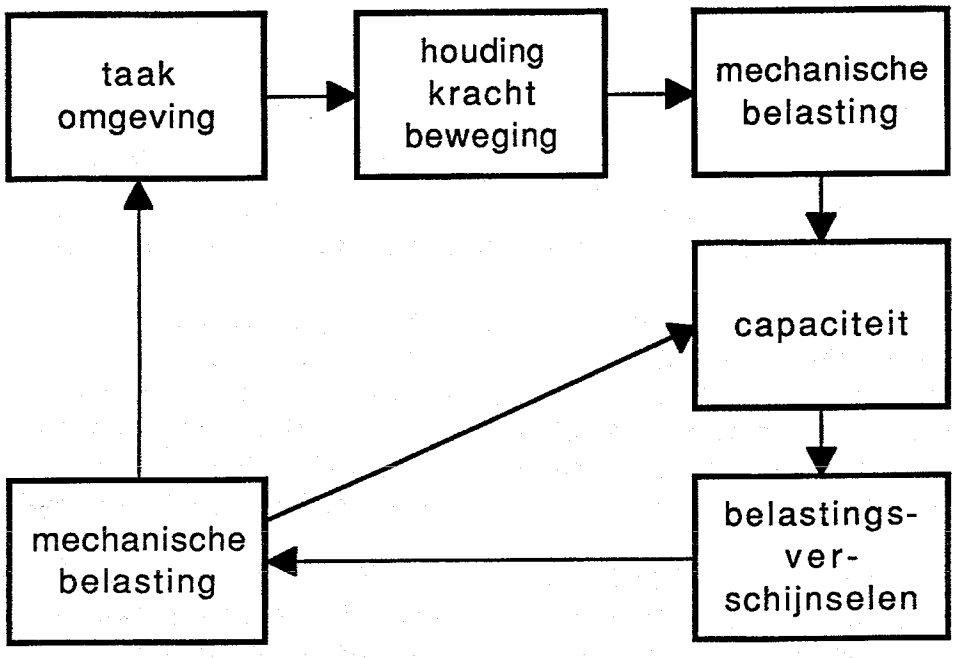
"Het houdings- en bewegingsapparaat geeft de mens de mogelijkheid een (werk)houding aan te nemen en kracht uit te oefenen op de omgeving. Arbeid kan dit houdings- en bewegingsapparaat zodanig belasten dat er problemen kunnen ontstaan. Om gezond te kunnen werken is het nodig dat het werk afgestemd is op de fysieke mogelijkheden van de mens. Helaas is dit niet altijd zo. Het blijkt dat bij veel werkzaamheden een te hoge en/of foutieve (b.v. eenzijdige) fysieke belasting ontstaat.
Een te hoge en/of foutieve belasting kan lichamelijke klachten veroorzaken. Is de belasting te zwaar voor de botten, spieren, banden en gewrichten dan spreken we van mechanische overbelasting. Is de belasting door een grote inspanning te zwaar voor het hart-longapparaat dan ontstaat ernstige vermoeidheid. We spreken dan van energetische overbelasting".

De gevolgen voor fysieke overbelasting zijn:
- hoog ziekteverzuim,
- intrede in de WAO,
- uittrede uit bedrijfstak bouw van werknemers,
- lage intrede van jonge mensen.

Deze gevolgen zijn een groot probleem voor onze samenleving zowel op economisch als sociaal terrein.

3.3.2 Fysieke belasting en belastbaarheid

Een verhoogd risico op schade aan het menselijk lichaam ontstaat wanneer de fysieke belasting de individuele belastbaarheid overschrijdt.
Door Van Dijk en medewerkers is hiervoor een model belasting-belastbaarheid ontworpen. Zie figuur 3.2.
De uitvoering van een taak in een specifieke omgeving leidt tot een houding en beweging, waarbij kracht wordt uitgeoefend. Daardoor zal een mechanische belasting in het bewegingsstelsel optreden. Afhankelijk van de capaciteit van de aan de belasting blootgestelde bewegingsstelsel kan schade optreden waardoor de capaciteit zal afnemen. Op langere termijn kan daardoor pijn optreden. De uitvoering van de taak wordt daardoor negatief beïnvloed, dan wel onmogelijk gemaakt. Met name pijn leidt vaak tot een andere houding dan wel beweging, waarmee de cirkel gesloten is. [Van Dijk]



Figuur 3.2 Model belasting-belastbaarheid naar Van Dijk en andere (1990)

3.3.3 Richtlijnen fysieke belasting

De prestatie van een Werker-Werktuigsysteem wordt min of meer bepaald door een goede afstemming tussen werker en werktuig. De mens en de machine hebben ieder hun eigen karakteristiek. De kunst van het inzetten van (nieuw) materieel is om deze karakteristieken zo goed mogelijk op elkaar af te stemmen.
Als hulp hiervoor heeft de ARBOUW richtlijnen voor fysieke belasting in de bouwnijverheid uitgegeven. In bijlage 3.1 is deel 1: praktijkrichtlijnen opgenomen.

Het kiesschema op bladzijde vier van de ARBOUW richtlijnen verwijst naar een aantal specifieke richtlijnen:
- ARBOUW-richtlijn voor tillen.
- ARBOUW-richtlijn voor duwen en trekken.
- ARBOUW-richtlijn voor dragen.
- ARBOUW-richtlijn voor statische belasting.
- ARBOUW-richtlijn voor repeterend handelen.

3.3.4 ARBOUW-richtlijn voor tillen

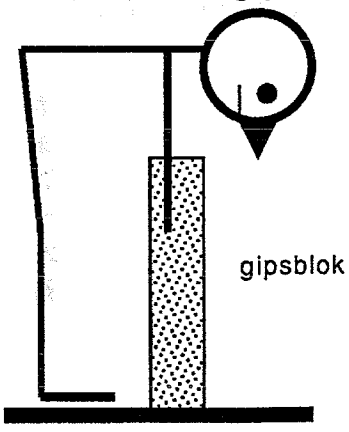
De Arbouw-richtlijn voor tillen is gebaseerd op NIOSH, 1991 en Mital et al., 1993. De Sectie Uitvoeringstechniek is in het bezit van het computer-programma Til-ADVISEUR. Met de Til-ADVISEUR kunnen tiltaken in werksituaties geregistreerd en beoordeeld worden volgens de NIOSH formule. Voorts worden suggesties gegeven ter verbetering van de situatie. Enige kennis van de NIOSH formule is nodig, met name van de randvoorwaarden waarbinnen deze formule nog toepasbaar is en de interpretatie daarvan. Informatie over deze NIOSH formule wordt in bijlage 3.2 door het afdrukken van een artikel uit het "Tijdschrift voor Ergonomie" gegeven.
Door de Arbouw is een oplossingenmodule voor de bouw uitgegeven. Deze

module is gebaseerd op het A-blad Tillen dat de Stichting Arbouw uitgeeft. Bij deze oplossingsmodule wordt tevens de mogelijkheid geboden een beoordeling op te vragen niet alleen voor tweehandige tilsituaties, maar ook voor dragen, éénhandig tillen, tillen in beperkte ruimten en tillen in zittende, gehurkte of geknielde houdingen. Deze moduul is bij de sectie Uitvoeringstechniek beschikbaar.

3.6 Inleiding opgaven

Hieronder volgt een aantal opgaven die met behulp van de NIOSH formule, beschreven in bijlage 3.2, gemaakt kunnen worden. Het gebruik van het computerprogramma Til-ADVISEUR is daarbij niet nodig.
Bij de berekening van een enkelvoudige tiltaak dient de RWL (=recommended weight limit) altijd berekend te worden voor het begin van de tiltaak. DE RWL dient ook voor het eind van de tiltaak berekend te worden als:
- de werknemer de last opnieuw moet vastpakken,
- de werknemer tijdelijk het object moet stilhouden bij het eind van de tilhandeling, of
- de werknemer het object nauwkeurig moet geleiden of plaatsen aan het eind van de tilhandeling.

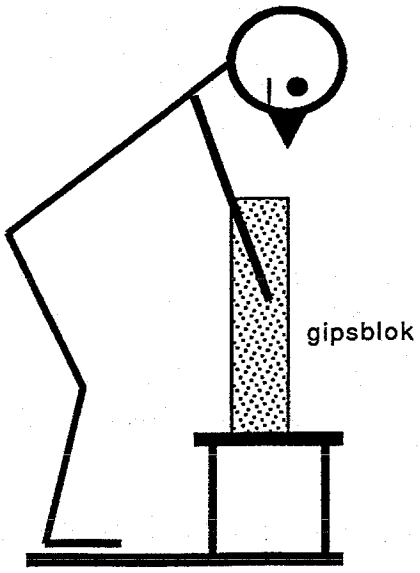
3.6.1 Tillen gipsblokken



Een gipsblokkensteller plaatst scheidingswanden in huizen. Dit is lichamelijk zwaar werk. Gemiddeld verwerkt een gipsblokkensteller 150 blokken per dag. De gipsblokken wegen 22 kg. Het grootste knelpunt bleek het optillen van deze blokken.

Gegevens over de houding.
Een 22 kg zwaar blok wordt opgetild en nauwkeurig op de andere geplaatst. De horizontale afstand tot aan de enkels is 35 cm. De verticale afstand van de handen tot vloer is 20 cm. De tillast legt in verticale richting 35 cm af. De tilfrequentie is 0,5 per minuut en het betreft continu laag tillen gedurende 6 uur zonder pauze. Het contact met de last is gewoon. De romp wordt tijdens het tillen15 graden geroteerd.

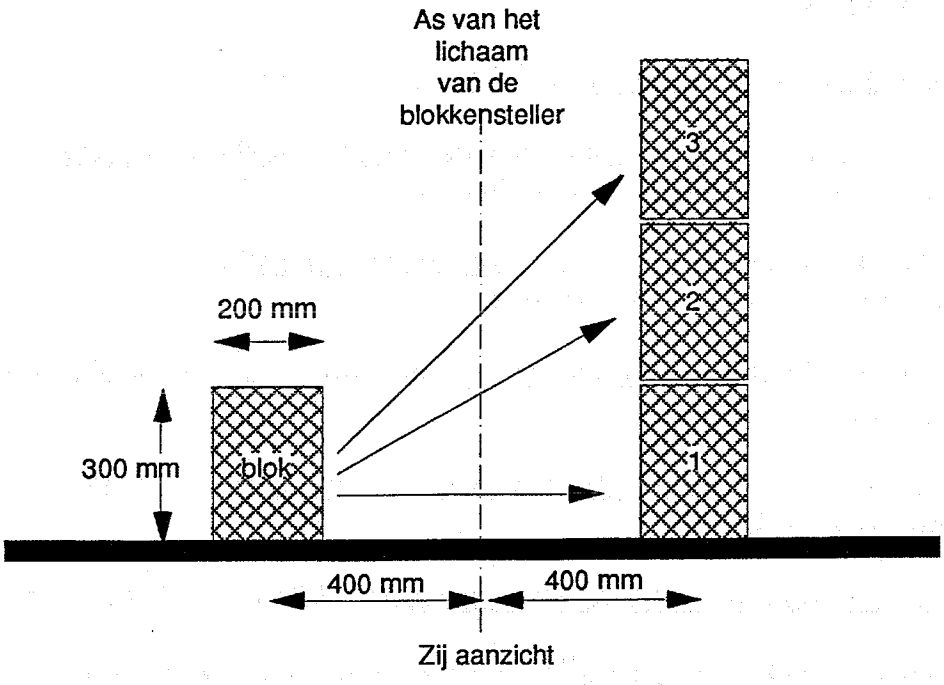
Opgaven.
a..Hoeveel kg is de blok te zwaar?
b. Aanpassing werktijd
Het gewicht van de blok blijft 22 kg. De horizontale afstand van het gewicht tot aan de enkels is 30 cm. De verticale afstand van de handen tot de vloer is 20 cm. De tillast legt in verticale richting 35 cm af. De tilfrequentie is 0,5 per minuut en er wordt een pauze toegevoegd. twee uur tillen en daarna een halfuur pauze. Hoeveel kg is de blok nu te zwaar?



c. Blok verhoogd klaar gezet.
Het gewicht van de blok blijft nu ook 22 kg De horizontale afstand van het gewicht tot aan de enkels is 20 cm. De verticale afstand van de handen tot de vloer is 60 cm. De tillast legt in verticale richting 10 cm af. De tilfrequentie is 0,2 per minuut en wordt daarna 45 minuten pauze genomen.
Hoeveel kg is de blok nu te zwaar?

3.6.2 Tillen kalkzandsteenblokken

Wanneer kalkzandsteenblokken met de hand worden nauwkeurig gestapeld, is het gewicht van de blok aan een maximum gebonden. Met de NIOSH-formule kan men voor een bepaalde tilsituatie uitrekenen wat het toelaatbare tilgewicht mag zijn van een kalkzandsteenblok.
In de onderstaande figuur zijn drie tilsituaties weergegeven.
De blokkensteller kan de blokken aan de bovenkant vastpakken.
De blokkensteller heeft voldoende ruimte om de voeten het draaiwerk te laten doen.



Vragen:
1. Reken de maximale toelaatbare blokgewicht uit voor de drie tilsituaties.
2. Bedenk een verbetering voor de drie tilsituaties zodat het blokgewicht minimaal 1 kg zwaarder kan.

Gebruikte literatuur

Dijk

Voskamp, P., 1994, Jaarboek Ergonomie 1994, Samson Bedrijfsinformatie, Alphen aan den Rijn.

V25, 1991, Herkennen en voorkomen van fysieke belasting tijdens arbeid, Arbeidsinspectie, Den Haag.

Aanbevolen literatuur

Bontekoe, I., 1993, Transport in de afbouw, Arbouw, Amsterdam.

Miedema en andere, Ergonomische aanbevelingen voor de volhoudtijd van statisch staande houdingen, Tijdschrift voor Ergonomie, April 1993.

Molen, van der, H., Arbouw certificeert cursussen fysieke belasting, Arbeidsomstandigheden Concreet, 4 (1995) mei.

Molen, van der, H., Maximale Arbouw Limiet haalbaar, Arbeidsomstandigheden Concreet, 5 (1996) maart.

Molen, van der, H. en andere, 1994, Tiloplossingen in groot onderhoud en renovatie, Arbouw, Amsterdam.

(-), Richtlijnen voor het Manueel Verplaatsen van Lasten, ISBN 90-800437-7-X.

(-), 1991, Fysieke belasting in de bouw CV 23, Arbeidsinspectie, Den Haag.

BIJLAGE 3.1

ARBOUW RICHTLIJNEN VOOR FYSIEKE BELASTING IN DE BOUWNIJVERHEID

deel 1: praktijkrichtlijnen

INHOUD

Amsterdam, augustus 1996

ARBOUW-RICHTLIJNEN

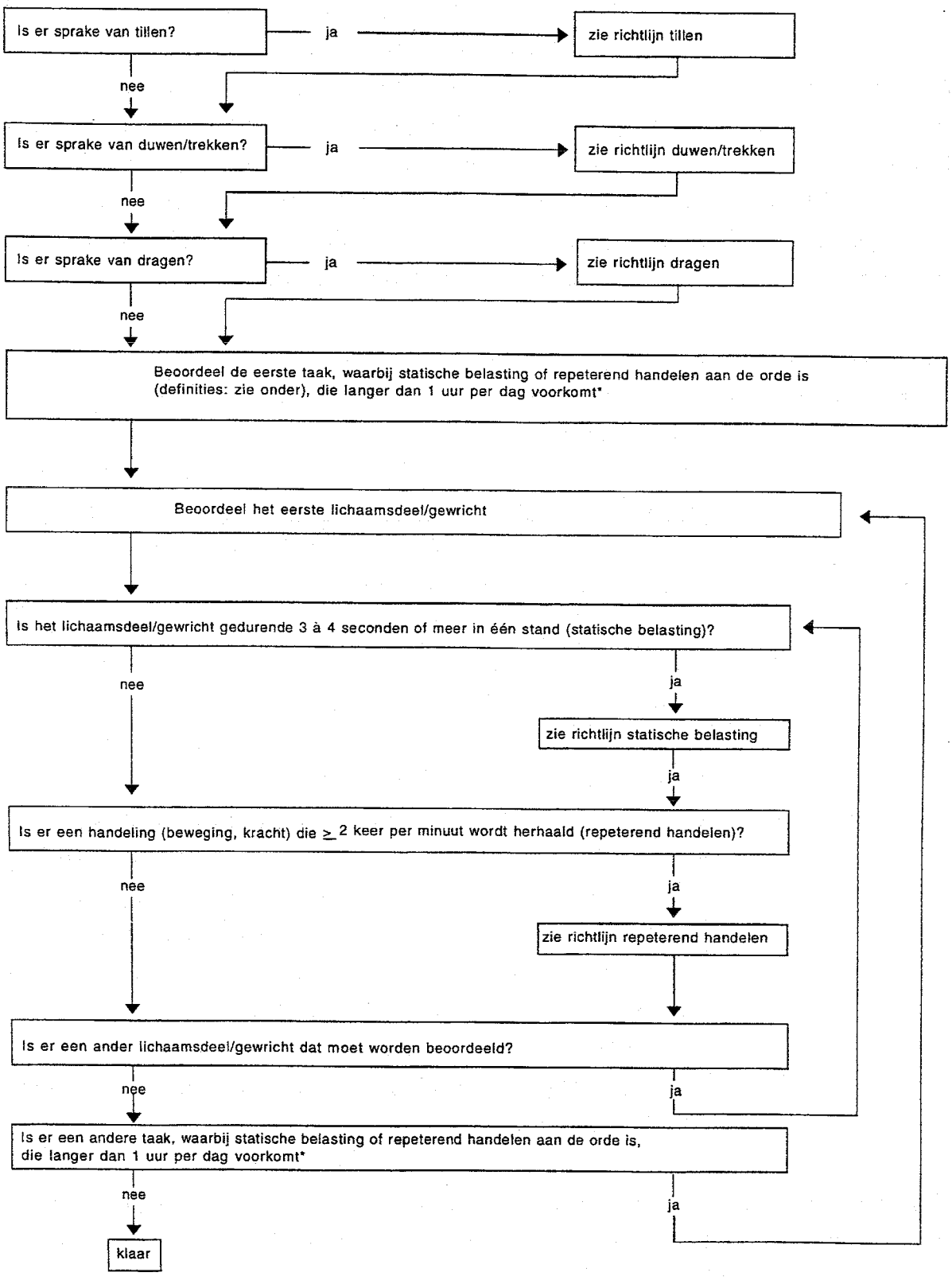
Aanbevolen wordt om voorafgaand aan een beoordeling van fysieke belasting a) kennis te nemen van deel 2 van het onderhavig basisdocument "Arbouw-richtlijnen voor fysieke belasting in de bouwnijverheid": wetenschappelijke onderbouwing en b) het navolgende kiesschema te gebruiken. Met het schema kan successievelijk worden nagegaan of er sprake is van tillen, duwen/trekken of dragen. Wanneer een bepaalde vorm van fysieke belasting aan de orde is, dient de betreffende richtlijn gehanteerd te worden. Daarna wordt beoordeeld of er sprake is van statische belasting en/of repeterend handelen. Dit gebeurt voor de diverse lichaamsdelen/gewrichten afzonderlijk en voor de mate van krachtuitoefening.

Bij de richtlijnen is gebruik gemaakt van drie beoordelingsgebieden:

1. een ***groen*** gebied: basaal (niet-verhoogd) risico op gezondheidsschade voor ≥90% van de mannen (P90♂);
2. een ***geel*** gebied: verhoogd risico op gezondheidsschade; <u>maatregelen opnemen in plan van aanpak; bij voorkeur direct maatregelen nemen</u>; bij richtlijnen ten aanzien van uitwendige krachtuitoefening (in kilogram bij een gewicht of in kilogramforce bij een kracht) zoals voor tillen, duwen/ trekken, dragen en repeterend handelen (kracht) geeft het gebied aan, dat tussen de 25% en 90% van de mannen (P25♂-P90♂) een bepaalde uitwendige kracht kan leveren. Houdingen en repeterende bewegingen met een verhoogd risico op gezondheidsschade zijn bij taakduren tussen 1 en 4 uur ook in dit gele gebied opgenomen;
3. een ***rood*** gebied: verhoogd risico op gezondheidsschade; <u>direct maatregelen nemen</u>; dit gebied wordt gehanteerd bij alle deelgebieden van fysieke belasting; bij richtlijnen ten aanzien van uitwendige krachtuitoefening (in kilogram bij een gewicht of in kilogramforce bij een kracht), zoals tillen, duwen/trekken, dragen en repeterend handelen (kracht), geeft het gebied aan, dat ≤25% van de mannen (P25♂) een bepaalde uitwendige kracht kan leveren. Houdingen en repeterende bewegingen met een verhoogd risico op gezondheidsschade zijn bij taakduren van meer dan 4 uur ook in dit rode gebied opgenomen.

Indien bij een populatie werknemers een relatief hoog klachtenniveau wordt geconstateerd en bij toepassing van de richtlijnen geen verhoogd gezondheidsrisico wordt vastgesteld, is nadere aandacht te allen tijde noodzakelijk.

Kiesschema ter beoordeling van fysieke belasting



* Dat wil zeggen een aaneengesloten periode van taakuitvoering of perioden opgeteld. Indien verschillende taken dezelfde lichaamsregio belasten (repeterend of statisch), dienen de tijdsduren te worden opgeteld.

1. ARBOUW-RICHTLIJN VOOR TILLEN (gebaseerd op NIOSH, 1991 en Mital et al., 1993)

De volgende situaties zijn rood:

- meer dan 25 kg tillen in stand;
- meer dan 10 kg tillen zittend, gehurkt of geknield;
- meer dan 17 kg eenhandig tillen;
- een horizontale afstand groter dan 63 cm;
- meer dan 135° asymmetrisch tillen;
- hoger dan 175 cm vanaf vloer tillen;
- lager dan de vloer tillen;
- vaker dan 15 maal per minuut tillen.

Er zijn aparte tabellen met richtlijnen voor symmetrisch en asymmetrisch tillen, alsmede een tabel met een vermenigvuldigingsfactor bij beperkte hoofdruimte. Bij een til-index ≤ 1, is de situatie groen; bij 1-3, geel; bij ≥ 3, rood. Een index groter dan 1 betekent een verhoogd risico op gezondheidsschade, i.c. klachten en aandoeningen van het bewegingsapparaat. Een hogere index betekent een hoger risico. Indien er sprake is van beperkte hoofdruimte, wordt de gevonden til-index uit een van beide eerstgenoemde tabellen vermenigvuldigd met de betreffende factor uit de derde tabel. Een vierde tabel geeft richtlijnen voor zittend, gehurkt, geknield en eenhandig tillen.

Til-indices voor *symmetrische* tweehandig tillen (0° romprotatie) met een werkhoogte van 175 cm en verticale verplaatsing van 175 cm bij een werkduur van 8 uur zonder rustduur. De waarden tussen haakjes geven de til-indices weer van een optimale symmetrische tilsituatie (werkhoogte: 75 cm; tilafstand: 0 cm; werkduur: 1 uur; rustduur: 7 uur).

		frequentie		
tilgewicht	horizontale afstand	5-9 maal per minuut	1-5 maal per minuut	<1 maal per minuut
	≤25 cm	***2.8 (0.5)***	***1.2 (0.3)***	0.5 (0.3)
0-5 kg	25-40 cm	4.2 (0.7)	***1.9 (0.5)***	0.9 (0.4)
	40-63 cm	7.1 (1.7)	***2.9 (0.8)***	***1.4 (0.6)***
	≤25 cm	5.9 (0.9)	***2.3 (0.6)***	***1.1 (0.5)***
5-10 kg	25-40 cm	8.3 (1.5)	3.7 (1.0)	***1.7 (0.8)***
	40-63 cm	14.2 (2.3)	5.9 (1.5)	***2.7 (1.3)***
	≤25 cm	8.3 (1.4)	3.5 (0.9)	***1.6 (0.8)***
10-15 kg	25-40 cm	12.5 (2.2)	5.6 (1.4)	***2.6 (1.2)***
	40-63 cm	21.4 (1.9)	8.8 (2.3)	4.1 (1.9)
	≤25 cm	11.1 (1.9)	4.7 (1.2)	2.2 (1.0)
15-20 kg	25-40 cm	16.6 (2.9)	7.4 (1.9)	3.5 (1.6)
	40-63 cm	28.5 (4.7)	11.7 (3.0)	5.4 (2.6)
	≤25 cm	13.8 (2.3)	5.8 (1.5)	2.7 (1.3)
20-25 kg	25-40 cm	20.8 (3.7)	9.3 (2.4)	4.3 (2.0)
	40-63 cm	35.7 (5.8)	14.7 (3.8)	6.8 (3.2)

Til-indices voor *asymmetrische* tweehandig tillen (135° romprotatie) met een werkhoogte van 175 cm en verticale verplaatsing van 175 cm bij een werkduur van 8 uur zonder rustduur. De waarden tussen haakjes geven de til-indices weer van een optimale asymmetrische tilsituatie (werkhoogte: 75 cm; tilafstand: 0 cm; werkduur: 1 uur; rustduur: 7 uur).

		frequentie		
tilgewicht	horizontale afstand	5-9 maal per minuut	1-5 maal per minuut	< 1 maal per minuut
	≤25 cm	4.6 (0.8)	***2.0 (0.5)***	0.9 (0.5)
0-5 kg	25-40 cm	7.1 (1.3)	3.3 (0.8)	***1.5 (1.7)***
	40-63 cm	12.5 (2.0)	5.0 (1.3)	***2.4 (1.1)***
	≤25 cm	9.1 (1.6)	4.0 (1.1)	***1.9 (0.9)***
5-10 kg	25-40 cm	14.2 (2.6)	6.7 (1.7)	3.0 (1.4)
	40-63 cm	25.0 (4.0)	10.0 (2.6)	4.8 (2.3)
	≤25 cm	13.6 (2.5)	6.0 (1.6)	***2.8 (1.4)***
10-15 kg	25-40 cm	21.4 (3.9)	10.0 (2.5)	4.6 (2.1)
	40-63 cm	37.5 (6.0)	15.0 (4.0)	7.1 (3.4)
	≤25 cm	18.1 (3.3)	8.0 (2.1)	3.8 (1.8)
15-20 kg	25-40 cm	29.1 (5.1)	13.3 (3.4)	6.1 (2.9)
	40-63 cm	50.0 (8.0)	20.0 (5.3)	9.5 (4.5)
	≤25 cm	22.7 (4.1)	10.0 (2.7)	4.7 (2.3)
20-25 kg	25-40 cm	35.7 (6.4)	16.6 (4.2)	7.6 (3.6)
	40-63 cm	62.5 (10.0)	25.0 (6.6)	11.9 (5.7)

Vermenigvuldigingsfactor bij beperkte hoofdruimte voor de tiller.

	factor
volledig rechtop	1.00
95% rechtop	1.67
90% rechtop	2.50
85% rechtop	2.60
80% rechtop	2.78

Richtlijnen voor zittend, gehurkt, geknield en eenhandig infrequent tillen

	kracht	
	groen/geel-grens	geel/rood-grens
zittend, gehurkt of geknield	4.5 kgf	10 kgf
eenhandig	7.5 kgf	17 kgf

Bij frequent tillen (≥2/minuut) en langere taakduur (>1 uur per dag) zijn de richtlijnen voor repeterend handelen van toepassing.

2. ARBOUW-RICHTLIJN VOOR DUWEN EN TREKKEN (gebaseerd op Mital et al., 1993 en NF X 35-106)

2.1. Lopend duwen en trekken met inzet van het lichaamsgewicht

De onderstaande richtlijnen voor tweehandig duwen en trekken zijn geldig voor een 8-urige werkdag en een gunstige handhoogte (95-130 cm). Een nadere analyse is nodig bij (dreigend) uitglijden, een hoge loopsnelheid, een ongunstige lokatie van het aangrijpingspunt van de handen (te hoog of te laag, niet recht voor het lichaam), een ongunstige (dat wil zeggen niet vrij te kiezen) en/of belastende lichaamshouding, een asymmetrische krachtuitoefening (eenhandig, koerswijzigingen), en slecht zicht op de ondergrond, obstakels en verdere omgeving. In elke cel van de drie tabellen is, naast de beoordeling groen/ geel/rood, ook een duw/trek-index vermeld. Een index groter dan 1 betekent een verhoogd risico op gezondheidsschade, i.c. klachten en aandoeningen van het bewegingsapparaat. Een hogere index betekent een hoger risico.

Duwend in gang zetten van een last. * = meestal niet mogelijk vanwege (dreigend) uitglijden.

	frequentie			
duwkracht	2.5x/minuut-1x/minuut	1x/minuut-1x/5 minuten	1x/5 minuten-1x/8 uur	≤1x/8 uur
0-25 kgf	1.0 groen	1.0 groen	0.9 groen	0.8 groen
25-30 kgf*	***1.2 geel***	***1.2 geel***	***1.1 geel***	1.0 groen
30-45 kgf*	***1.8 geel***	***1.7 geel***	***1.6 geel***	***1.5 geel***
45-50 kgf*	2.0 rood	***1.9 geel***	***1.8 geel***	***1.7 geel***
50-65 kgf*	2.6 rood	2.5 rood	2.3 rood	***2.2 geel***
>65 kgf*	>2.6 rood	>2.5 rood	>2.3 rood	>2.2 rood

Trekkend in gang zetten van een last. * = meestal niet mogelijk vanwege (dreigend) uitglijden.

	frequentie			
trekkracht	2.5x/minuut-1x/minuut	1x/minuut-1x/5 minuten	1x/5 minuten-1x/8 uur	≤1x/8 uur
0-20 kgf	1.0 groen	1.0 groen	1.0 groen	1.0 groen
20-40 kgf*	***2.0 geel***	***2.0 geel***	***2.0 geel***	***2.0 geel***
40-45 kgf*	2.3 rood	2.3 rood	***2.3 geel***	***2.3 geel***
45-50 kgf*	2.5 rood	2.5 rood	2.5 rood	***2.5 geel***
>50 kgf*	>2.5 rood	>2.5 rood	>2.5 rood	>2.5 rood

Duwend of trekkend in gang houden van een last.

* = meestal niet mogelijk vanwege (dreigend) uitglijden;

\- = deze combinatie van factoren is niet mogelijk.

duw-/ trekkracht	afstand	frequentie			
		2.5x/minuut-1x/minuut	1x minuut-1x/5 minuten	1x/5 minuten-1x/8 uur	≤1x/8 uur
0-5 kgf	2-15 m	0.8 groen	0.4 groen	0.4 groen	0.3 groen
	15-30 m	-	0.8 groen	0.4 groen	0.3 groen
	30-60 m	-	-	0.6 groen	0.4 groen
5-10 kgf	2-15 m	***1.5 geel***	0.9 groen	0.7 groen	0.6 groen
	15-30 m	-	***1.5 geel***	0.8 groen	0.6 groen
	30-60 m	-	-	***1.2 geel***	0.9 groen
10-15 kgf	2-15 m	2.3 rood	***1.3 geel***	***1.1 geel***	0.9 groen
	15-30 m	-	2.3 rood	***1.3 geel***	0.9 groen
	30-60 m	-	-	***1.8 geel***	***1.3 geel***
15-20 kgf	2-15 m	3.1 rood	1.7 rood	***1.5 geel***	***1.2 geel***
	15-30 m	-	3.1 rood	***1.7 geel***	***1.2 geel***
	30-60 m	-	-	2.3 rood	***1.7 geel***
20-25 kgf*	2-15 m	3.8 rood	2.2 rood	***1.9 geel***	***1.5 geel***
	15-30 m	-	3.8 rood	***2.1 geel***	***1.5 geel***
	30-60 m	-	-	2.9 rood	2.2 rood
25-30 kgf*	2-15 m	4.6 rood	2.6 rood	2.2 rood	***1.8 geel***
	15-30 m	-	4.6 rood	2.5 rood	***1.8 geel***
	30-60 m	-	-	3.5 rood	2.6 rood
>30 kgf*	2-15 m	>4.6 rood	2.6 rood	>2.2 rood	>1.8 rood
	15-30 m	-	>4.6 rood	>2.5 rood	>1.8 rood
	30-60 m	-	-	>3.5 rood	>2.6 rood

2.2. Op de plek duwen en trekken met inzet van het lichaamsgewicht

De richtlijnen voor 'in gang zetten van een last' (zie de eerste twee tabellen sub § 2.1) zijn ook van kracht voor op de plek duwen en trekken met inzet van het lichaamsgewicht.

2.3. Op de plek duwen en trekken met de armen

Onderstaande richtlijnen voor op de plek duwen en trekken met de armen zijn geldig, indien de houdingen van de romp en bovenste extremiteiten als groen worden beoordeeld (zie de arbouw-richtlijn voor repeterend handelen), de handen niet verder reiken dan ongeveer driekwart van de maximale armreikwijdte (romp rechtop) en zich bevinden op een hoogte tussen de schouders en het bekken.

Richtlijnen voor infrequent op de plek duwen en trekken met de armen. De aanduidingen A en B verwijzen respectievelijk naar de vormen van krachtuitoefening ad A en B bij de richtlijnen voor repeterend handelen.

	kracht	
	groen/ geel-grens	geel/ rood-grens
A	7.5 kgf	17.0 kgf
B	19.0 kgf	43.0 kgf

Bij frequent duwen/trekken (≥2/minuut) en langere taakduur (>1 uur per dag) zijn de richtlijnen voor repeterend handelen van toepassing.

3. ARBOUW-RICHTLIJN VOOR DRAGEN (gebaseerd op Mital et al., 1993)

De volgende situatie is rood:

- meer dan 25 kg dragen;
- meer dan 10.5 kg eenhandig infrequent dragen.

De onderstaande richtlijn voor tweehandig dragen is geldig voor een 8-urige werkdag tijdens staan en lopen en een draaghoogte op vuisthoogte (bij afhangende armen). In elke cel van de tabel is, naast de beoordeling groen/geel/rood, ook een draag-index vermeld. Een index groter dan 1 betekent een verhoogd risico op gezondheidsschade, i.c. klachten en aandoeningen van het bewegingsapparaat. Een hogere index betekent een hoger risico.

draag-gewicht	afstand	frequentie			
		3x/minuut-1x/minuut	1x/minuut-1x/5 minuten	1x/5 minuten-1x/8 uur	≤1x/8 uur
0-10 kg	≤2.0 m	0.5 groen	0.5 groen	0.4 groen	0.4 groen
	2-8.5 m	0.8 groen	0.6 groen	0.5 groen	0.4 groen
10-15 kg	≤2.0 m	0.8 groen	0.7 groen	0.7 groen	0.6 groen
	2-8.5 m	***1.2 geel***	0.9 groen	0.8 groen	0.6 groen
15-20 kg	≤2.0 m	***1.1 geel***	1.0 groen	0.9 groen	0.8 groen
	2-8.5 m	***1.5 geel***	***1.2 geel***	1.0 groen	0.8 groen
20-25 kg	≤2.0 m	***1.3 geel***	***1.2 geel***	***1.1 geel***	1.0 groen
	2-8.5 m	1.9 rood	***1.5 geel***	***1.3 geel***	1.0 groen
>25 kg	≤2.0 m	>1.3 rood	>1.2 rood	>1.1 rood	>1.0 rood
	2-8.5 m	>1.9 rood	>1.5 rood	>1.3 rood	>1.0 rood

De onderstaande richtlijn is geldig voor eenhandig infrequent dragen tijdens staan en lopen tot een afstand van maximaal 90 meter.

	draaggewicht	
	groen/ geel-grens	geel/ rood-grens
eenhandig infrequent dragen tijdens staan en lopen	6 kg	10.5 kg

4. ARBOUW-RICHTLIJN VOOR STATISCHE BELASTING (gebaseerd op ISO/ CD 11226, 1995)

Aanbevolen wordt de onderstaande richtlijnen in eerste instantie toe te passen op taken (waarbij statische belasting aan de orde is) die langer duren dan 1 uur per werkdag; dat wil zeggen een aaneengesloten periode van taakuitvoering of perioden opgeteld. Indien verschillende taken dezelfde lichaamsregio belasten (statisch of repeterend), dienen de tijdsduren te worden opgeteld. Resultaten van toepassing van de richtlijn dienen bij voorkeur geïnterpreteerd te worden in relatie tot gegevens over klachten en aandoeningen van de betreffende lichaamsregio binnen de betrokken populatie. De categorie "geel/ rood" wordt geel bij een taakduur tussen de 1 en 4 uur en rood bij een taakduur > 4 uur.

Lage rug

rompbuiging			
<0°	0-20°	20-60°	>60°
geel/ rood**	groen	groen/ geel/ rood*	geel/ rood

- Asymmetrie van de romp (rotatie om de lengte-as en/of buiging zijwaarts): geel/ rood
- Bolle onderrug bij zitten (toepassingsgebied: romp tussen 0° en 20° voorover gebogen): geel/ rood
- * = bij volledige ondersteuning van de romp: groen; bij onvolledige/ geen ondersteuning van de romp, is een nadere analyse (gericht op tijdsduren) door een deskundige nodig (zie ISO/CD 11226). Indien er geen gelegenheid bestaat de nadere analyse uit te voeren, is er op grond van een 'expert guess' voor gekozen de werksituatie als geel te beoordelen bij een taakduur tussen 1 en 4 uur, en als rood bij een taakduur van meer dan 4 uur. Indien wel gelegenheid bestaat voor een nadere analyse, wordt verwezen naar paragraaf 7.2 van deel 1. Voor de werkwijze bij de bepaling van taakduren: zie de inleiding van dit hoofdstuk.
- ** = bij volledige ondersteuning van de romp: groen.

Schouder en schoudergordel

bovenarmheffing		
0-20°	20-60°	>60°
groen	groen/ geel/ rood*	geel/ rood

- Bovenarm in retroflexie-stand (hulp: elleboog achter de romp bij zijaanzicht), in adductie-stand (hulp: elleboog voor de romp bij achteraanzicht, ofwel elleboog niet zichtbaar), of extreem om lengte-as gedraaid in buitenwaartse richting: geel/ rood
- Schouder geheven: geel/ rood
- * = bij volledige ondersteuning van de arm: groen; bij onvolledige/ geen ondersteuning van de arm, is een nadere analyse (gericht op tijdsduren) door een deskundige nodig (zie ISO/CD 11226). Indien er geen gelegenheid bestaat de nadere analyse uit te voeren, is er op grond van een 'expert guess' voor gekozen de werksituatie als geel te beoordelen bij een taakduur tussen 1 en 4 uur, en als rood bij een taakduur van meer dan 4 uur. Indien wel gelegenheid bestaat voor een nadere analyse wordt verwezen naar paragraaf 7.2 van deel 1. Voor de werkwijze bij de bepaling van taakduren: zie de inleiding van dit hoofdstuk.

Nek en hoge rug

- ***Groen:***
  - hoofd tussen 0° en 25° voorover gebogen én nek (hoofd t.o.v. romp) tussen 0° en 25° gebogen.
- ***Groen/ geel/ rood:***
  - hoofd meer dan 25° en minder dan 85° voorover gebogen:
    Bij volledige ondersteuning van de romp, is een nadere analyse (gericht op tijdsduren; op basis van ISO/CD 11226)) door een deskundige nodig. Indien er geen gelegenheid bestaat de nadere analyse uit te voeren, is er op grond van een 'expert guess' voor gekozen de werksituatie als ***geel*** te beoordelen bij een taakduur tussen 1 en 4 uur, en als ***rood*** bij een taakduur van meer dan 4 uur. Indien wel gelegenheid bestaat voor een nadere analyse wordt verwezen naar paragraaf 7.2 van deel 1. Voor de werkwijze bij de bepaling van taakduren: zie de inleiding van dit hoofdstuk;
    Bij onvolledige/geen ondersteuning van de romp is de tijdsduur van de vooroverbuiging van de romp bepalend voor de beoordeling.
- ***Geel/ rood:***
  - hoofd achterover gebogen:
    dit wordt ***groen*** bij volledige ondersteuning van het hoofd;
  - hoofd meer dan 85° voorover gebogen;
  - nek (hoofd t.o.v. romp) minder dan 0° gebogen (= overstrekking) of meer dan 25° gebogen;
  - nek (hoofd t.o.v. romp) duidelijk zichtbaar (dat wil zeggen significant van de rusthouding c.q. 0° afwijkend) asymmetrisch (gedraaid en/of zijwaarts gebogen).

Overig

Alle extreme standen van gewrichten worden als ***geel/ rood*** beoordeeld (afsteunen van de knieën is acceptabel bij goede kniebescherming). Daarnaast wordt een gebogen knie (dat wil zeggen: het onderbeen niet in lijn met het bovenbeen) bij staan als ***geel/ rood*** beoordeeld, tenzij een sta-steun wordt gebruikt. Bij zitten wordt een kniehoek groter dan 135° als ***geel/ rood*** beoordeeld (180° = het onderbeen in lijn met het bovenbeen), tenzij de romp achterover geheld is (vanzelfsprekend ondersteund). Denk bijvoorbeeld aan auto rijden. Bovendien wordt bij zitten een kniehoek kleiner dan 90° als ***geel/ rood*** beoordeeld.

Pedaalbediening wordt als ***geel/ rood*** beoordeeld indien uitgevoerd:

- staande;
- zittende met het gehele been;
- zittende door middel van een stand van de enkel met krachtuitoefening >5.5 kgf;

- zittende door middel van een stand van de enkel waarbij het pedaal reeds door het gewicht van de voet z'n werking verricht.

Algemeen

Als ***geel*** wordt beoordeeld:

- ≥ 1 uur aaneengesloten per dag staan;
- ≥ 4 uur verspreid over de dag staan.

5. ARBOUW-RICHTLIJN VOOR REPETEREND HANDELEN (gebaseerd op NF X 35-106 en ISO/CD 11226, 1995)

Aanbevolen wordt de richtlijnen in eerste instantie toe te passen op taken (waarbij repeterend handelen aan de orde is) die langer duren dan 1 uur per werkdag (N.B. kortere tijdsduren kunnen niet met zekerheid als 'veilig' worden beoordeeld); dat wil zeggen een aaneengesloten periode van taakuitvoering of perioden opgeteld. Indien verschillende taken dezelfde lichaamsregio belasten (repeterend of statisch), dienen de tijdsduren te worden opgeteld. Resultaten van toepassing van de richtlijn dienen bij voorkeur geïnterpreteerd te worden in relatie tot gegevens over klachten en aandoeningen van de betreffende lichaamsregio binnen de betrokken populatie. De categorie "geel/ rood" wordt geel bij een taakduur van 1-4 uur en rood bij een taakduur > 4 uur.

Lage rug

rompbuiging		
<0°	0-20°	>20°
geel/ rood 1*	groen	geel/ rood 1

- Asymmetrie van de romp (rotatie om de lengte-as en/of buiging zijwaarts): geel/ rood 1.

1 Indien 2 of meer keer per minuut eenzelfde of verschillende geel/ rode categorieën voorkomen is er sprake van een verhoogd risico op gezondheidsschade (N.B. lagere frequenties kunnen niet met zekerheid als 'veilig' worden beoordeeld).

Schouder en schoudergordel

bovenarmheffing		
0-20°	20-60°	>60°
groen	groen	geel/ rood 1

- Bovenarm in retroflexie-stand (hulp: elleboog achter de romp bij zijaanzicht), in adductie-stand (hulp: elleboog voor de romp bij achteraanzicht, ofwel elleboog niet zichtbaar), of extreem om lengte-as gedraaid in buitenwaartse richting: geel/ rood 1.
- Schouder geheven: geel/ rood 1.

1 Indien 2 of meer keer per minuut eenzelfde of verschillende geel/ rode categorieën voorkomen is er sprake van een verhoogd risico op gezondheidsschade. (N.B. lagere frequenties kunnen niet met zekerheid als 'veilig' worden beoordeeld.)

Nek en hoge rug

- ***Groen:***
  - nek (hoofd t.o.v. romp) tussen 0° en 25° gebogen.

- ***Geel/ rood:***

- nek (hoofd t.o.v. romp) minder dan 0° gebogen (= overstrekking) of meer dan 25° gebogen (1);
- nek (hoofd t.o.v. romp) zijwaarts gebogen of extreem om de lengte-as gedraaid (1).

1 Indien 2 of meer keer per minuut eenzelfde of verschillende geel/ rode categorieën voorkomen is er sprake van een verhoogd risico op gezondheidsschade (N.B. lagere frequenties kunnen niet met zekerheid als 'veilig' worden beoordeeld).

Overig

Alle extreme standen van gewrichten worden als ***geel/ rood*** beoordeeld (1) (afsteunen van de knieën is acceptabel bij goede kniebescherming). Daarnaast wordt kniebuiging (dat wil zeggen: het onderbeen niet in lijn met het bovenbeen) bij staan als ***geel/ rood*** beoordeeld (1). Bij zitten wordt een kniehoek groter dan 135° als ***geel/ rood*** beoordeeld (180° = het onderbeen in lijn met het bovenbeen), tenzij de romp achterover geheld is (vanzelfsprekend ondersteund) (1). Bovendien wordt bij zitten een kniehoek kleiner dan 90° als ***geel/ rood*** beoordeeld (1).

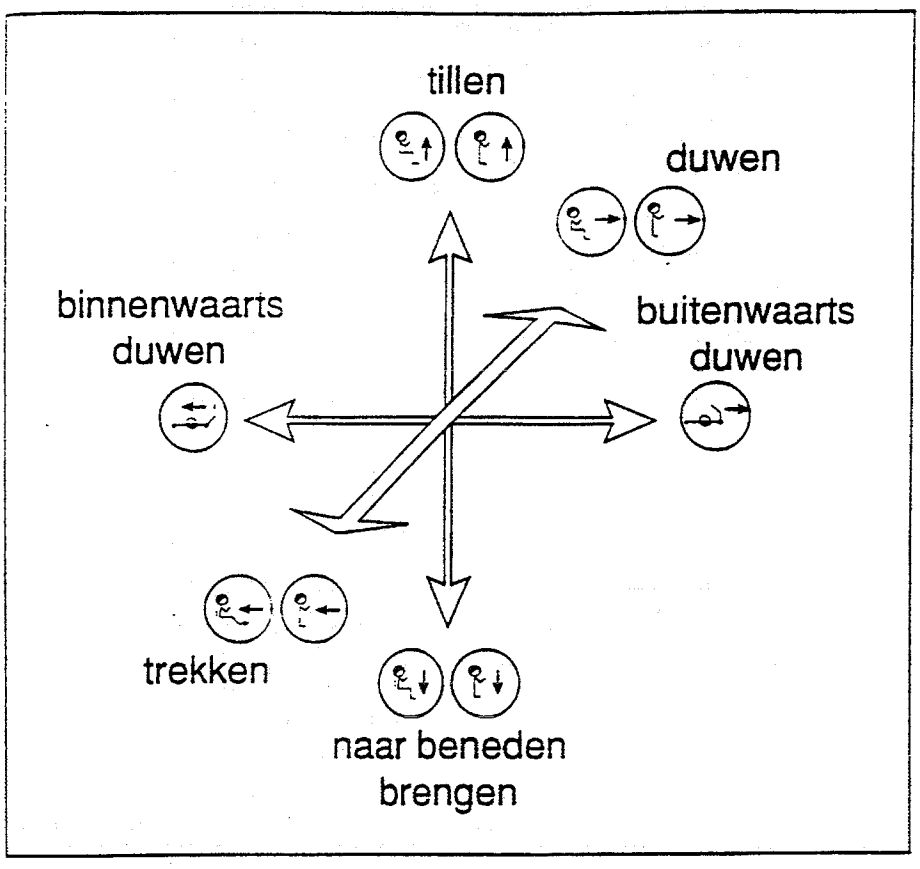
1 Indien 2 of meer keer per minuut eenzelfde of verschillende geel/ rode categorieën voorkomen is er sprake van een verhoogd risico op gezondheidsschade (N.B. lagere frequenties kunnen niet met zekerheid als 'veilig' worden beoordeeld).

Pedaalbediening wordt als ***geel/ rood*** beoordeeld indien uitgevoerd:

- staande;
- zittende met het gehele been.

Krachtuitoefening

A. Maximaal toelaatbare krachten bij diverse frequenties van krachtuitoefening in de meeste richtingen, met één of met twee handen, zitten of staand. De richtlijnen zijn ook van toepassing bij combinaties van de drie hoofdkrachtrichtingen. Voor uitzonderingen (i.c. gunstige omstandigheden): zie de tabel op de volgende pagina. Bij een indeling van een gemeten krachtwaarde in groen, geel of rood, dient rekening te worden gehouden met een marge van ±50-70%



A	kracht	
frequentie	groen/ geel-grens	geel/ rood-grens
≥2 en <3/minuut	3.0 kgf	6.5 kgf
≥3 en <4/minuut	2.0 kgf	4.0 kgf
≥4 en <5/minuut	1.5 kgf	3.0 kgf
≥5/minuut	1.0 kgf	2.5 kgf

B. Maximaal toelaatbare krachten bij diverse frequenties van specifieke vormen van krachtuitoefening, dat wil zeggen krachtuitoefening onder gunstige omstandigheden. 1 = in zuiver voor-/achterwaartse richting; 2 = in zuiver verticale richting; de richtlijnen zijn ook van toepassing bij combinaties van voor-/achterwaartse en verticale richting. Bij een indeling van een gemeten krachtwaarde in groen, geel of rood, dient rekening te worden gehouden met een marge van ±10-20%.

kracht-uitoefening	basis-lichaamshouding	uitbeelding
duwen[1]	zitten met rugleuning	
duwen[1] met twee handen	staan	
trekken[1]	zitten met voetensteun	
trekken[1] met twee handen	staan	
naar beneden brengen[2] met twee handen	staan	
tillen[2] met twee handen	staan	
draaien met twee handen aan een wiel (bijv. stuur)	zitten	
	staan	

B.	kracht	
frequentie	groen/geel-grens	geel/rood-grens
≥2 en <3/minuut	8.0 kgf	18.0 kgf
≥3 en <4/minuut	5.0 kgf	11.5 kgf
≥4 en <5/minuut	3.0 kgf	7.0 kgf
≥5/minuut	2.0 kgf	4.5 kgf

BIJLAGE 3.2
Het beoordelen van tillen met de nieuwe NIOSH-methode.
DE nieuwe NIOSH-methode II.

Het beoordelen van tillen met de nieuwe NIOSH-methode

P. Vink
R. van den Berg
J. Dul

Tilsituaties kunnen met diverse methoden beoordeeld worden. Bij het beoordelen wordt vaak de methode van het National Institute of Occupational Safety and Health in de Verenigde Staten gebruikt (de NIOSH-methode). Deze methode wordt bijvoorbeeld ook gehanteerd in publikaties van de Nederlandse Arbeidsinspectie. Binnenkort zal deze methode, die in 1981 gepubliceerd is, worden vernieuwd. In dit artikel worden de vernieuwingen, die momenteel worden voorgenomen door het NIOSH, besproken en vergeleken met de oude. Een belangrijk verschil met de NIOSH-methode uit 1981 is dat de methode op meer tilsituaties is toe te passen. Ook asymmetrische tilsituaties kunnen nu bijvoorbeeld beoordeeld worden. De rekensom is daarentegen complexer geworden.

P. Vink en J. Dul zijn werkzaam op de afdeling Houdings- en Bewegingsonderzoek van het Nederlands Instituut voor Praeventieve Gezondheidszorg (NIPG-TNO),
R. van den Berg is werkzaam op de afdeling Arbeidsomstandighedenonderzoek van dezelfde organisatie.
Correspondentie-adres:
Postbus 124, 2300 AC Leiden

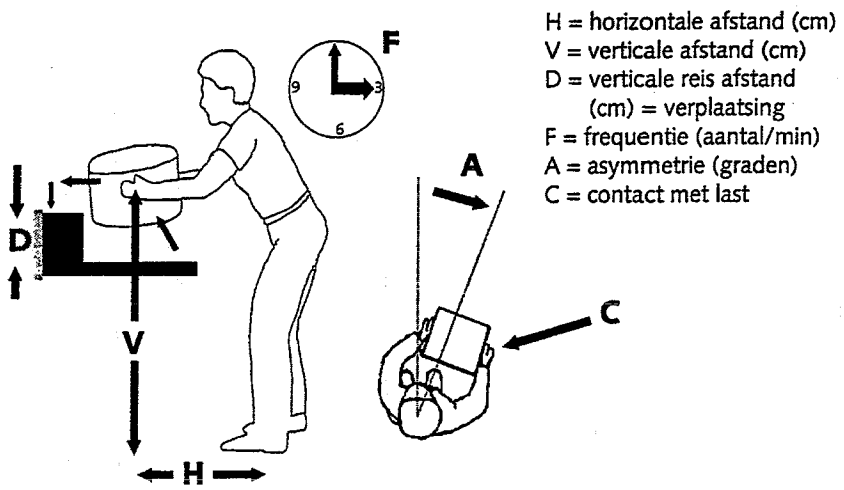
Klachten en aandoeningen aan spieren, gewrichten, pezen en banden komen veel voor. In 1990 werd 35% van de WAO-intrede veroorzaakt door aandoeningen aan het bewegingsapparaat (GMD jaarverslag 1990). Inclusief ambtenaren zijn er 36.181 nieuwe uitkeringsgerechtigden met deze diagnose bijgekomen in 1990. Het probleem is dus groot genoeg om aan te pakken. Het is echter moeilijk aan te geven wanneer klachten aan het bewegingsapparaat veroorzaakt worden door tillen. Feit is wel dat de belasting tijdens tillen hoog is en dat in populaties waar tillen veel voorkomt het percentage aandoeningen aan het bewegingsapparaat hoog is. Met betrekking tot rugklachten, een belangrijk deel van de aandoeningen aan het bewegingsapparaat, is bijvoorbeeld gevonden dat van de wetenschappers en boekhouders in Nederland 18% rugklachten heeft (Hildebrandt & Van der Valk, 1990). Terwijl bij 38% van de bouwvakkers en schoonmakers, beroepen waar meer getild wordt, rugklachten voorkomen (Hildebrandt & Van der Valk, 1990). Met betrekking tot schouderklachten is bijvoorbeeld bij verplegend personeel (veel tilwerk) een prevalentie van 41% gevonden door Luopajarvi & Tuomi (1988), terwijl dit onder bijvoorbeeld onderhoudswerkers 'maar' 11 % is (Dul e.a., 1991).

Preventie van klachten ontstaan door tillen is dus gewenst. Er zijn echter te weinig onderzoeksgegevens beschikbaar om vast te stellen of een tilsituatie schadelijk dan wel onschadelijk is. De praktijk (en de maatschappij) is bij deze constatering echter niet gebaat, omdat het meeste tillen dan zou blijven bestaan. Bovendien zijn er gezien de huidige stand van wetenschappelijke kennis indicaties te geven. Op grond van biomechanische, epidemiologische, psychofysische en inspanningsfysiologische gegevens is derhalve in 1981 door het NIOSH een methode opgesteld, waarmee de tilsituatie beoordeeld kan worden.

De oude NIOSH-methode

De oude NIOSH-methode is in het *Tijdschrift voor Ergonomie* reeds uitvoerig beschreven door Weide (1983). Het National Institute for Occupational Safety & Health (NIOSH) in de V.S. herkende 10 jaar geleden het probleem al van de toename in werkgebonden aandoeningen aan het bewegingsapparaat en publiceerde de 'Work practices Guide for Manual Lifting (1981)'. De basisfilosofie in dit document was dat taakeisen en dus de belasting niet groter mogen zijn dan de belastbaarheid. Deze 'guide' bevat een samenvatting van de literatuur betreffende tillen tot 1981, een aanpak en een formule waarmee een aanbevolen gewicht (AL = Action Limit) berekend wordt. Indien het werkelijke tilgewicht deze AL niet overschrijdt, is geen bijzondere aandacht nodig. Indien het tilgewicht tussen AL en drie keer de grootte van AL ligt, dan mag het tilwerk uitsluitend worden gedaan door daartoe geselecteerde en geïnstrueerde werknemers of moeten technische voorzieningen worden getroffen. Indien het gewicht boven drie keer AL ligt (dit wordt de MPL genoemd, = Maximal Permissible Limit oftewel het maximaal toelaatbare tilgewicht), dan is deze tilsituatie onaanvaardbaar en is herontwerp van de tilsituatie of verlaging van het gewicht, zodat het tilgewicht lager dan de MPL wordt, noodzakelijk. Deze oude NIOSH-methode mag alleen toegepast worden wanneer sprake is van:

- tweehandig tillen;
- recht vooruit tillen (geen rompdraaiing);
- langzaam en vloeiend tillen;
- aanwezigheid van goede handvatten;
- een niet te brede last (minder dan 75 cm);
- goed vloercontact van de voeten;
- geen ruimtelijke beperkingen voor de te kiezen houdingen;
- gunstige omgevingsfactoren (klimaat);
- minimale nevenactiviteiten met handkracht;
- rust nemen, indien niet wordt getild;
- een tiller, die gewend is aan fysieke arbeid en die lichamelijk fit is.



Figuur 1a. Zes gegevens (H, V, D, A, F en C) die bekend moeten zijn om de tilsituatie te kunnen beoordelen met de NIOSH-methode.

De oude NIOSH-formule luidt als volgt:

AL = 40 x Hf x Vf x Df x Ff (kg)

Er zijn vier factoren, die uiteindelijk bepalen hoeveel gewicht er getild mag worden. Indien alle factoren optimaal zijn (de waarde 1 hebben), dan is de AL 40 kg en mag maximaal 120 kg getild worden. De vier factoren zijn:

- De horizontale factor (Hf). Deze wordt bepaald op grond van de horizontale afstand van de handen tot het middelpunt van de enkels (H) bij het begin van de tilhandeling, waarbij Hf = 15/H (H in cm). Wanneer H < 15 dan geldt de formule niet, maar wordt Hf op 1 gesteld.
- De verticale factor (Vf). Deze wordt bepaald op grond van de verticale afstand van de last tot de vloer (V) bij het begin van de tilhandeling, waarbij Vf = 1 - 0.004 x abs(V - 75) (V in cm).
- De afstandsfactor (Df; D afgeleid van distance). Deze wordt bepaald op grond van de afstand die de tillast in verticale richting aflegt (D), waarbij Df = 0.7 + 7.5/D (D in cm).
- De frequentiefactor (Ff). Deze wordt bepaald op grond van de tilfrequentie, waarbij Ff = 1 - Ff/ Ffmax. Deze Fmax is afhankelijk van hoe vaak men tilt (zie Weide, 1983).

De NIOSH-methode was aan veel kritiek onderhevig, ook in Nederland. De methode is bijvoorbeeld maar in weinig tilsituaties toepasbaar. Tillen gebeurt namelijk vrijwel nooit in één vlak, waarbij de symmetrische houding gehandhaafd kan worden en alleen bij symmetrisch tweehandig tillen mag de oude NIOSH-methode toegepast worden.
Het NIOSH constateerde voorts dat er sinds 1981 nieuwe wetenschappelijke inzichten waren en dat er in de USA en daarbuiten veel ervaring opgedaan met de NIOSH-methode. Derhalve heeft het NIOSH besloten de oude methode aan te passen en een nieuwe formule op te stellen, die aan een aantal tekortkomingen tegemoet komt. NIOSH beschreef de volgende tekortkomingen (Putz-Anderson & Waters, 1991):

- Tillen is zelden symmetrisch. Ook asymmetrische tilsituaties moeten beoordeeld kunnen worden.
- Recent onderzoek toont aan dat de horizontale factor gewijzigd dient te worden en een factor voor contact met de last toegevoegd dient te worden om het toelaatbare tilgewicht te bepalen.
- Maatregelen, die het werk verbeteren zijn volgens een nieuwe richtlijn uit 1985 in de USA (Musculoskeletal National Strategy) te prefereren boven selectie en training van werknemers. De NIOSH moet hiermee in overeenstemming worden gebracht.

Een groep experts en ervaren gebruikers is in opdracht van NIOSH de laatste jaren actief geweest om de NIOSH-guide aan te passen en zij zijn tot een nieuwe formule gekomen.

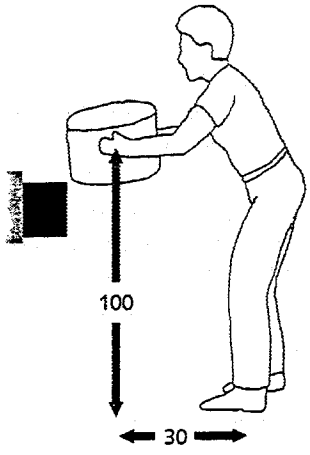
De nieuwe NIOSH-methode

De nieuwe NIOSH-methode komt niet meer tot een aanbevolen gewicht (AL) en een maximaal toelaatbare waarde (MPL), maar geeft een RWL (=Recommended Weight Limit) aan, dat is de aanbevolen gewichtslimiet. RWL is het maximale gewicht dat getild mag worden in de betreffende tilsituatie. De RWL wordt zowel aan het begin als aan het eind van de tilhandeling berekend. Twee maal dient dus de formule ingevuld te worden, Een aantal factoren is gelijk in beide situaties (zoals frequentie (Ff) en reisafstand (Df)), maar er zijn ook factoren die kunnen verschillen (zoals horizontale en verticale factor (Hf en Vf)). Het tilgewicht mag zowel de begin- als eind-RWL niet overschrijden. De laagste RWL wordt dan verder gehanteerd. Daarnaast is er een tilindex (LI = lifting index). Deze tilindex is een risico-indicator en geeft een risico op schade aan het bewegingsapparaat aan. De tilindex wordt berekend door de werkelijke waarde van het gewicht te delen door RWL. De tilindex mag niet boven 1 uitkomen. Hoe meer de factor boven deze waarde uitstijgt, hoe groter het risico. De RWL wordt bepaald met de volgende formule:

RWL = 23 x Hf x Vf x Df x Af x Df x Cf (kg)

In de optimale tilsituatie, wanneer alle factoren 1 zijn, mag 23 kg getild worden. Er zijn nu zes factoren, die bepalen welk gewicht getild mag worden (zie ook fig. 1 en 2):

Rekenvoorbeeld



Figuur 1b. Enkele waarden uit het rekenvoorbeeld.

Frequentie	Duur van de Tilarbeid					
	≤8 uur		≤2 uur		≤1 uur	
Tilhandelingen/minuut	1 V < 75	2 V ≥ 75	3 V < 75	4 V ≥ 75	5 V < 75	6 V ≥ 75
0.2	0.85	0.85	0.95	0.95	1.00	1.00
0.5	0.81	0.81	0.92	0.92	0.97	0.97
1	0.75	0.75	0.88	0.88	0.94	0.94
2	0.65	0.65	0.84	0.84	0.91	0.91
3	0.55	0.55	0.79	0.79	0.88	0.88
4	0.45	0.45	0.72	0.72	0.84	0.84
5	0.35	0.35	0.60	0.60	0.80	0.80
6	0.27	0.27	0.50	0.50	0.75	0.75
7	0.22	0.22	0.42	0.42	0.70	0.70
8	0.18	0.18	0.35	0.35	0.60	0.60
9	0.00	0.15	0.30	0.30	0.52	0.52
10	0.00	0.13	0.26	0.26	0.45	0.45
11	0.00	0.00	0.00	0.23	0.41	0.41
12	0.00	0.00	0.00	0.21	0.37	0.37
13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34
14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31
15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28
>15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 1. Tabel om de frequentiefactor (Ff) te bepalen. Wanneer men minder dan een uur tilt en minimaal 120% rusttijd heeft van de getilde tijd, dan gelden kolommen 5 en 6 in tabel 1. Indien men langer dan een uur en minder dan twee uur tilt en er is daarna een rustperiode van minimaal 30% van de tiltijd, dan gelden kolommen 3 en 4. Kolommen 3 en 4 gelden ook wanneer men minder dan een uur tilt en de rusttijd minder dan 120% van de tiltijd is. Bij langer dan 2 uur tillen (tot en met 8 uur) en bij minder dan 30% rust van de tiltijd bij twee uur of korter tillen gelden de eerste twee kolommen. Wanneer de verticale afstand van de handen tijdens tillen minder dan 75 cm van de vloer bedraagt, gelden kolommen 1, 3 en 5. Bij grotere hoogten gelden kolommen 2, 4 en 6. Waarden van V zijn in centimeters.

De horizontale factor (Hf)

Deze wordt bepaald op grond van de horizontale afstand van de handen tot het middelpunt van beide enkels (H) bij het begin van de tilhandeling en aan het eind van de tilhandeling, waarbij Hf = 25/H (H in cm). Wanneer H minder dan 25 cm is, geldt de formule niet en wordt deze factor 1. Het aangrijpingspunt van de last zal echter zelden dichter dan 25 cm bij de enkels liggen. Indien H groter dan 63 cm is dan wordt Hf nul. De NIOSH-methode mag dus niet toegepast worden wanneer de waarde van H meer dan 63 cm is.

De verticale factor (Vf)

Deze wordt bepaald op grond van de verticale afstand van de handen tot de vloer (V) bij het begin van de tilhandeling en aan het eind van de tilhandeling, waarbij Vf = 1 - 0.003 x abs[V - 75] (V in cm). 'abs' wil zeggen dat de absolute waarde genomen moet worden van [V-75]. 75 cm is namelijk de optimale tilhoogte volgens het NIOSH. Een lagere of hogere waarde is ongunstig en zorgt ervoor dat de Vf minder wordt.

De verplaatsingsfactor (Df)

Deze wordt bepaald op grond van de reisafstand (D) die de tillast in verticale richting aflegt tussen begin en eind van de tilhandeling, waarbij Df = 0.82 + 4.5/D (D in cm). Wanneer de last minder dan 25 cm verplaatst wordt geldt de formule niet en wordt Df op 1 gesteld.

De asymmetriefactor (Af)

Deze wordt bepaald door de hoek die de last maakt ten opzichte van een recht vooruit getrokken lijn tussen de voeten (verdraaiing). Er wordt aan het begin en aan het eind van de tilhandeling gemeten, waarbij Af = 1 - 0.0032 A (A in graden). Symmetrisch tillen is het meest gunstig en bij toenemende asymmetrie neemt Af af. Indien de hoek van asymmetrie groter is dan 135 graden, dan mag deze NIOSH-formule niet gebruikt worden.

De frequentiefactor (Ff)

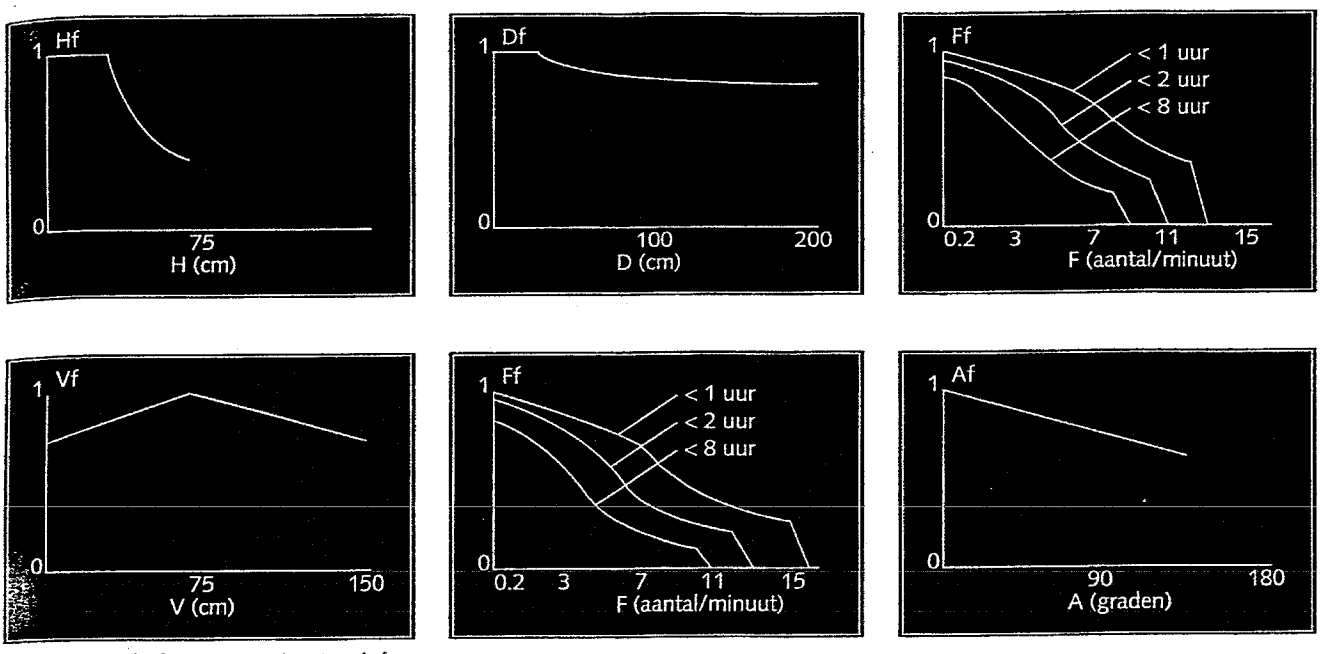
Deze wordt bepaald op grond van het aantal malen tillen per minuut. Bijgevoegde tabel 1 geeft de waarde aan van de factor bij verschillende tilfrequenties. Voordat in de tabel de waarde van Ff opgezocht kan worden, moeten ook gegevens worden verzameld over de duur van het tillen, de rusttijd na het tillen en de hoogte waarop het object zich bevindt. Indien het tillen langer duurt, de rust korter is na het tillen en er gebukt moet worden in plaats van boven het hoofd werken is de factor van grotere invloed omdat de belasting dan hoger is.

De contactfactor (Cf)

Er kan sprake zijn van een goed contact, een gewoon contact of een slecht contact met de last, gedurende het hele tiltraject. In tabel 2 is te vinden welke factor voor de verschillende vormen van contact moet worden toegekend. Ook hier geldt weer dat de factor afhankelijk is van de de hoogte van het object. Om meer inhoud te geven aan de begrippen 'goed', 'gewoon' en 'slecht' zijn er enige indicaties gegeven door het NIOSH. In figuur 3 is schematisch weergegeven hoe een beoordeling 'slecht', 'gewoon' of 'goed' tot stand komt.

contact	V < 75 cm	V ≥ 75 cm
goed	1.00	1.00
gewoon	0.95	1.00
slecht	0.90	0.90

Tabel 2. Tabel om de contactfactor (Cf) te kunnen bepalen.



Figuur 2. De invloed van H, V, D, F en A op de factoren.

Rekenvoorbeeld

Stel dat de persoon in figuur 1 voorwerpen van de grond moet oprapen en die op een plank moet leggen, die een meter hoog is. Het midden van de voorwerpen ligt 30 cm voor het midden van de enkels bij oppakken en 30 cm bij wegzetten. De persoon tilt symmetrisch twee maal per dag gedurende 10 minuten 40 voorwerpen. Er is een uur pauze tussen beide tilperioden. De vingers kunnen 90 graden gebogen worden onder het voorwerp en er zijn geen handvatten of uitsparingen voor handen aan het object. Welk gewicht mag iemand maximaal tillen in deze situatie volgens de NIOSH-methode?

- H = 30 cm, omdat het midden van de voorwerpen 30 cm voor het midden van de enkels ligt. Hf = 25/30 = 0.83
- V = 0 cm bij het begin van de tilhandeling en 100 cm aan het eind van de tilhandeling. Vf = 1 - 0.003 x (0 - 75) = 0.745 aan het begin van de tilhandeling en Vf = 1 - 0.003 x (100-75) = 0.925 aan het eind van de tilhandeling.
- D = 100 cm, de afstand die het voorwerp in verticale richting aflegt. Df = 0.82 + 4.5/100 = 0.865.
- A = 0, omdat de persoon symmetrisch tilt. Af = 1.
- Ff: de persoon tilt twee maal per dag met 1 uur pauze daartussen gedurende 10 minuten 40 voorwerpen. Het aantal tilhandelingen per minuut is dan 4. De rustpauze is 600% van de tilduur. Dit houdt in dat kolommen 5 en 6 van tabel 1 gelden. Ff wordt dan 0.84.
- C : het contact is gewoon, de vingers kunnen 90 graden gebogen worden onder het voorwerp. Cf wordt dan 0.95 aan het begin van de tilhandeling en 1 aan het eind (zie tabel 2).

Het maximale tilgewicht (de RWL-waarde) is in dit geval 23 x .83 x .745 x .865 x 1 x .84 x .95 = 9.8 kg aan het begin van de tilsituatie en 12.6 kg aan het eind van de tilhandeling.

De waarde 9.8 kg dient te worden aangehouden.

Dictaat

MECHANISATIE OP DE BOUWPLAATS

ir F.J.M. van Gassel

4

Mechanisatietrajecten

Inhoud

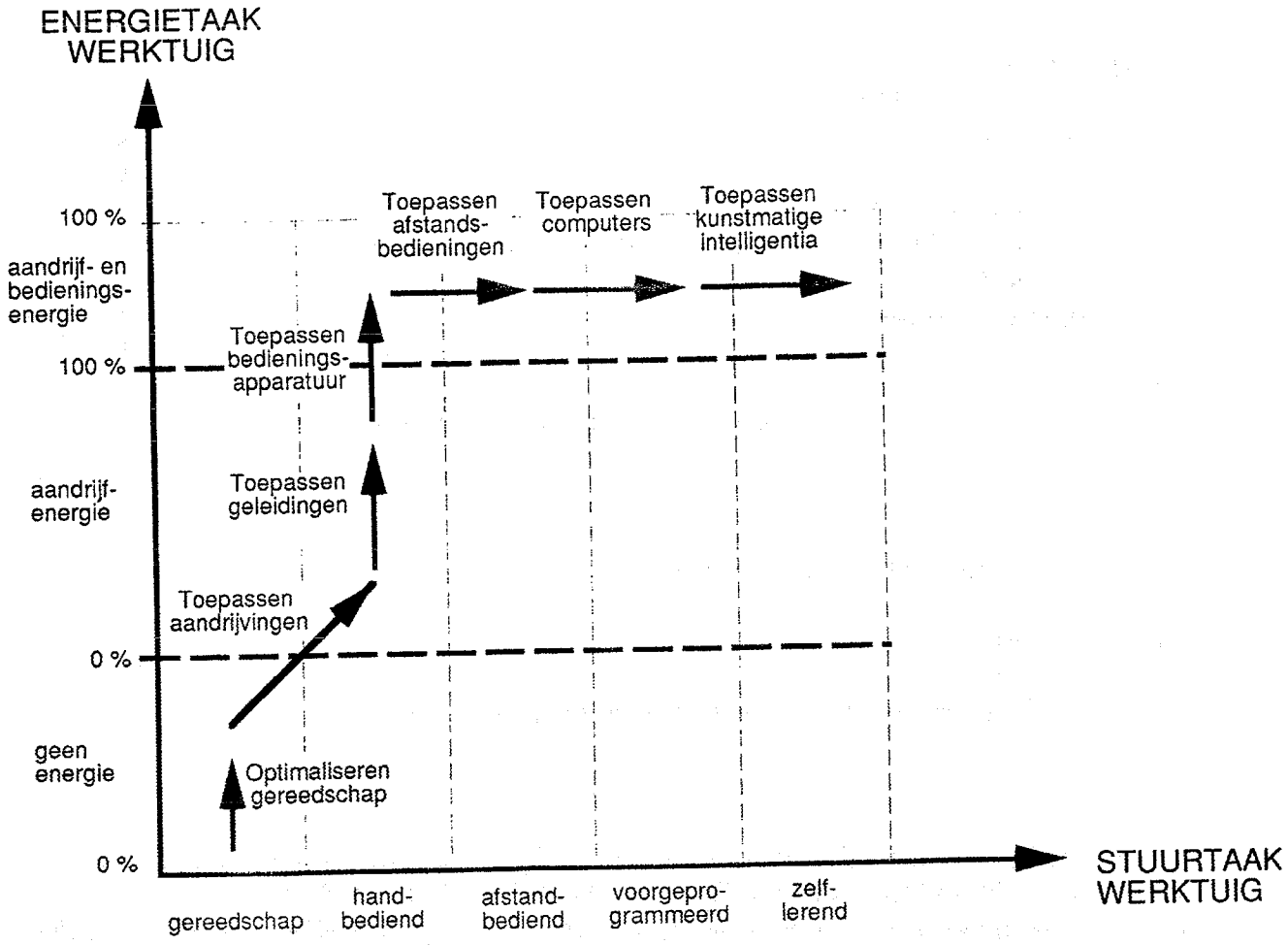
BIJLAGEN

4.1 Mechanisatietrajecten

In de mechanisatiematrix is het mogelijk een bestaand en een gemechaniseerd produktieproces of WW-systeem weer te geven. De weg die hierbij wordt afgelegd noemen we het mechanisatietraject.
De volgende trajecten kunnen we onderscheiden:

1. Toepassen en optimaliseren gereedschap (optimization of tools)
2. Toepassen van aandrijvingen (use of drives)
3. Toepassen geleidingen (use of guides)
4. Toepassen bedieningsapparatuur (use of control equipment)
5. Toepassen afstandsbedieningen (use of remote control)
6. Toepassen van computers (use of computers)
7. Toepassen kunstmatige intelligentia (use of artificial intelligence and sensors).

In figuur 4.1 zijn de mechanisatietrajecten in de mechanisatiematrix weergegeven.



Figuur 4.1 *Mechanisatietrajecten*

In bijlage 4.1 tot en met 4.8 wordt van elk traject voorbeelden gegeven.
Ook kunnen we trajecten onderscheiden waarbij van een bestaand produktieproces geen sprake is. Bij dit traject is geen sprake van een verschuiving van taken van werker naar werktuig maar van een nieuw ontwerp van een produktieproces. Het niveau van mechanisatie van het ontworpen produktieproces kan in de mechanisatiematrix wel worden weer gegeven.

4.2 Mechanisatietrajecten en technologieën

Om een mechanisatietraject te kunnen doorlopen maakt men gebruik van bepaalde technologieën. Met technologie wordt hier bedoeld de kennis en kunde die wordt aangewend om een produktieproces te mechaniseren.
Van de volgende technologieën wordt gebruik gemaakt..

- Materiaaltechnologie
  - eigenschappen
  - toepasbaarheid

- Ergonomie
  - fysieke belasting
  - werktechniek

- Werktuigbouwkunde
  - aandrijftechniek (energiebronnen, overbrengingen, lasten)
  - geleidingen
  - manipulatoren

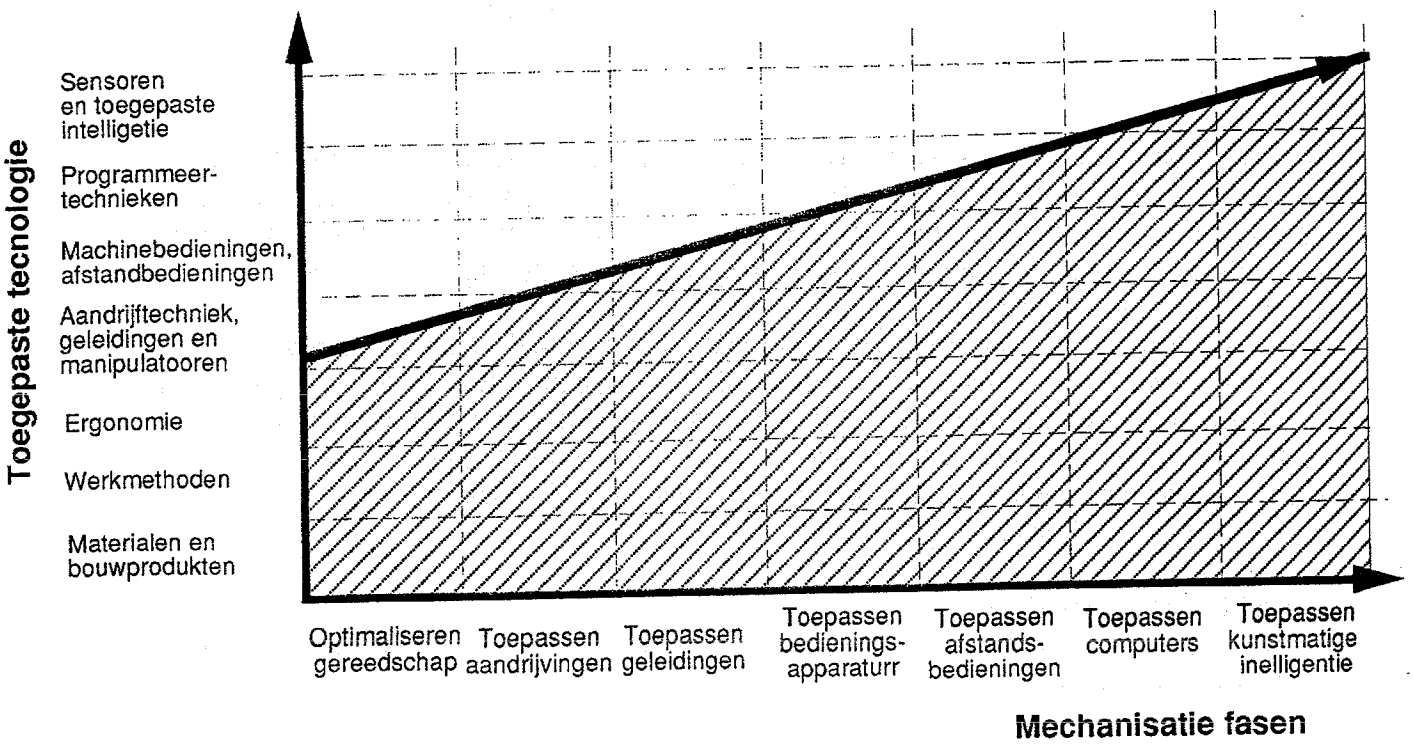
- Electronica
  - besturingen (displays, bedieningsmiddelen)
  - telematica

- Informatica
  - Computer Integrated Construction

- Natuurkunde
  - sensoren
  - kunstmatige intelligentia (zelflerende regelaars)

Niet alle technologieën zijn nodig bij het doorlopen van de mechanisatietrajecten. Per traject is dit anders. In een MECH/TECH-matrix (figuur 4.2) zijn de mechanisatietrajecten en technologieën uitgezet. De grijze cellen geven aan welke technologie gebruikt wordt.

Uit de MECH/TECH-matrix kan men afleiden dat de mechanisatietrajecten die leiden naar een hoge mate van mechanisering gebruik maken van een groot aantal van de boven omschreven technologieën.



Figuur 4.2 *MECH/TECH-matrix*

4.3 Toelichting technologieën

4.3.1 Verwerken van materialen

Materialen zijn grondstoffen en bouwprodukten.
Grondstoffen: zand, grind
Bouwprodukten: dakpanelen, mortel

Om deze materialen te kunnen verwerken is kennis en kunde nodig. Deze kennis en kunde staat voor een beperkt deel beschreven in leerboeken, maar het grootste deel is door ervaring opgeslagen in het hoofd van de bouwvakker.

4.3.2 Ergonomie

Het werkterrein van de ergonomie wordt in aantal Europese (pr. NEN-EN 614) en Internationale (NEN-ISO 6385) normen beschreven [Voskamp].
Bij het ontwerpen van een arbeidsplaats of WW-systeem wordt rekening gehouden met :
- de lichaamsafmetingen.
- de lichaamshouding, de spierkracht en de lichaamsbewegingen
- signaleringssystemen, informatiemiddelen
- bedieningsmiddelen
- de werkomgeving

Binnen de ergonomie zijn (wettelijke) randvoorwaarden ontwikkeld waaraan een arbeidsplaats moet voldoen. Zie hoofdstuk twee van dit dictaat.

4.3.2 Mechatronica

Steeds meer worden van werktuigen eigenschappen gevraagd, die tot nu toe slechts aan organismen werden toegeschreven: het organisch samengaan van constructie, sensoren, actuatoren, processen en gegevensverwerking. Daarvoor is een intense samenwerking van veel disciplines onontbeerlijk. De mechatronica geeft daarvan rekenschap.
Door de Europese Unie is in 1986 als definitie voor mechatronica gegeven: "Mechatronics is the synergistic combination of precision mechanical engineering, electronic control and systemes thinking in the design of product and proceses". Het is duidelijk dat men zich daarbij een totaalconcept met alle relevante vakgebieden voor ogen moet stellen. Deze vakgebieden zijn:
- Werktuigbouwkunde
- Fysica en
- Elektronica. [Rietdijk]

Mogelijk zal men over een aantal jaren niet meer spreken van mechaniseren maar van mechatroniseren.

4.3.3 Kunstmatige intelligentie

Gaat men stuurtaken verschuiven van werker naar werktuig dan wil dit zeggen dat het werktuig, zoals ook de werker, beslissingen moet gaan nemen.
Een voorbeeld van een beslissing nemen is het aanpassen van het procesgedrag wanneer het werktuig slijtage ondervindt. Het besturingsorgaan van het werktuig constateert dit op een gegeven moment en neemt maatregelen.
Dit wil zeggen dat het werktuig gegevens nodig heeft. Deze zijn te verkrijgen door middel van sensoren. Een sensor kan bijvoorbeeld de positie bepalen van een boorgat of de diameter ervan opmeten.
In het besturingsorgaan van het werktuig wordt kennis (ervaring) opgeslagen die gebruikt wordt bij het regelen van het produktieproces.

4.4 Produktontwikkelingstraject

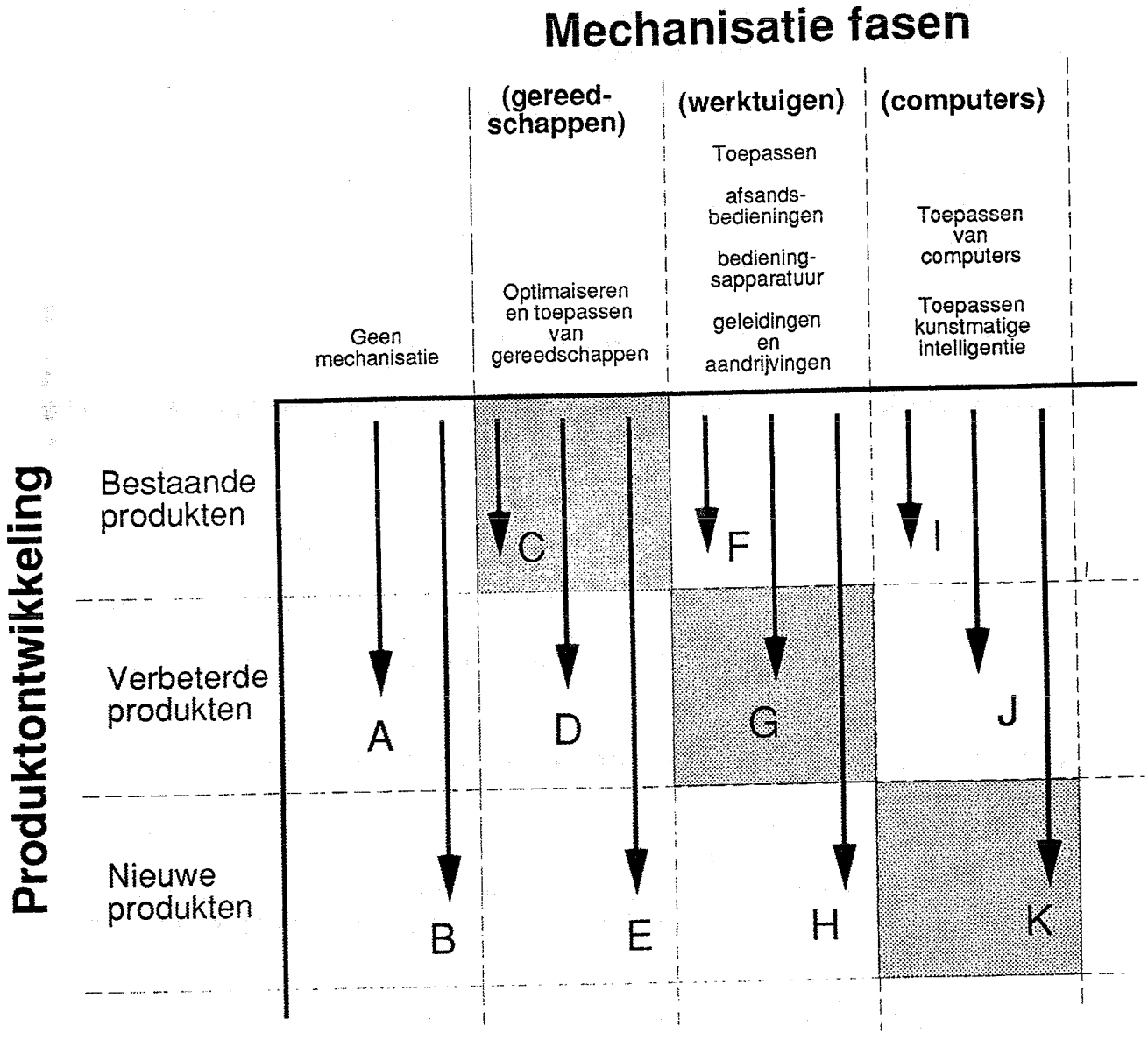
4.4.1 PP-matrix

Bij het doorlopen van een mechanisatietraject is het niet altijd mogelijk met bestaande bouwprodukten het produktieproces te mechaniseren. Soms moet het produkt worden verbeterd of een nieuw produkt worden ontwikkeld. Er moet een produktontwikkelingstraject worden doorlopen.
De ontwikkelingen van het proces en het produkt kunnen in een matrix worden weergegeven.
Bij het mechanisatietraject (horizontale as) wordt onderscheid gemaakt tussen:
- geen mechanisatie traject;
- optimaliseren gereedschap;
- toepassen aandrijvingen, geleidingen, bedieningsapparatuur en

afstandsbedieningen *(werktuigen inzetten)*
- toepassen computers, kunstmatige intelligentie en sensoren *(computers inzetten)*.

Bij het produktontwikkelingstraject (verticale as) wordt onderscheid gemaakt tussen
- een bestaand produkt
- een verbeterd produkt
- een nieuw produkt

In figuur 4.3 is de PP-matrix weergegeven.
In de matrix is een aantal pijlen getrokken, die een bepaalde soort produktontwikkeling aangeven. Deze ontwikkelingen worden in de volgende paragrafen met een voorbeeld toegelicht.



Figuur 4.3 *PP-matrix met produktontwikkelingstrajecten*

4.4.2. Produktverbetering zonder mechanisatietraject (A)

Een voorbeeld van een produktverbetering zonder mechanisatietraject is het verbeteren van de maatnauwkeurigheid van bouwprodukten. Hierbij zou men kunnen denken aan dakpannen die binnen bepaalde grens scheluw zijn.

4.4.3 Produktvernieuwing zonder mechanisatietraject (B)

Wanneer dakpannen niet meer van klei gemaakt worden maar van beton dan spreekt men van produktvernieuwing. Aan het proces van leggen wordt niets veranderd.

4.4.4 Bestaand produkt optimaliseren (C)

Voorbeelden van het optimaliseren van gereedschap bij bestaande produkten zijn het metselplatform en lijmgereedschappen bij het lijmen van blokken.

4.4.5 Produktverbetering bij optimalisatie (D)

Een voorbeeld van een produktverbetering waarbij het gereedschap wordt geoptimaliseerd is het voorzien van metselblokken met ergonomische handgrepen. Hierbij wordt naar een optimale afstemming gezocht tussen metselblok en handen. In figuur 4.4. bevat een aantal voorbeelden van ergonomische metselblokken

4.4.6 Produktvernieuwing bij optimalisatie (E)

Een voorbeeld van produktverniewing is het vlechten van wapeningsstaal. Vroeger met een draadje en nijptang. Nu wordt met behulp van een machine de verbinding met een nietje gemaakt.

4.4.7 Werktuigen inzetten bij bestaande produkten (F)

Het trekken van electriciteitsdraden door kunststof gleufbuizen gebeurt meestal met de hand. Men kan hiervoor echter ook een apparaatje inzetten dat aan de trek draad trekt. De elektricien hoeft zelf geen trekkracht uit te oefenen en kan het apparaatje zelfstandig laten werken.

4.4.8 Werktuigen inzetten bij verbeterde produkten (G)

Bij het leggen van zandcement dekvloeren wordt het zand en cement apart aangevoerd. De laatste jaren wordt ook het zand en cement in een fabriek voorgemengd en als bulk naar de bouwplaats getransporteerd met behulp van silo's, bulkwagens of zakken. Op de bouwplaats worden in speciale mengers de vloeibare specie aangemaakt.

4.4.9 Werktuigen inzetten bij nieuwe produkten (H)

Doordat het leggen van zandcement dekvloeren fysiek zwaar werk was heeft men vloeivloeren ontwikkeld. Nadat de vloeibare mortel is aangemaakt worden deze

verpompt naar de verwerkingsplek. De mortel is dusdanig vloeibaar dat deze zelf nivelleert.

4.4.10 Computers inzetten bij bestaande produkten (I)

Voor grondwerk is een graafmachine geschikt gemaakt om op afstand te bedienen. Deze afstand bediening wordt nu aan een computer gekoppeld, die zodanig is geprogrammeerd dat deze beslissingen kan nemen. Is bijvoorbeeld de grond vrij hard, dan zal de machine beslissen op basis van een meting op dezelfde plek meerdere keren te graven.
Zie LUCIE in bijlage 4.7.1

4.4.11 Computers inzetten bij verbeterde produkten (J)

Bouwprodukten worden soms verticaal met behulp van vijzels verplaatst. Bijvoorbeeld bij het omhoog brengen van de spanten van de ARENA (AJAX stadion). Bij het nauwkeurig aansturen van deze vijzels zijn computers gebruikt.

4.4.12 Computers inzetten bij nieuwe produkten (K)

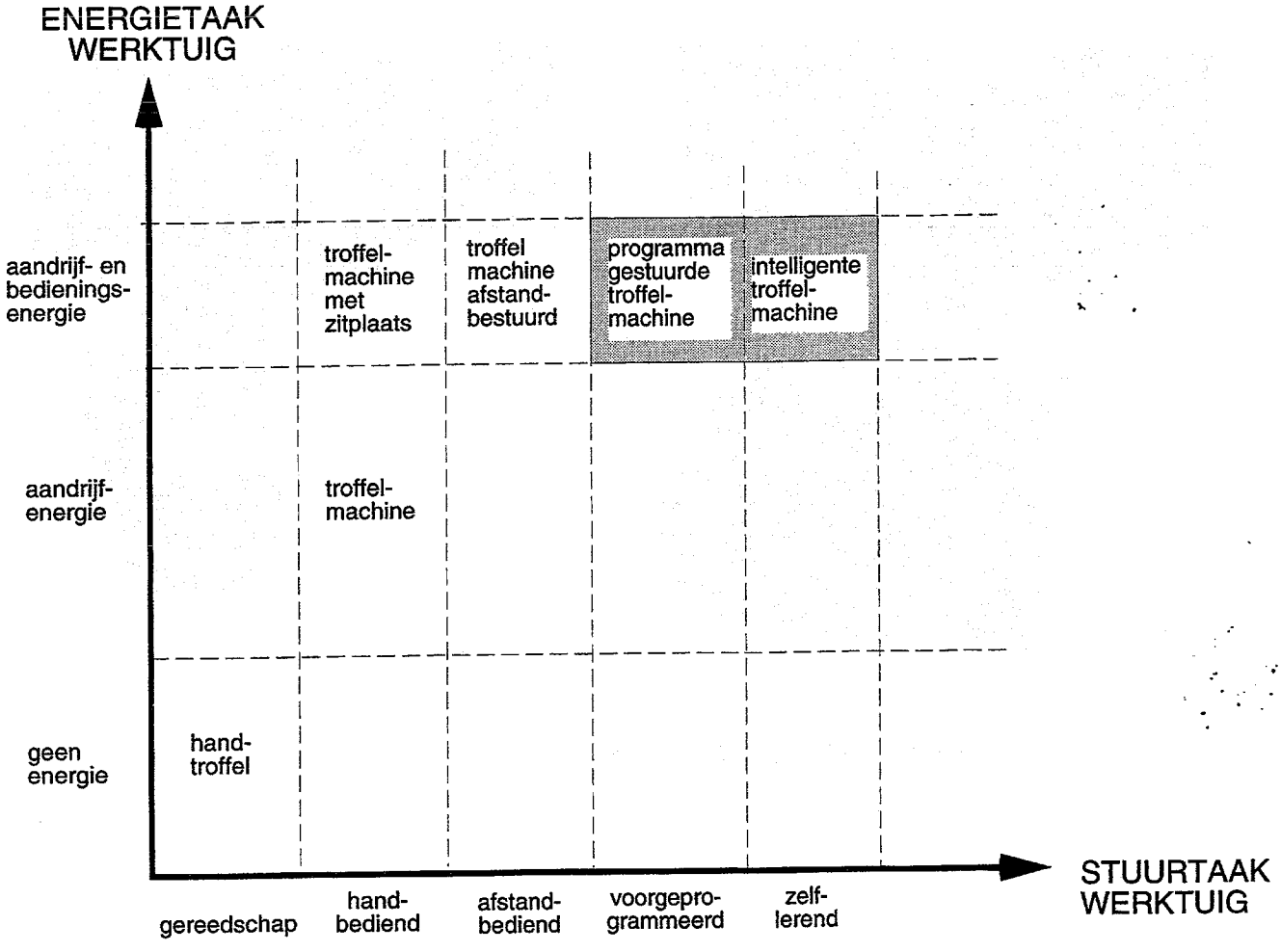
Voorbeeld hiervan is het SMART systeem. Zie elders in dit dictaat.

Figuur 4.4 *Ergonomische metselblokken*

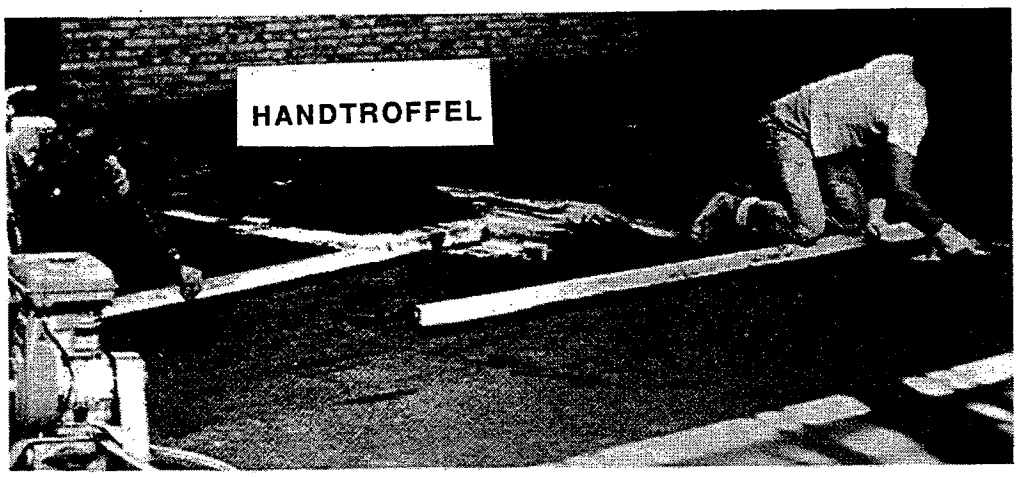
4.5 Keten van mechanisatietrajecten

Wanneer men de procesontwikkeling van de produktie van een bepaald gebouwdeel over langere tijd beschouwd kan men een keten van mechanisatietrajecten maken.
Voor het verdichten van een in het werk gestorte betonvloer is als voorbeeld hier de keten gemaakt.
Het verdichten kan men op de volgende wijzen uitvoeren:
- met een handtroffel
- met een troffelmachine
- met een troffelmachine met zitplaats
- met een troffelmachine op afstand bestuurd
- met een programmagestuurde troffelmachine
- met een intelligente troffelmachine

De werkwijzen zijn in de mechanisatiematrix weer te geven. Zie figuur 4.5 en 4.6. Wanneer er een lijn wordt getrokken door de verschillende werkwijzen ontstaat een keten van mechanisatietrajecten.



Figuur 4.5 *Mechanisatietrajecten verdichten vloeibare mortel*



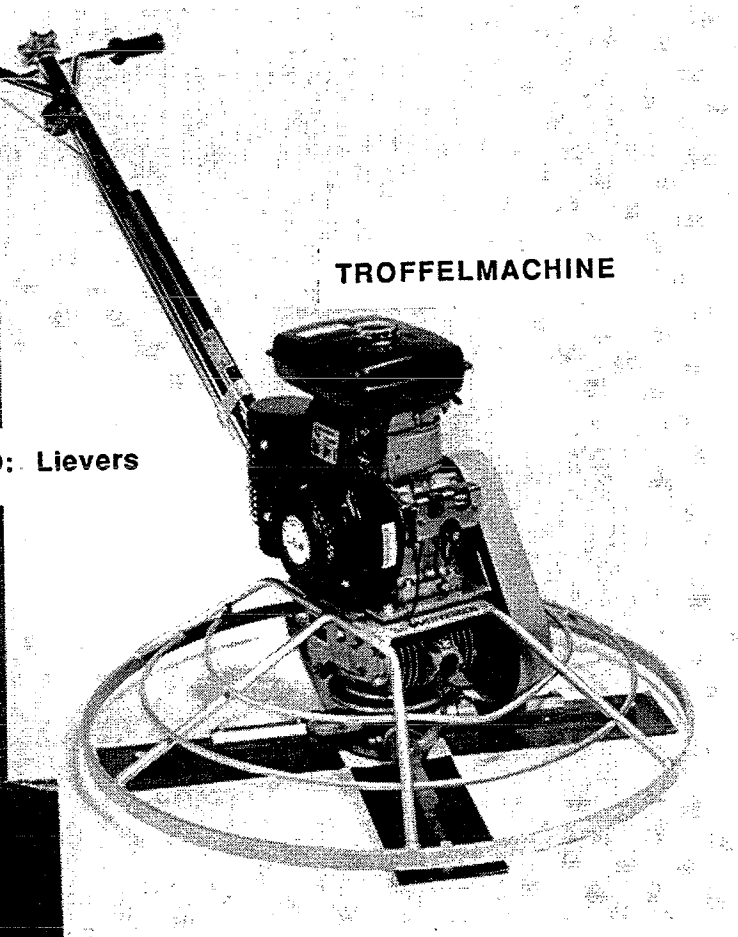
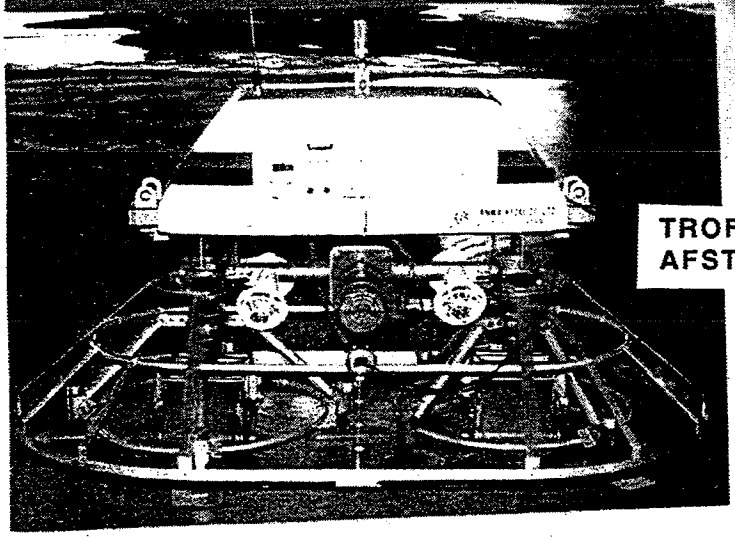


FOTO: Lievers



Figuur 4.6 Verdichtingsmethoden vloeibare mortel

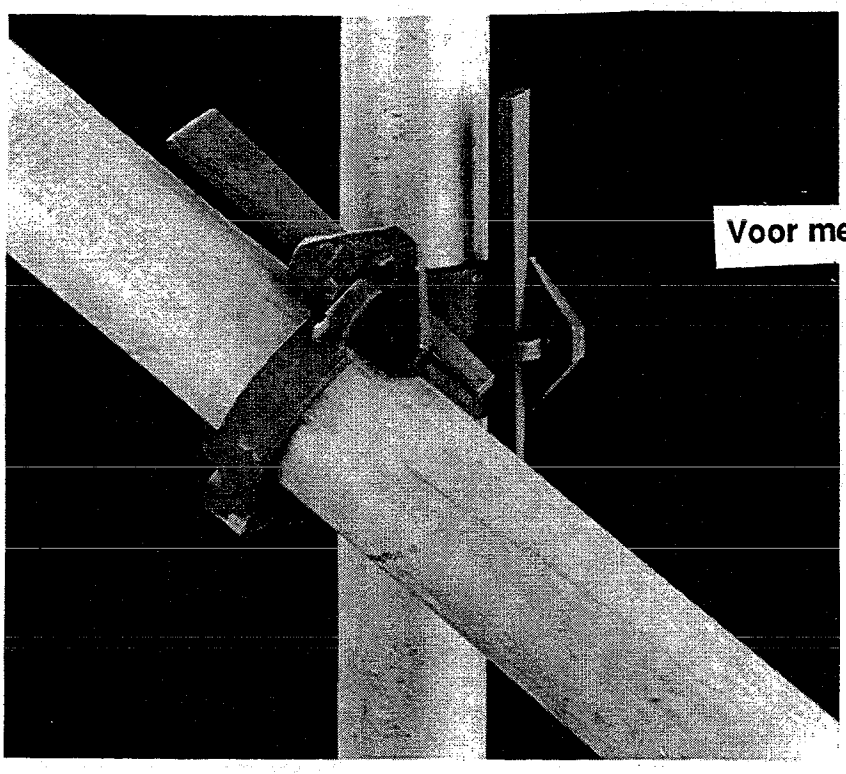
Literatuur

Rietdijk, J.A. en andere, Mechatronica. De kracht van gebundelde technieken in De Ingenieur nr. 4 - 8 maart 1994.

Voskamp, Ergonomie als volwassen onderdeel van het arbeidsproces in Arboscoop, juni 1994, nummer 6.

BIJLAGE 4.1.1 Optimaliseren gereedschap
Steigerkoppeling met vaste en losse spie

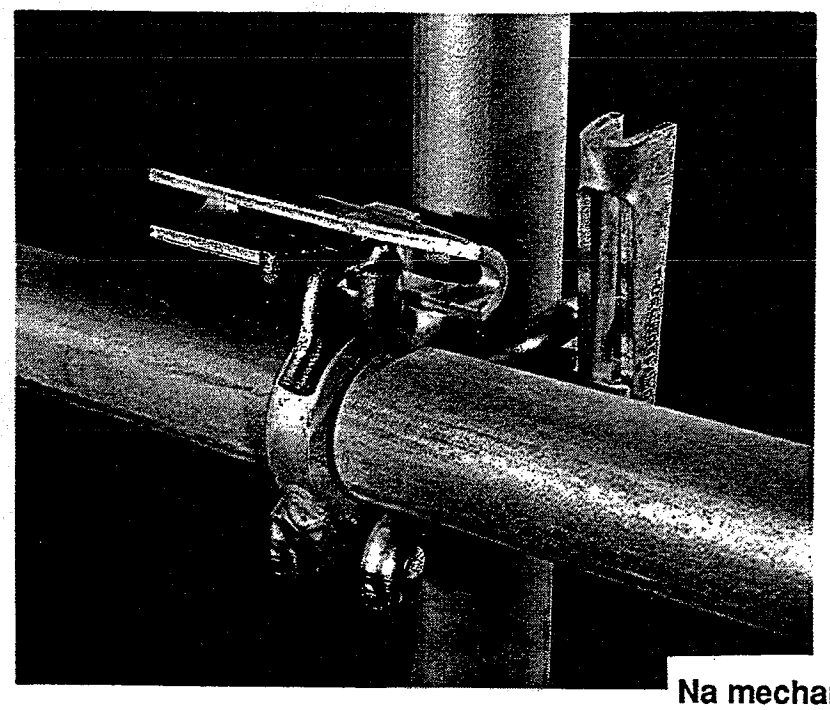
STEIGERKOPPELINGEN MET VASTE EN MET LOSSE SPIE



Voor mechanisatie

Van Thiel United BV levert een compleet assortiment steigerkoppelingen. Naast de vaste spie-koppelingen is recent de alom geprezen „Stampwerk" losse spie-koppeling opnieuw in produktie genomen.

De steigerkoppeling met vaste spie van Van Thiel bestaat uit één gegalvaniseerd geheel. Een produkt uit één stuk en standaard in vuurverzinkte uitvoering, dat een bijzonder lang leven zonder onderhoud beschoren is.
De verbeterde steigerkoppeling met losse spie vormt een aantrekkelijk economisch alternatief. Deze koppeling is standaard gesherardiseerd, maar in verzinkte uitvoering leverbaar. Het traditioneel steigeren met de Van Thiel steigerspiekoppelingen blijkt tot op de dag van vandaag nog steeds efficiënt en economisch aantrekkelijk. De flexibiliteit is optimaal waarmee een waardevolle „koppeling" is gelegd naar een aanzienlijke kostenbesparing.



Na mechanisatie

FOTO: Van Thiel United BV

BIJLAGE 4.1.2 Optimaliseren gereedschap
Daklorry

Voor mechanisatie

Daklorry beweegt pannen moeiteloos over dak

Voor het horizontale transport van dakpannen over de daken heeft RBB de handige RBB-dakpannenlorry ontwikkeld. Daarmee zijn ongeveer 20 dakpannen tegelijk gemakkelijk horizontaal over het dak te verplaatsen. Er behoeft niet met dakpannen te worden gezeuld of gegooid met alle gevaren vandien.
Het wagentje is gemaakt van aluminium. Het heeft aan beide zijden een stevige handgreep voor het voortbewegen. Aan de bovenzijde is het voorzien van drie kunststof geleiderollen die langs- en drie transportrollen die over de panlatten rollen. Aan de onderzijde is het karretje uitsluitend voorzien van drie brede transportrollen, die eveneens over de panlatten lopen.
Deze brede onderrollen maken, dat de lorry van RBB Verkoopkantoor BV te Montfoort, geschikt is voor het vervoer van verschillende dakpannen met verschillende panlatafstanden. De panlatafstanden kunnen daardoor variëren van hart op hart 255 tot en met 345 mm. Dat het karretje is voorzien van series van drie wielen in plaats van twee is niet toevallig gekozen. De drie wielen zorgen ervoor dat het wagentje moeiteloos de panlatonderbrekingen neemt, zonder te stokken of te stoten. Bij het benaderen van een onderbreking van de eerste wielen zorgen de twee overige series voor een strakke voortgang van de kar zonder schokken. Het wagentje weegt slechts zes kilogram en is met een vinger over de panlatten te bewegen.

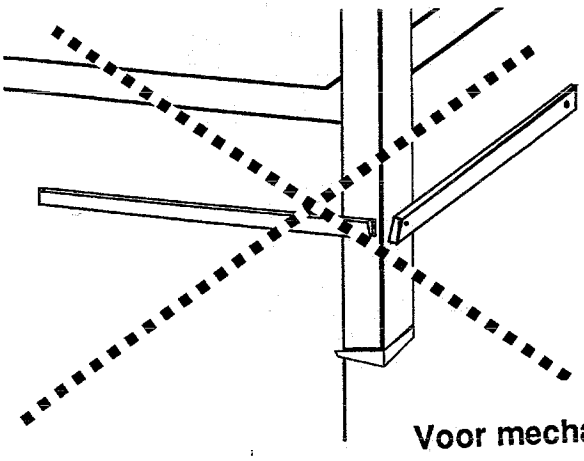
Na mechanisatie

BIJLAGE 4.1.3 Optimaliseren gereedschap
Hoekstelbeugel
Ontworpen door F. Slaats te Beek en Donk

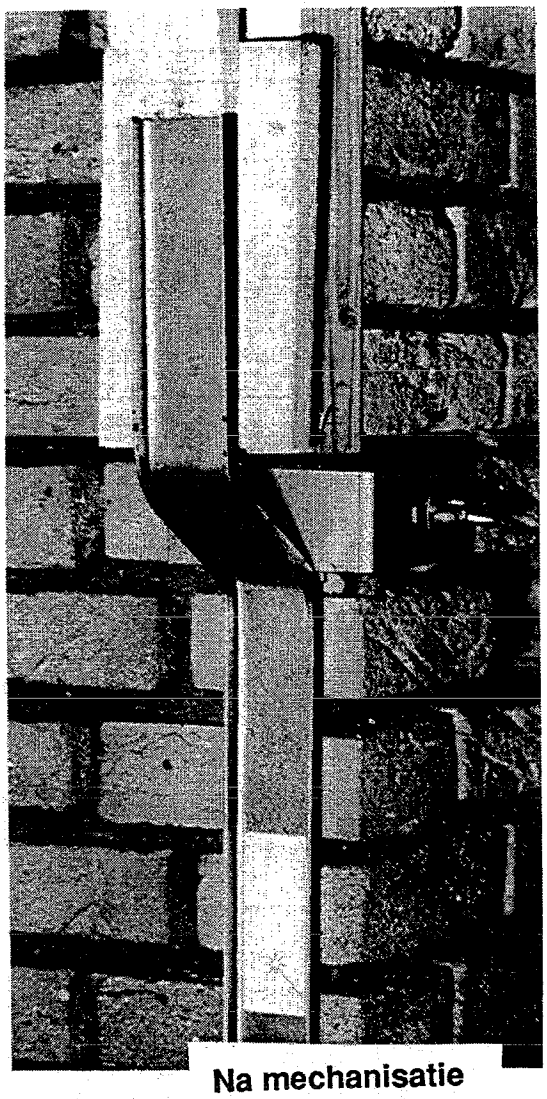
SAB Hoekstelbeugel

De SAB-hoekstelbeugel is dé manier om tijd en kosten te besparen bij het stellen van metsel-profielen.

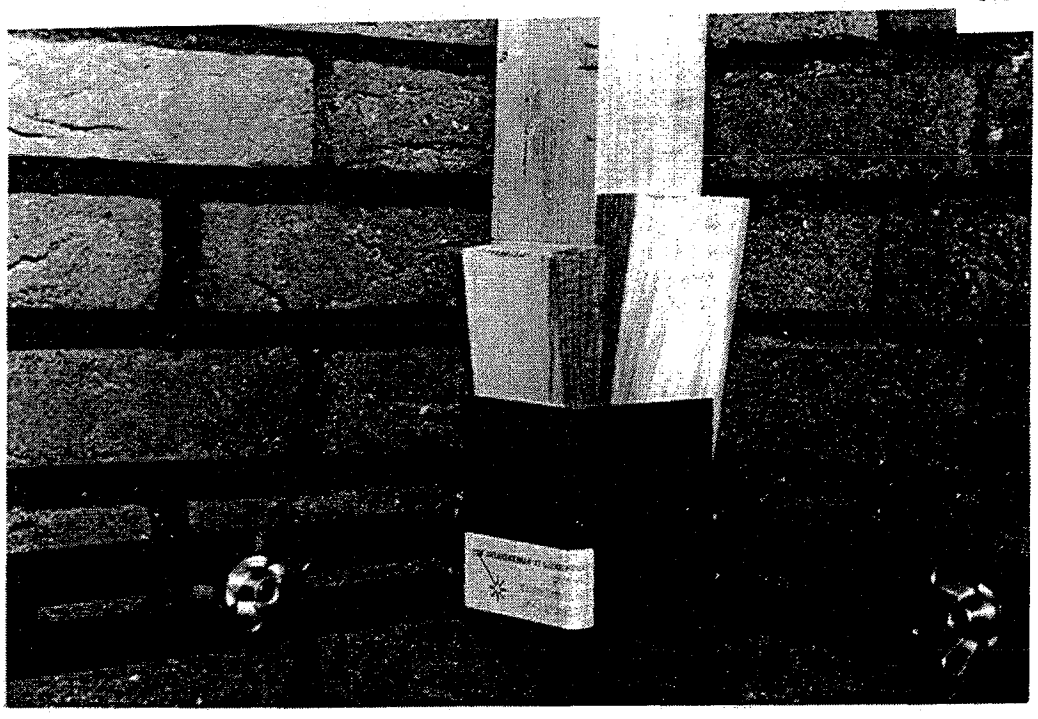
Grote voordelen
- Tijdwinst door snelle montage
- Geen loszittende profielen
- Geen beschadiging aan het metselwerk



Voor mechanisatie



Na mechanisatie



BIJLAGE 4.2.1 Toepassen aandrijvingen

Aandrijving kruiwagen

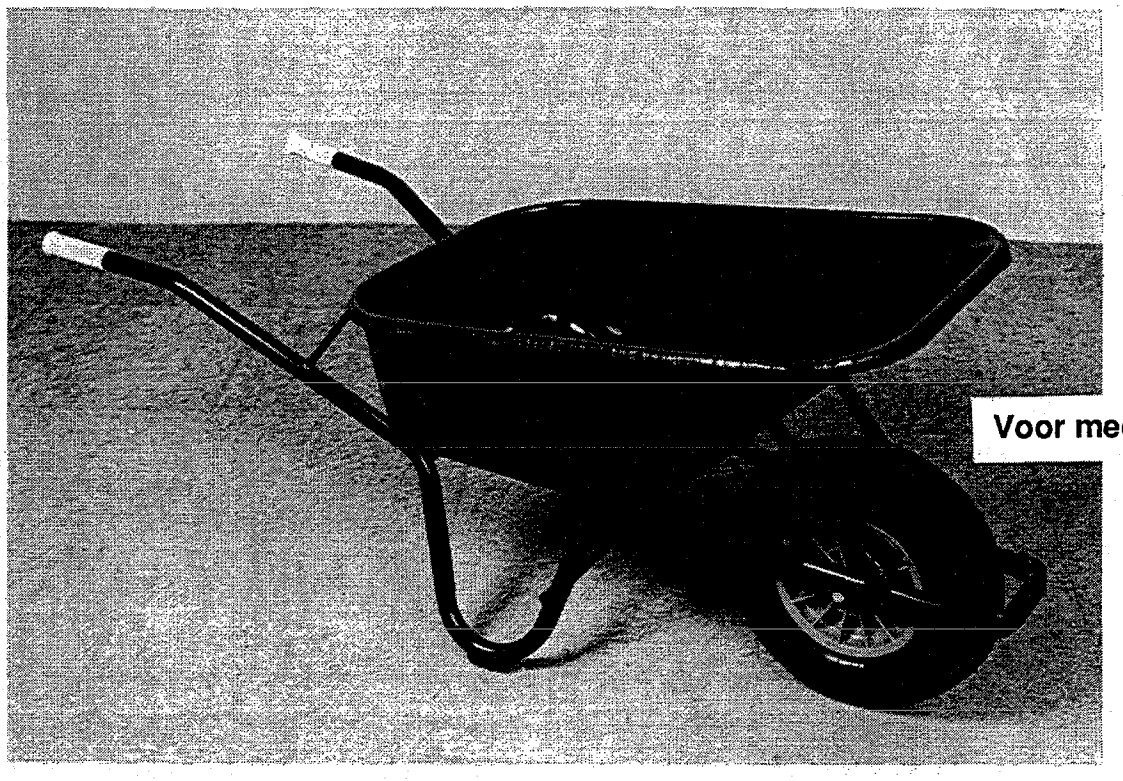
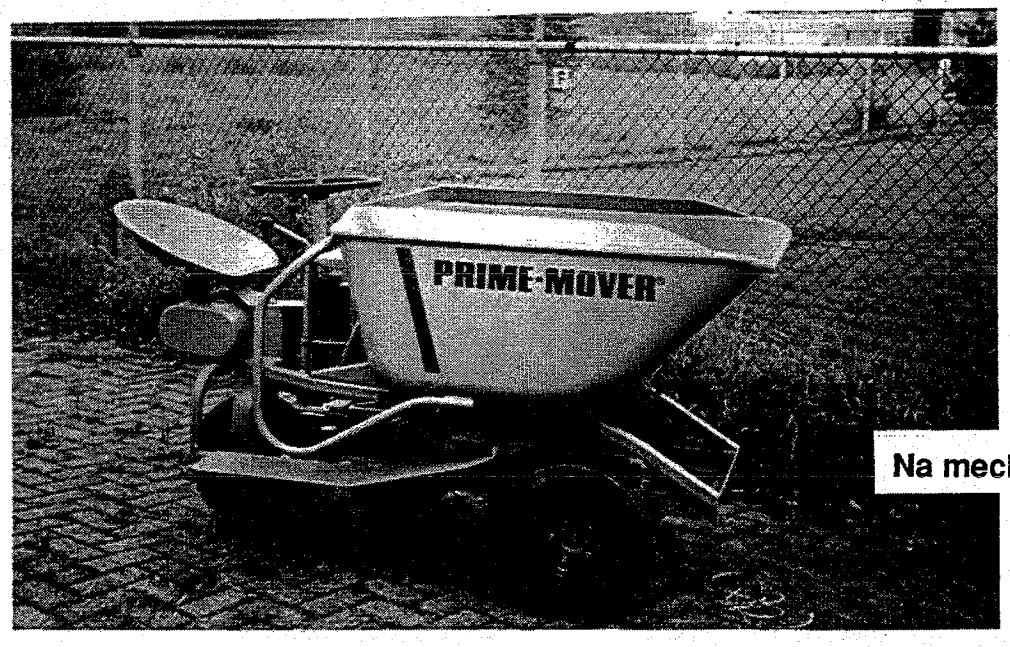


FOTO: HET FORT BV

Voor mechanisatie



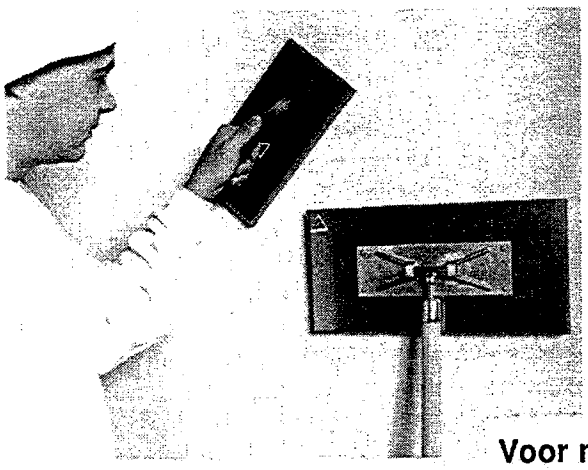
Na mechanisatie

PRIME-MOVER MOTORKRUIWAGEN M 15 B (LOOPMODEL)

MOTOR 4 - TAKT KOHLER	8 PK
LAADVERMOGEN	680 KG
INHOUD BAK (WATER)	280 LTR
PLATFORM (NORMAAL)	76 X 111 CM
PLATFORM (GROOT)	106 X 121 CM
DRAAICIRKEL	88 CM
GEWICHT CHASSIS	204 KG
GEWICHT STALEN BAK	50 KG
TANK INHOUD (8 UUR)	10 LTR
BANDEN VOOR 4.80 X 8	
ACHTER 4.10 X 6	

BIJLAGE 4.2.2 Toepassen aandrijvingen

Electrisch schuurbord stukadoor



Voor mechanisatie

Na mechanisatie

Het elektrisch schuurbord, waarbij de elektromotor aan een riem om de heup wordt gehangen.

FOTO'S: Sanderink

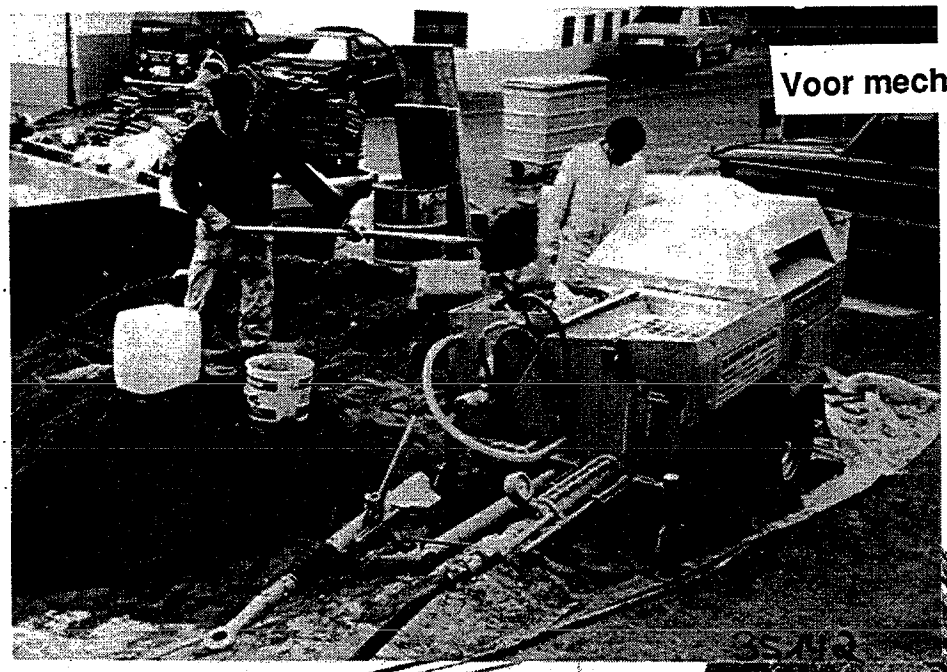
Schuurbord

Na regelmatige verzoeken is hij zich eens over de gereedschappen gaan buigen. Als voorbeeld pakt hij het schuurbord met groffe spons erbij. "Kijk", zegt hij met nadruk in zijn stem, terwijl zijn hand het ronde handvat van het bord omklemt, "omdat het zo rond is moet je heel wat kracht zetten om de benodigde druk te krijgen die bij het schuren van een muur noodzakelijk is. Als je dat een dagje staat te doen, nou dan voel je het wel." De oplossing bleek even simpel als doeltreffend: een nieuw handvat. "Ik liep in Italië over een beurs en zag een dergelijk handvat. Meteen dacht ik aan de toepassing voor stukadoors." Sanderink kocht de rechten van het handvat voor Nederland en importeerde de handel. Het resultaat is nu een schuurbord met een wat rechter handvat, dat min of meer schuin afloopt. "Daarmee is veel meer, zelfs op de punten van het bord, gemakkelijker kracht te zetten."

Voor diegenen die het nog wat makkelijker willen hebben, bedacht Sanderink een elektrisch schuurbord, waarbij de elektromotor aan een riem om de heup wordt gehangen en het vrij lichte schuurbord tegen de muur kan worden gehouden. "Ik heb dit apparaat in februari vorig jaar op de markt gebracht en heb er sindsdien al ruim honderd van verkocht."

BIJLAGE 4.2.3 Toepassen aandrijvingen

Scheppen zand in mixer

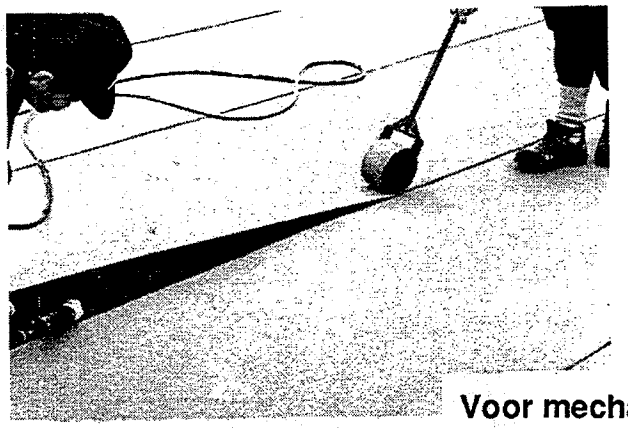


Voor mechanisatie

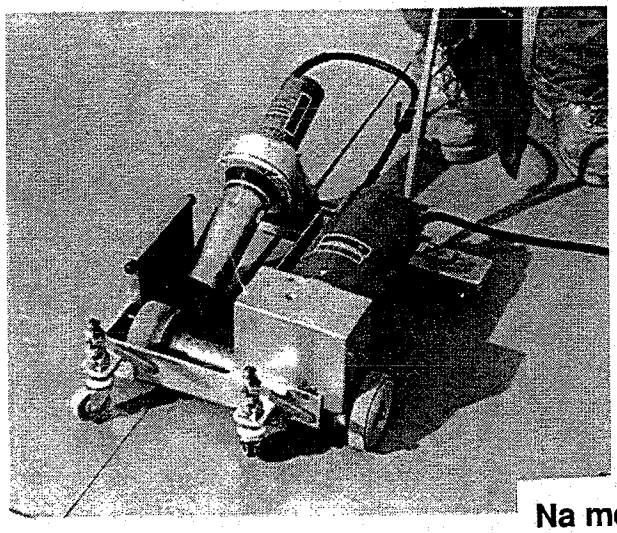
Na mechanisatie

BIJLAGE 4.2.4 Toepassen aandrijvingen

Thermische lasmachine voor kunststofbanen



Voor mechanisatie



Na mechanisatie

BIJLAGE 4.2.5 Toepassen aandrijvingen

Opkar en kraanhaak voor metselstenen

Deelbare pakketten
De nieuwe methode bestaat uit een andere manier waarop de steentassen zijn samengesteld in combinatie met het gebruik van een metseltafel. De laatste is aanmerkelijk eenvoudiger dan het nog niet zo lang geleden geïntroduceerde metselplatform dat in hoogte verstelbaar was. De nieuwe metseltafels zijn dat niet. Het zijn eenvoudige schaartafels, vervaardigd uit aluminium. Op deze tafel staan zowel de te verwerken stenen als de speciekuip. Voor de eerste lagen blijft het dus bukken, maar naarmate de muur hoger wordt opgetrokken wordt ook het bukken minder.

Voor mechanisatie

Na mechanisatie

De steen wordt op pallets aangevoerd in deelbare pakketten. Hoe ze worden gedeeld is afhankelijk van de wijze van transport. Met een kraan of een verreiker kunnen 200 stenen in één keer worden opgenomen en op de metseltafel tussen twee speciekuipen worden geplaatst. Met de elektro-opperkar kunnen 50 (kleinste deelpakket) of 100 (dubbel pakket) stenen worden vervoerd in het geval geen ander transportmiddel beschikbaar is of een werkplek niet direct bereikbaar is voor een kraan of een verreiker. De door Varta ontwikkelde batterijpacks in de opperkar zijn oplaadbaar en bevatten voldoende energie voor twee tot drie dagen.

Na mechanisatie

BIJLAGE 4.2.6 Toepassen aandrijvingen
Palenkraker

TAETS Hydraulic Pile-breakers:

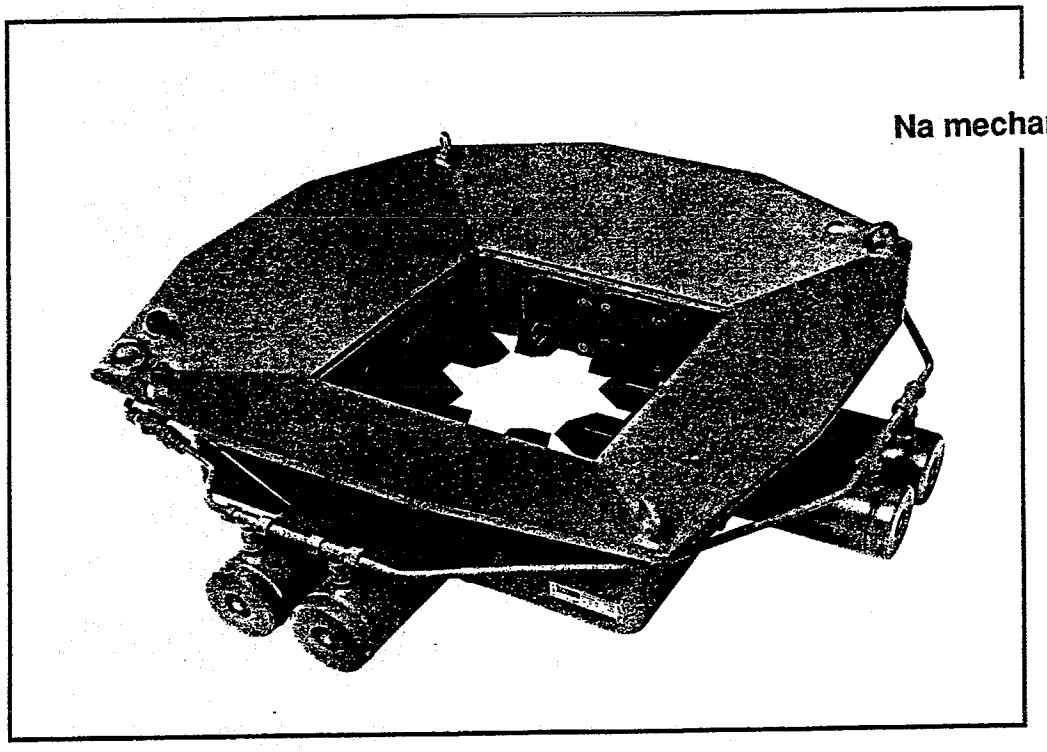
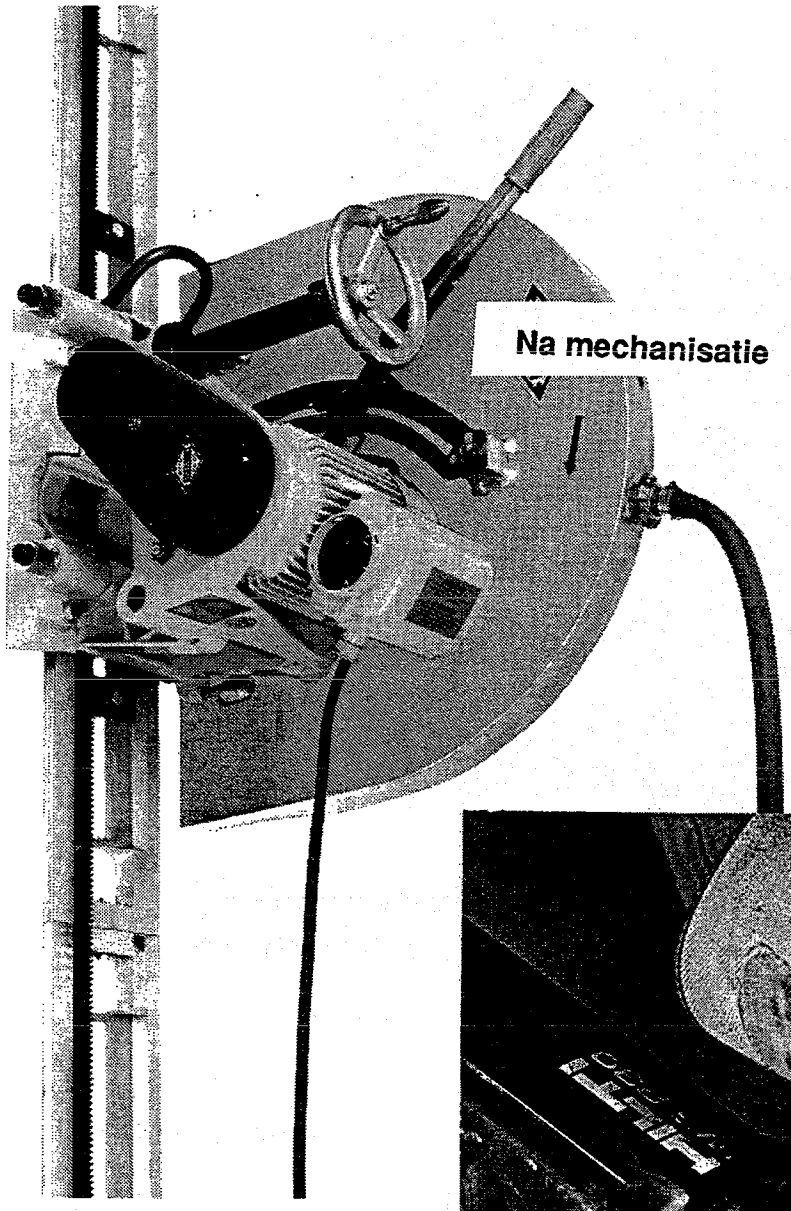
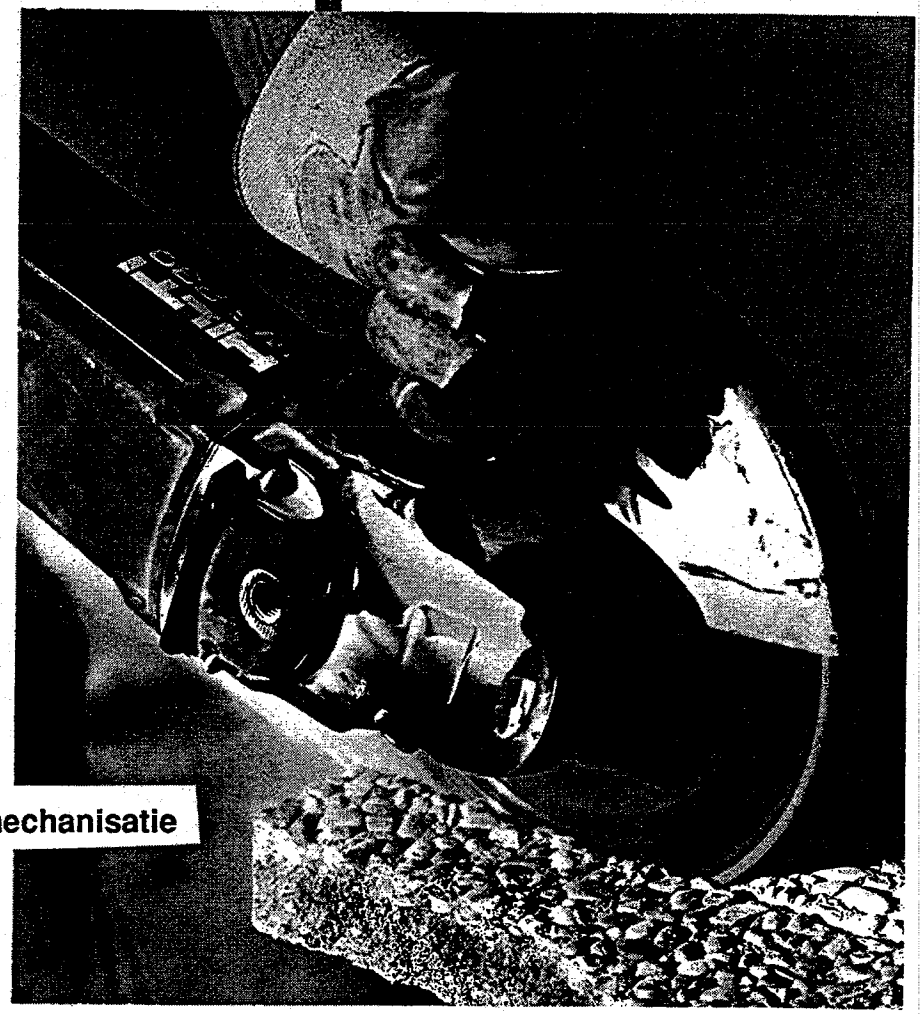


FOTO: TAETS

BIJLAGE 4.3.1 Toepassen geleidingen

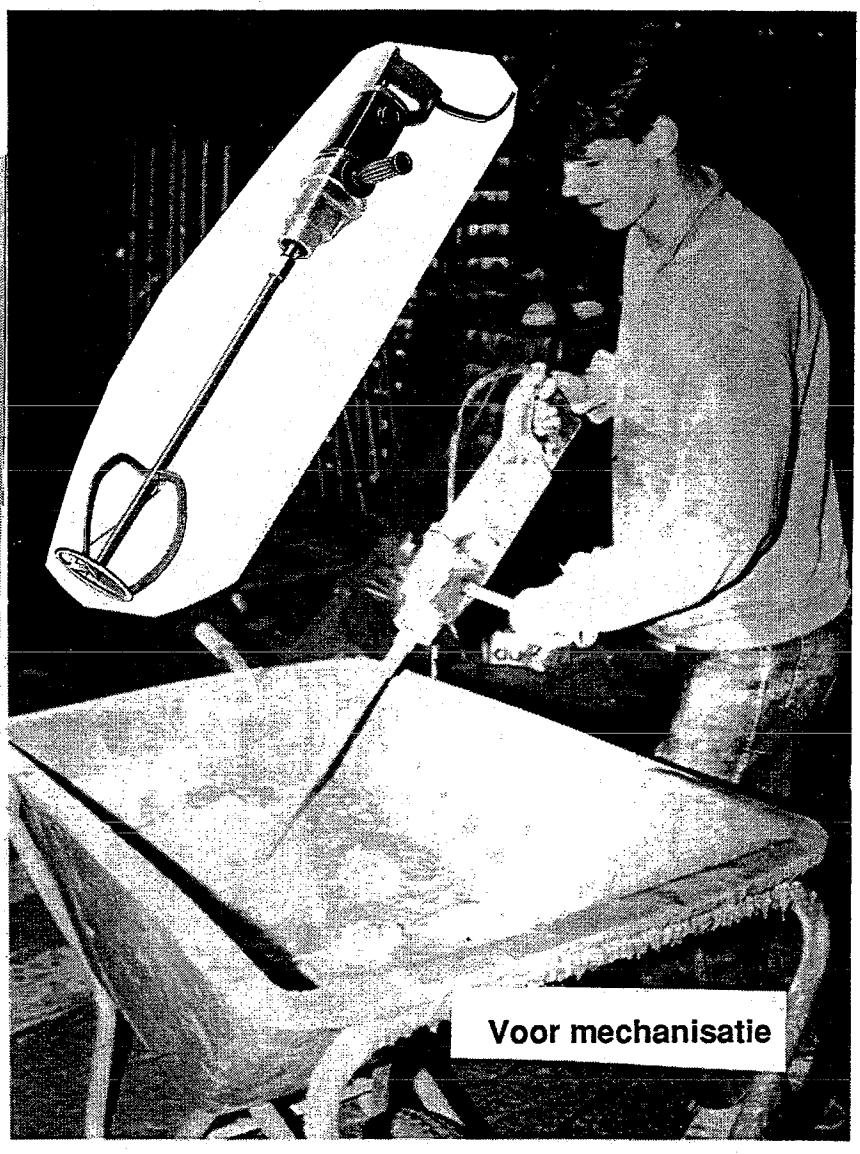
Zagen met diamant in steen





BIJLAGE 4.3.2 Toepassen geleidingen

Mengvoorraadsilo ELBO



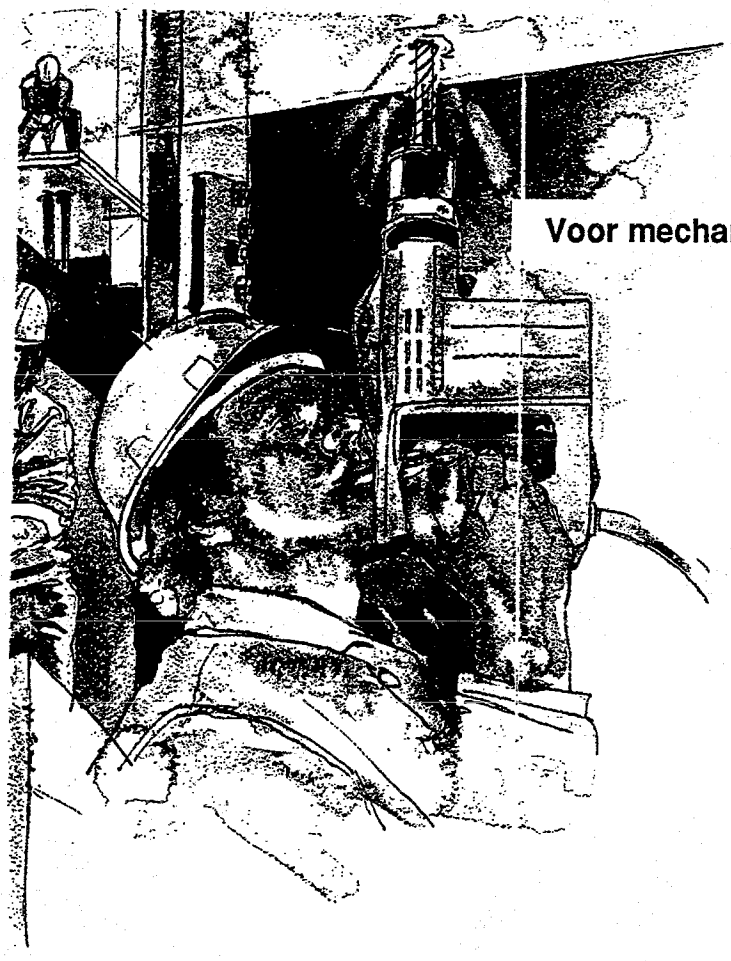
Uitvoering.
De ELBO MS-55 meng-voorraadsilo is een compacte mengmachine, uitgevoerd met bovenmotor en een slagvaste PE-kuip met RVS-afsluitschuif, waardoor lijm of mortel bij draaiende motor kan worden afgetapt.
Door de speciale vorm van de kuip en de mengstaaf en door een mengwijze zonder lucht, kan elk gewenste hoeveelheid van 1,5 tot 50 kilo perfect worden aangemaakt. Hierbij wordt alleen het strikt noodzakelijke water toegevoegd en ontstaat er een mortel met een hoge dichtheid en kwaliteit zonder dat dit de verwerkbaarheid beïnvloed.

De RVS-mengstaaf is voorzien van RVS-veren met PE-schrapers om de kuipwand schoon te houden en de mortel makkelijker uit de voorraadsilo te doen lopen. De krachtige geluidsarme elektromotor wordt bediend met een serie-benaderingsschakelaar met 4 standen. Het maximale toerental, schakelaarstand 4, bedraagt 90 toeren per minuut.

Bij het mengen in de standen 2, 3 en 4 schakelt de motor automatisch na 5 minuten uit, om de kwaliteit van de mortel optimaal te houden. Zo wordt het kapot mengen van de mortel voorkomen, als men de mengtijd niet meer weet of domweg vergeet dat de menger loopt. De motor is verder voorzien van een stationiare stand (1). In deze stand schakelt de motor niet na 5 minuten uit en blijft de mortel in beweging. Het PE-afsluitdeksel op de kuip voorkomt uitdroging van de inhoud als gevolg van zonnestralen en tocht of verontreiniging door vuil en inregenen. Hierdoor behoudt de mortel onder alle omstandigheden zijn hoge kwaliteit. De MS-55 kan door zijn luchtbanden en handgrepen eenvoudig op de bouwplaats worden verreden en is dus altijd onder handbereik.

BIJLAGE 4.3.3 Toepassen geleidingen

Statief voor boormachine



Voor mechanisatie

FOTO: Techno Tools

Na mechanisatie

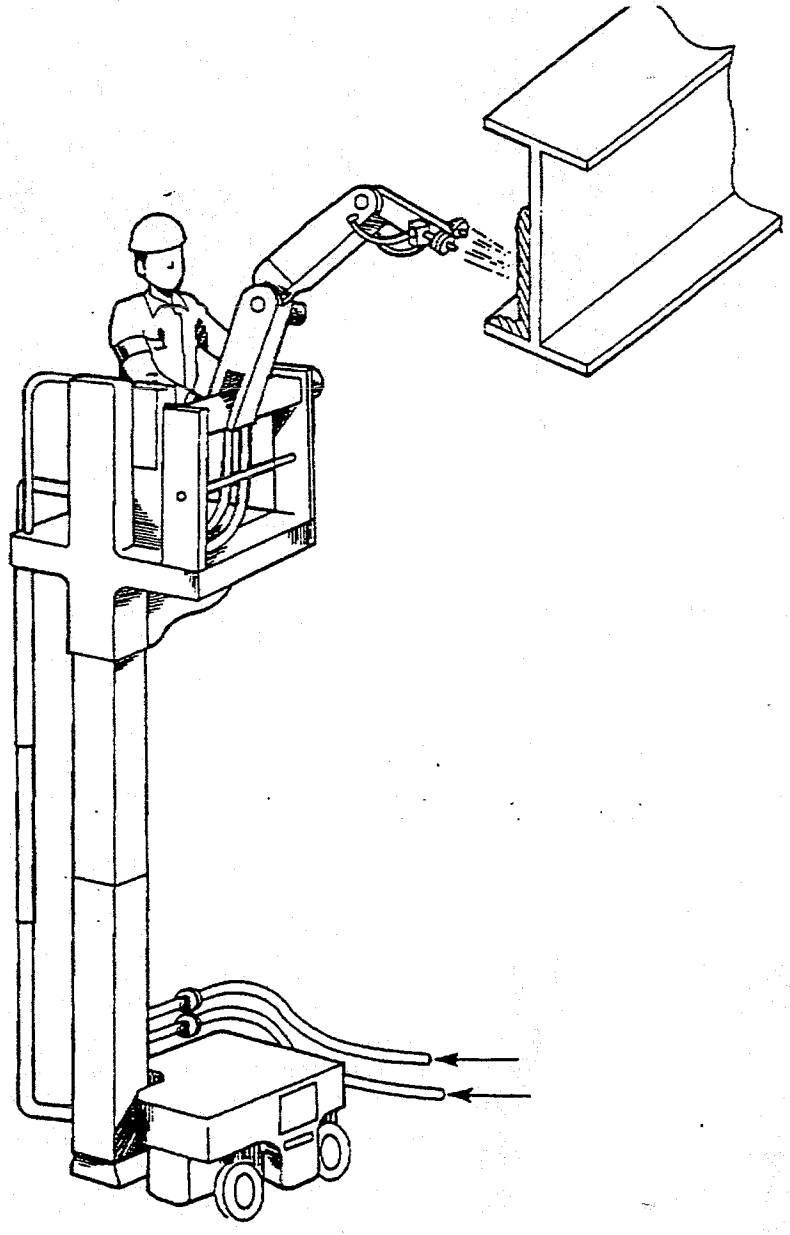
HET ERGOTECH STATIEF SYSTEEM...

Het Ergotech statief systeem is een unieke, gepatenteerde constructie met een ingebouwde gasdrukveer. Tijdens het klopboren in plafonds wordt de klopboormachine automatisch omhooggedrukt richting plafond door het statiefsysteem, zonder enige inspanning voor de arbeider. Met een bediening binnen handbereik kan de klopboormachine vanaf de grond bediend worden. De trillingen worden opgevangen door de gasdrukveer. Dit geeft minder slijtage op het axiale lager van de boorhamer. Het systeem kan gemakkelijk verplaatst worden. Ergotech's mogelijkheden maken het klopboren eenvoudiger. Men bespaart mankracht en energie, evenals tijd en geld.

BIJLAGE 4.4.1 Toepassen bedieningsapparatuur

Semi-automatische spuitapparatuur

JAPAN, Takenaka
An Experiment in Semi-automated Spray Fireproofing

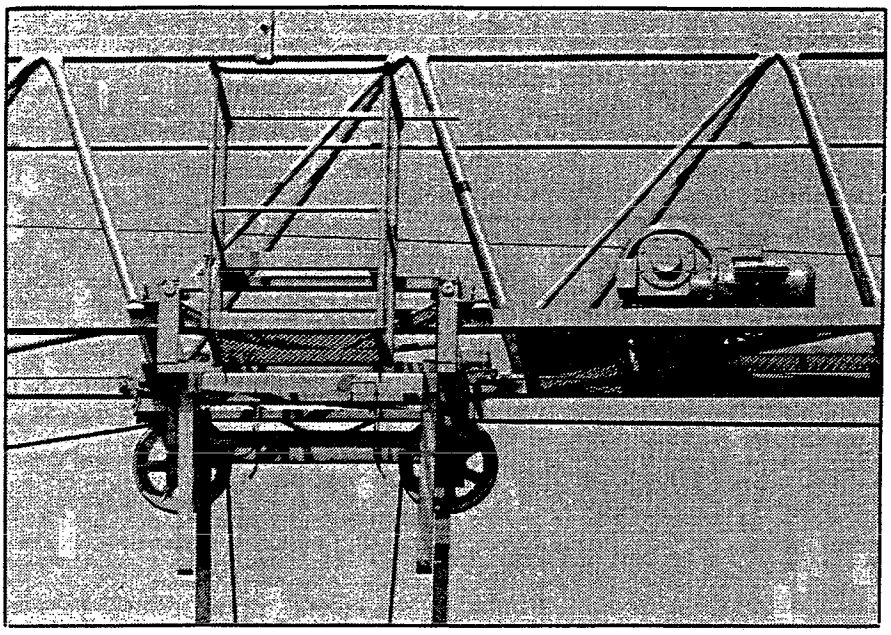


BIJLAGE 4.4.2 Toepassen bedieningsapparatuur

Katrij-aandrijving traploos op Liebherr EC-H kranenlijn

Liebherr heeft de toerusting van zijn torenkranen van de serie EC-H op enkele punten technisch verbeterd. Standaard beschikken de machines nu over een traploos aangedreven katrijwerk, een nieuwe moderne cabine met comfortabele instelbare bedieningsstoel en elektronisch monitorsysteem (EMS).

Door **Henk de Vreede**



Traploos aangedreven katrijwerk met frequentieregeling voor de Liebherr-torenkraan in de serie EC-H.

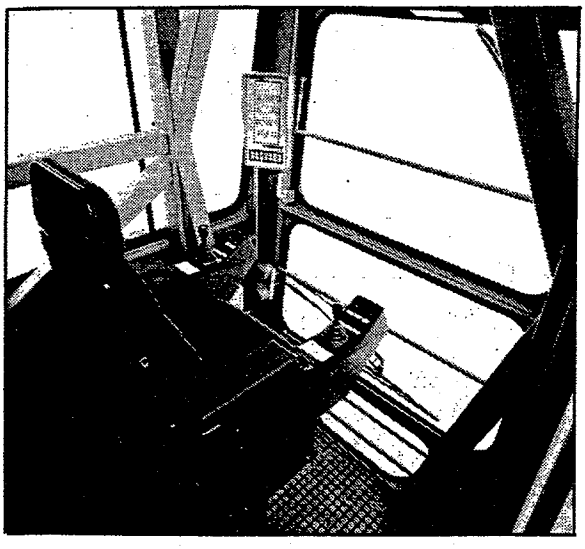
Sinds vorige maand worden de kranen uit de EC-H serie seriematig uitgerust met een traploze snelheidsregeling van het katrijwerk. Liebherr leverde een dergelijke aandrijving met frequentieregeling al op aanvraag op zijn bovendraaikranen sinds de Bauma '92. Bij genoemde kranenserie is deze echter nu standaard aanwezig. Katrijwerken worden momenteel voor een groot deel nog door draaistroom asynchroonmotoren aangedreven. Het toerental van deze motoren en daarmee dus ook de rijsnelheid van de kat, wordt bepaald zowel door de frequentie van het lichtnet als het aantal poolparen van de motor.

Rijsnelheid

Omdat bij zeer grote gieklengten voor het economisch verplaatsen van lasten meerdere katrijsnelheden noodzakelijk zijn, zijn de huidige rijwerken in het algemeen uitgerust met motoren met twee of drie verschillende omschakelbare poolparen. Door middel van deze aandrijftechniek zijn met behulp van handels, vast ingestelde rijsnelheden te kiezen. Het overschakelen tussen de afzonderlijke rijsnelheden gebeurt evenwel niet traploos.

Geheel anders verloopt de katrijwerk-aandrijving met frequentieschakeling zoals Liebherr die thans in de EC-H reeks standaard inbouwt. Hiermee wordt wél een traploos regelbare rijsnelheid van het katrijwerk geboden, doordat de elektronische frequentieregelaar een traploos verstellen van de frequentie mogelijk maakt van 0 Hz tot maximaal 120 Hz.

Bij gebruik van een vierpolige draaistroommotor, is ook het toerental van de motor traploos te regelen van 0 tot 3600 omw/min. Met deze snelheidsregeling is het optreden van schokken aan het begin van de rijbeweging noch bij het stoppen uitgesloten. Ook het veranderen van de rijrichting heeft geen schokken tot gevolg maar verloopt geheel vloeiend.



Interieur van de nieuwe cabine die standaard op de EC en EC-H kranen van Liebherr wordt gebouwd.

Comfort

Niet alleen dit aandrijfsysteem van het katrijwerk draagt zorg voor een belangrijk rustiger kraanwerking. Ook de moderne geluidgedempte en warmtegeïsoleerde nieuwe cabine met rondom een ruime beglazing biedt de kraanbestuurder rust en comfort. Het voorraam is met gasdrukveren open klapbaar terwijl de zijruiten als schuifraam zijn uitgevoerd. Bedieningshandels en instrumentenpaneel zijn in de leuningen van de comfortabele volledig instelbare stoel geïntegreerd. Direct binnen zichtveld bevindt zich het elektronische monitorsysteem door middel waarvan de kraanbestuurder continu wordt geïnformeerd omtrent de bedrijfsparameters. Ook de ventilatie- alsmede de temperatuurregeling liggen binnen handbereik. Een ruitenwisinstallatie en zongordijnen opzij en voor completeren de comfortuitrusting.

Litronic

Het elektronisch monitorsysteem (EMS) tenslotte is nu eveneens standaard in de EC-H kranenserie te vinden. Het Litronic kraanbesturingssysteem is uit meerdere elektronische bouwstenen modulair opgebouwd, en bedient en visualiseert het gehele besturings- en bewakingssysteem van de kraan. Het EMS dient enerzijds enkel als controle-afleesapparaat, anderzijds, via de CAN-bus (Control Area Netwerk) verbonden met de andere elektronische kraanfuncties als bedienings en afleesapparaat voor het totale Litreonic kraanbesturingssysteem.

BIJLAGE 4.5.1 Toepassen afstandsbediening
Infrarood bediening op elementensteller

Infrarood bediening op elementensteller

Een bijzondere machinenoviteit op de BouwMECC 92 te Maastricht is te vinden in de stand van Nemaasko BV. Dit in Maasbracht gevestigde bedrijf introduceert een nieuw type minikraan voor het hanteren van grootformaat bouwstenen en blokken en demonstreert hierop tevens de mogelijkheden van infrarood afstandbediening.

Door **Henk de Vreede**

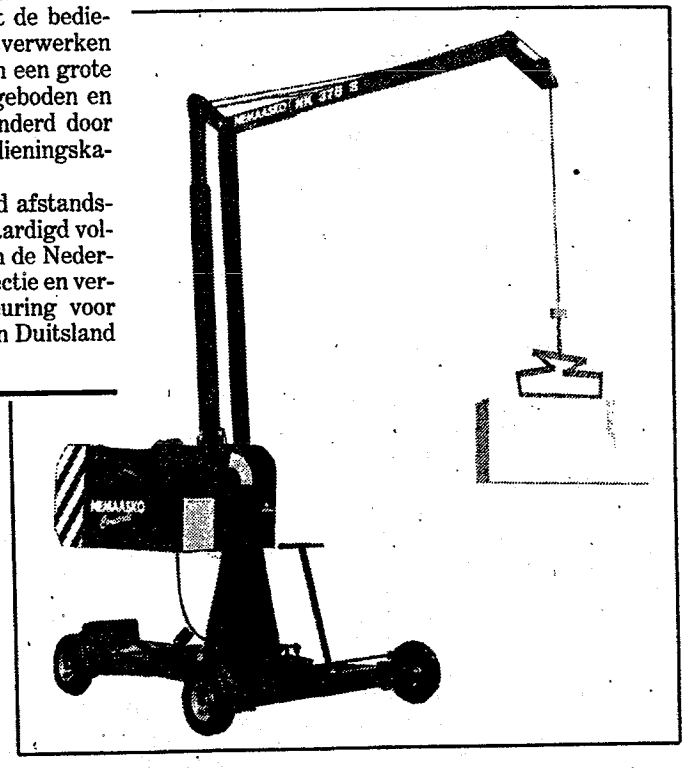
Nemaasko, een, met vijftien jaar, nog jonge onderneming, heeft zich naast de verkoop van een breed scala van produkten voor de gww- en intern transportsector, evenzeer toegelegd op de ontwikkeling en vervaardiging van minikranen voor de bouwnijverheid.
Deze zogeheten elementenstellers komen reeds enkele jaren in het leveringsprogramma voor en worden aan de hand van ervaring in de bouwpraktijk voortdurend technisch aangepast.

'Serie-B'

Nemaasko introduceert op de beurs in Maastricht twee nieuwe modellen, de NK-275 en de iets zwaardere NK-375, typeaanduidingen die we overigens ook terugvinden op de bestaande beproefde modellen, echter nu met de toevoeging 'serie-B'.
In deze B-uitvoering zijn enkele belangrijke modificaties doorgevoerd maar voor het eerst dient zich ook infrarood besturing op de elementensteller aan. En daarmee zorgt het Maasbrachtse bedrijf voor een Europese primeur. De elementenstellers zijn thans uitgevoerd met een in het chassis geconstrueerde, en derhalve laagliggende draaikrans met behulp waarvan de kraankolom eindloos draaibaar, c.q. de kraanarm eindloos zwenkbaar is. Door het ontbreken van kabelvoeding wordt hier geen beperking gelegd aan het totale zwenkbereik. De gewijzigde mast en giekconstructie biedt door zijn doordachte concept niet alleen veel praktisch gemak bij het transport, ook het hijsbereik kon hiermee worden vergroot. Het vaste contragewicht wordt deels gevormd door een robuuste afsluitbare gereedschapskist.
Ondanks de grotere hijscapaciteit kon het eigen gewicht van de nieuwe blokkenstellers worden teruggebracht en bedraagt deze, inclusief ballast, 1270 kg respectievelijk 1350 kg. Met de optopbare giek komt de 275-B tot een hefhoogte van 6400 mm.
De 375-B ligt daar, met 6800 mm, 400 mm boven. Beide minikranen komen tot een nuttige heflast van 300 kg en kregen dezelfde mobiele onderbouw.

Bewegingsvrijheid

Een interessante eigen ontwikkeling op de kranen in de B-serie is een infrarood afstandsbediening en daarmee lanceert Nemaasko op dit type kranen een bijzondere nieuwigheid. Met dit electronische bedieningssysteem wordt de bedieningsman bij het verwerken van de bouwblokken een grote bewegingsvrijheid geboden en wordt hij niet gehinderd door belemmerende bedieningskabels.
Kranen en infrarood afstandsbediening zijn vervaardigd volgens de normen van de Nederlandse Arbeidsinspectie en verkregen een typekeuring voor het werken ermee in Duitsland en België.

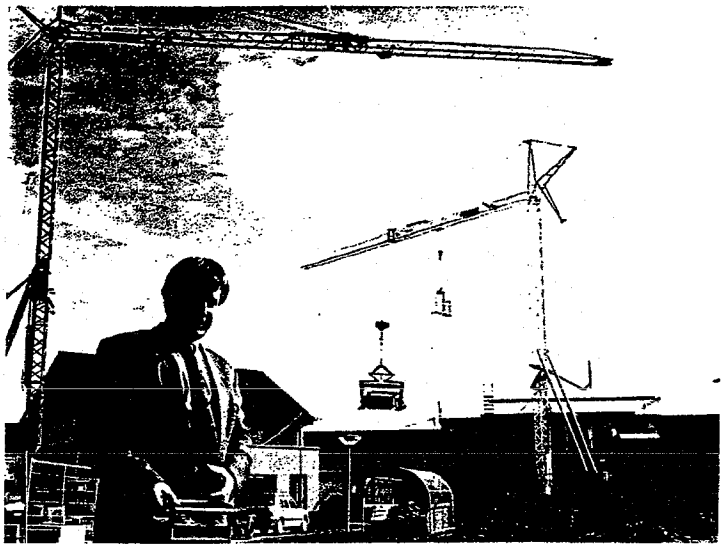


De infrarood bestuurde Nemaasko elementensteller type NK 375-B, een Europese primeur op de BouwMECC te Maastricht.

BIJLAGE 4.5.2 Toepassen afstandsbediening

Afstandsbediening bouwkraan van 10 tonmeter

Bennie Elshof van bouwbedrijf Gebroeders Elshof uit het Gelderse Kelder heeft de kruiwagen van zijn bouwplaats gebannen. Tegenwoordig wordt al het sjouw- en tilwerk verricht door een kleine, radiografisch bestuurde kraan. Een kraan die tijdens de gehele ruwbouwfase aanwezig is. Enkele gevolgen: de bouwvakkers lopen minder risico op (rug)blessures en er wordt aanzienlijk efficiënter gewerkt.



Bennie Elshof bedient de radiografisch bestuurbare kraan.

Elshofs idee is niet echt nieuw. In het buitenland wordt al jaren met kranen gewerkt. Elshof: „Maar in Nederland is deze ontwikkeling tegengehouden. Dat komt omdat de grotere kranen alleen mogen worden bediend door iemand met een deskundigheidsbewijs. Om dat te krijgen moet een vrij pittige opleiding worden gevolgd. En heeft iemand zo'n bewijs, dan wil hij er ook zoveel mogelijk gebruik van maken. Zo'n persoon bedient liever full-time een grote kraan dan incidenteel een kleinere kraan, waarbij hij ook andere (bouw)werkzaamheden moet verrichten."

Bouwvakker kan optimaal toezicht houden op verrichtingen van de kraan

Voordelen

Elshof bedacht echter dat voor bepaalde kleinere kranen geen hijsvergunning is vereist. Deze machines zijn wel geschikt voor de kleinschalige (woning)bouw. Ook bedacht hij dat het helemaal ideaal zou zijn als die kranen radiografisch bestuurbaar zouden zijn. Op die manier zou de bouwvakker optimaal zicht houden op de verrichtingen van de kraan.
Hij bracht de verschillende technologieën samen en de radiografisch bestuurbare '10 tonmeter torenkraan' was geboren. (10 tonmeter houdt in dat de kraan - met een arm van twintig meter - aan het einde van de arm 500 kilo mag dragen en tot op tien meter afstand van de toren één ton).
„Iedere bouwvakker kan en mag ermee werken", stelt Elshof. „De meeste voordelen springen zo in het oog. Minder tilwerk, zware materialen kunnen zo van de ene naar de andere kant van de bouwplaats worden verplaatst, dat soort dingen. En uit een onderzoek dat het InnovatieCentrum in Arnhem heeft laten uitvoeren blijkt dat het gebruik van de kraan niet kostenverhogend werkt."

Meer prefabrikage

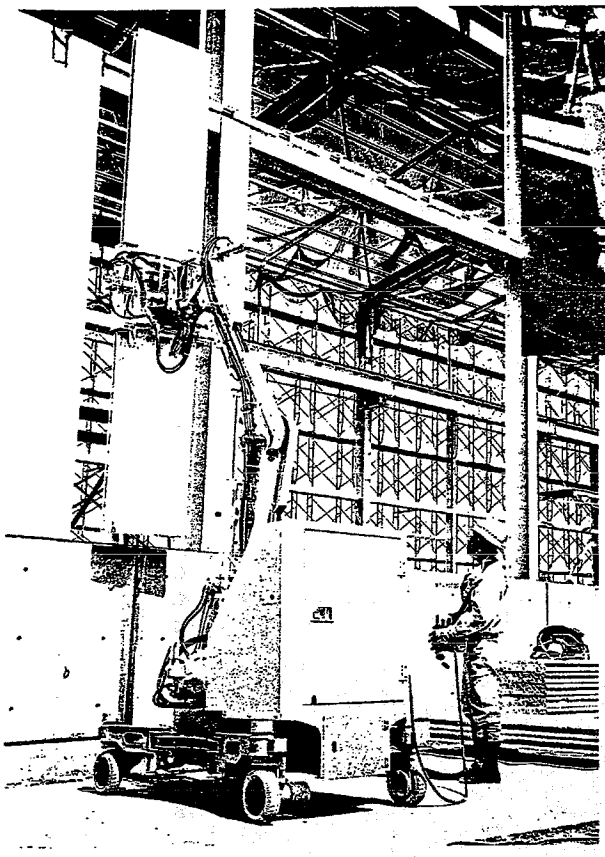
Hij vervolgt: „Een ander punt dat naar voren komt is dat je dankzij de kraan meer gebruik gaat maken van prefabelementen. Waarom een stapel stenen versjouwen als je met hetzelfde gemak een geprefabriceerd element kunt plaatsen? Omdat de kraan altijd aanwezig is, kunnen grotere elementen worden verwerkt." Toch moet de aannemer rekening houden met de beperkte omvang van de kraan. Zo maakt Elshof gebruik van vloerplaten met een breedte van zestig centimeter, in plaats van de meer conventionele 1,20 meter brede platen. Al met al denkt hij dat de kraan een gouden toekomst wacht.
„De reacties uit de bouwwereld zijn positief en de verhuursector heeft erop ingespeeld door de kraan in het programma op te nemen. We zitten nog met het feit dat veel bedrijven destijds hun kranen de deur uit hebben gedaan toen het deskundigheidsbewijs zijn intrede deed. Maar ik denk dat deze ontwikkeling niet te stuiten is."

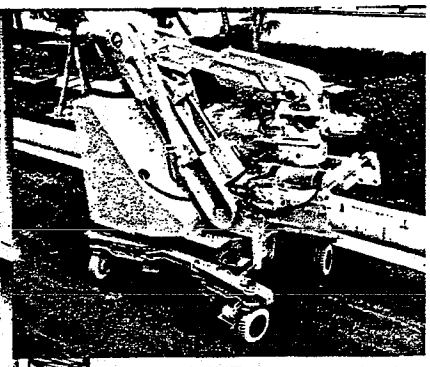
Verschillende technologieën gebundeld in radiografisch bestuurbare kraan

Kleine kraan maakt kruiwagens op de bouwplaats overbodig

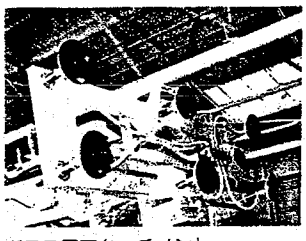
BIJLAGE 4.5.3 Toepassen afstandsbediening
Panelenstelapparaat

Install Exterior and Interior Material With Ease
MATERIAL INSTALLATION ROBOT (HARUBEI)



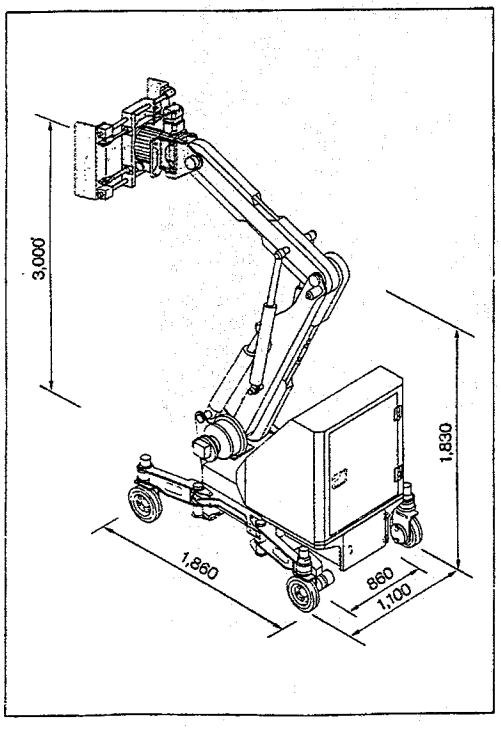


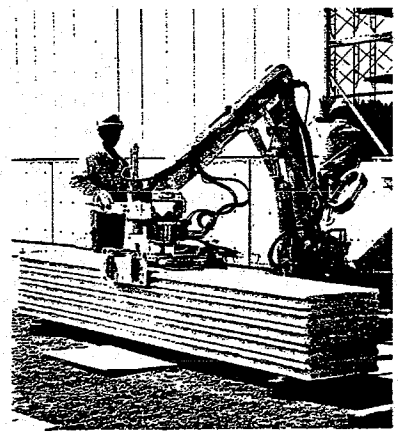
格納状況 Compact folding



ガラス用アタッチメント
Arm attachments for glass

ALCパネル取付状況 ALC panel installation





ALCパネル把持 ALC panel hold

本装置は、ALC・ガラス・石・配管などの内外装材の取付を支援する多関節のハンドリングロボットです。リモコン操作により安全にかつスピーディに資材の運搬・取付を行えます。

This multi-jointed handling robot assists in the installation of heavy exterior and interior materials such as ALC, glass, stone and piping. "Harubei" allows the speedy and safe transportation and positioning of materials using remote control operation.

FEATURES

- 6自由度の多関節アームにより、前後上下左右、あらゆる方向への作業が可能です。
- 資材をそのままの姿勢で垂直または水平に移動できるので、正確な位置合わせができます。
- 4輪操舵により前後左右の走行とスピンターンができ、移動と作業の効率が上がります。
- 移動時はコンパクトに収納され、工事用エレベータにより上下階への移動ができます。
- 先端アタッチメントの交換により、各種工事に対応できます。
- 過重量で自動停止、二重操作による先端部開放など、安全機構により安心して使えます。

- The six-way multi-jointed arm allows forward-back, ward up-down and left-right movement in any direction.
- Horizontal or vertical movement of materials while the tip of the arm remains at a set angle enables accurate positioning.
- Four-wheel steering allows forward-reverse and left-right movement as well as spin turns, thus improving the efficiency of movement and operation.
- Compact folding enables transportation to upper floors by construction elevator.
- Various arm attachments options enable use on a variety of to suit any construction jobs.
- Built-in safety mechanisms include automatic shutdown on overload and independent operation of body and detachable tip.

SPECIFICATIONS

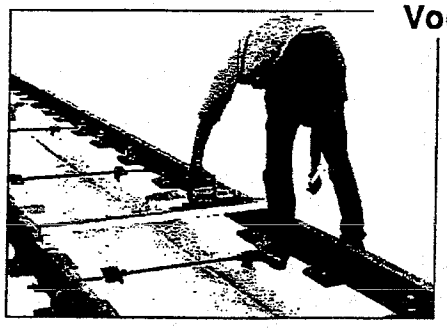
- 定格荷重：350Kg
- 最大作業半径：2.8m
- 最小回転半径：1.0m
- 走行速度：0〜3km/h
- 本体重量：800Kg

- Rated load : 350 kg
- Max. operation radius : 2.8 m
- Min. turning radius : 1.0 m
- Traveling speed : 0〜3 km/h
- Weight : 800 kg

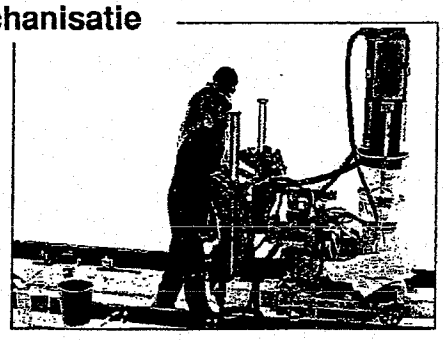
BIJLAGE 4.6.1 Toepassen computers
Loopboor

HUIDIGE WERKMETHODE
(volgens richtlijnen NS, maart 1992)

Voor mechanisatie



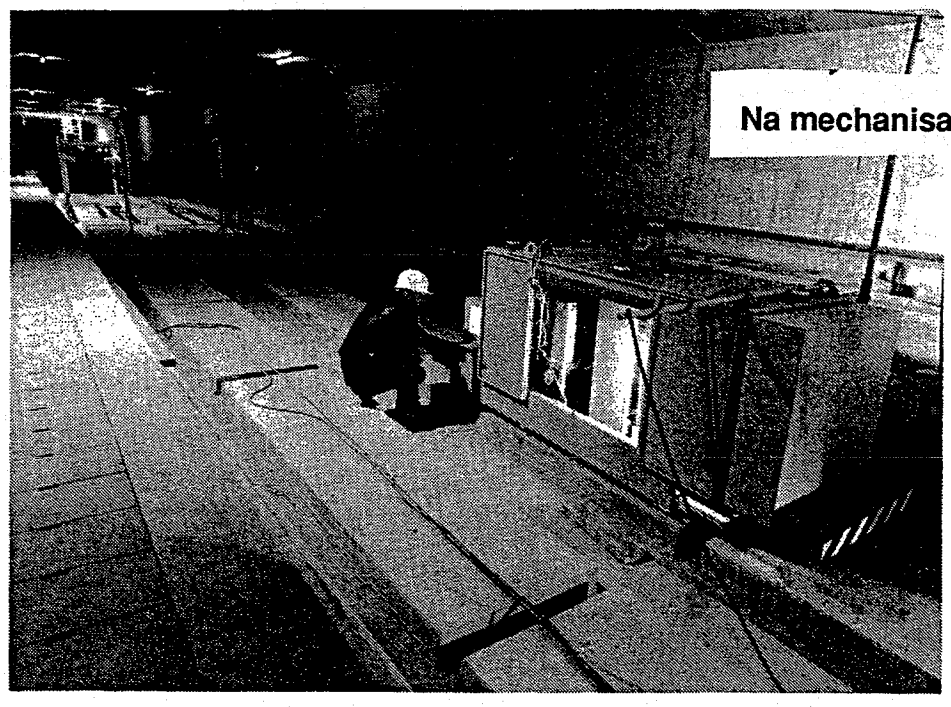
- rughellingplaten en spoorstaven uitleggen
- rughellingplaten met klembouten aan de spoorstaven monteren
- spoorstaven met daaraan bevestigde rughellingplaten op maat leggen; met behulp van afstandhouders en stelhaken (hulpmiddelen)



- met een semi-automatische boormachine door de rughellingplaten boren

Robot boort 120 000 gaten in spoortunnel Schiphol

Gisteren is in de in aanbouw zijnde tweede spoortunnel op Schiphol een boorrobot in gebruik genomen die 120000 gaten gaat boren voor railbevestigingsbouten en voor stekken ten behoeve van opstortingen. De robot, die de naam Loopboor heeft gekregen, is een ontwikkeling van TNO-Bouw en de Stichting Robouw. Deze stichting is een samenwerkingsverband van de bouwondernemingen HBW en Strukton en boorfabrikant Hilti.



De 1000 kg zware loopboor met bovenop de omkasting het positioneringssysteem Capsy.

Bert Bosker

De robot zoekt met het eerder door TNO ontwikkelde plaatsbepalingssysteem Capsy geheel zelfstandig zijn positie en boort vervolgens met behulp van twee hamerboren de gaten met een nauwkeurigheid van minder dan één millimeter.

Arbeidsomstandigheden

De ontwikkeling van de boorrobot startte in 1991 en heeft naar schatting *f* 1 miljoen gekost.
De officiële ingebruikstelling werd verricht door ing. J. van Dijk, bestuursvoorzitter van de Stichting Arbouw. Daaruit blijkt al dat de verbetering van de arbeidsomstandigheden een van de belangrijkste doelstellingen van het project was.
De loopboor voorkomt namelijk gevaarlijk, ongezond en eentonig werk. Maar daarnaast zijn ook de grote nauwkeurigheid en de snelheid van werken niet onbelangrijke voordelen van de nieuwe machine.
Terwijl de tot nu toe gebruikelijke manier van werken circa vier boorgaten per uur opleverde, kan de robot er naar verwachting 24 aan.

Impuls

De ontwikkeling van de loopboor kan volgens Robouw-voorzitter prof.ir. Ch.J. Vos een belangrijke impuls betekenen voor de verdere ontwikkeling van bouwrobotica.
Behalve gebruik van de robot in andere tunnelprojecten denkt hij aan extrapolatie van de ontwikkelingen naar ander horizontaal of verticaal boorwerk, het positioneren en fixeren van draagsystemen voor hangende plafonds en het lijmen van tegels.
Tijdens het onderzoek van de afgelopen drie jaar zijn overigens ook al succesvolle proeven gedaan met het gebruik van Capsy voor de positionering van heistellingen.

BIJLAGE 4.6.2 Toepassen computers
Tegelzet robot voor buitenwanden

Robot brengt tegels op buitengevel aan

Om het nijpend tekort aan vakbekwame tegelzetters te kunnen compenseren en het tegelen goedkoper te kunnen uitvoeren, hebben de Japanners een robot ontwikkeld. De automatische tegelzetmachine is geconstueerd door de Japanse organisatie Hazam Corporation in samenwerking met Komatsu en Ceramic Tile Assocoiation. De robot heeft inmiddels zijn eerste opdracht met succes uitgevoerd.

Door **Henk de Vreede**

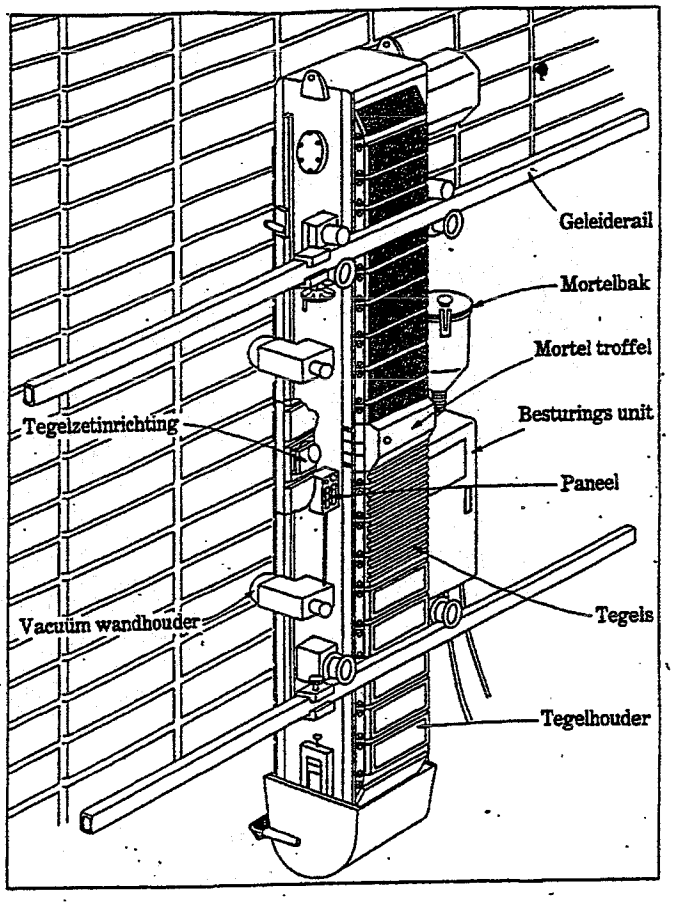
In de Japanse architectuur bestaat er een grote voorliefde voor het toepassen van keramische tegels bij gevelafwerking. Tegels bieden een uitstekende bescherming van de bouwconstructie en architecten kunnen veel expressie kwijt in figuratie en kleurstelling.

Duur

Het probleem voor ontwerpers en opdrachtgevers is evenwel dat terwijl er een grote belangstelling bestaat voor het betegelen van buitengevels, de technische uitvoering ervan geen goedkope zaak is. Iedere wandtegel wordt met de hand aangebracht waardoor dit afwerkingsproces veel tijd vraagt en derhalve duur is.
Om de tegel hanteerbaar te houden is het formaat vaak niet groter dan dat van een baksteen, echter met een dikte van acht tot vijftien mm. Een geschoolde tegelzetter zal dagelijks 7 tot 8 m² wegzetten zodat het betegelen van de gevel van een fors gebouw een arbeidsintensief werk is. Een ander probleem dat hier tevens speelt is het gebrek aan geschoolde mensen. In 1970 bedroeg het aantal nieuwe gebouwen waarvan de gevel met tegels werd afgewerkt nog slechts een kwart van het huidige aantal. Het aantal bekwame tegelzetters bleef niettemin gelijk.
De resultaten van eerste proefnemingen van deze machine beloven voor de toekomst brede toepassingsmogelijkheden. Bediend door een niet geschoolde werkman komt de tegelmachine tot een produktie van 14 m². Met deze capaciteit wordt overigens geen consessies gedaan aan de kwaliteit van het tegelwerk. Over een lengte van twee meter wordt een nauwkeurigheids tolerantie van 1 mm bereikt. De hechtsterkte tussen tegel en wand bedraagt volgens metingen 10 kgf/m² en daarmee werd de Japanse Standaard voor Architectuur die 4 kgf/² aangeeft, rijkelijk overtroffen.

Programma

De tegelmachine beweegt zich horizontaal langs de gevel over een dubbele geleiderail die tegen de bouwsteiger is gemonteerd. Hoofddeel van de robot is een verticale transporteur, die de tegels een voor een uit een magazijn neemt, langs een mortelspuitinrichting voert en ze volgens een vooraf geprogrammeerd patroon aanbrengt. De bedieningsman voert het gewenste verwerkingsprogramma in zoals het aantal horizontaal aan te brengen tegels, de breedte van de voeg en het rekening houden met een dillatatievoeg die vrij moet blijven.
De tegelrobot heeft inmiddels zijn eerste werk geklaard; de buitengevel van het JCTA onderzoekslaboratorium dat een lengte heeft van 9 meter en een hoogte van 7,5 meter.
Voor een commerciële toepassing wil Hazama volgens dit principe een machine bouwen die ten opzichte van het prototype 40 procent smaller is en 80 procent lichter. Bovendien moet de machine nog 50 procent sneller worden.



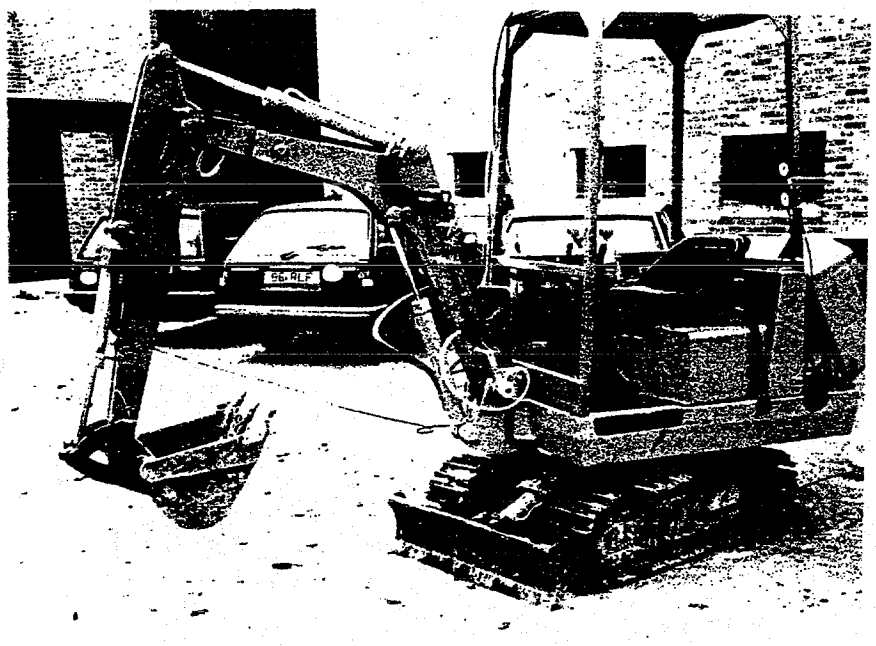
Deze bijdehante mechanische kracht moet het nijpend tekort aan tegelzetters gaan compenseren.

[COBOUW, 17-9-1993]

BIJLAGE 4.7.1 Toepassen kunstmatige intelligentia

Graafmachine LUCIE

LUCIE - The Autonomous Robot Excavator



Gerobotiseerde graafmachine operationeel

Medio 1991 liet de universiteit van Lancaster weten dat de hard- en software waren ontwikkeld, waarmee een op schaal 1:50 gebouwde graafarm was uitgerust.
De proeven hebben inmiddels uitgewezen dat het werkt en daarom werd besloten tot toepassing op een echte machine.

De genomen proeven hadden tot doel om te komen tot het uitvoeren van opdrachten als :'graaf tot waterpas' en 'instrueer en herhaal'. Dit, gecombineerd met de daarmee samenhangende strategische en taktische beslissingen. Dus nu de fase van een echt geautomatiseerde graafmachine.
Deze moet dan in de praktijk automatisch een groot aantal routinebewegingen volbrengen om daarmee de machinist de gelegenheid te geven andere dingen te doen, zoals kwaliteitskontrole.

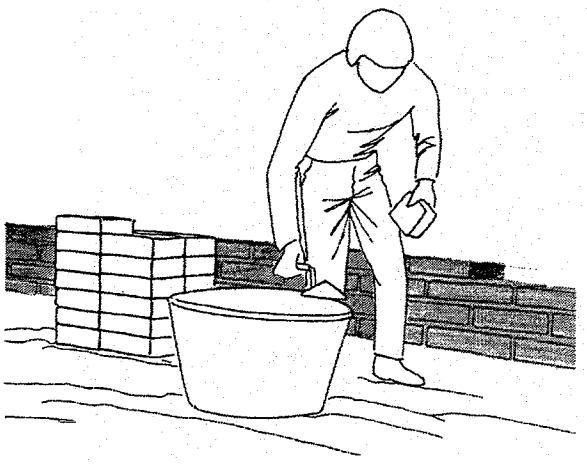
360° machine 'Lucie'

Dr. Bradley en zijn staf van de universiteit van Lancaster testen op dit moment een JCB 360° machine op rupsen op zijn mogelijkheden om automatisch een sleuf te graven tot een van te voren bepaalde diepte in verschillende grondsoorten. Daarbij worden obstakels niet uit de weg gegaan.
Deze LUCIE, de Lancaster University Computerised Intelligent Excavator, voegt aan de bestaande JCB-voorzieningen hydraulica toe die wordt bediend door een computer die parallel is geschakeld met de bestaande handbediening.
LUCIE kan zich niet zelf voortbewegen, dat blijft een taak van de machinist.
LUCIE kan door het ingebouwde computerprogramma wél zelfstandig beslissingen nemen inzake de graafsnelheid en produceert automatisch het verlangde sleufprofiel.

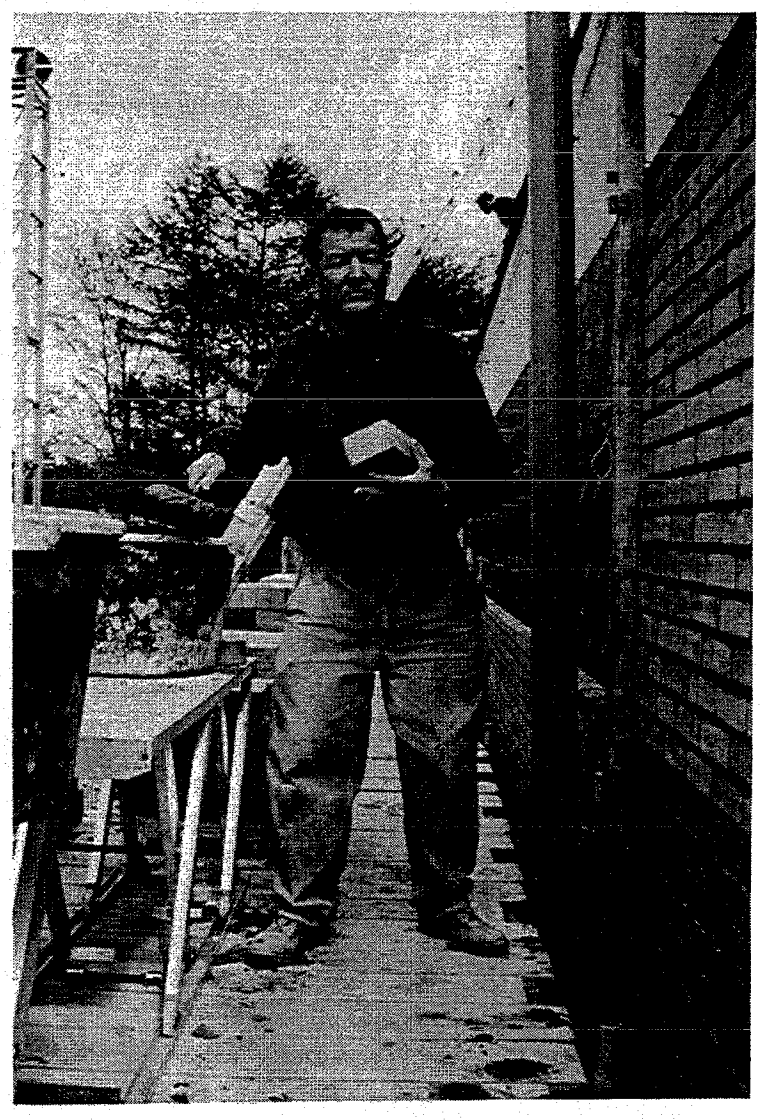
De conventionele joysticks zijn vervangen door een zogenaamde controller met zes vrijheidsgraden.
Deze gerobotiseerde graafmachine heeft een veel hogere produktiviteit en nauwkeurigheid dan zijn handbediende broers (of zijn het zusters?)

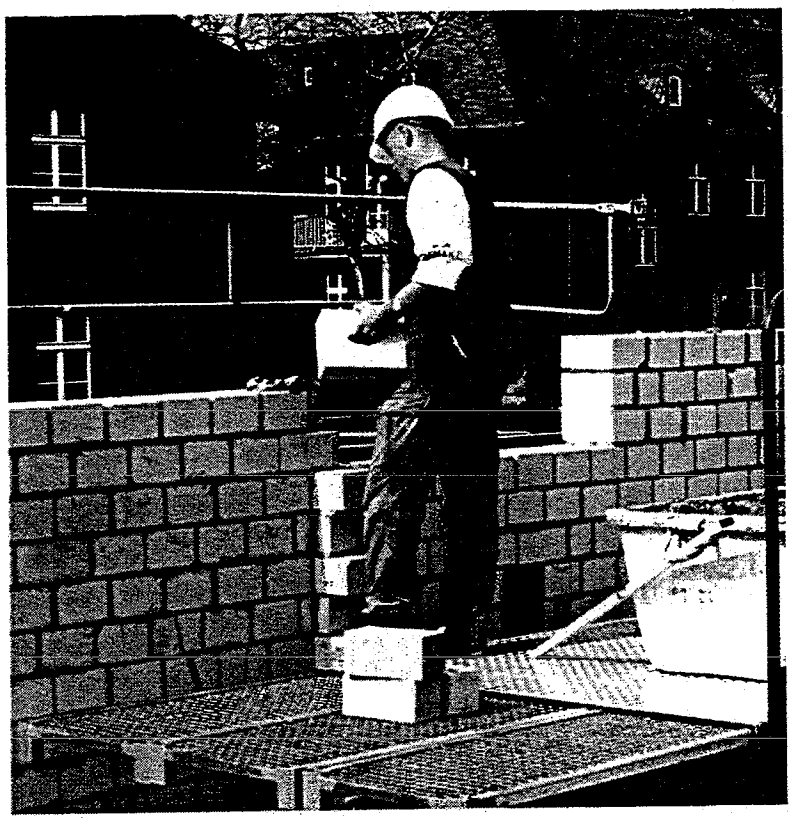
BIJLAGE 4.8 Mechanization phases

OPTIMIZATION OF TOOLS

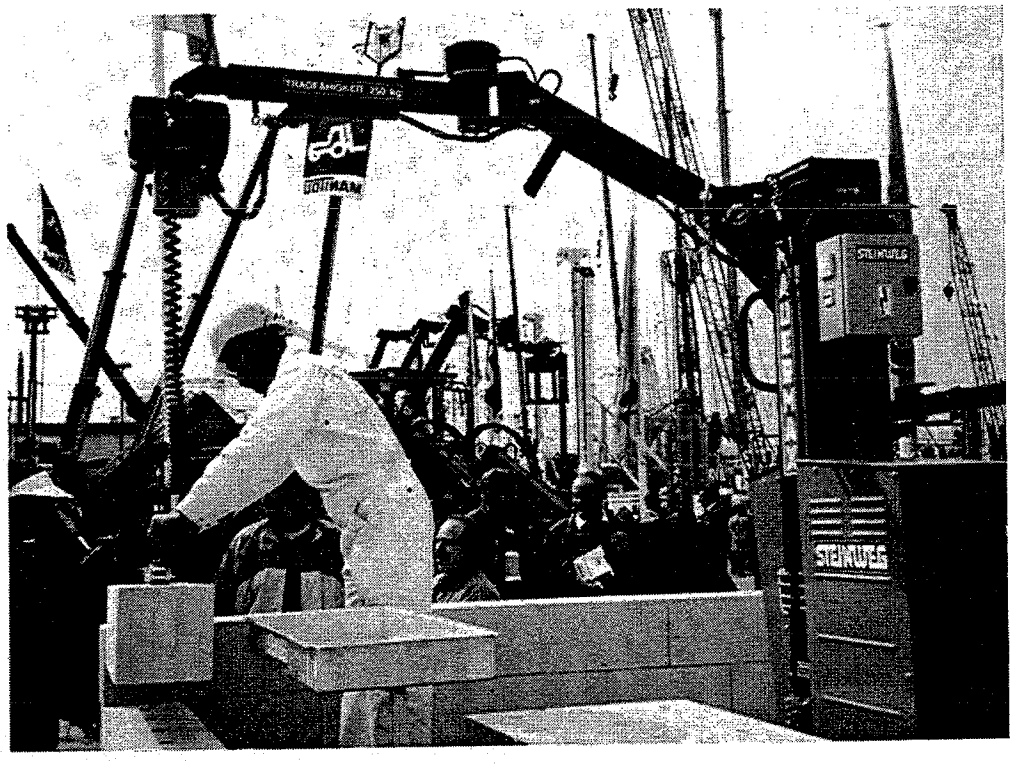


OPTIMIZATION OF TOOLS



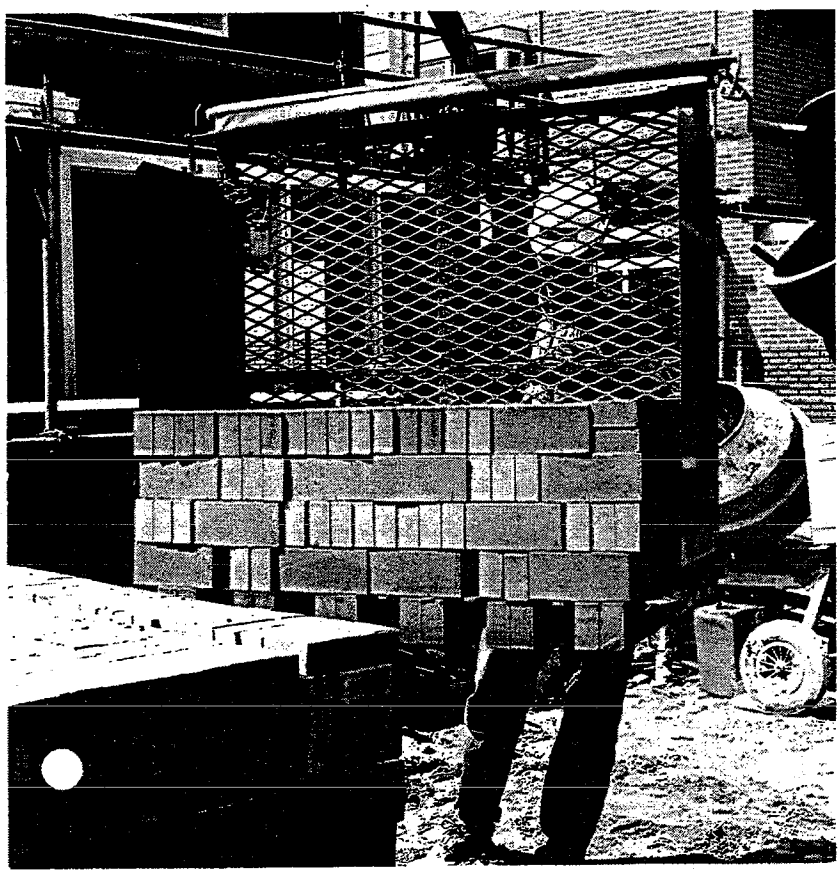


USE OF DRIVES

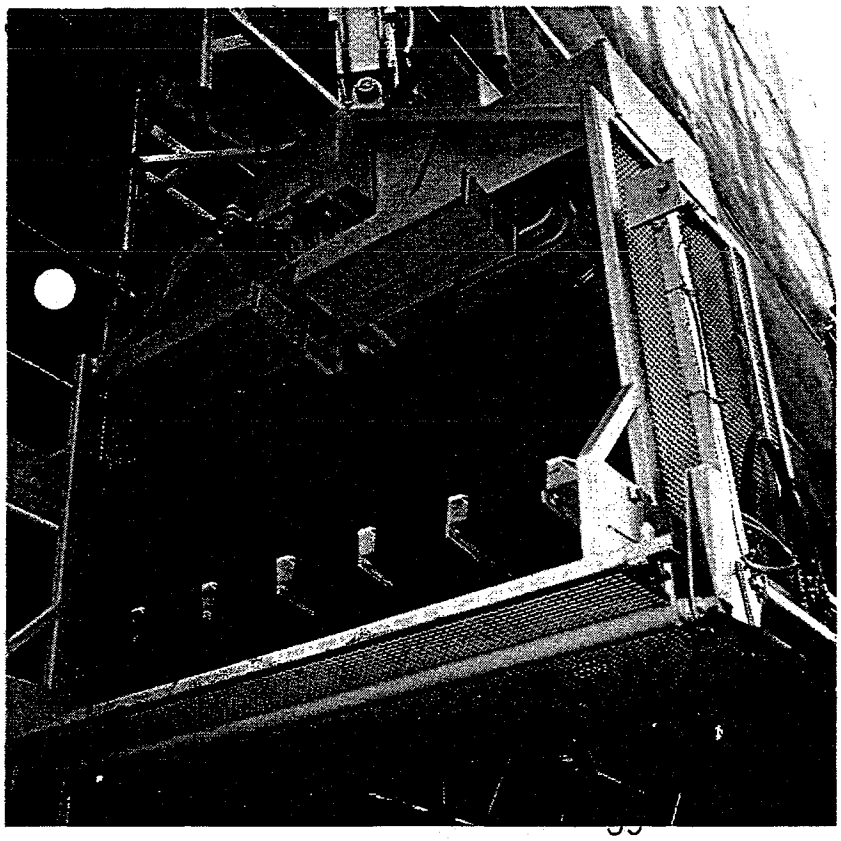


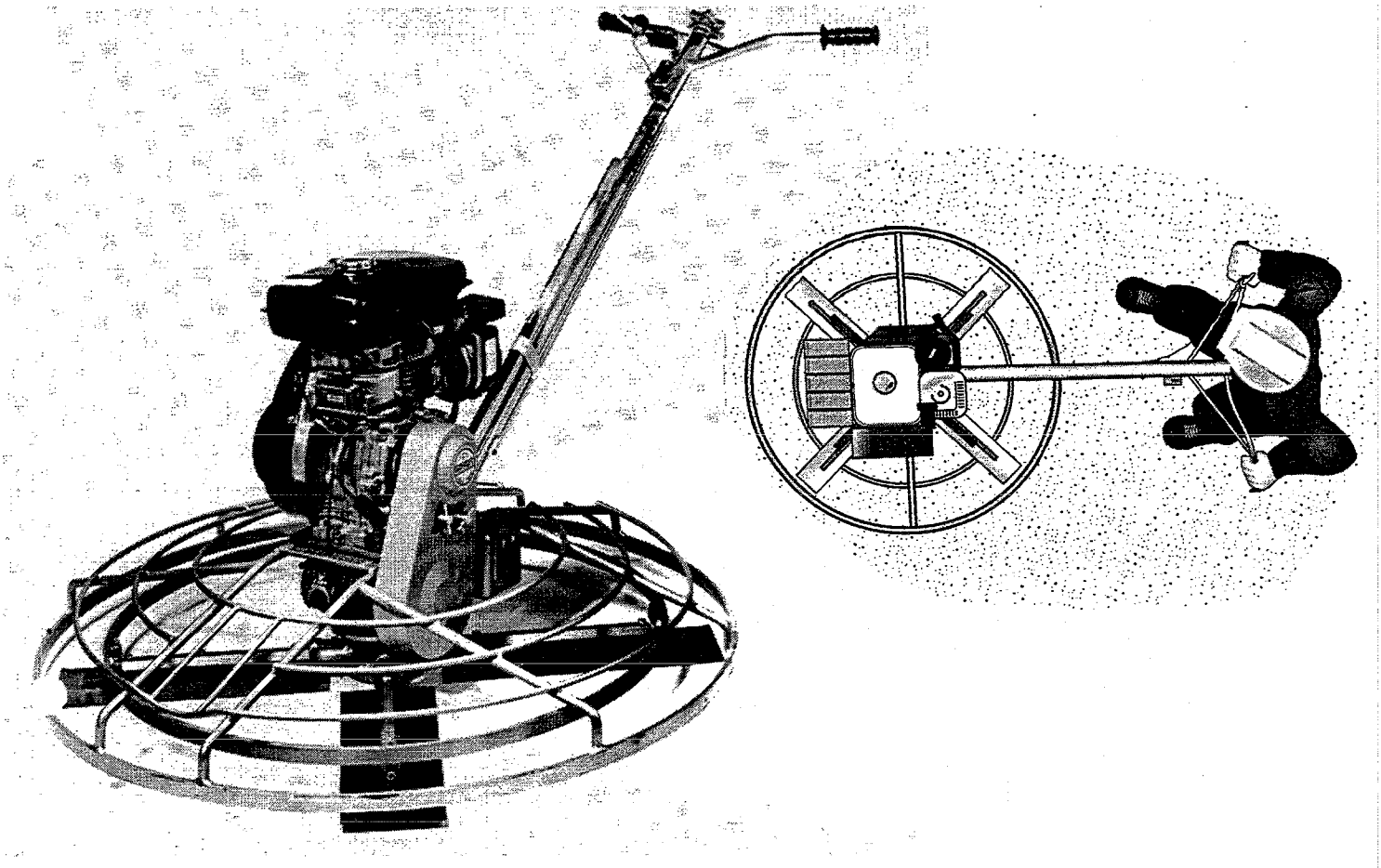
USE OF DRIVES

USE OF GUIDES

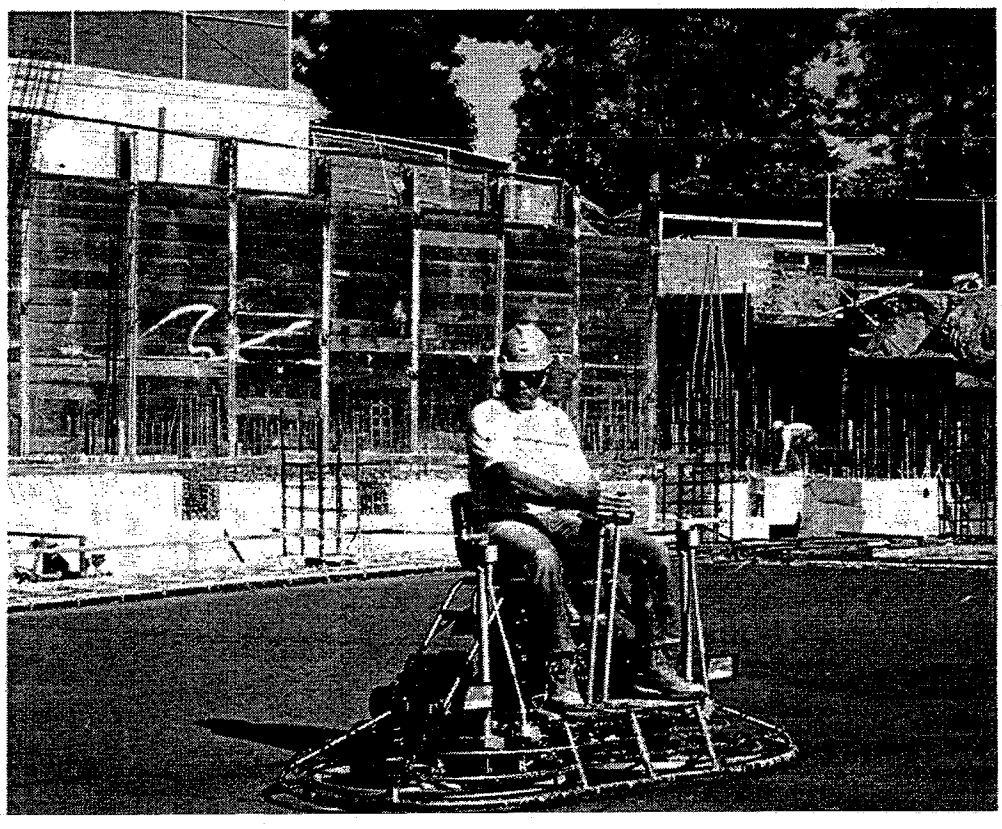


USE OF GUIDES

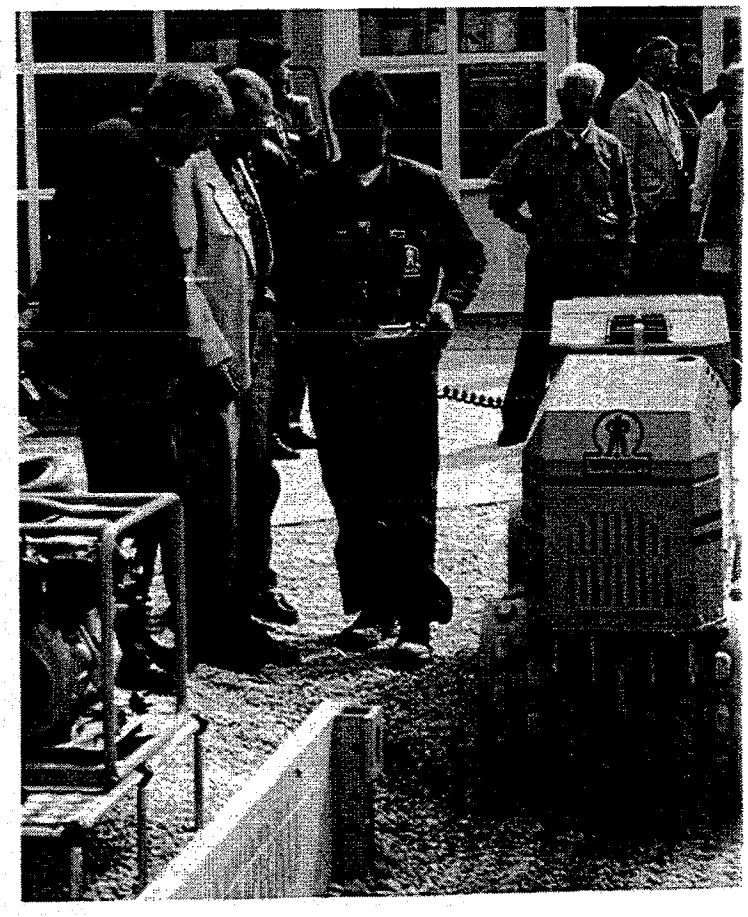


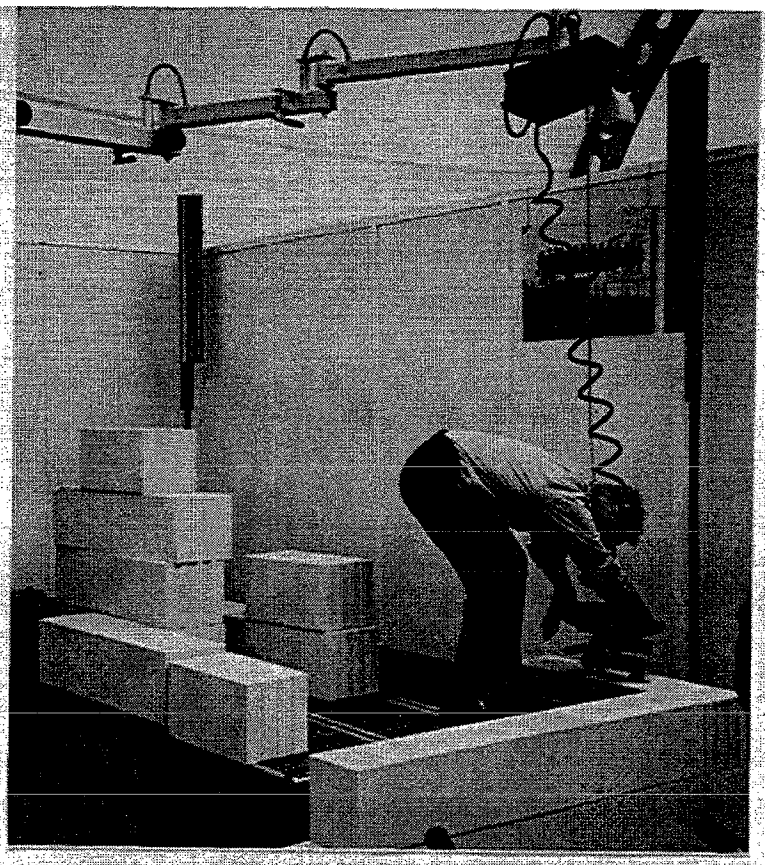


USE OF CONTROL EQUIPMENT

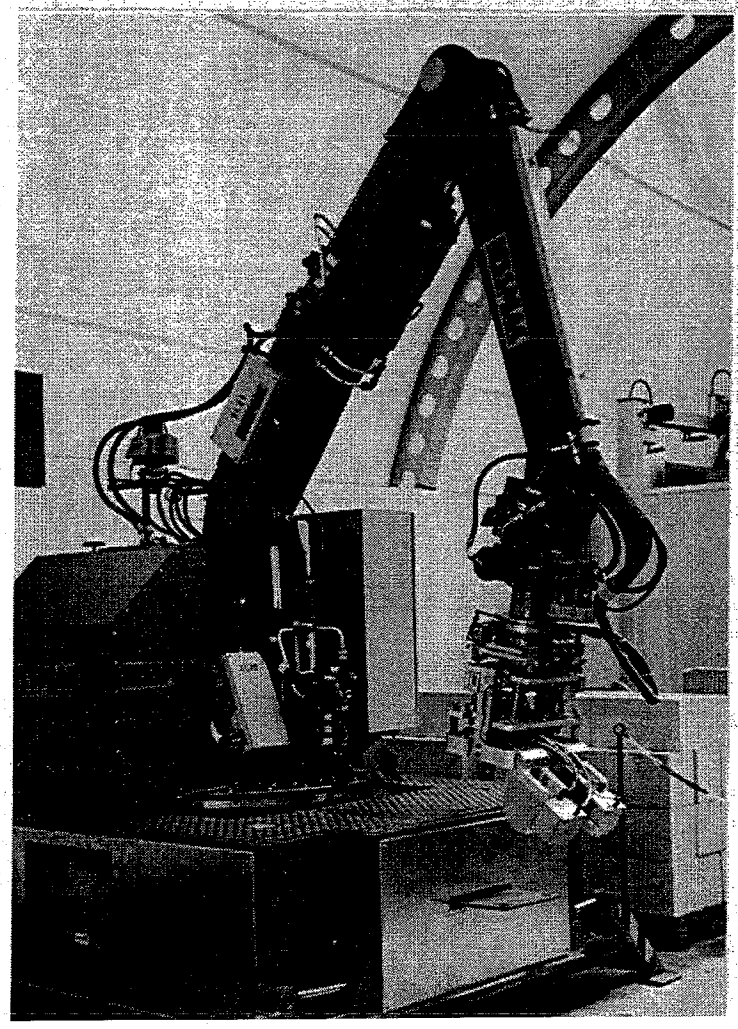


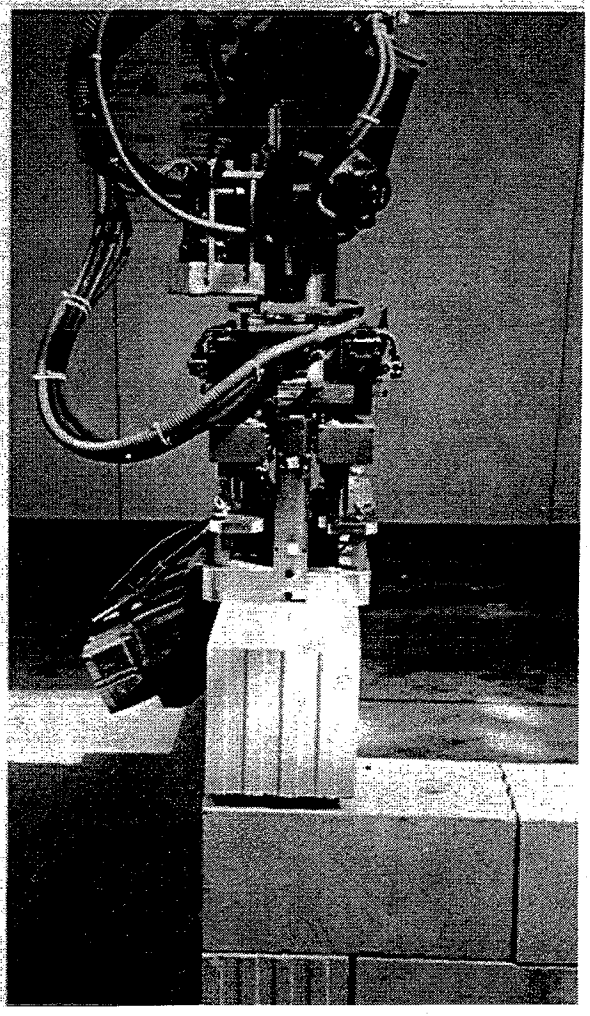
USE OF REMOTE CONTROL

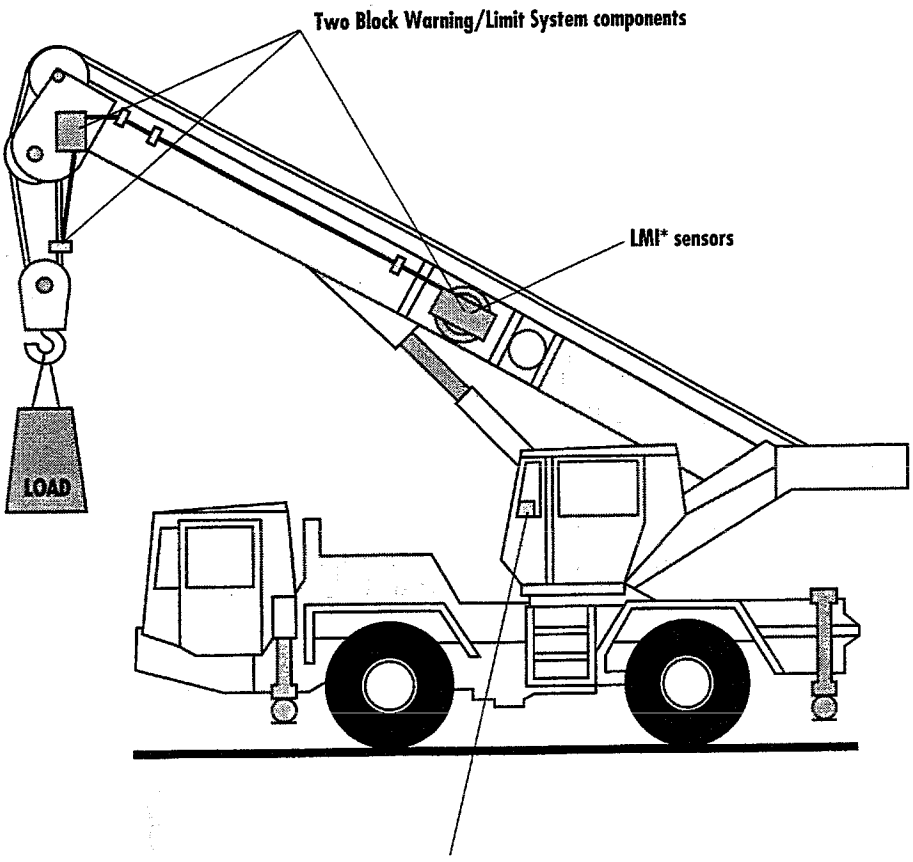




USE OF COMPUTERS

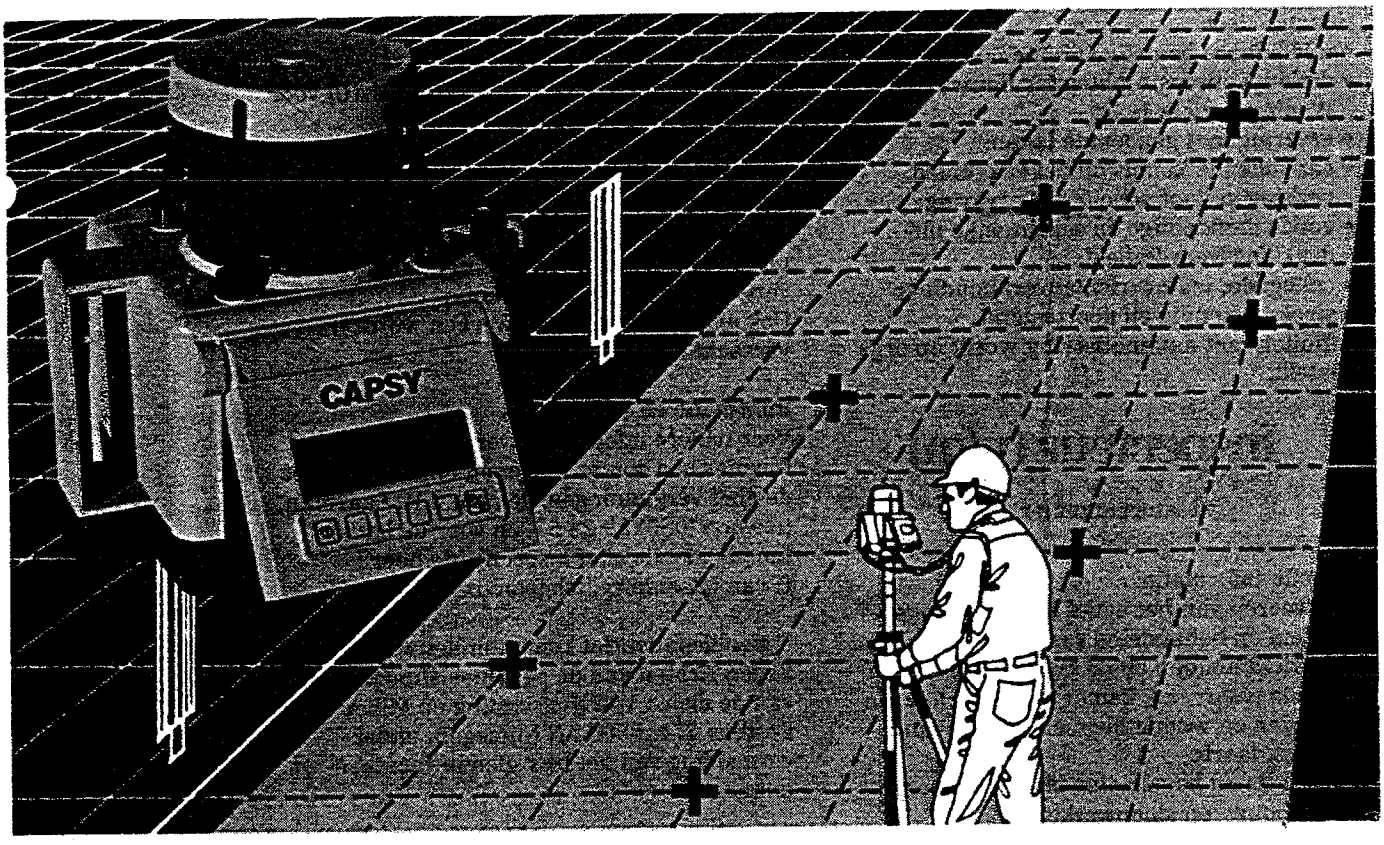






Full graphic display in the cab gives the operator access to all critical crane information. Keypad also allows the operator to input or request information.

USE OF SENSORS



Dictaat

MECHANISATIE OP DE BOUWPLAATS

ir F.J.M. van Gassel

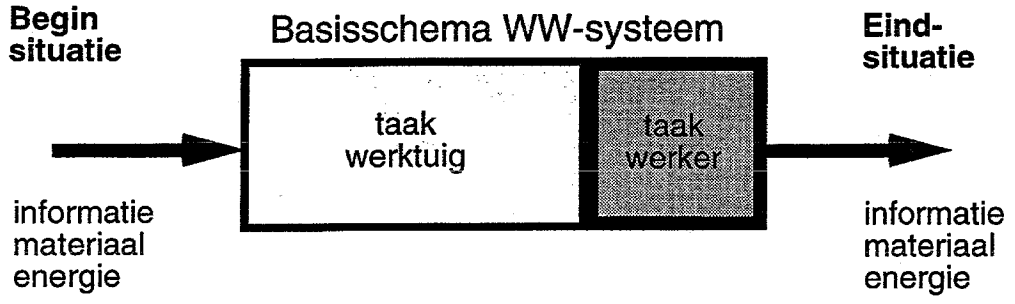
5

Methodisch ontwerpen Werker-Werktuigsystemen

Inhoud

5.1 Inleiding

Om (een gedeelte van) een specifiek gebouw te kunnen produceren zijn werktuigen en werkers nodig. Meestal is wel duidelijk welke werktuigen en welke werkers nodig zijn. Soms is dit niet duidelijk. Er dient dan een specifiek werktuig met werkers worden bedacht of worden ontworpen.
Een werktuig werkt niet geheel zelfstandig maar wordt bediend door een werker. Deze werker moet produktief en onder goede arbeidsomstandigheden met het werktuig samenwerken. Er moet dan ook niet alleen een werktuig worden bedacht, maar een systeem van werker en werktuig. (een Werker-Werktuigsysteem. Een schema van een Werker-Werktuigsysteem is in figuur 5.1 weergegeven.
In dit schema is de wisselwerking tussen de werker en werktuig weergegeven. Het vakgebied dat deze wisselwerking beschrijft is de ergonomie.



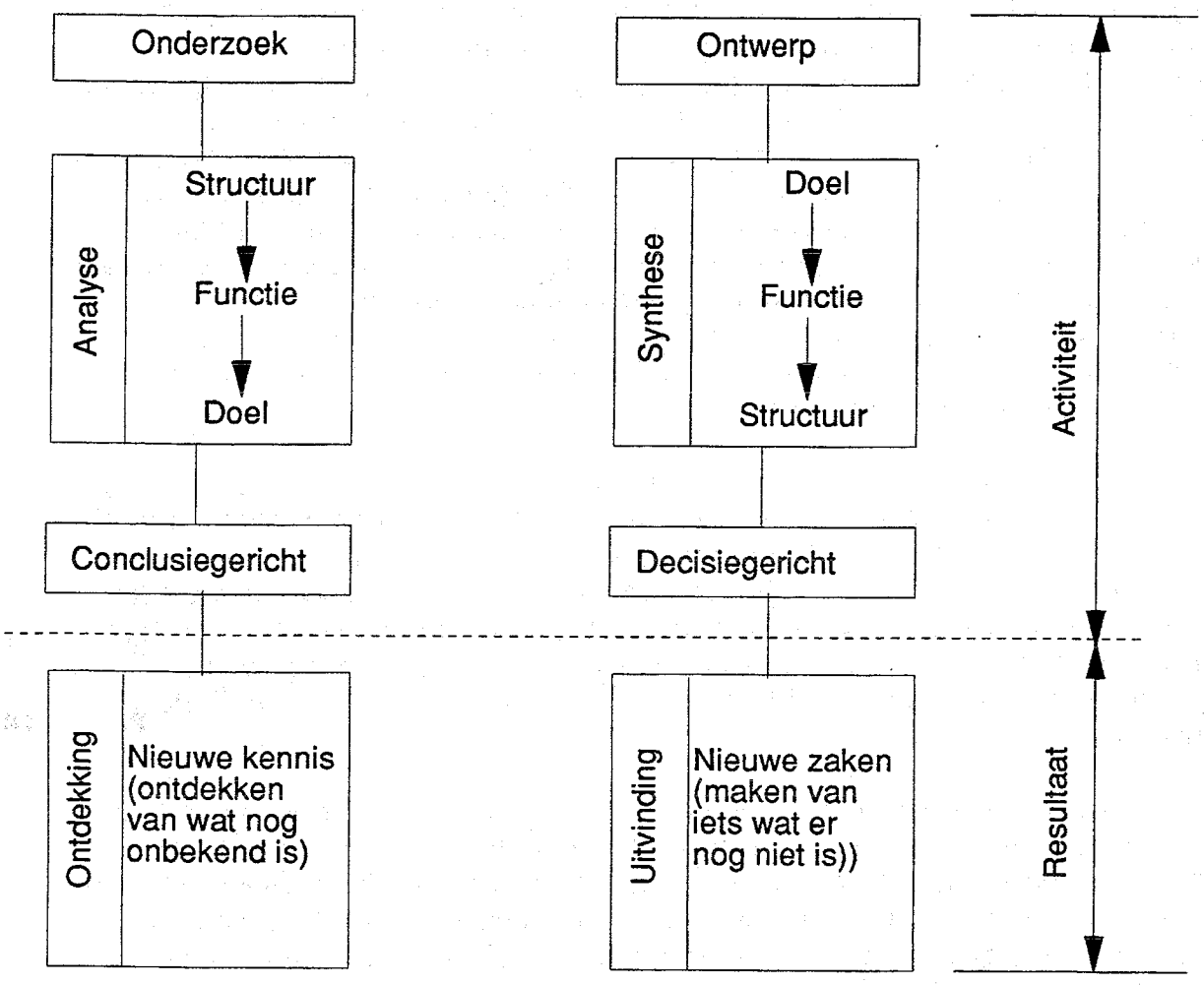
Figuur 5.1 *Model van een Werker-Werktuigsysteem*

Het bedenken of ontwerpen van een Werker-Werktuigsysteem kan methodisch plaatsvinden. Van den Kroonenberg & Siers [Kroonenberg] hebben een methode ontwikkeld om een Werker-Werktuigsysteem te ontwerpen.
In de volgende paragrafen wordt deze methode in het kort weergegeven.
Van den Kroonenberg gebruikt de term technische inrichting. Hiermee wordt bedoeld een verzamelwoord voor technische voortbrengselen, zoals een werktuig, apparaat en instrument. Een Werker-Werktuigsysteem beschouwen we nu als een technische inrichting.

5.2 Ontwerpactiviteiten

Van den Kroonenberg zegt het volgende over ontwerpactiviteiten:
"Bij de behandeling van de definitie van ontwerpen volgens UCLA is gesteld dat bij het ontwerpen 'maatstaven van natuurkundige aard' in acht worden genomen. Men kan zich de vraag stellen hoe de mens komt aan deze natuurgegevens, aan deze kennis die de ontwerper daarna gebruikt. In het algemeen kan gesteld worden dat de mens deze kennis verkrijgt door de verschijnselen die zich om hem heen voordoen, te onderzoeken. Sterk vereenvoudigd verloopt dit onderzoeksproces zoals schematisch is weergegeven in figuur 5.2: de onderzoeker *analyseert* de door hem beschouwde materiële *structuren*. Dit onderzoek zal hem inzicht kunnen

verschaffen in de *functie* van het onderzochte onderwerp en wellicht zal hij, als hij voldoende volhardend is, er uiteindelijk zelfs in slagen conclusies te trekken omtrent het *doel* van het onderzochte. De onderzoeker legt dus al analyserend achtereenvolgens structuur, functie en doel van het onderzochte vast. Het onderzoek is *conclusiegericht.* Als extreem resultaat van het onderzoek geldt de *ontdekking.* De onderzoeker heeft dan een natuurverschijnsel, een verschijnsel dat in de natuur aanwezig was maar dat nog niet bekend was, ontdaan van zijn sluiers en als kennis toegevoegd aan het kennis reservoir waarover de mensheid beschikt.



Figuur 5.2 *Verschil tussen onderzoeken en ontwerpen [Van den Kroonenberg]*

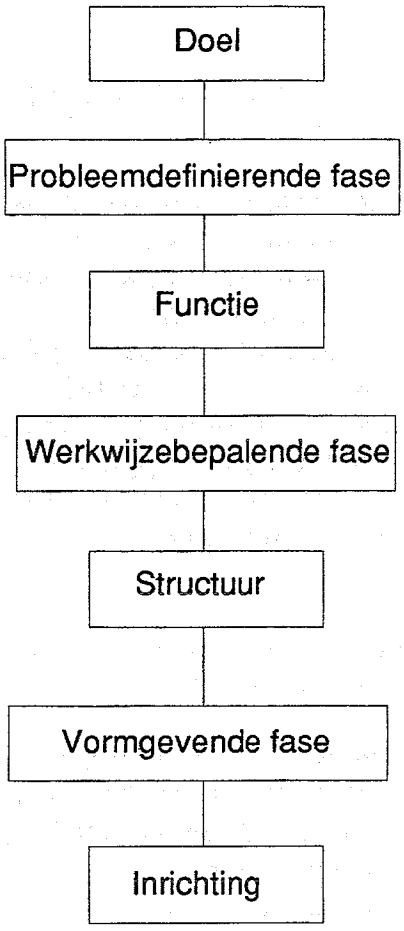
Als niet een natuurverschijnsel het onderwerp van onderzoek is, maar een door de mens gemaakt bouwsel, wordt hetzelfde resultaat verkregen. Deze bouwsels worden met een verzamelnaam technische inrichtingen genoemd.
Bij de analyse van een technische inrichting valt allereerst de materiële opbouw ervan op. Dit betreft vooral de onderliggende posities van de samenstellende elementen.
Een dergelijke analyse resulteert in een weergave van de *structuur* , een schetsmatige, globale aanduiding, waaruit blijkt hoe in ee technische inrichting de werking tot stand komt. Voor het verkrijgen van inzicht in de werking van een inrichting is het zinvol bij het analyseren, d.w.z. bij het ontleden in zijn

samenstellende elementen, na te gaan welke functie elk van die elementen heeft en tevens volgens welk (logisch) principe dit gebeurt.
De *functie* van een technische inrichting geeft aan wat in de inrichting moet plaatsvinden om het gestelde doel te bereiken.
Het *doel* dat met een technische inrichting wordt beoogd, is bij een analyse van die technische inrichting vaak minder eenduidig vast te stellen. Een beschouwing van het grotere geheel waarvan de inrichting deel uitmaakt, kan in vele gevallen inzicht verschaffen ten aanzien van dit doel. Ook hier legt de onderzoeker dus, analyserend, achtereenvolgens structuur, functie en doel van het onderzochte vast.In tegenstelling tot de onderzoeker gaat de ontwerper daarentegen in omgekeerde volgorde te werk: de *synthese*. Hij gaat uit van een doel, datgene wat hij door zijn ontwerp wil bereiken. Het *doel* is meestal het antwoord op een geconstateerde behoefte. Die behoefte zal in de meeste gevallen ook door andere personen, groeperingen of instanties dan de ontwerper worden opgemerkt. De ontwerper onderzoekt daarna welke *functie* de inrichting die hij ontwerpt moet vervullen om dit doel te kunnen bereiken. Vervolgens zal hij moeten komen tot een bepaalde *structuur* van zijn ontwerp. Tijdens dit proces moet de ontwerper voortdurend beslissingen nemen. Zijn activiteiten zijn *decisie-gericht*. Deze activiteit kan uiteindelijk leiden tot een *uitvinding*. De ontwerper heeft dan iets bedacht wat tot dan toe niet bestond.

In de werkzaamheden van de ontwerper hebben we nu ordening aangebracht door de synthese volgorde *doel-functie-structuur*. Door deze benadering ontstaat er als het ware een volgorde van ontwerpactiviteiten die tezamen het ontwerpproces vormen. Als de ontwerper namelijk iets gaat ontwerpen, doet hij dat omdat men ergens een behoefte aan iets heeft geconstateerd. Immers, de ontwerper kent niet altijd zelf de behoefte, hij kan wel alles ontwerpen wat hem gevraagd wordt. De behoefte wordt vastgesteld door de politiek, de gemeenschap, het bedrijf, de marketing.

Als het *doel* van te ontwerpen inrichting is het opheffen van die behoefte, kan de ontwerper het probleem dat voor hem ligt duidelijk definiëren. Dit gebeurt in de eerste fase van het ontwerpproces: de probleemdefiniërende fase. Ook gaat hij in deze fase nauwkeurig na welke eisen aan de te ontwerpen inrichting moeten worden. Uit deze gegevens volgt dan wat de inrichting moet presteren om het gestelde doel te bereiken. Dit noemen we de *functie* van de inrichting.. Deze functie kan op verschillende manieren. de wijze waarop de functie wordt vervuld, wordt in de tweede fase van het ontwerpproces, de *werkwijzebepalende* fase, vastgelegd. Dit noemen we de *structuur* van de inrichting.
In de laatste fase, de *vormgevende fase*, wordt, uitgaande van de structuur van de inrichting, de definitieve vorm vastgelegd.

Het gaat daarbij om constructieve werkzaamheden die in de laatste fase van het ontwerpproces worden verricht en die leiden tot het vastleggen van constructieve details met betrekking tot materiaalkeuze, de bewerkingsmethode en de vorm. De ontworpen inrichting is hiermede volledig bepaald.



Figuur 5.3 *Het methodisch ontwerpproces* [Van den Kroonenberg]

Het ontwerpproces hebben we hiermee dus voorgesteld als een keten van activiteiten die vanuit de behoefte via doel, functie en structuur naar de uiteindelijke vorm van het ontwerp leidt. In figuur 5.3 is dit in beeld gebracht. Deze beschrijving geeft een globaal beeld van het ontwerpproces. In werkelijkheid verloopt het proces niet lineair, zoals in de figuur wordt gesuggereerd. Bij elke stap in het ontwerpproces is er een aantal mogelijkheden waaruit een keuze moet worden gemaakt. Om een zodanige keuze te maken dat deze de basis kan vormen voor verdere ontwerpwerkzaamheden, zal in een aantal richtingen moeten worden afgetast wat de consequenties van de te maken keuzen zijn. Ondanks deze voorzichtige aanpak kan het toch voorkomen dat de ontwerper tot de conclusie moet komen dat de tot dan toe gevolgde ontwerpactiviteiten niet tot een aanvaardbare oplossing leiden en dat hij op zijn schreden moet terugkeren. om vanuit een eerder gevonden situatie het ontwerpproces weer te vervolgen. Het ontwerpproces is dus duidelijk iteratief van karakter. het verloop van het ontwerp is ook afhankelijk van het onderwerp dat de ontwerper onder handen heeft ."
Tot zover Van den Kroonenberg.

5.3 Indelingen

5.3.1 Indeling technische inrichtingen

Technische inrichtingen kunnen volgens Van den Kroonenberg worden ingedeeld in de volgende werktuigbouwkundige systemen.

Technische installatie	organisatie van samengestelde en/of enkelvoudige werktuigen
Samengesteld werktuig	inrichting waarin een aantal werktuigen zijn samengebouwd
Werktuig	inrichting ter ondersteuning of vervanging van menselijke arbeid
Component	samenstellend deel van een werktuig dat uit onderdelen is opgebouwd.
Onderdeel	kleinste bouwstenen waaruit constructies zijn opgebouwd.

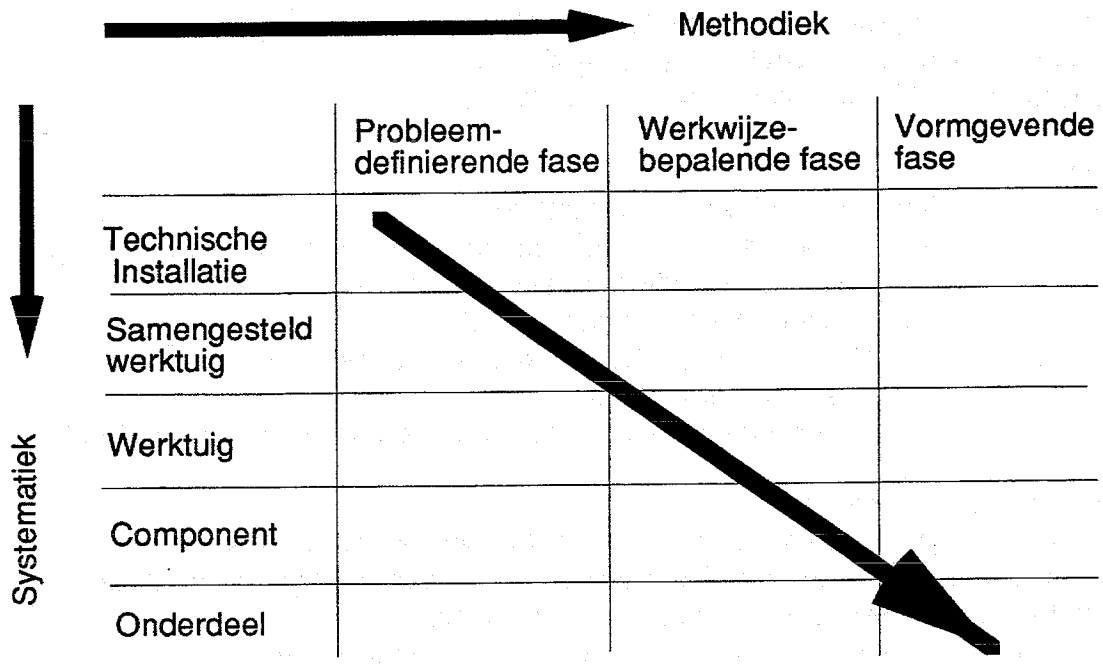
Voorbeeld van een technische inrichting voor het frezen van sleuven ten behoeve elektrische gleufleidingen in steenachtige materialen:

- Technische installatie	:	Bestelauto, freesmachine met stofafzuiging, gatboormachine, hakhamer
- Samengesteld werktuig	:	Freesmachine met stofafzuiging
- Werktuig	:	Freesmachine
- Component	:	Freeswiel
- Onderdeel	:	Geharde tanden

5.3.2 Methodiek-systematiekvlak

Aan de hand van het methodiek-systematiekvlak wordt aangegeven waar de nadruk van het ontwerpproces komt te liggen.
De methodiek-as is in paragraaf 5.2 in drie fasen geordend:
- Probleem definierende fase
- Werkwijze bepalende fase
- Vormgevende fase

De systematiek-as is paragraaf 5.3.1 reeds geordend.
Figuur 5.4 geeft het methodiek-systematiekvlak weer. De pijl in de figuur geeft aan waar de nadruk van het ontwerpproces ligt.
Bij het begin van de pijl de combinatie van de technische installatie en probleem-definierende fase en bij het eind van de pijl de onderdelen van een werktuig en vormgevende fase.
De pijl geeft ook het verloop van het ontwikkelingsproces weer van een technische inrichting. In dit dictaat ligt de nadruk op de probleemdefinierende en werkwijze-bepalende fase.



Figuur 5.4 *Methodiek-systematiekvlak* [Van den Kroonenberg, p 21]

5.4 Ontwerpproces

In deze paragraaf zullen de drie fasen van het ontwerpproces, zoals die in paragraaf 5.2 en figuur 5.3 werden genoemd, nader worden toegelicht.
De drie fasen zijn te karakteriseren met de volgende steekwoorden:

Fase 1	probleemdefiniërende fase	WAAROM
Fase 2	werkwijze bepalende fase	WAT
Fase 3	vormgevende fase	HOE

De ontwerper doorloopt deze fasen achter elkaar, waarbij het soms nodig is een fase te herhalen. Deze stap terug geeft het iteratieve karakter van het ontwerpproces aan.

De toelichting van de fasen zal door een voorbeeld worden ondersteund.
Omschrijving voorbeeld
Op de bouwplaats worden zware en omvangrijke bouwprodukten zoals wand- en vloerelementen met de handen van de montage-medewerkers gedraaid. Dit werk is gevaarlijk. Om veiliger te kunnen werken moeten de hijslasten met behulp van een technische inrichting om hun verticale as worden gedraaid.
Hoe ziet deze technische inrichting eruit , wat is de werkwijze nu, om bovenstaand probleem op te lossen.

5.4.1 Probleemdefiniërende fase

- Het ontwerpprobleem
  Met behulp van een technische inrichting wil men een bepaald doel bereiken. Dit doel zal men moeten gaan omschrijven. Ook dient vastgelegd worden op welk niveau het ontwerpprobleem aangepakt wordt.
  Welke gegevens zijn aanleiding tot het probleem.

  Voorbeeld
  Probleem : Slechte arbeidsomstandigheden.
  Doel : Verbeteren van de arbeidsomstandigheden door het gevaarlijke werk door een werktuig te laten uitvoeren.
  Niveau : Werktuig/werkwijze bepalende fase.
  Gegevens:
  - Voorschriften arbeidsinspectie met betrekking tot montagebouw, P-blad
  - Specificaties van zware en omvangrijke bouwprodukten

- Het programma van eisen
  Er dient een programma van eisen opgesteld te worden om achteraf beslissingen te kunnen toetsen. Dit programma is geen vast gegeven, maar wordt tijdens het ontwerpproces aangepast en aangevuld.
  In het programma van eisen kan ordening worden aangebracht:
  - eisen met betrekking tot functioneren en realiseren;
  - eisen die vast, variabel en wenselijk zijn en
  - eisen die door de opdrachtgever of de ontwerper stelt.

  Voorbeeld
  - Eisen met betrekking tot functioneren en realiseren.
    - Werktuig moet kunnen werken bij een windsnelheid van 14 meter per seconde
  - Eisen die vast, variabel en wenselijk zijn.
    - Specificatie van het bouwprodukt: gewicht, afmeting
    - Maximale huurkosten van 100 gulden per uur
    - Gewicht en afmeting zo laag en klein mogelijk
    - Minimale rotatiesnelheid van één omwenteling per minuut

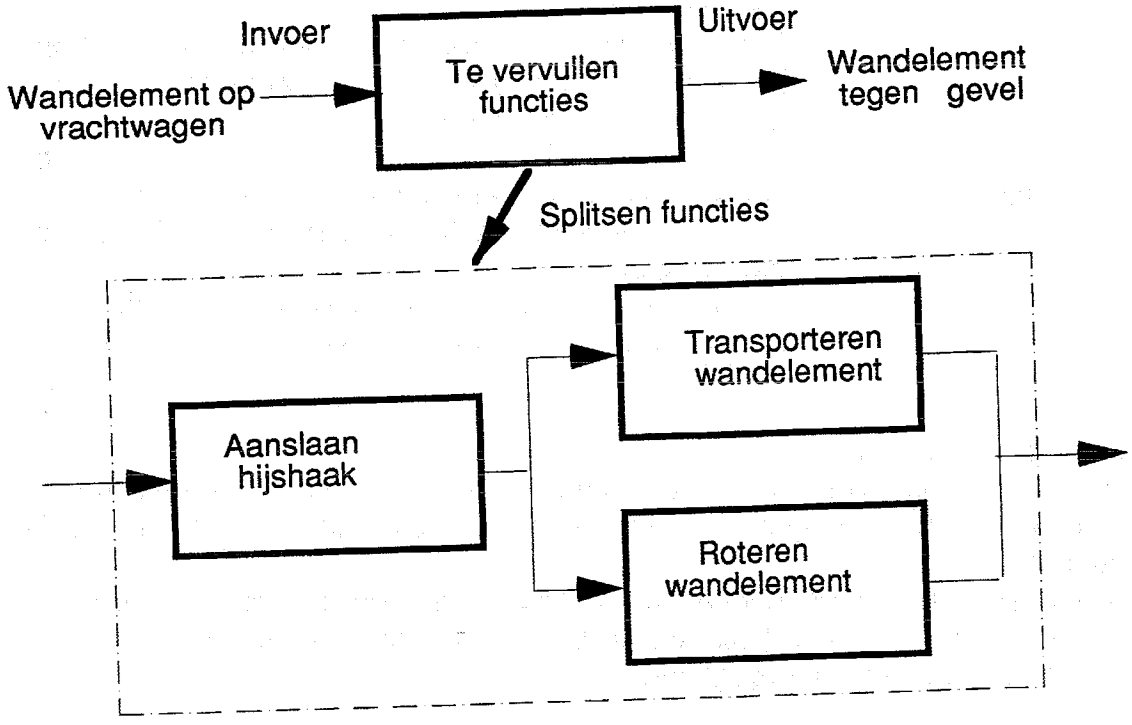
  - Eisen die door de opdrachtgever of die de ontwerper stelt.
    - Voeding door een bezinemotor
    - Geen aanpassingen aan de kraan

- De functie van de technische inrichting
  Om een gesteld doel te bereiken, dient een technische inrichting een bepaalde functie te vervullen. Deze functie geven we in een rechthoek weer. Bijvoorbeeld het transporteren van een wandelement. De functie wordt altijd omschreven met een werkwoord en een zelfstandig naamwoord.

De rechthoek heeft een input en een output. De functie zorgt ervoor dat de input naar een output wordt getransformeerd [Maas, 1991]. De in- en output dient goed te worden omschreven. Met deze notatie is het mogelijk meerdere functies in serie of parallel weer te geven of functies op te splitsen.

Voorbeeld
Input: Wandelement staat hijsklaar op de vrachtwagen
Output: Wandelement bevindt zich in die positie in het gebouw dat het gemonteerd kan worden.
Om de output te bereiken zijn een aantal functies nodig:
- Het aanslaan van het wandelement
- Transport naar montageplaats
- Roteren van wandelement in gewenste positie

De laatste twee functies kunnen min of meer gelijktijdig worden uitgevoerd.
In figuur 5.5 worden de functies in een schema weergegeven.



Figuur 5.5 *Functieblokschema voorbeeld*

Voordat men aan de volgende fase begint dient men zich ervan bewust te zijn dat het gekozen schema zo goed mogelijk voldoet aan het gestelde doel. Er kunnen functies vergeten zijn, functies zijn niet voldoende opgesplitst of er kunnen nog hulpfuncties nodig zijn.

5.4.2 Werkwijze bepalende fase

In deze fase gaat men op zoek naar mogelijke werkwijzen voor het vervullen van de functies in het blokschema.
Eerst wordt gezocht per functie naar de verschillende fysische verschijnselen. Daarna worden concept oplossingen in een morfologisch overzicht geplaatst en een structuur gemaakt.

- Fysische verschijnselen en werkwijzen
  Voor elke functie in het schema wordt gezocht naar fysische verschijnselen en naar manieren om de functie te kunnen vervullen.
  De functie "Roteren wandelement" uit figuur 5.5 kunnen door een aantal fysische verschijnselen worden vervuld. Hieronder volgt een overzicht van deze verschijnselen:

  Mechanisch:
  - Derde wet van Newton: door het versnellen van massa's ontstaat een reactiemoment die een hijslast laat roteren
  - Gyroscopisch effect: door een roterende massa over een andere as te laten roteren ontstaat een moment die een hijslast laat roteren

  Pneumatisch:
  - Ventilator werking: door het laten draaien van een propeller ontstaan reactiekrachten die een hijselement laten roteren
  - Expansie effect: door het expanderen van lucht ontstaan reactiekrachten die een hijselement laten roteren.

- Morfologisch overzicht
  In een morfologisch overzicht wordt verticaal de diverse functies uitgezet en horizontaal een aantal werkwijzen. Per cel ontstaat een voorstel om een functie te vervullen.
  Voor het vervullen van de functies, weergegeven in figuur 5.5, worden een aantal werkwijzen bedacht. Deze werkwijzen zijn in figuur 5.6 in het morfologisch overzicht weergegeven.

- Structuurbepaling
  Men kan door het kiezen van een werkwijze per functie een of meerdere structuren aangeven voor alle functies. Uit de diverse structuren kan men dan een optimale structuur kiezen voor verdere ontwikkeling.
  In figuur 5.7 wordt in het morfologisch schema van figuur 5.6 twee structuren aan gegeven: A en B.

Werkwijzen →

Functie ↓

	I	II	III
Aanslaan hijshaak	Vaste hijsvoorziening	Losse hijsvoorziening	
Transporteren wandelement	Torenkraan	Mobiele kraan	
Roteren wandelement	massatraagheid	Ventilatoren	gyroscopisch

Figuur 5.6 *Morfologisch overzicht*

Werkwijzen →

Functie ↓

	I	II	III
Aanslaan hijshaak	Vaste hijsvoorziening	Losse hijsvoorziening	
Transporteren wandelement	Torenkraan	Mobiele kraan	
Roteren wandelement	Massatraagheid	Ventilatoren	Gyroscopisch

A B

Figuur 5.7 *Morfologisch overzicht met structuren A en B*

5.4.3 Vormgevende fase

Op basis van het resultaat van de werkwijzebepalende fase wordt de vorm van de technische inrichting bepaald. Figuur 5.4 met de methodiek/systematiek matrix laat zien dat in de vormgevende fase voornamelijk op component en onderdeel niveau wordt ontworpen.
Dit college heeft tot doel niet het ontwerpen van een technische inrichting maar het aangegeven van de technische specificaties.

5.5 Bedenken van werkwijzen

5.5.1 Inleiding

In het morfologisch overzicht worden een aantal werkwijzen weergegeven. Om die werkwijzen en alternatieven te genereren bestaan een aantal ideevindings-technieken. Een aantal van deze technieken zullen we toelichten.
Eger deelt deze technieken als volgt in:
- associatieve;
- systematische;
- analogische en
- intuïtieve technieken [Eger].

In de volgende paragrafen zullen deze technieken worden toegelicht.

5.5.2 Associatieve technieken

Brainstorming
Een groep van ongeveer vijf mensen met uiteenlopende expertise schrijven tijdens het uitleggen van het probleem oplossingen op. De oplossingen worden gestructureerd op een bord geschreven. Tijdens het structureren kunnen door de deelnemers ook nog oplossingen worden aangedragen.
Het associëren is het belangrijkste principe waarop de brainstorming is gebaseerd. Op de oplossingen wordt geen commentaar geleverd.

Brainwriting en braindrawing
Brainwriting en braindrawing is een variant van brainstorming. De groep schrijft of tekent nadat het probleem is uitgelegd een oplossing op een formulier. De formulieren worden daarna doorgeschoven. Op basis van de vorige oplossing(en) bedenkt de deelnemers een nieuwe oplossing. Het formulier gaat de groep rond. De oplossingen op de formulieren worden gestructureerd op een bord weergegeven.

5.5.3 Systematische technieken

Morfologie
Eerst wordt het probleem gedefinieerd. Op basis van het probleem worden twee dimensies met varianten vastgelegd in een matrix weergegeven. In de cellen van de matrix worden nu de dimensies gecombineerd. Een combinatie is een mogelijke oplossing.
Aan de hand van een voorbeeld wordt deze techniek toegelicht. Het probleem is het transport van studenten van het N.S. station in Eindhoven naar het auditorium van de TU.
De horizontale dimensie/varianten zijn:
- onder de grond
- over de grond
- door de lucht

De verticale dimensie/varianten zijn:
- te voet
- met fiets
- met aangedreven voertuig

Oplossingen ontstaan door het combineren van de twee dimensies. Het resultaat van een oefening combineren is in figuur 5.8 weergegeven.

	Onder de grond	**Over de grond**	**Door de lucht**
Te voet	Voetgangers-tunnel	Voetpad	Voetgangersbrug Lanceren
Met fiets	Fietstunnel	Fietspad	Fietsbrug
Met aangedreven voertuig	Ondergrondse trein Buizenpost	Openbare weg	Kabelbaan

Figuur 5.8 *Morfologisch schema transport studenten*

Progressieve abstractie
Door het zoeken naar de oorzaak van een probleem in plaats van al oplossingen te bedenken wordt het probleem naar een hoger abstractie niveau getild. Op dit niveau worden nu oplossingen gezocht.

Van het probleem in de vorige paragraaf 'het transport van studenten van het N.S. station in Eindhoven naar het auditorium van de TU' zou de oorzaak zijn dat het auditorium op de verkeerde plaats ligt. Door het auditorium te bouwen in het stationscomplex hoeven voor het transport geen oplossingen bedacht te worden. Wel moet nu een oplossing bedacht worden om in het stationscomplex het auditorium te bouwen. Dit is een oplossing op een ander abstractie niveau.

5.5.4 Analogische technieken

Creatieve confrontatie
Door afstand te nemen van het probleem schieten op een onbedoeld ogenblik oplossingen binnen. Bijvoorbeeld tijdens het voetballen schiet een oplossing binnen om studenten van het station naar de TU te transporteren. Zo'n oplossing zou het lanceren van studenten met behulp van een kanon zijn.

Eger onderscheidt vier fasen bij deze techniek:
1. Inleven in het probleem.
   Aan de groep wordt het probleem uitgelegd.
2. Vervreemding.
   De groep neemt ruim afstand van het probleem door bijvoorbeeld analogieën te beschouwen in een ongeremde en vrije sfeer.
3. Terugkoppeling.
   Van de analogie worden de aspecten beschreven en teruggekoppeld naar het oorspronkelijke probleem.
4. Illuminatie.
   De bovenstaande terugkoppeling kan een aantal nieuwe gezichtspunten opleveren.

5.5.5 Intuïtieve technieken

Beelddenken
De probleemoplosser bevindt zich in een toestand van dromen, net wakker worden. In deze toestand probeert hij beelden te bedenken die oplossingen voorstellen.
Dit beelddenken kent volgens Eger drie fasen;
1. Relaxatie.
   De probleemoplosser brengt zich in een toestand van totale ontspanning; bijvoorbeeld met behulp van yoga.
2. Het kiezen van een kader.
   Men probeert in de tijd vooruit de oplossing te bekijken of zich voorstellen hoe de concurrent het probleem oplost.
3. Het sturen en richten van de beelden.
   Tijdens het beleven van die beelden mag niet teveel van het kader worden afgeweken en de gedachten dienen te worden gestuurd.

5.6 Kiezen van optimale structuur

Door het trekken van lijnen ontstaan in het morfologisch overzicht een aantal structuren. De optimale structuur kan gekozen worden door de Kesselring methode toe te passen. Deze methode staat beschreven in bijlage 5.1.

5.7 Overzicht

In bijlage 5.2 is de besproken methode in een schema weergegeven.

Oefening 1

Hieronder volgt een oefening om de vaardigheid te verkrijgen in het toepassen van de methode.

Opperen Baksteen

Begin kenmerken

- Hulo-pakket 8 happen
- Bouwplaats begane grond
- Gewicht hap: 50 x 2 kg

Eind kenmerken

- Hap uit Hulo-pakket op steiger
- Verschillende losplaatsen

Eisen:
- Max 18 kg tillen
- Maximaal een werker
- Hap op steiger insteken
- Geen verpakkingsmateriaal

Wensen
- Minimale kosten
- Minimale tijd

Opdrachten
1. Teken een functieschema op niveau van de inrichting en een van een zelf te kiezen werktuig
2. Morfologisch overzicht op niveau van inrichting en werktuig
3. Kies een structuur

Literatuur

Eger, O, Ideevindingstechnieken voor het oplossen van (ontwerp)problemen, De Constructeur, maart 1987, nr.3

Kroonenberg, van den, H, en Siers, F., 1992, Methodisch ontwerpen, Educaboek, Culemborg.

Maas, G.J., 1991, Produktie in de Bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven, Inaugurele rede.

BIJLAGE 5.1

Overdruk hoofdstuk 8 Keuzetechnieken uit Methodisch Ontwerpen van Van den Kroonenberg en Siers.

8 Keuzetechnieken

Als de ontwerper met behulp van een breinprikkelende methode een aantal oplossingsvarianten heeft gegenereerd, staat hij voor de taak uit deze alternatieven een keuze te maken. Dit zal alleen zinvol kunnen gebeuren als hij daarbij gebruik maakt van een keuzetechniek. Om de ontwerper te helpen bij het keuzeprobleem tijdens het ontwerpen, volgen hierna enkele eenvoudige praktisch toe te passen keuzetechnieken.

8.1 Aard van de keuzetechnieken

Er zijn keuzetechnieken bekend waarmee zeer ingewikkelde keuze- en beslissingsproblemen kunnen worden aangepakt. Met deze overwegend mathematische methoden, zoals *operations research* en *lineaire programmering*, zijn vaak indrukwekkende resultaten behaald.
In het algemeen zal de werktuigbouwkundig ontwerper, die methodisch te werk gaat, echter te maken hebben met keuzeproblemen van kleinere omvang, waardoor de nadruk kan komen te liggen op minder bewerkelijke keuzetechnieken die tijdens het ontwerpen snel kunnen worden toegepast. Ook eenvoudige berekeningen, die de ontwerper niet uit de weg moet gaan, dragen bij tot een verantwoord keuzeproces. Door het feit dat de ontwerper methodisch te werk gaat, worden de ontwerpproblemen opgedeeld in kleine porties. In elk van die porties zullen keuzen gemaakt en beslissingen genomen moeten worden. Het kiezen is dus een activiteit die door het gehele ontwerpproces verweven is, vandaar dat gezocht moet worden naar eenvoudig te hanteren en inzichtelijke technieken. De voor de ontwerper bij uitstek geschikte technieken hebben allen het kenmerk dat het keuzeprobleem in overzichten of tabellen duidelijk gepresenteerd wordt. Door het zodanig presenteren van de eisen die gesteld zijn aan een ontwerp dat ze gewaardeerd kunnen worden, is een verregaande rationalisatie van het keuzeproces mogelijk geworden. Een dergelijke presentatie maakt het ook mogelijk groepsgewijs tot waarderingen over te gaan en het oordeel van deskundigen in het keuzeproces een rol te laten spelen.

8.2 Keuzetabellen

Voor het kiezen uit een aantal alternatieven worden de eisen die gesteld zijn, in een keuzetabel opgenomen, waarna voor elk alternatief de waardering bepaald wordt. De eisen die in een keuzetabel worden ondergebracht, zijn de zogenaamde variabele eisen, zoals reeds behandeld in hoofdstuk 5. Dit zijn eisen waaraan in zekere mate moet worden voldaan. Dit in tegenstelling tot de vaste eisen, die gezien kunnen worden als voorwaarden waaraan in elk geval in zijn geheel voldaan moet worden. Indien aan één vaste eis niet voldaan wordt, is het

ontwerp onbruikbaar. Naast vaste en variabele eisen kan ook nog een categorie wensen onderkend worden. Wensen zijn niet noodzakelijke eigenschappen. Als er aan voldaan wordt, kan dat bijdragen tot een grotere appreciatie.
Uit dit alles volgt dat alleen de variabele eisen zich lenen voor bewerking met keuzetechnieken. In figuur 8.1 is een eenvoudig voorbeeld van een keuzetabel gegeven. Het betreft hier een keuze tussen vier varianten A t.e.m. D van een gefingeerd produkt waaraan de eisen a t.e.m. j worden gesteld. Een aantal eisen waaraan in meer of mindere mate moet worden voldaan, is in de tabel opgenomen, evenals de mogelijke varianten van het te evalueren ontwerp. Als waardering voor elk van de eisen kan men in een keuzetabel een getal invullen. Het verdient voorkeur om bij de waardering niet te fijnmazig te werken. Een cijferwaardering van 1 t.e.m. 4 is meestal voldoende nauwkeurig. Het gebruiken van een even aantal waarderingsmogelijkheden dwingt de ontwerper in dit geval tevens om een keuze te doen tussen 2 of 3. Als een waarderingsstelsel van 1 t.e.m. 5 gekozen wordt, bestaat de neiging om in twijfelgevallen naar de 'veilige' waardering 3 uit te wijken. Als de tabel ingevuld is met de cijferwaardering 1 t.e.m. 4, zal de kolom met de hoogste totaalscore de meest geschikte variant opleveren. In figuur 8.1 is dat variant C. In de keuzetabel dient tevens aangegeven te worden wat de maximale score kan zijn. Deze is in de laatste kolom opgenomen. De ontwerper kan op deze wijze aflezen in hoeverre de beoordeelde varianten afwijken van de ideale variant. Daartoe is in de onderste rij van de keuzetabel de relatieve score in procenten weergegeven.

Weegfactoren

Ondanks het feit dat met een keuzetabel een keuzeprobleem op een veel rationelere wijze aangepakt kan worden dan zonder gebruik van een specifieke methode, blijkt het resultaat soms onbevredigend, vooral als de belangrijkheid van de gestelde eisen sterk uiteenloopt. Dit doet zich vooral voor indien de eisen niet geordend zijn, zodat de vaste eisen niet bekend zijn.
De zwaarste eis wil men ook het zwaarst laten wegen. Dit kan worden gerealiseerd door het invoeren van weegfactoren. Als we de normale waardering vermenigvuldigen met een bij de desbetreffende eis behorende weegfactor, ontstaat een nieu-

Eisen	Variant				
	A	B	C	D	ideaal
a	1	2	4	4	4
b	4	2	3	1	4
c	3	2	2	1	4
d	3	2	3	1	4
e	1	2	2	3	4
f	1	2	4	3	4
g	4	2	3	1	4
h	1	1	2	3	4
i	1	3	4	4	4
j	3	2	2	1	4
Totaal	22	20	29	22	40
Tot. %	56	50	73	56	100

Fig. 8.1 Voorbeeld van een eenvoudige keuzetabel

Eisen	Weegfactor	Variant				
		A	B	C	D	ideaal
a	1	1	2	4	4	4
b	2	8	4	6	2	8
c	1	3	2	2	1	4
d	3	9	6	9	3	12
e	1	1	2	2	3	4
f	3	3	6	12	9	12
g	1	4	2	3	1	4
h	2	2	2	4	6	8
i	1	1	3	4	4	4
j	1	3	2	2	1	4
Totaal		35	31	48	34	64
Totaal %		55	44	75	53	100

Fig. 8.2 Keuzetabel volgens figuur 8.1 met inbegrip van weegfactoren

we waardering die in een keuzetabel tot wijziging van de volgorde kan leiden. In figuur 8.2 is het voorbeeld volgens figuur 8.1 gebruikt, waarbij verschillende weegfactoren zijn opgenomen.
Men kan nu nagaan wat de invloed van weegfactoren in het algemeen is. Daartoe zijn de eisen d en f voorzien van de weegfactor 3, de eisen, b en h van de weegfactor 2, terwijl de rest van de eisen de weegfactor 1 meekrijgt. Uit de figuur volgt dat er geen verandering van volgorde bij de beoordeling optreedt.
Het bovenstaande is kenmerkend voor het gebruik van weegfactoren. Gevoelsmatig hecht men er grote waarde aan. In werkelijkheid is de invloed van weegfactoren doorgaans gering. In de literatuur is ook veel aandacht gegeven aan de waarde van weegfactoren. Men kan daaruit afleiden dat weegfactoren zin hebben als slechts een gering aantal eisen in het spel is. Onderzoek naar een zinvolle relatie tussen de grootte van een weegfactor en het aantal eisen leidt namelijk tot de conclusie dat de invloed van weegfactoren te verwaarlozen is als het aantal eisen n groter is dan de grootste weegfactor w en dat alleen een invloed van weegfactoren aantoonbaar is als het aantal eisen n kleiner is dan de grootste weegfactor w. In het algemeen wordt een weegfactor gevoelsmatig bepaald. De ontwerper kent aan bepaalde criteria meer gewicht toe dan aan andere. Om ook bij het bepalen van de grootte van de weegfactor rationeler te werk te kunnen gaan, kan gebruik gemaakt worden van de paarsgewijze vergelijking van de criteria. De criteria worden in een matrix volgens figuur 8.3 opgenomen en onderling vergeleken. Als een criterium uit de bovenste horizontale rij in vergelijking met een criterium uit de linker verticale kolom belangrijker wordt geacht, wordt dit in de matrix aangegeven met een score 1. Als de vergelijking in het nadeel van het eerstgenoemde criterium uitvalt, wordt een 0 gescoord. Sommatie van de scores levert een volgorde van belangrijkheid op. Door het overzicht dat hierdoor ontstaat, kan de ontwerper worden geholpen bij het vaststellen van weegfactoren. Men zou kunnen overwegen om de criteria in drie groepen in te delen en aan de hoogste groep een weegfactor 3 te geven, de middelste groep een weegfactor 2 en de laagste groep een weegfactor 1. In feite is dit bij het voorbeeld volgens figuur 8.2 gedaan. Ook is het mogelijk om alleen één of enkele hoogscorende criteria van een weegfactor te voorzien.
Op welke wijze de weegfactoren worden toegewezen, hangt van het probleem af. Bindende regels zijn hiervoor niet te geven.

Fig. 8.3
Volgordebepaling aan de hand van weegfactoren

Het belang van eis	In vergelijking met eis										Totaal	Rang
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j		
a	-	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	9
b	1	-	1	0	1	0	1	1	1	1	7	3
c	1	0	-	0	1	0	0	0	0	0	2	8
d	1	1	1	-	1	0	1	1	1	1	8	2
e	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	10
f	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	9	1
g	1	0	1	0	1	0	-	0	0	0	3	7
h	1	0	1	0	1	0	1	-	1	1	6	4
i	1	0	1	0	1	0	1	0	-	1	5	5
j	1	0	1	0	1	0	1	0	0	-	4	6

8.3 Visualiseren

Behalve voor het aanwijzen van de beste variant kunnen keuze- en waarderingstechnieken ook gebruikt worden om inzicht te krijgen in de sterke en zwakke kanten van een ontwerp, waardoor de mogelijkheid ontstaat om doelgericht een variant te verbeteren. In feite wordt deze werkwijze bij het ontwerpen vaak intuïtief gebruikt. De ontwerper acht een variant nog niet geschikt en zet een stap terug naar een eerder ingenomen standpunt om vandaaruit een betere oplossing te krijgen. In de tot nu toe behandelde keuzetabellen is niet goed zichtbaar te maken wat de sterke en zwakke kanten zijn. Er zijn twee mogelijkheden om de waardering van een beoordeelde constructie duidelijker te visualiseren, namelijk de grafische presentatie en het opsplitsen in eisengroepen.

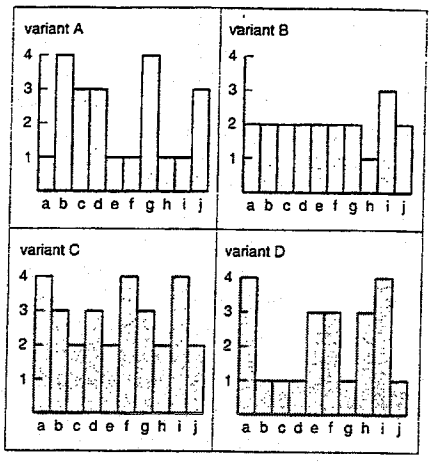


Fig. 8.4
Visualisering van figuur 8.1 door kolomgrafieken

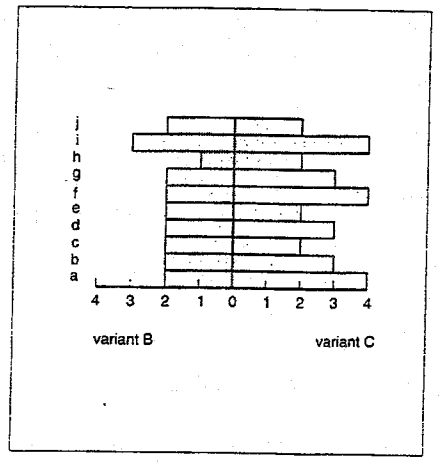


Fig. 8.5
Visualisering van variant B en C uit figuur 8.1 zonder weegfactoren

De grafische presentaties kunnen zowel worden gebruikt om alternatieven onderling te vergelijken als per alternatief na te gaan waar verbeteringen mogelijk zijn. In figuur 8.4 is het resultaat van de keuzetabel volgens figuur 8.1 als kolomgrafiek in beeld gebracht. Het valt meteen op wat de sterke en zwakke punten van de verschillende varianten zijn.
Een andere mogelijkheid om visueel inzicht te krijgen in de eigenschappen van verschillende varianten, is een paarsgewijze vergelijking in de vorm van een waarderingsprofiel. In figuur 8.5 is dit voor twee alternatieve oplossingen B en C uit de keuzetabel volgens figuur 8.1 aangegeven.

8.4 Opsplitsen van eisenprogramma's; de Kesselringmethode

De hiervoor behandelde grafische presentaties hebben ten opzichte van de keuzetabellen het voordeel dat ze een veel beter inzicht geven in de afzonderlijke waarderingen die aan de verschillende eisen zijn gegeven. Als nadeel kan worden aangevoerd dat het maken van deze grafische presentaties bewerkelijker is. Het is daarom niet verwonderlijk dat ook gezocht is naar methoden waarbij keuzetabellen toch de vereiste helderheid verschaffen zonder dat gevaar bestaat dat belangrijke inzichten aan het oog onttrokken worden en in de tabel verloren gaan.

Een andere mogelijkheid om de waardering van een variant te visualiseren, naast de hiervoor behandelde grafische presentatie is het splitsen van een eisenprogramma in groepen bijelkaarhorende eisen. Kesselring [8] heeft hiertoe de eerste aanzet gegeven door onderscheid te maken in twee groepen, namelijk de *gebruikseisen* en de *fabricage-eisen*.
De keuzeproblematiek is daarmee teruggebracht tot het invullen van twee keuzetabellen, waarin respectievelijk de gebruikseisen en de fabricage-eisen zijn opgenomen. De bedoeling hiervan is o.a. om in de waardering de bouw c.q. aanmaakfase van het produkt te scheiden van de gebruiksfase, en daarmee ook de behoefte aan gebruik van weegfactoren te verminderen. Op de gebruikelijke wijze worden de te beoordelen alternatieven gewaardeerd, waarna de totale score per alternatief wordt bepaald. Zie figuur 8.6. Deze score wordt zowel voor de gebruikseisen als voor de fabricage-eisen vergeleken met de maximaal haalbare score, die, evenals dat bij de normale keuzetabellen het geval was, in de rechterkolom van de tabel is aangegeven. In een *x-y*-diagram worden deze relatieve waarderingen uitgezet, waarbij de waardering voor de gebruiksaspecten op de ene as en de waardering voor de fabricage-aspecten op de andere as wordt uitgezet.
Elke variant kan nu afgebeeld worden in het *x-y*-vlak. In figuur 8.6 is dit gedaan

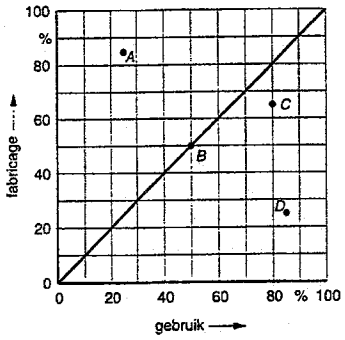


Fig. 8.6
Visualisering van de eigenschappen van de varianten A t.e.m. D uit figuur 8.1 volgens de Kesselring-methode (zonder weegfactoren)

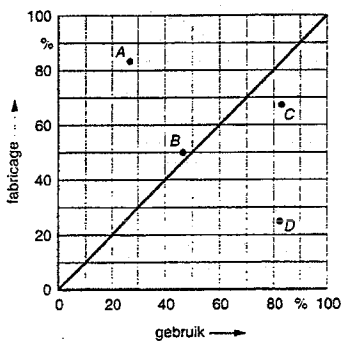


Fig. 8.7
Visualisering van de varianten A t.e.m. D volgens Kesselring met weegfactoren

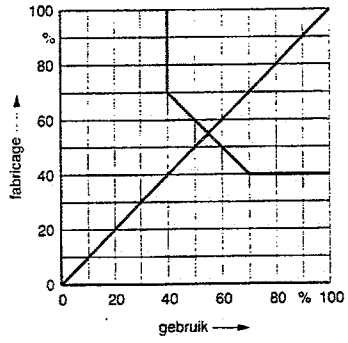
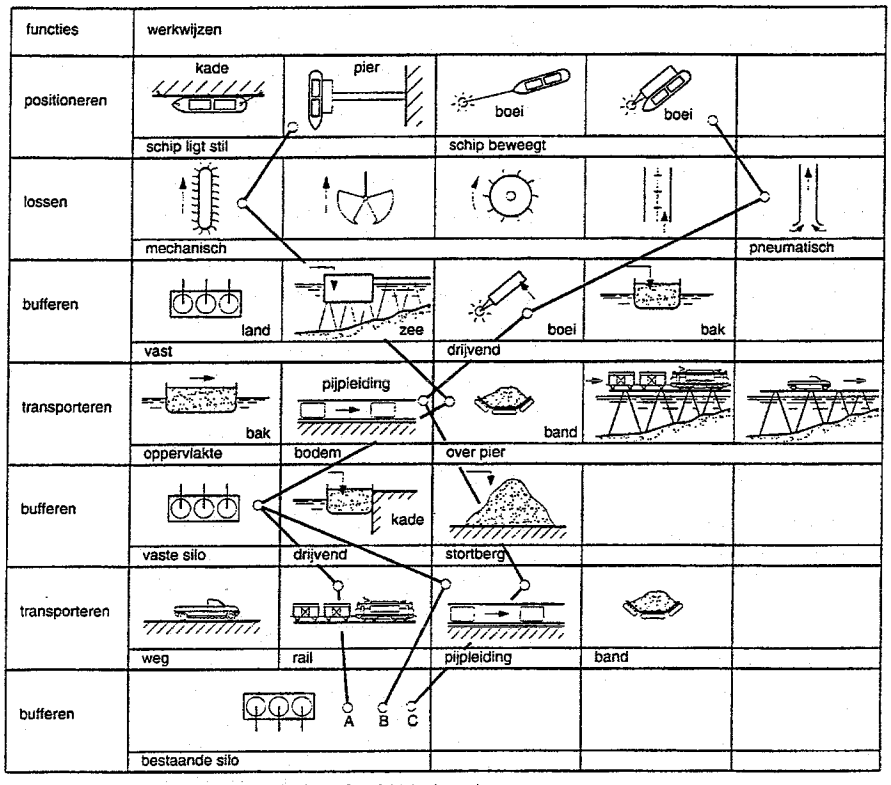


Fig. 8.8
Voorstel voor een praktische begrenzing van het beeldvlak waarbinnen waarderingen moeten vallen

voor het voorbeeld dat ook in figuur 8.1 behandeld is. Bij de splitsing van de eisen in groepen is ervan uitgegaan dat de eisen a, e, f, h en i betrekking hebben op het gebruik, terwijl de eisen b, c, d, g en j fabricageaspecten vertegenwoordigen.
In het x-y-vlak is onmiddellijk te zien dat enkele varianten die in de tabel van figuur 8.1 redelijk scoorden (variant A en D) en daar op het eerste oog wellicht nog tot de uitvoerbare alternatieven gerekend werden, ongeschikt zijn omdat de ene zeer laag scoort op de gebruiksaspecten, terwijl de andere een zeer lage waardering voor de fabricageaspecten oplevert. Deze eigenaardigheden zijn volgens de Kesselringmethode meteen zichtbaar, terwijl ze in de normale keuzetabellen volgens figuur 8.1 en figuur 8.2 slechts met veel moeite te achterhalen zijn. Hoewel het gebruik van weegfactoren bij deze methode niet nodig is, is in figuur 8.7 de Kesselringmethode voor de goede orde herhaald, met inachtneming van weegfactoren volgens figuur 8.2. Hier blijkt opnieuw dat zelfs bij het kleine aantal eisen dat per tabel gehanteerd wordt, er nauwelijks verschuiving van de beeldpunten optreedt.

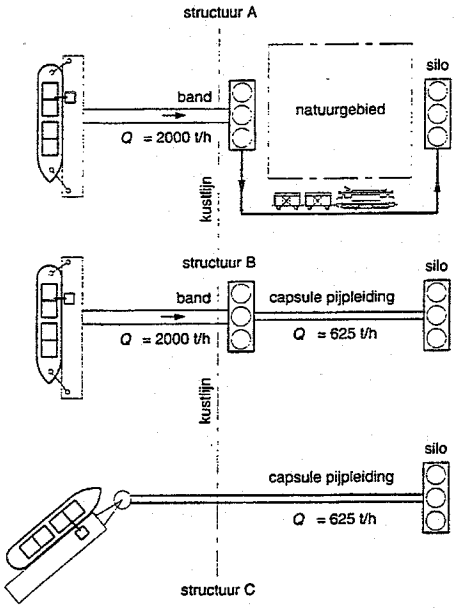
Bij het selecteren van de beste varianten wil men in het algemeen hoge waarderingen waarvan de beeldpunten niet te ver van de diagonaal afliggen. Dit leidt tot het invoeren van grenswaarden waarbinnen de beeldpunten moeten liggen. Een praktische suggestie voor het begrenzen van het keuzegebied is een beeldvlak volgens figuur 8.8 dat slechts begrensd wordt door een minimumgrens voor de x-waarde en voor de y-waarde en een grens voor de gezamenlijke $(x + y)$-waarde. In de figuur is voor de minimale x- en y-waarden 40% gekozen terwijl de minimale $(x + y)$-waarden op 55% is genomen.

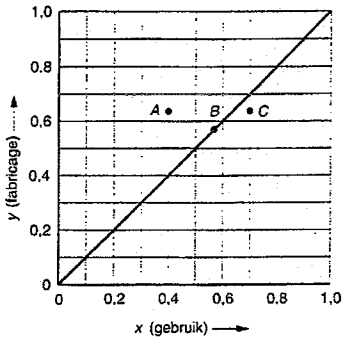
Kesselring heeft aangegeven dat bij de toepassing van deze methode geen weegfactoren nodig zijn als het aantal eisen groter dan 10 tot 12 is. In de praktijk wordt de methode echter ook bij een lager aantal eisen gebruikt zonder dat er met een weegfactor gewerkt wordt. Kesselring werkt ook met waarderingen van 1 tot 4. Een grotere differentiatie suggereert een nauwkeurigheid die niet gehaald kan worden. Als de totaalwaarderingen van twee varianten meer dan 5% uit elkaar liggen, is de hoogst gewaardeerde significant beter dan de lager gewaardeerde. Als het verschil minder dan 5% is, moeten de waarderingen als gelijkwaardig worden beschouwd.
In figuur 8.9 is de Kesselringmethode gebruikt om een keuze te maken uit drie



A en B samengesteld volgens functieblokschema I
C samengesteld volgens functieblokschema II

Fig. 8.9
Voorbeeld van het kiezen van een structuur volgens de Kesselring-methode

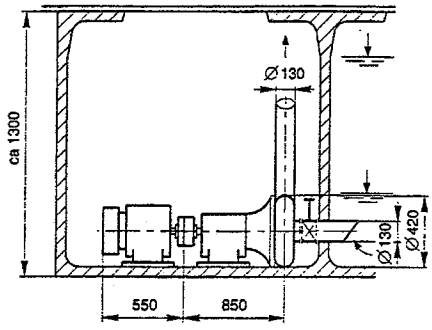




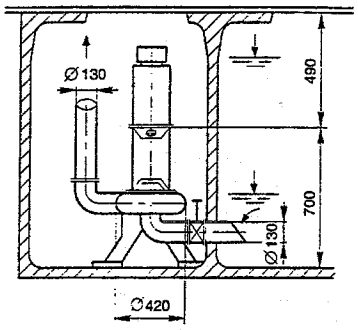
gebruik	alt. A	alt. B	alt. C	ideaal
milieu	2	3	4	4
onderhoud	1	2	3	4
personeel	2	2	3	4
lawaai	1	2	4	4
eenvoud	2	2	3	4
som *x*	8	11	14	20
relat. som *x*	0,4	0,55	0,7	1,0

fabricage	alt. A	alt. B	alt. C	ideaal
spec.techn.	4	3	3	4
install.	2	2	2	4
schade nat.	3	2	2	4
kosten	1	2	3	4
som *y*	10	9	10	16
relat. som *y*	0,63	0,56	0,68	1,0

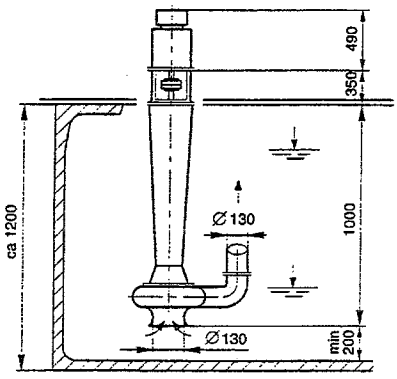
Fig. 8.10
Ander voorbeeld van het kiezen van een structuur volgens de Kesselring-methode



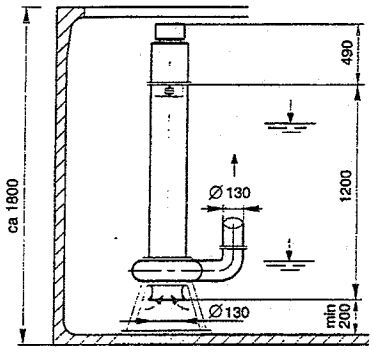
1. horizontale "wervelradpomp" met directe watertoestroming, motor en pomp onder de vloer, afgescheiden van vuilwaterbassin



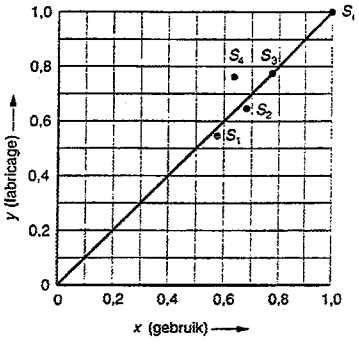
2. verticale "wervelradpomp" overigens als 1



3. verticale "wervelradpomp" hangend in vuilwaterbassin, motor boven, pomp onder vloer



4. verticale "wervelradpomp" staand op bodem vuilwaterbassin, motor en pomp onder vloer.



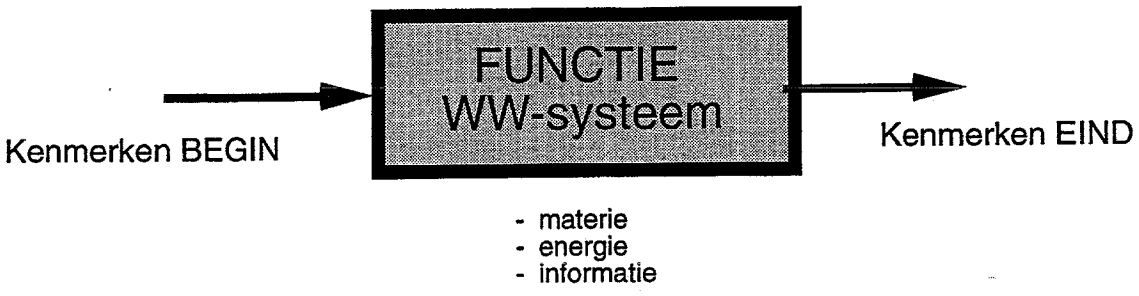
	gebruik	waardering				
		1.	2.	3.	4.	ideaal
1	kans op verstopping	2	2	4	3	4
2	stankverspreiding	4	4	4	4	4
3	lawaaioverlast	3	3	2	4	4
4	plaatsruimte	2	3	3	4	4
5	storingsgevoelig	2	3	3	1	4
6	noodzaak regelm.insp.	2	2	3	1	4
7	eenv.controle en reiniging	1	2	3	1	4
	som x	16	19	22	18	28
	relat. som x	0,57	0,68	0,79	0,64	1,0

	fabricage	waardering				
		1.	2.	3.	4.	ideaal
1	model + gieterij	2	3	3	3	4
2	materiaal	2	3	3	2	4
3	handelsdelen	2	2	3	3	4
4	hand-en machinekosten	2	2	4	4	4
5	aanpassing machinepark aan seriefabricage	3	3	3	3	4
	som y	11	13	16	15	20
	relat. som y	0,56	0,65	0,80	0,75	1,0

structuren van een graanoverslaginstallatie. Deze structuren zijn uit het bijbehorende morfologisch overzicht afgeleid. Figuur 8.10 geeft een voorbeeld van de keuze tussen vier pompstations met behulp van de Kesselringmethode volgens VDI-2222 [9]. Door verschil te maken in keuzecriteria voor gebruiksaspecten en keuzecriteria voor fabricageaspecten, is het mogelijk om de gegevens uit deze beide tabellen op te nemen in een zogenaamde *S-diagram* (Stärke-Diagram), waar horizontaal de gebruikswaarde en verticaal de fabricagewaarde wordt uitgezet.
Het zichtbaar maken van de gebruikswaarde en de fabricagewaarde is ook van groot belang bij het verbeteren van produkten. Men weet dan meteen in welke richting naar verbetering gestreefd moet worden. In de vormgevende fase komt het veelvuldig voor dat de economische waarde moet worden afgezet tegen de technische waarde. Dat zijn dan twee groepen van eisen die in een Kesselringdiagram gewaardeerd kunnen worden. In de richtlijn VDI-2225 [10] wordt daar uitgebreid op ingegaan.

BIJLAGE 5.2
Schema Methodisch Ontwerpen WW-systemen

PROBLEEMDEFINITIE FASE



EISEN en WENSEN formuleren

FUNCTIE SCHEMA opzetten
(functie: zelfstandig naamwoord en werkwoord)

WERKWIJZEBEPALENDE FASE

Morfologisch schema

	I	II	III	IV
F1				
F2				
F3				

- Bedenken werkwijzen
- Aanbrengen structuren
- Kiezen van een structuur

- associatieve
- systematische
- analogische
- intuitieve

mechanisch
hydraulisch
pneumatisch
themisch
elektrisch
chemisch

Keuzetabellen
(Kesselring methode)

VORMGEVENDE FASE

Uitwerken van de gekozen structuur

Dictaat

MECHANISATIE OP DE BOUWPLAATS

ir F.J.M. van Gassel

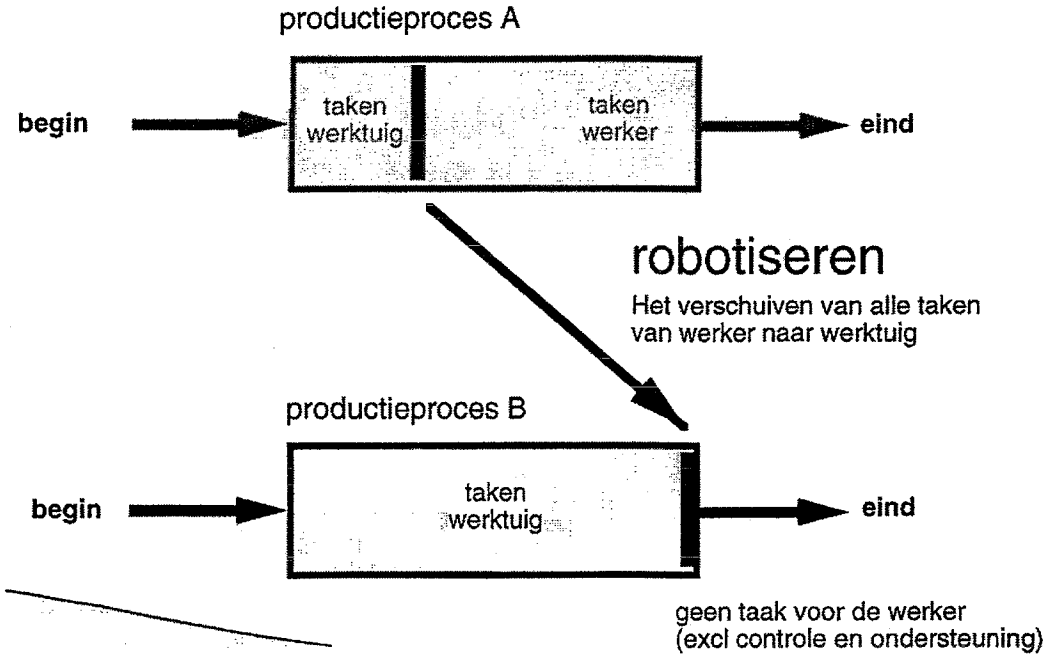
6

Robotiseren

Inhoud

6.1 Omschrijving begrip robotiseren

In de inleiding is het begrip robotiseren al omschreven als het verschuiven van alle taken van werker naar werktuig. De werker voert dan geen taak meer uit. De taken om het werktuig te controleren en het productieproces te ondersteunen zijn in de omschrijving niet meegenomen.
Figuur 6.1 laat de omschrijving nogmaals schematisch zien.



Figuur 6.1 *Het verschuiven van alle taken van werker naar werktuig*

6.2 Omschrijving robot

Het woord robot komt van het Tsjechische woord ROBOTA, wat zware arbeid betekent. De eerste robot werd in 1920 bedacht door de Tsjechische schrijver Karl Capek. Hij liet verklede mensen als machines meespelen in een toneelstuk, waarin deze "robots" het vervelende werk in een fabriek moesten doen. Echte robots werden pas veel later gemaakt en ze leken meestal helemaal niet op mensen [Kock].

Warszawski van het Technicon Israël omschrijft een robot als volgt:

> *"Een werktuig dat zonder menselijke tussenkomst een aantal opeenvolgende en verschillende taken kan uit voeren".*

Reijers hoogleraar werktuigbouwkunde aan de TUE formuleert het zo:

> *"Industriële robots zijn automatische hanteerinrichtingen die in meer vrijheidsgraden programmeerbaar zijn en zijn voorzien van grijpers of gereedschappen, en die specifiek zijn ontworpen voor industrieel gebruik".*

Er bestaan zoveel omschrijvingen van het woord robot dat de robotpioneer Engelberger tot de volgende omschrijving kwam:

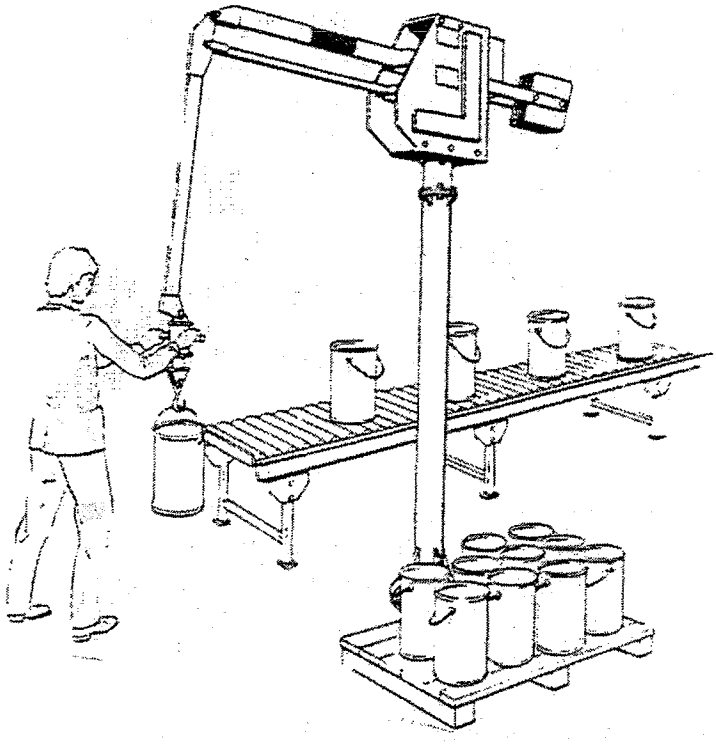
> *"I cannot define an industrial robot, but I can tell for sure when I see one".*

6.3 Classificatie van robots

De Japanse Industriële Standaard (JIS) heeft de robots geclassificeert. Hierbij wordt de term manipulator als basiswoord gebruikt. JIS omschrijft een manipulator als volgt:

"Een manipulator is een mechanische constructie welke in de ruimte de functie van een menselijke arm en hand vervangt".

- Manual manipulator
  Een manipulator die door een werker wordt bediend. De werker voert een minimale energietaak uit en bijna alle stuurtaken. Figuur 6.2 laat een manipulator zien



Figuur 6.2 *Mechanische manipulator*

- Fixed sequence robot.
  Een manipulator die verschillende taken op verschillende posities kan uitvoeren. De volgorde is voorgeprogrammeerd en aan de instructies zijn geen veranderingen aan te brengen.
- Variable sequence robot.
  Een manipulator die verschillende taken op verschillende posities kan uitvoeren. De volgorde is voorgeprogrammeerd en in de instructies zijn wel veranderingen aan te brengen.
- Playback robot.
  Een manipulator die in staat is de werkvolgorde te onthouden. De bewegingen worden door een werker voorgedaan, waarbij de instructies in het geheugen worden opgeslagen.

- Nummerically-controlled robot.
  Een manipulator die in staat is taken uit te voeren volgens numerieke instructies. De instructies staan bijvoorbeeld op een magneetschijfje.

- Intelligent robot.
  Een manipulator die in staat is zelf beslissingen te nemen op basis van sensoren en kunstmatige intelligentie.

Ronald Krom [Krom] beschrijft in zijn proefschrift "Robots in the Building Industry" vier generaties geautomatiseerd bouwmaterieel.

- *First generation.*

A first generation of construction automation equipment evolves from existing construction equipment by the addition of electronic sensors and digital circuits (mechatronics). The goal of this 'upgrading process' is primarily to increase productivity and quality. First generation construction automation is based on currently existing construction manipulators such as excavators.

- *Second generation.*

Second generation construction automation equipment largely consists of construction manipulators. These manipulators are no longer based on the existing equipment but they are still primarily controlled by human operators. An example could be a wall cladding element manipulator.

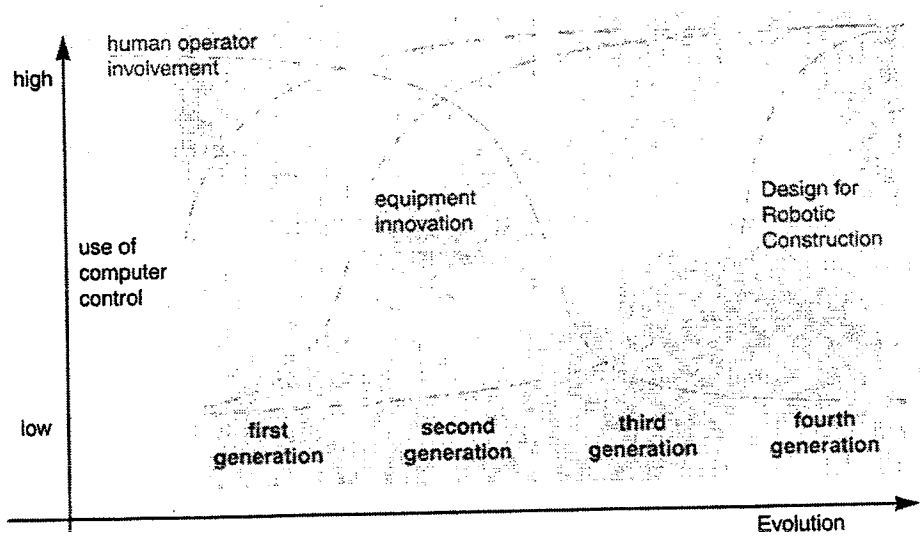
- *Third generation.*

The third generation of construction automation equipment are autonomous devices which execute tasks without control by an operator. These devices can be classified as construction robots. The robots require operator assistance for their set up and occasionally during operation.

- *Fourth generation.*

Fourth generation construction robots are technologically not different from third generation construction robots but these robots are designed to be an integral part of new construction methods which are adapted to the use of construction robots. (Design for Robotic Construction DfRC).

In figuur 6.3 zijn deze vier generaties weergeven.
In bijlage 6.7 is de samenvatting van het proefschrift weergeven.



Figuur 6.3 *Vier generaties materieel voor op de bouwplaats [Krom].*

6.4 Robots op de Japanse bouwplaats

De Japanse aannemer gebruikt veelvuldig robots op de bouwplaats. In Japan heeft de bouw het imago van zwaar, gevaarlijk en vuil. De schaarste aan arbeid is de reden dat Japanse bouwondernemingen zeer actief zijn bij het ontwikkelen van nieuwe en efficiënte bouwmethoden.
Bij een mankracht die 15 maal zo groot is als in de Nederlandse bouw, is de omzet ruwweg 25 maal zo groot. Er zijn in Japan ongeveer 100 "robots" in ontwikkeling. [Stumpel, 1993].
Japanse bedrijven investeren veel geld in het ontwikkelen van (spectaculaire) bouwmethoden. In de bijlagen is een aantal voorbeelden opgenomen.

6.5 Toekomstige ontwikkelingen

Op korte termijn zullen bij de ambachtelijke productieprocessen de energietaken, en met name de aandrijfenergie, nog verder kunnen worden gemechaniseerd.
Bijvoorbeeld het opperen van bouwproducten en transporteren van mortel.
Op middellange termijn voorspelt de ARTB in Bouwvisie 2010 dat de bouwplaats in toenemende mate een assemblageplaats wordt van geprefabriceerde bouwproducten.
De werktuigen die men dan op de bouwplaats zal inzetten dienen in samenhang met bouwproducten te worden ontwikkeld. De energietaken die een werker dan nog zal uitvoeren zullen minimaal en ergonomisch verantwoord zijn. De stuurtaken zullen blijven.
Om dit te bereiken zullen leveranciers en assemblagebedrijven van bouwproducten en machinefabrieken moeten gaan samenwerken.
Op lange termijn zal het misschien mogelijk zijn ook de stuurtaken door een werktuig te laten uitvoeren, pas dan zal de robot breed worden ingezet.
Dit wil niet zeggen dat we voorlopig geen robot op de bouwplaats zullen aantreffen. Maar ze zullen alleen in die situaties voorkomen waar taken niet door een werker kunnen worden uitgevoerd.

In de ARTB Bouwvisie 2015 wordt vermeld dat in 2015 ook de eerste "bouwrobots" op de arbeidsplek aanwezig zijn, hoewel een grootschalige toepassing nog tot de toekomst behoort.
In 2015 is de meest waarschijnlijke ontwikkeling het verdergaand mechaniseren en het toepassen van mechatronica op bestaande productiemiddelen en productieprocessen. De toepassing van de robot is nog beperkt door de veelsoortigheid van de werkzaamheden en het mobiele karakter van het productieproces zelf. Een universeel inzetbare, zelfbewegende robot, die veel verschillende handelingen moeten kunnen verrichten, met globale maatvoering kan omgaan en bovendien gewichten kan tillen, zal niet voor 2015 gerealiseerd zin [ARTB 2015]

Literatuur

ARTB Bouwvisie 2015, 1998, Adviesraad Technologiebeleid Bouwnijverheid, Den Haag.

Kock en andere, 1993, Werkboek Robotica, Academic Service.

Krom, Ronald, 1997, Robots in the Building Industry, Dissertatie Technische Universiteit Delft.

Stumpel, J., 1993, Bouwbeleid en bouwtechnologie in Japan, Voordracht voor de adviesraad ARTB.

Construction Robot System Catalog in Japan, Juni 1997, Council for Construction Robot Research.

Cousineau, L en N. Miura, 1999, Construction Robots: The Search for New Technology Japan, ASCE.

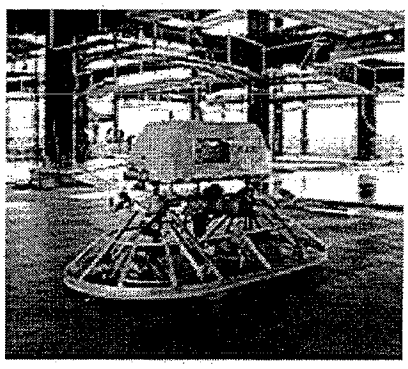
Robots and Automated machines in Construction, 1998, International Association of Automation and Robotics in Construction.

BIJLAGEN

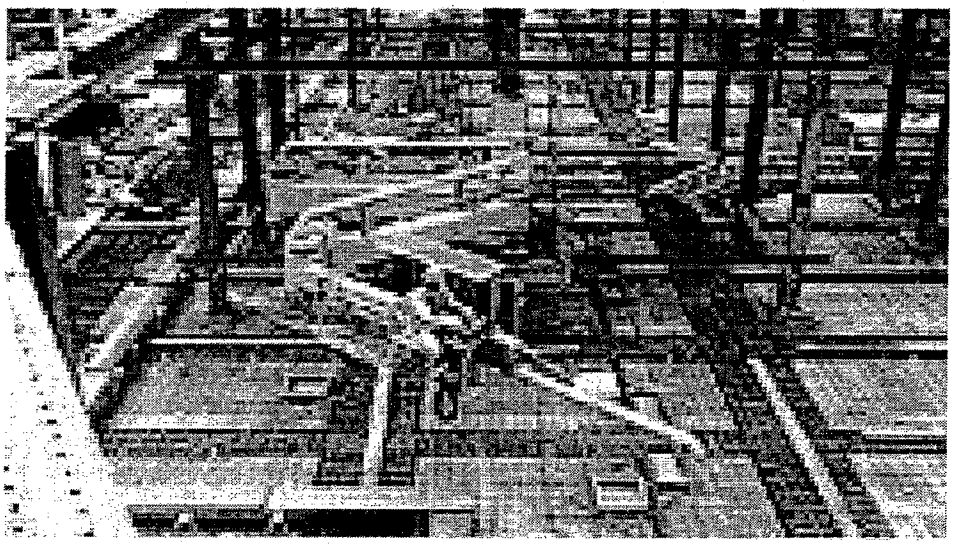
BIJLAGE 6.1 Robots ontwikkeld door Takanaka

Contractor Developed Robots ? Just Another Aspect of Takenaka's Developmental Prowess.

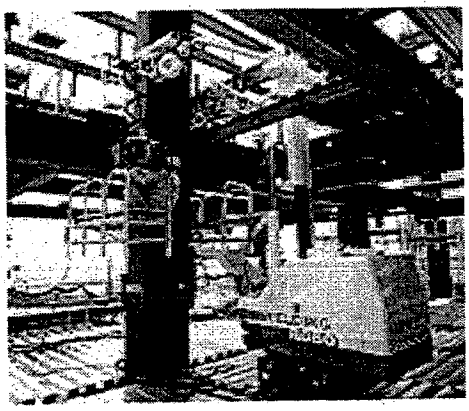
In order to raise productivity and improve working conditions, we have long been at work in the research and development of automation and robotics. One after another, we have produced specialized robots which can work at high elevations and in places where humans cannot. Takenaka construction sites are work places where severe conditions and risky work is continually being reduced. Allow us to introduce a few of our hardest working stars of the robot variety.



Concrete Floor Surface Finishing Robots (Surf Robo)
Equipped with two sets of rotary floats and a running function, Surf Robo automatically finishes conclete floor surfaces.

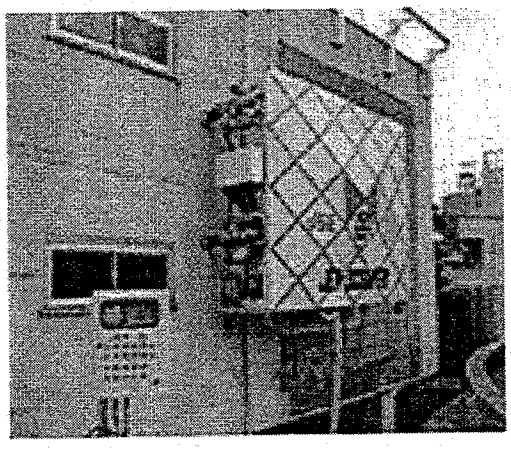


Horizontal Concrete Distributor
This robot can quickly cast concrete using a horizontal four-joint mechanism and is mainly used in dispensing concrete in buildings with steel structures.



Steel Frame Welding Robot
This is a robot equipped with a teaching function for the automatic welding of such parts as "columns and beams"or "columns and columns" in steel work.

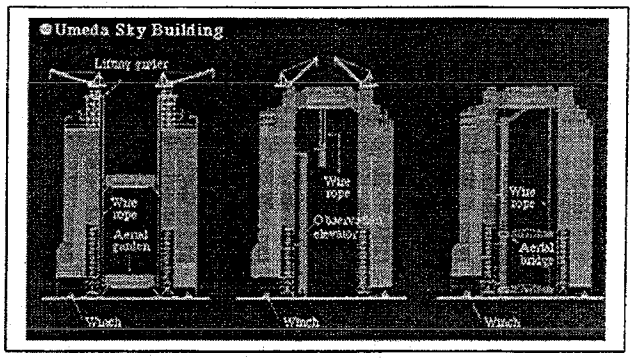
Water Absorbing Robot on concrete surfaces
This robot absorbs the water which remains after concrete has been set.

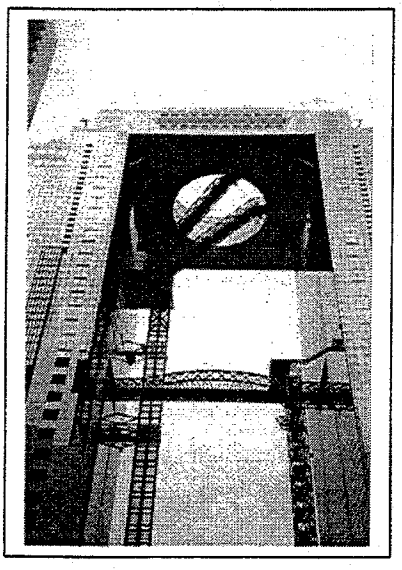


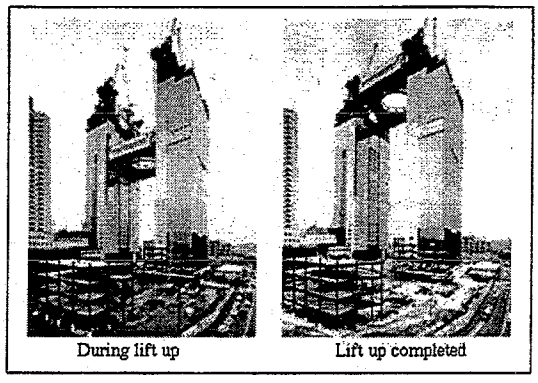
Automated Coating Delamination Robot, "JET-SCRAPER"
This robot utilizes multijet nozzles and superhigh-pressure water jet sprayers to remove coatings from exterior walls.

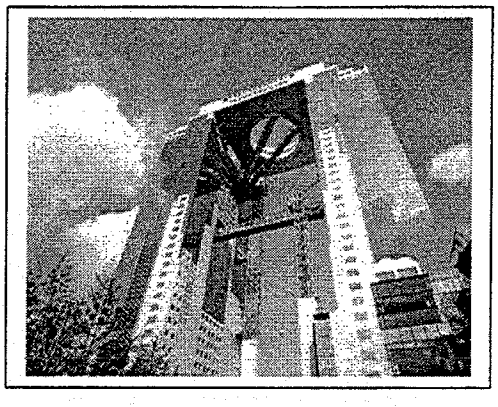
Breaking Construction Effectiveness in Dense Metropolitan Environments

We realize that you are not going to be merely satisfied with just the accurate creation of a good design. We know that if you were in charge of a certain project, you would look for the kind of expertise that could also bring down construction time and come to completion within budget. Takenaka has been a leader in developing many systematized construction methods that address these issues and more. The methods we introduce here are part of a revolutionary unified system. Takenaka possesses the technical expertise to resolve all the tough issues that construction work can pose.





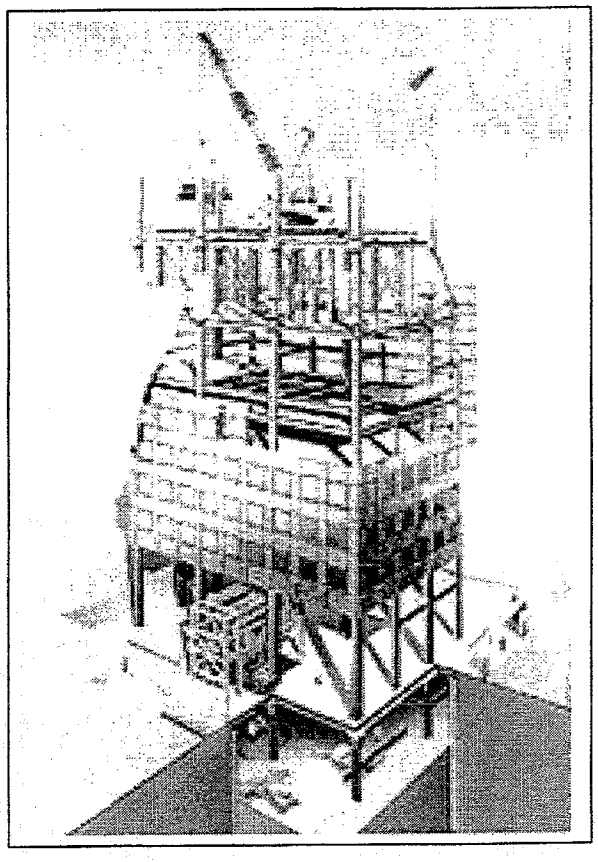

During lift up Lift up completed

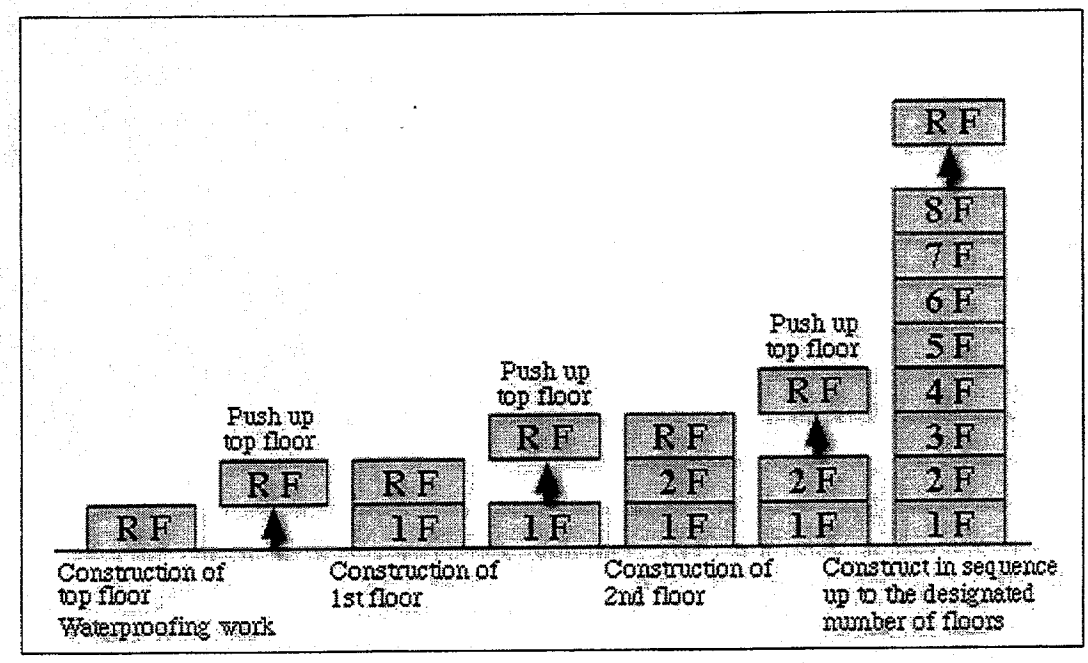


Reduced work at high elevations

The Lift-up Construction Method

This method, while guaranteeing work safety, produces great time savings. The photograph shows application of the Wire Lift-up Method in the construction of the New Umeda City complex. This method involved lifting up the aerial garden and aerial bridge which link the two 40-story East and West Towers.





Bad weather, confined spaces not a problem

The Roof Push-up Construction Method

Having to work in confined construction sites or through persistently bad weather is a common problem for construction work in Japan. The Roof Push-up Method is a solution which involves first, constructing the top floor (or building roof) and then, pushing it up one floor at a time as the building is constructed.

BIJLAGE 6.2

Automated Construction System for Reinforce Concrete Building

Application type of work:	Building Construction	Official price:	
Classification:			
Purpose of the development:	Improvement of productivity	Lease and rental:	
Level of practical use:	Available on site	Development company:	OBAYASHI CORPORATION
Information	Company name:	Technical Research Institute, OBAYASHI CORPORATION	
	Address:	4-640,Shimokiyoto,Kiyose-shi,Tokyo,Japan	
	Phone:	+81-(0)424-95-0960	
	Fax:	+81-(0)424-95-0904	

1. Application

Construction work for high-rise reinforce concrete building. Also available for steel structure building.

2. Outline

Called the "Big Canopy", the new automated system is a revolution one, which brings with it higher quality, a shorter construction period, and reduced cost. The system's foremost feature is the "Big Canopy" itself, an all-weather, temporary roof structure. The canopy is supported on four corner posts, and is broad enough to overhang on all four sides the entire building under construction.The canopy is raised as construction of the building moves up.When the building reaches its full height, the canopy is dismantled and its perimeter structure jacked down.

3. Characteristics and effects

① High Quality

The building under construction is protected from unfavorable weather by the canopy and high quality production is ensured by using prefabricated materials.

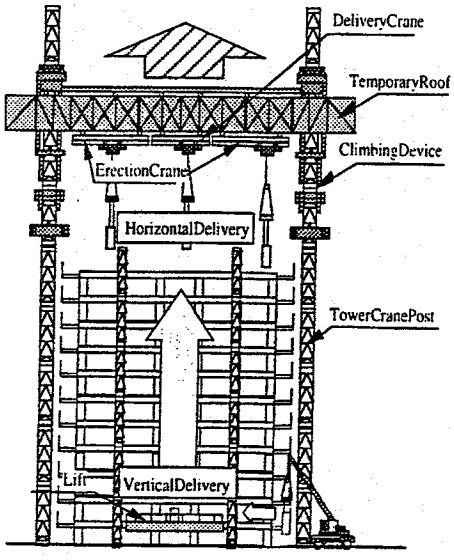


Figure 1.Outline of system

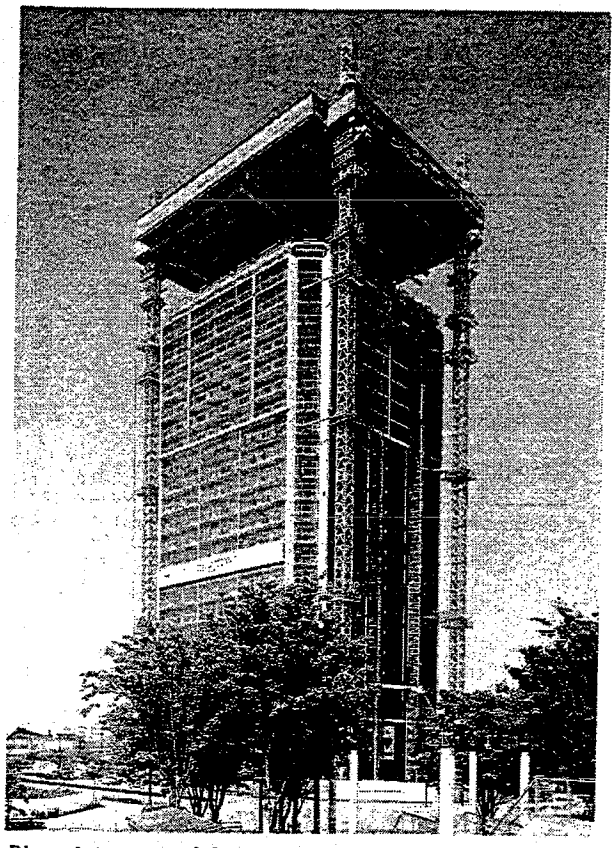


Photo.1.Automated Construction System

② Short Construction Period

The parallel delivery system increases the assembly efficiency. The construction period is reduced by executing the construction of skeleton, equipment and finishing works.

③ Productivity Improvement

The prefabrication and unification of materials, automation assembly work and computerized management for materials improve productivity and reduce the total cost.

④ Comfortable and Safe Environment

Noise levels are guaranteed inside the canopy. A comfortable and safe construction environment is maintained.

4. Features of the robotization and automation

① Synchronously Climbing Canopy

The canopy covers the entire story that is being erected to protect workers from several weather and produce a comfortable and safe environment. Tower crane posts are used as four columns supporting the canopy. This method can be applied flexibly to various building sharps because the post is independent of the building. Adverse conditions such as vibration due to the construction works do not effect the building under construction. The rise of the canopy is performed by climbing equipment of tower cranes. Safety is maintained by synchronized control.

2. Parallel Delivery System

A high-speed construction lift and three hoist cranes are combined to deliver the material for assembly. The material is raised to the working story by the lift and passed to the hoist on the delivery girder. The hoist is moved from the delivery girder to the left or right girder and also transports materials throughout the entire working story. The movement of the hoist is entirely automated to improve work efficiency.

Construction Lift	1 pc	load : 6ton	
		winding velocity : 40m/min	
		control method : inverter control	
Traveling Crane		operation way : automatic/manual	
		control method : inverter control	
		load	velocity(max)
Delivery Girder	1 pc	7.5 ton	40m/min
Erection Girder	2 pcs	7.5ton	30m/min
Hoist	3 pcs	7.5ton	33m/min

③ Prefabrication and Unification

By prefabrication the construction members, only assembly works are performed at construction site. On-site work is reduced and simplified, and productivity is increased by introducing the multi-skilled workers. Unification of construction materials results in simple work procedures and efficient erection.

④ Material Management System

This is a computer-supported system which manages large quantities of prefabricated and unificated materials.Planning from the material delivery to the erection and the actual management are rationalized. The amount of labor is reduced by the material management database linking with s shop drawing CAD. The material management is unified by using bar code attached to the materials at the factory. The data includes the erection position and material characteristics required for possible full automatic construction system in the future.

⑤ Standard Schedule for Floors

The construction for the standard floors is carried out in a seven-day cycle. The canopy is raised two floors at a time.The main finishing materials are lifted in advance during skeleton work.

⑥ Canopy Disassembly

The canopy is disassembled on the top of the building, the external frame is lowered synchronously and then safely disassembled on the ground.

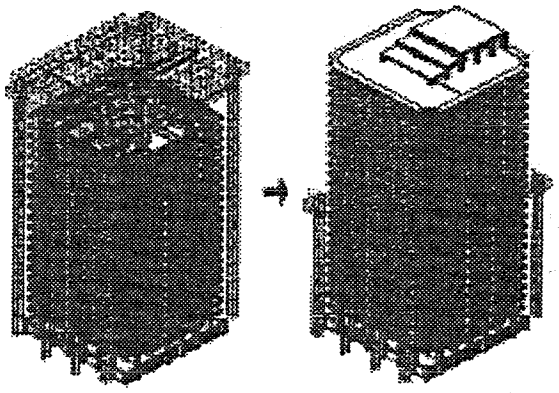


Figure 2.Canopy Disassembly

5. Work execution record

WorkName	Yachiyo Koen Toshi A-gaiku Mansion
Place	Yachiyo-shi,Chiba,Japan
Design	OBAYASHI Corp,.Tokyo Design Office
Const.Period	1995.1 --- 1997.2
Application	Apartment house, Store, Parking
Structure	Reinforce Concrete (partly Steel)
Stories	1 basement, 26stories, penthouse on roof
Total Floor Area	39,352.1m2
apartment No.	254

6. Usage conditions

① This system can cover the building not more than 40m by 40m depending on roof and post structure strength.

② The structure of roof and post must be designed according to the rule of wind force and earthquake force.

③ Roof structure must be raised by hydraulic jacks synchronously, especially keeping not more than 10mm difference on each post.

④ Crane operators must have authorized operating licenses in Japan. But for roof climbing any license is no needed for operators.

BIJLAGE 6.3 Automated Weather-Unaffected Buildings Construction System "AKATSUKI 21"

Applicable type of work: Building construction	Official price:
Classification:	
Purpose of the development: Provides a new comfatable environment in which the construction of high quality buildings can be realized at low cost	Lease and rental:
Level of practical use: Available on the market	Development company: FUJITA Corporation
Information — Company name: FUJITA Corporation Address: 4-6-15, Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo 151, JAPAN Phone: +81 (3) 5269 5327 Fax: +81 (3) 5269 4647	

1.Application

High-rise building construction.

2.Outline

<Basic construction procedure>
This system utilizes the basic construction procedure in which the uppermost floor of the building is structured at the ground level in order to with securing a weather-unaffected space. In this space, various machine devices for the automated construction of a building are installed and the building is made from first floor up in sequence, one floor at a time.

<Basic composition>
This system is composed of numerous newly developed automated machine devices. The plan is made for each machine dividing the entire system roughiy into 3 parts, as folloes:

Sky factory :factory in the air
Ground factory:factory on the ground
Transfer line :vertical automated converyance line

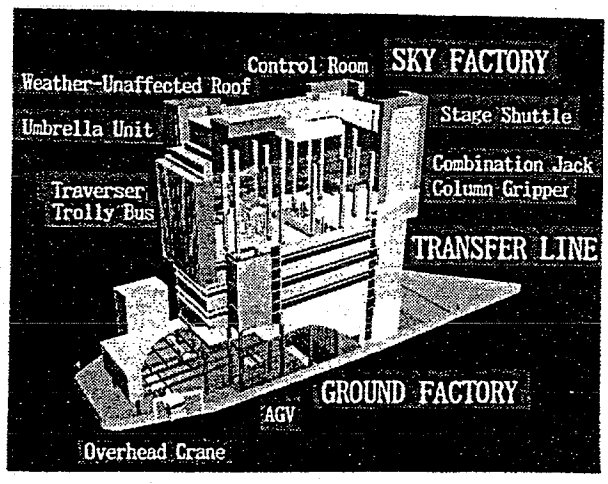


Figure 2. Basic composition

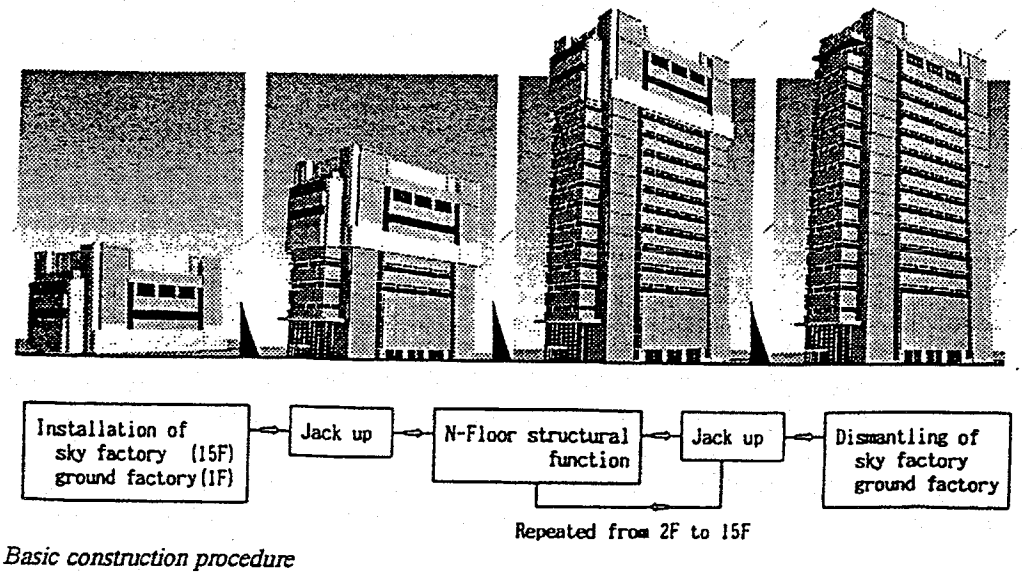


Figure 1. Basic construction procedure

3.Characteristics and effects

①With the aim of reducing labor by 50% and shortening construction periods by 30%, AKATSUKI 21 automates a wide range of construction from structural work to finishing work.

②New and accurate instrumentation technology and mechanical control technology are used together to realize highly accurate, superior construction.

③Efficient construction can be performed by a few skilled engineers.

④Work inside the factories does not annoy neighborswith construction pollution, and can be completed on schedule.

⑤The integrated construction control system, based on an expert system and multi-media (ITV monitoring, CG monitoring and satellite communications), enables advanced schedule control.

⑥Reverse-order application of AKATSUKI 21 to the demolition of buildings ending their life cycle is also possible.

4.Features of the robotization

①Handling of heavy objects, such as structural steel, etc., can carried out highil accurately.

②The combination jack developed can perform synchronized control of plural number of jacks with an accuracy of 0.1mm.

③A large automatic lift of 10 ton capacity has a high accuracy stopping ability and lowering functions of loaded material.

④The robot used for welding of column can perform continuous multilayer build up weld in sideways.

⑤The robot used for spraying operation of fireproof insulation can self-travel.

5.Work execution record

Name	Shuyo-dan Headquarters Building Construction Work
Location	Sendagaya, Shibuya-ku, Tokyo
Design	Nikken Sekkei, Ltd.
Execution	Fujita-Kajima Joint Venture
Construction	1 storey underground (SRC) 16F aboveground
Site area	2,063 m^2
Bldg. area	1,168 m^2
Total floor	13,065 m^2
Max. height	GL +69.8 m
Period	March15,1994 to June30,1996 (including the demolition work of an old building)
Use	Office building

6.Usage condition

①It is desirable where the building has many works to be repeated on higher floors.

②The building is desirable to be of structural steel construction.

③Sufficient construction plan will be required accompanied by installation of machine devices.

④Qualification for operation of machine devices will be required.

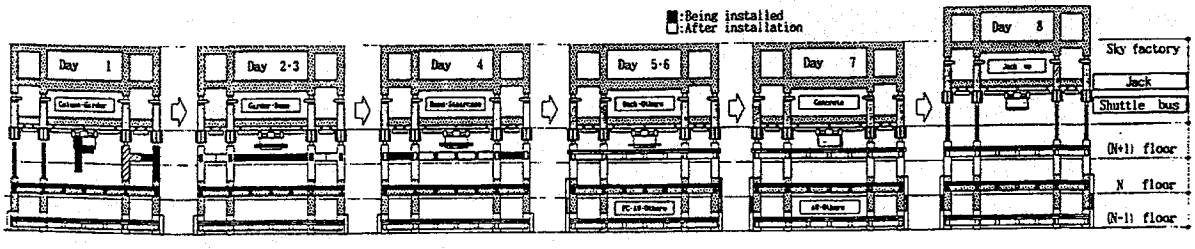


Figure 3. Cycle schedule

BIJLAGE 6.4 "T-UP" Building Construction Method

Applicable type of work: Erection of structural steel	Official price:
Classification: Execution of Work	
Purpose of the development: New Technology, Man-power saving, Improvement of work environment, Improvement of quality	Lease and rental:
Level of practical use: Application in construction sites	Development company: Taisei Corporation
Information	Company name: Taisei Corporation Address: Sanken Bldg. 25-1, Hyakunin-cho 3-Chome, Shinjyuku-ku, Tokyo 169, Japan Phone: 03-5386-7557 Fax: 03-5386-7577 E-mail: morimasa@kiku.taisei.co.jp

1. Application

This system is used to erect the structural steel frame for high-rise buildings at high speed.

2. Outline

The T-UP system is a totally mechanized construction system for high-rise buildings. It was developed by treating a building construction site as a production plant, with the aim of improving productivity and the work environment. The uppermost floor of the high-rise building, along with various fittings and equipment, is first built at ground level. It is then jacked up floor by floor and used as a production platform for the remainder of the building. In one sense, it is like a huge self-generating robot in which the platform is the body and the cranes fitted both above and below the platform are its arms. Figure 1 shows the components making up the platform.

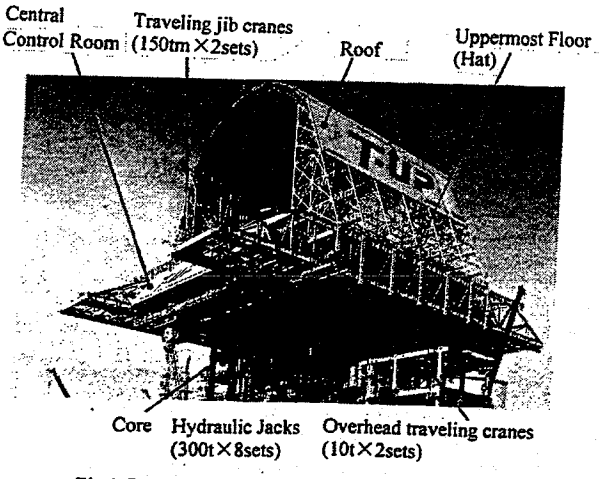


Fig.1 Components making up production platform

3. Characteristics and effects

(1)Crane operations and erection work take place both above and below the platform, so space utilization is maximized and a substantial reduction in construction period is achieved. Further, the use of large prefabricated components results in a considerable improvement in crane operation efficiency.

(2)The large components are prefabricated under strict quality control at production plants both on and off site. Erecting these precision components on each floor using the platform equipment ensures consistent high quality.

(3)The platform reduces the effects of bad weather on the construction schedule. Further, mechanization and prefabrication reduce the volume of construction waste while also offering a clean work environment.

4. Features of the robotization and automation

The procedure used for construction with this system is outlined below.

(1)Erect a few floors of the supporting steel structural frames.

(2)Install guide columns with built-in hydraulic jacks (with a capacity of about 300 tf) at approximately eight support points.

(3)Erect the structural steel framework for the uppermost floor (called the "hat") on the ground. Mount traveling jib cranes on the hat and construct the temporary roof. (See Fig. 2)

(4)Jack the hat up slightly to allow overhead traveling cranes to be mounted on the underside of the hat.

(5)Carry out a test run of the whole system. Once testing is finished, the hat functions as a production platform from which skeleton work begins in cycles from the ground floor up.

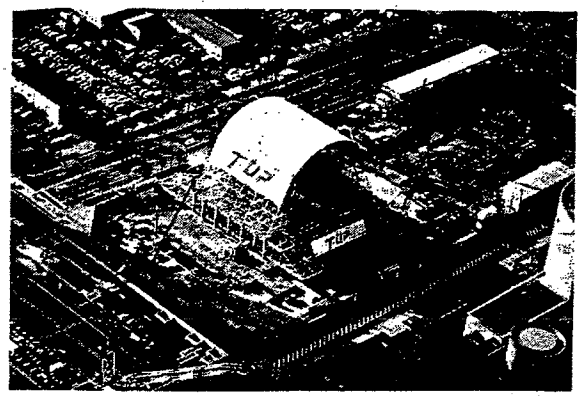


Fig.2 Production platform being built on the ground

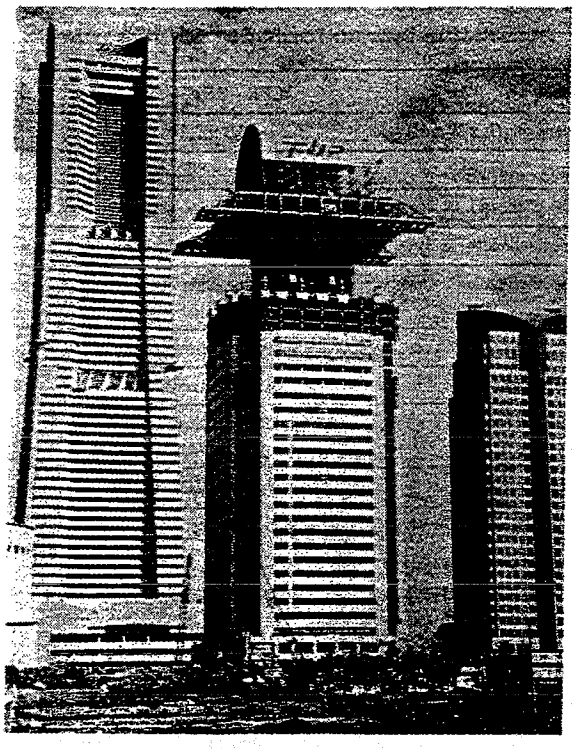


Fig.3 Typical floors under erection

(6)Using a cyclic procedure, erect structural steel for the building core using the two traveling jib cranes on the hat, and install structural steel, exterior PCa wall panels, unit floors, and other components by two overhead traveling cranes around the core. The rise rate is one floor in three days. (See Fig. 3.)

(7)When the hat reaches top floor height, disassemble the cranes and the steel support brackets for the temporary roof and cranes.

(8)Settle the hat on the top of the building and carry out final skeleton work.

(9)Complete work around the penthouse and remove the traveling jib cranes before finishing skeleton work.

5. Work execution record

Owner: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.

Designer: Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Mitsubishi Estate Co., Ltd., and Taisei Corporation

Constructor: Joint venture of 15 companies sponsored by Taisei Corporation

Construction period: From April 1992 to March 1994

Lot area: 20,176 m²

Building area: 6,178 m²

Total floor area: 110,918 m²

Number of stories: 2BF, 33F (regulation height: 34F)

Structure: SRC underground, S aboveground

Maximum height: 151 m

Use: offices, cultural facilities, and shops

The overall construction period, expected to be 30 months using conventional construction methods, was reduced to 24 months for a gain of 20%. A work rate of one floor in three days was achieved. Skeleton work on the upper floors was little affected by bad weather because of the protection afforded by the temporary roof.

6. Usage conditions

(1)Although most suitable where floor plans are similar from the lowermost to uppermost floor, some degree of variation can be handled by the system.

(2)Although the system is applicable to any high-rise building of 20 stories or more, it is most effective where there are 30 stories or more.

(3)It is most effective if the applicability of the system is studied at the design phase.

(4)It is possible to draw up optimal plans for the number and capacity of cranes and the specifications for the platform project by project.

BIJLAGE 6.5

ABCS (Automated Building Construction System)

Applicable type of work:	Building construction	Official price:	
Classification:			
Purpose of the development:	Measures against labor shortage and aging Decrease in construction investment	Lease and rental	
Level of practical use:	Construction will be done by the developer of the system	Development company:	OBAYASHI CORPORATION HITACHI ZOSEN CORPORATION

Information

Company name: OBAYASHI CORPORATION

Address: Building Construction Division Construction Engineering Department
3, 2-chome, Kanda Tsukasa-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101, JAPAN

Phone: 03-3292-1111

Fax:

E-mail:

1. Application

Automated Building Construction System applicable to construction of steel structures.

2. Outline

The ABCS uses the top story framework as the frame for the execution space; this frame is equipped with automatic transport and climbing equipment; and the building is automatically assembled within this space. The system will permit builders to construct high-quality buildings according to stable schedules unaffected by wind or rain. When one story is completed, the builder uses the reaction force of the completed building frame to raise the working space, then constructs the next story. The builder completes the entire building by repeating these operations for each story.

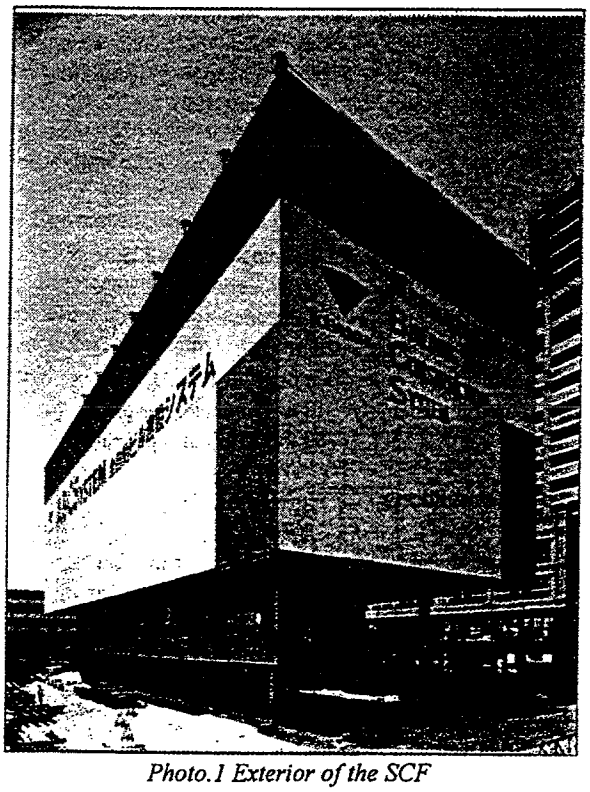


Photo.1 Exterior of the SCF

The Super Construction Factory (SCF) incorporates the latest FA (Factory Automation) technology. It's backed up by a full complement of automated equipment for delivering materials to the site. The material delivery equipment sends columns, beams, floor panels, curtain walls, and interior fittings - each in its proper order - to the floor under construction. An overhead crane in the SCF transfers the material from delivery equipment to its precise place on the floor. Robots then weld the joints of the columns and beams, and curtain wall panels are fixed in place with Obayashi-developed one-touch fasteners. When the SCF completes one floor, a built-in climbing system enables it to go up one story to begin work on the next floor. And the entire process begins again, taking the building another story toward completion.

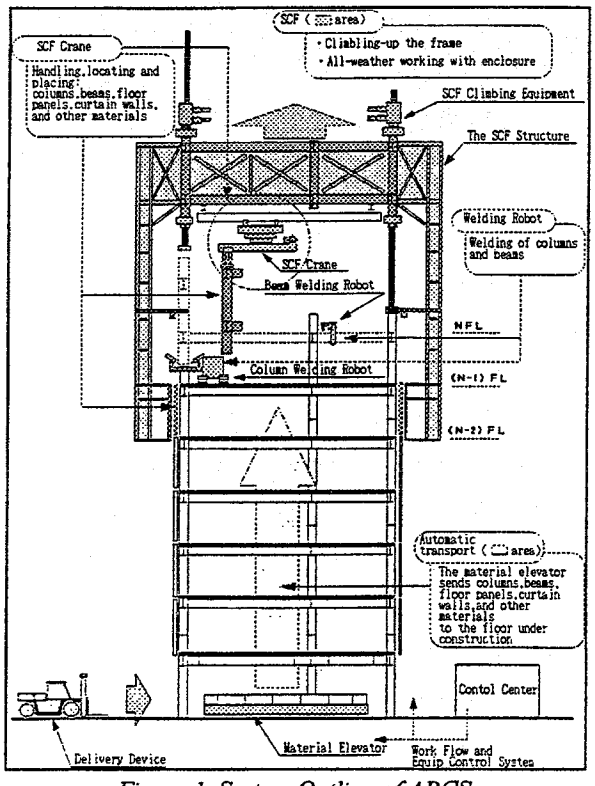


Figure 1. System Outline of ABCS

3. Characteristics and effects

① Faster construction
The SCF, which is fully enclosed, enables round-the-clock construction regardless of season or weather, significantly reducing the time required for construction.
② Lower costs
Automated systems replace skilled workers, who are in short supply. Reduced labor costs and shorter construction time add up to lower building costs.
③ Higher, more consistent quality
A computerized control system assures quality construction. Prefabricated components and automated assembly improve precision and quality at the same time.
④ Less impact on the environment
Because the work is done inside the SCF, noise pollution is negligible. That makes building construction less disruptive to the immediate environment, and helps improve the image of the entire construction industry.

4. Features of the robotization and automation

① SCF Crane
This crane utilized for the horizontal transportation and installation of the materials inside of the SCF. Operations are executed automatically by the Equipment Control System in the control center, carried out manually by portable radio controls.

Photo. 2 Interior of the SCF

② Climbing Equipment
SCF uses rack-and-pinion devices to climb the height of the one floor about 15 minutes. The 16 units are divided into two groups and these two groups alternate in raising SCF one floor. In this way, each successive climb makes room for the next column installation which has a height of two floors. All climbing operations are handled by remote control center.
③ Material Elevator
The Material Elevator provides vertical transportation of all materials from the ground level to the operating floor. It has a lifting capacity of 5 tons and a bed size of 8 meters in length and 2.5 meters in width.

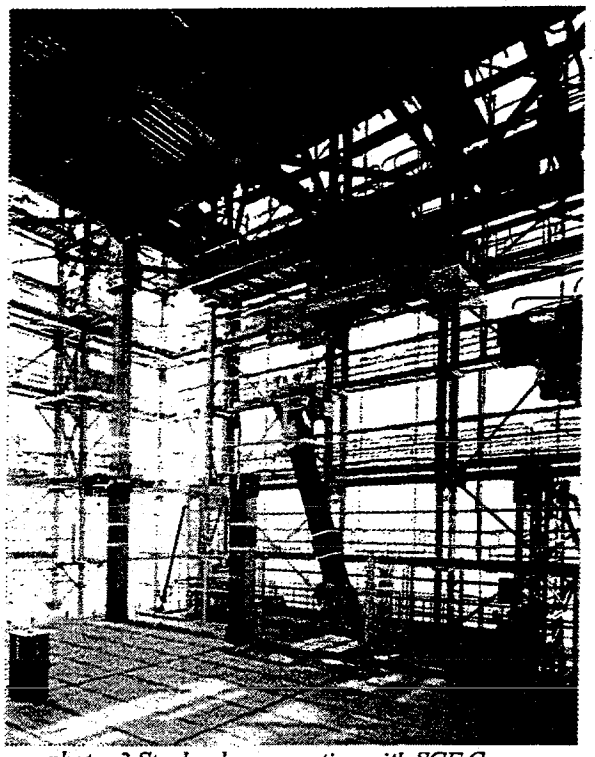


photo. 3 Steel column erection with SCF Crane

④ Welding Robots
1. Column Welding Robots
Advanced automation technology speeds up and simplifies the once-difficult process of welding columns in place.
2. Beam Welding Robots
Multiple joints allow this robot to carry out a range of complex welding jobs.

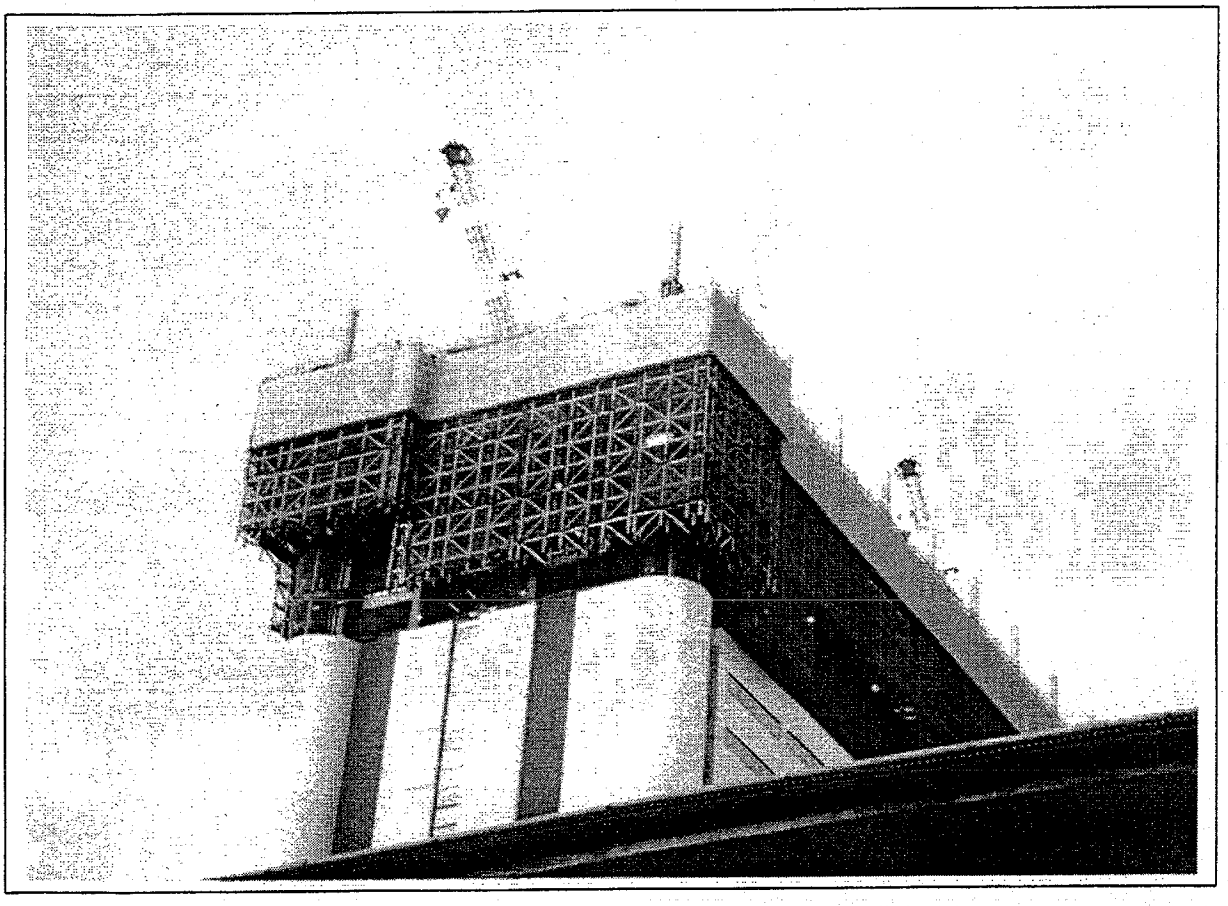
5. Work execution record

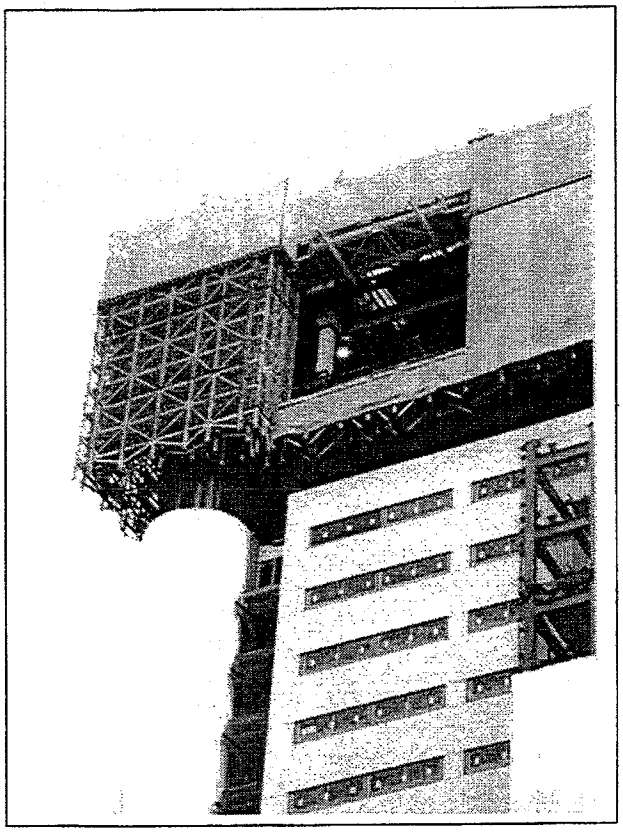
Project name	Riverside Sumida Bachelor Dormitory
Design	Obayashi Corporation Tokyo head Office
Owner	Obayashi Real Estate, LTD
Address	1-19-18 Tsutsumi-dori, Sumida-ku, Tokyo
Type	Below ground : SRC ; above ground : S ; two basement stories, 10 floors above ground;
Pottage space	23,123.71 m²
Building area	2,313.76 m²
Total floor space	10,226.84 m²
Construction period	June, 1993 ~ April, 1994
System operation period	April, 1993 ~ July, 1993

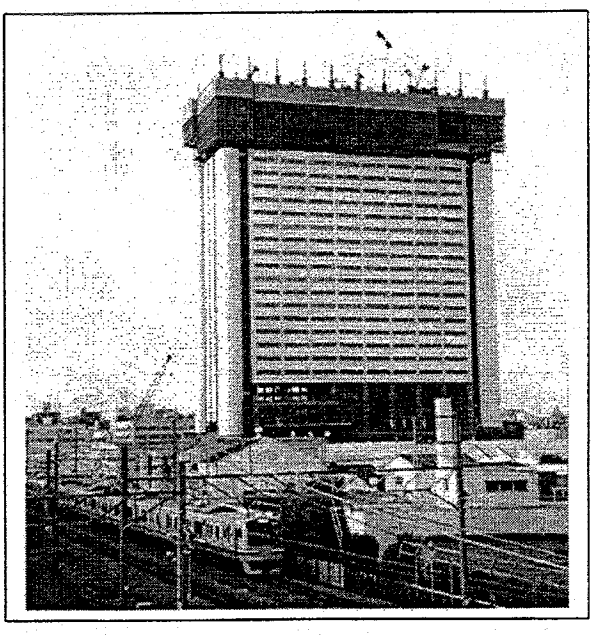
6. Usage conditions

Design requirement
1. Rahmen (Rigid frame) type steel structure
2. High-rise building with more than 20 stories
3. Every floor is the plan indentical to one another
4. Concrete components are to be pre-cast made

Bouwfabriek Obayashi bij de nieuwbouw kantoor NEC in Tokyo mei 1999







BIJLAGE 6.6

Japan

Ontwikkelingen in de bouw in Japan

Eric van Kooij

Het oppervlak van Japan is met 377.800 km2 ruim negen keer dat van Nederland. De bevolking is met 125 miljoen mensen circa acht keer zo groot. Voldoende ruimte voor een ieder, lijkt het. Echter, 70% van Japan is bergachtig of vulkanisch en daarom onbewoonbaar. Het plattere gedeelte van het land is dichtbevolkt met een gemiddelde van 1.500 mensen per km², veel meer dan het platte Nederland met gemiddeld 380 mensen per km². In de drie meest verstedelijkte gebieden - in en om Tokyo, Osaka en Nagoya - woont 43% van de totale Japanse bevolking. De grondprijzen zijn schrikbarend hoog. Het centrum van Tokyo slaat alles. In 1996 kon men daar voor ¥ 12 miljoen (f 210.000,-) een vierkante meter grond kopen, hetgeen overigens 22% goedkoper was dan het jaar daarvoor. De gemiddelde Japanner woont daarom in een relatief klein huis, vaak gekscherend als "konijnenhok" bestempeld. De afgelopen 25 jaar is het gemiddelde vloeroppervlak per huis echter wel gestegen, van 22 tatami (circa 35 m²) tot 31 tatami (circa 50 m²). Tegenwoordig heeft een persoon circa 16,7 m2 tot zijn beschikking.

Het ruimtegebrek, de hoge grondprijzen, het feit dat Japan een aardbevingsgevoelig land is en een aantal sociaal-economische omstandigheden hebben een uitwerking gehad op de kenmerken van de gebouwde omgeving. In dit artikel zal hieraan aandacht worden besteed. Allereerst wordt een schets gegeven van de kenmerken van de bouw als bedrijfstak. Vervolgens wordt kort ingegaan op de rol van de overheid en de veranderingen waar de bouwsector - mede als gevolg van overheidsbeslissingen - op dit moment mee te maken heeft. De ontwikkelingen op de bouwmarkt en de kenmerken van de gebouwde omgeving komen daarna aan de orde. Voorts worden innovatieve ontwikkelingen beschreven waarbij de toepassing van efficiënte constructiemethoden centraal staat. Tot slot zijn aspecten van de toegankelijkheid van de Japanse bouwmarkt toegelicht.

Kenmerken van de bedrijfstak

De bouw is een enorme bedrijfstak in Japan. Het belang van deze sector voor de economie blijkt uit het aandeel van bijna 20% in het BNP. In het fiscale jaar 1996 (1 april 1996 t/m 31 maart 1997) werd een omzet van ¥ 83.000 miljard (10i2) behaald, circa f 1.400 miljard. De publieke sector nam 44% van de totale omzet voor zijn rekening en de private sector de resterende 56%. Aan gebouwen werd 55% van het totale bedrag besteed, de overige 45% ging op aan weg- en waterbouwprojecten. Japan telde vorig jaar zo'n 550.000 bouwbedrijven, waarvan het merendeel middelgroot of klein is. De vijf grootste bedrijven zijn de bekende giganten Shimizu, Taisei, Kajima, Obayashi en Takenaka (zie Tabel 1).

Tabel 1. Belangrijkste bouwbedrijven (fiscaal jaar 1995)

Bedrijven	Totale omzet (¥ 1 miljard)	Buitenlandse omzet (%)	Werknemers
Shimizu	1.557	4	12.000
Taisei	1.520	3	13.000
Kajima	1.455	1	14.200
Obayashi	1.221	4	12.100
Takenaka	1.201	2	10.500

(bron: Japan Almanac 1997)

De grote Japanse bouwbedrijven zijn bij alle aspecten van de bouwnijverheid betrokken, zoals woningbouw, utiliteitsbouw, weg- en waterbouw en grote infrastructurele projecten. Ze helpen hun klanten met het vinden van de juiste bouwlocatie, assisteren bij de projectfinanciering en ontwerpen, bouwen en onderhouden de bouwwerken. De grote bouwondernemingen investeren veel in onderzoek en besteden veel aandacht aan marktontwikkeling. Ze hebben dan ook vooral onderzoekers, consultants, planners en ontwerpers in dienst, maar nauwelijks uitvoerend personeel. De uitvoering van het werk wordt bijna volledig uitbesteed aan onderaannemers die hiermee werkgelegenheid bieden aan de bouwvakkers. Voor het ontwerp van de gebouwen wordt gebruik gemaakt van architectenbureau's. In totaal hadden zo'n 6,7 miljoen Japanners in 1996 een baan in de bouw, hetgeen ongeveer 10% van de beroepsbevolking is.

De onderaannemers en toeleveranciers onderhouden nagenoeg vaste relaties met de grote bouwbedrijven. Slechts in een uitzonderlijk geval voeren zij ook opdrachten uit voor een concurrerende bouwonderneming. De vijf grote bouwbedrijven werken ieder met zo'n 300 onderaannemers, die op hun beurt weer hun eigen toeleveranciers hebben. De selectiecriteria voor de keuze van de eersterangs onderaannemers zijn zeer hoog. Onder de prestatiecriteria geldt het aspect veiligheid als uitermate belangrijk, daarnaast wordt natuurlijk ook gekeken naar kostenbeheersing en kwaliteitscontrole.

De grote bouwbedrijven eisen dat hun onderaannemers een hoge mate van standaardisatie hanteren bij het bouwproces. Onafhankelijk van het project worden bouwplaatsen bijna altijd op een standaardwijze ingericht en zijn de te volgen procedures vrijwel altijd identiek. Het werk wordt grondig voorbereid en tot op de werkvloer in detail besproken. De gedachte is dat de prestaties hierdoor optimaal zullen zijn. Als iets in een keer goed kan worden gedaan, zal dat de kwaliteit, de veiligheid, de kosten en de bouwtijd ten goed komen, zo redeneert men. Om de bouwvakkers hiervan bewust te maken en het teamverband te benadrukken, begint iedere werkdag met gezamenlijke ochtendgymnastiek gevolgd door een werkbespreking. Nauwkeurig wordt gepland wat er die dag moet gebeuren, wie wat wanneer en hoe doet, welke materialen daarvoor zullen worden

gebruikt en hoe het transport daarvan zal plaatsvinden.

Omdat de projectspecificaties vaak ook tot in hoge mate gestandaardiseerd zijn, kan bij de bouw makkelijker gebruik worden gemaakt van 'prefab' onderdelen. Voorraden die op de bouwplaats zelf moeten worden aangehouden, kunnen hierdoor tot een minimum worden beperkt. De materialen worden, zoals gebruikelijk in Japan, 'just-in-time' afgeleverd. De bouwplaats kan relatief klein blijven. Dat is belangrijk omdat de grondprijzen hoog zijn en er vaak weinig ruimte beschikbaar is rondom de bouwplaats zelf. Bouwplaatsen in Japan blinken daarom uit in orde en netheid.

De prijzen van bouwprojecten zijn in Japan bijzonder hoog. Het gebouw zelf vormt vaak een relatief klein deel van de totale projectkosten. De hoge grondprijzen zijn hier een belangrijke oorzaak van, maar ook het relatief hoge loonpeil van de bouwvakkers en het feit dat een aanzienlijk deel van de grondstoffen en materialen moet worden geïmporteerd, spelen een belangrijke rol. Bij een bouwproject wordt relatief veel arbeid ingezet terwijl er tegelijkertijd een schaarste aan geschoolde arbeidskrachten is. Ook worden in de bouwprijzen buffers opgenomen. Indien er wijzigingen in de uitvoering moeten plaatsvinden, kunnen deze meestal zonder meerprijs geschieden.

Rol van de overheid

De betrokkenheid van de overheidsorganen bij bouwprojecten is groot. Vooral in de voorbereidende fase, waarin goedkeuring moet worden verleend, speelt het Ministry of Construction (MOC) op nationaal niveau vaak een belangrijke rol. Het MOC is competent wat betreft de nationale bouwwetgeving en overziet de openbare werken. Voor ieder gebouw is echter ook een bouwvergunning nodig van de lokale overheid. Zodra een gebouw hoger is dan 60 meter moet ook het Building Center of Japan, een private organisatie, het ontwerp controleren en goedkeuren. Het MOC houdt zich verder tevens bezig met onderzoeks- en ontwikkelings-activiteiten, die vooral plaatsvinden bij het Public Works Research Institute en het Building Research Institute, die beiden onder het MOC ressorteren. Naast het Ministry of International Trade and Industry (MITI) stimuleert het MOC ook de private sector om nieuwe technologieën te ontwikkelen. Het MITI beperkt zich daarbij vooral tot de woningbouw als het gaat om technologiestimulering en dan met name de toepassingsmogelijkheden van nieuwe materialen en een efficiënter energiegebruik. Het MOC tenslotte verleent de certificaties waarmee nieuwe technologieën ook daadwerkelijk kunnen worden toegepast.

Bij het verwerven van overheidsopdrachten hebben relaties tussen de private sector en de publieke sector lange tijd een belangrijke rol gespeeld. De bedrijfstak kent - mede vanwege de diepgewortelde politieke belangen - een lange traditie om met offertes te sjoemelen. De marktwerking is daardoor soms ver te zoeken en de prijzen zijn veel hoger dan nodig. Het manipuleren van prijsopgaven - in het Japans kortweg aangeduid als *Dango* - is weliswaar verboden, maar bestaat nog wel. De sector heeft zich lange tijd kunnen koesteren in de speciale belangstelling van politici die, in ruil voor donaties aan de verkiezingskas, vaak zeer geneigd waren bepaalde publieke bouwprojecten goed te keuren. Totdat een wetswijziging in 1995 aan deze praktijken een eind maakte.

De bouw heeft haar omvang dus vooral te danken aan de uitbesteding van openbare werken, hetgeen blijkt uit het overheidsaandeel van 44% in de totale omzet. Om de overheidsuitgaven weer onder controle te krijgen, heeft het kabinet Hashimoto echter besloten om de komende drie jaar 10% minder uit te geven aan openbare werken en dat nadat in 1996 in vergelijking met het jaar daarvoor al 15% minder was uitgegeven aan publieke werken. Daarmee zijn de financiële perspectieven voor een fiks aantal bouwbedrijven tot een absoluut dieptepunt gedaald. De banken waren al niet meer zo gretig in het verstrekken van leningen na het barsten van de 'zeepbel-economie' aan het begin van de jaren negentig. Tijdens de hausse waren namelijk aanzienlijke schuldenposities aangegaan om de groei te kunnen financieren. Gegarandeerde leningen die aan projectontwikkelaars waren verstrekt, belandden bovendien als een zware last op de schouders van de aannemers toen de realisatie van die projecten na de conjuncturele ommezwaai ineens achterwege bleef.

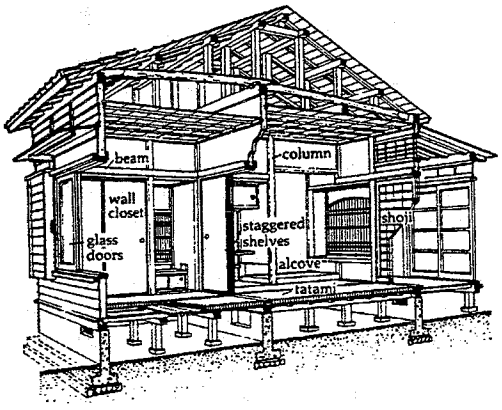
Dankzij het feit dat de economie weer aantrekt, hebben de grote bouwbedrijven vorig jaar kans gezien hun schuldenpositie enigszins af te bouwen. Een bijdrage hiertoe leveren de buitenlandse orders voor grote bouwprojecten. In 1995 werd voor een bedrag van ¥ 1,28 triljard (10^{12}), zo'n *f* 22,4 miljard, aan buitenlandse opdrachten verworven. Het merendeel, 74%, kwam uit Azië. De VS was goed voor een aandeel van 15% en Europa voor 4%. Ruim 30% van deze buitenlandse projecten betrof openbare werken. Voor de middelgrote en kleinere bouwbedrijven is het een stuk moeilijker om te internationaliseren. Deze bedrijven zullen vooral moeten proberen te profiteren van nieuwe ontwikkelingen op de thuismarkt.

Ontwikkelingen op de thuismarkt

In de openbare werken in Japan zelf zit geen groei, in de huizenmarkt daarentegen zit sinds kort weer beweging. Een sterke daling in de prijzen van de afgelopen jaren, de voortdurende lage rentetarieven en de sinds kort stijgende inkomens hebben de belangstelling voor een eigen woning - ook wel aangeduid als het "my home"-syndroom - weer doen toenemen. Het gaat tegenwoordig in de grote steden vooral om koopflats. Volgens een onderzoek bleek in 1996 de prijs van een gemiddelde koopflat (75 m²) in Tokyo nog maar 5,78 keer het jaarinkomen van circa *f* 140.000,- van de gemiddelde Japanse werknemer. In 1995 was dat nog 5,98 keer

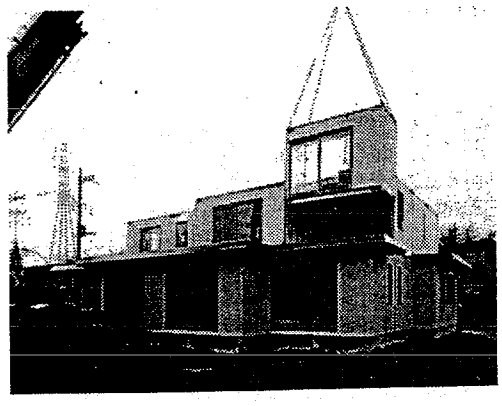
zoveel. Voor ruim *f* 800.000,- kan een inwoner van Tokyo zich de gelukkige eigenaar noemen van een koopflat van 75 m². Voor een eigen huis betaal je in Tokyo meer dan 12 keer een jaarinkomen. Al met al zijn in 1996 ruim 1,63 miljoen woningbouw projecten van start gegaan, bijna 10% meer dan het jaar ervoor. Een deels conjuncturele oorzaak is te vinden in het anticiperen van de Japanners op de stijging van de BTW-tarieven van 3% naar 5% aan het begin van het nieuwe fiscale jaar op 1 april 1997. De verwachting is dat het aantal nieuwe woningbouw projecten in 1997 op 1,47 miljoen zal komen, in ieder geval lager dan in 1996.

Zo'n huis zal er in de toekomst anders uitzien dan in het verleden. Steeds meer aannemers maken gebruik van geïmporteerde bouwmaterialen. Exterieur en interieur kunnen daardoor een meer Westers karakter krijgen, hetgeen de Japanse consument erg aanspreekt. Niet alleen buitenlandse bouwmaterialen zijn populair. De markt voor importwoningen wordt ook groter. In 1996 werd een record van 10.000 buitenlandse woningen gebouwd. In 1993 waren dat er nog maar 2.000. Prijs en kwaliteit spelen een belangrijke rol. In tegenstelling tot de traditionele Japanse huizen (zie Figuur 1) met hun kleine kamertjes, dunne muren en eeuwige tocht, heeft de Japanse consument steeds meer voorkeur voor een Westers huis met een ruimer interieur waarbij veel hout wordt gebruikt, dat goed is geïsoleerd en dubbele ramen heeft.



Figuur 1. Dwarsdoorsnede van een traditioneel Japans huis

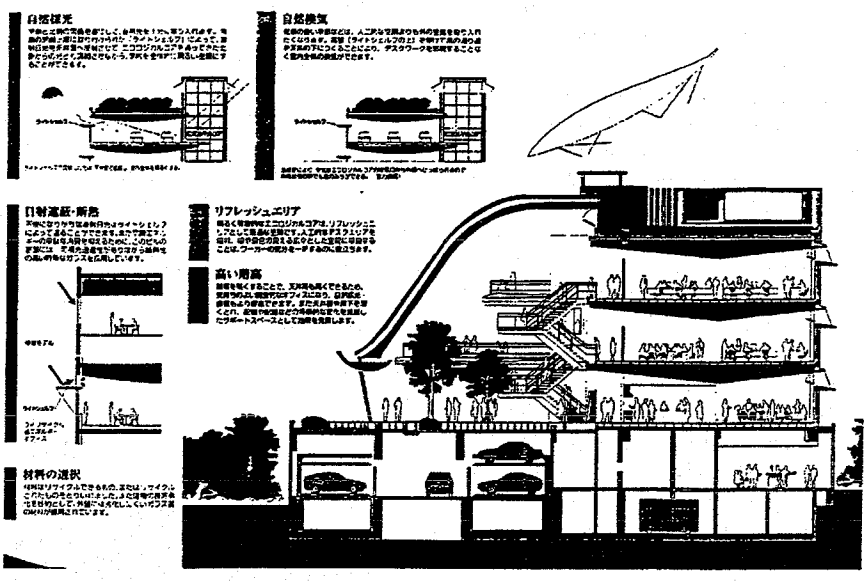
Een andere tendens op de Japanse bouwmarkt is het gebruik van 'prefab'-systemen in de woningbouw (zie Figuur 2). De kieskeurige Japanse consument wordt daarmee in de gelegenheid gesteld om tot op zekere hoogte de uitvoering van zijn eigen huis te bepalen. In speciale winkels zijn modelwoningen te bekijken waarbij specifieke wensen kunnen worden aangegeven ten aanzien van het soort dak, de buitenwandafwerking, eventuele erkers en de verschillende modules in het huis, zoals de badkamer, de keuken en het trappenhuis. De draagconstructies van modulaire woningen bestaan meestal uit houten frames. De afmetingen van deze frames zijn gebaseerd op de afmetingen van de Japanse tatamimat - een geweven biezen mat van 0,9 m x 1,8 m. De buitenwanden worden opgebouwd uit een houten regelwerk gevuld met isolatiemateriaal en voor de buitenbekleding kan men kiezen uit verschillende soorten plaatmateriaal van cement en hout. De binnenwanden worden meestal opgebouwd uit een houten regelwerk en afgewerkt met gipsplaat.



Figuur 2. Prefab-woningbouw

Het grote risico op aardbevingen in Japan betekent dat de constructies van hogere gebouwen -zoals kantoorgebouwen en appartementenflats - zeer robuust moeten zijn. Er wordt dan ook meestal gebruik gemaakt van staal als constructiemateriaal. De staalskeletten die bij de bouw worden gebruikt zijn meestal geprefabriceerd. De elementen die op de bouwplaats worden aangeleverd zijn twee of drie verdiepingen hoog en werknemers van de staalfabrikant lassen deze elementen op de bouwplaats aan elkaar. Naast het gebruik van staal meent men in Japan het aardbevingsgevaar ook te kunnen afwenden door de toepassing van buitengewoon sterk en corrosiebestendig beton, bijvoorbeeld beton dat met aramidevezels is versterkt.

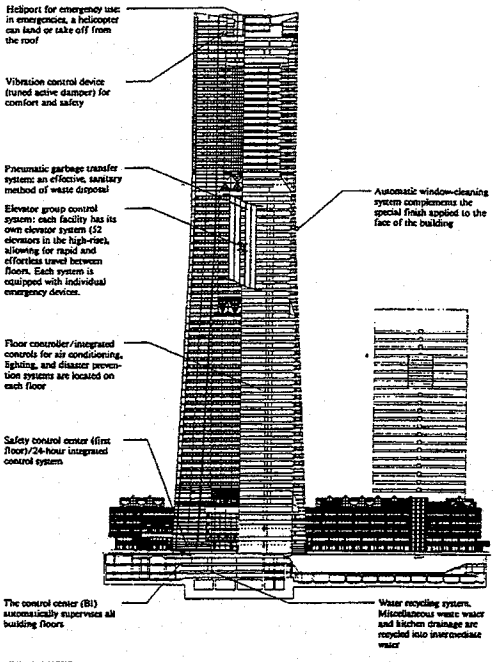
Een ander opvallend kenmerk van vooral moderne kantoorgebouwen in Japan is dat ze erg comfortabel zijn. In Japan noemt men dit 'intelligente gebouwen'. Allerlei zaken als airconditioning met natuurlijke luchtstroom en psychologisch en fysiologisch doordachte verlichting en inrichting maken het werken in deze gebouwen bijzonder aangenaam. Wel dient het comfort niet ten koste te gaan van het energieverbruik. Een goed voorbeeld is een van de gebouwen die ontworpen is in opdracht van Tokyo Gas en gebouwd door het bedrijf Kumagai Gumi. Om de ruimten in deze "Life Cycle Energy Saving Office" (zie Figuur 3) zoveel mogelijk met daglicht te verlichten maar tegelijkertijd directe zonnestralen in het gebouw te weren, wordt het binnenkomende zonlicht met behulp van zogenoemde 'lichtschilden' - panelen die halverwege de ramen en haaks daarop aan de buitenkant zijn gemonteerd - via de plafonds gereflecteerd. Om



Figuur 3. Life Cycle Energy Saving Office

tegelijkertijd de warmte van het zonlicht te weren en de airconditioning niet voor niets te laten draaien, wordt speciaal glas voor de ramen gebruikt. Het glas laat wel zichtbaar licht door maar is warmtewerend geïsoleerd. In de lente en de herfst als de temperaturen buiten aangenaam zijn, kunnen de ramen boven de 'lichtschilden' worden opengezet om frisse lucht binnen te laten.

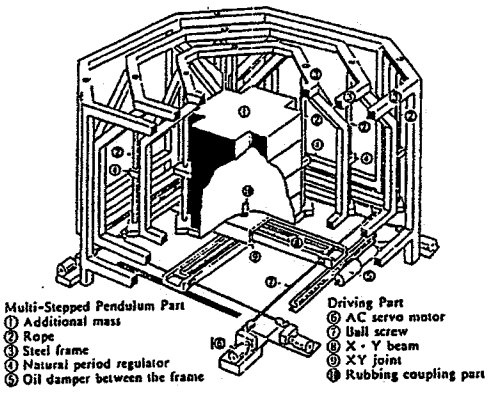
Om het comfort nog verder te optimaliseren wordt ook nagedacht over mogelijkheden om het onplezierige 'zwaaien' van met name hogere gebouwen bij harde wind en aardbevingen tot een minimum te beperken. Ten behoeve van de bouw van de Landmark Tower (zie Figuur 4) in Yokohama hebben ontwerpers en technici van het bedrijf Mitsubishi daarom een zogenaamde Tuned Active Damper (TAD) ontwikkeld. De Landmark Tower is met 296 m op dit moment het hoogste gebouw in Japan. Het heeft 73 verdiepingen waarvan drie ondergronds. De toren heeft een stalen skelet, dat tot en met de achtste verdieping bovengronds versterkt is met gewapend beton. De bouw is in maart 1990 van start gegaan, juli 1993 is het gebouw opgeleverd.



Figuur 4. Landmark Tower

In de Landmark Tower zijn veel nieuwe technologieën toegepast, waarvan de twee TAD's die zijn geïnstalleerd het meest opmerkelijke zijn. Een TAD (zie Figuur 5) bestaat uit een zware massa van 170 ton die zodanig aan kabels is opgehangen dat de hoogte van het systeem niet meer dan vijf meter is en daardoor slechts een verdieping - op 282 m hoogte - in beslag neemt. Zodra het gebouw gaat 'zwaaien' komt de massa ook in beweging en vermindert passief de beweging van het gebouw. Er is ook een actief controlemechanisme geïnstalleerd waardoor de effectiviteit van de werking van de TAD kan worden verhoogd. Het door servomotoren aangedreven actieve mechanisme wordt aangestuurd door een 'controller' die aan de hand van uitzwaai afwijkingen, die door sensoren zijn gemeten, berekent wat de optimale contra-beweging moet zijn.

Zoals uit deze schets van een aantal marktontwikkelingen al blijkt, is de bouw in Japan niet alleen belangwekkend vanwege de enorme omvang. Ook het vernieuwende karakter is een interessant kenmerk. Voor Japanse ondernemingen zijn investeringen in onderzoek en ontwikkeling een integraal onderdeel van hun ondernemingsactiviteiten.



Figuur 5. Tuned Active Damper

Onderzoek en ontwikkeling

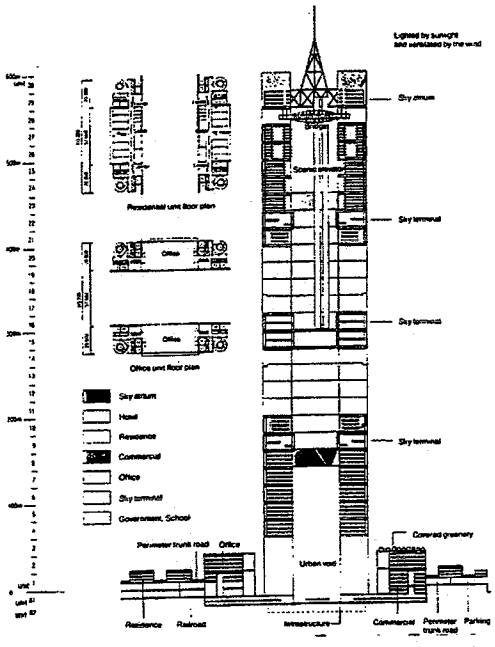
Het merendeel van het onderzoek en de ontwikkeling in de bouw is in handen van de grote bedrijven en de overheid, met name het MOC (zie Tabel 1). Evenals de overheid beschikt het bedrijfsleven over grote en goed uitgeruste onderzoekslaboratoria met aardbevings-simulatoren, windtunnels, grondcentrifuges en dergelijke. De R&D-activiteiten geven niet alleen aanleiding tot innovaties waardoor het marktaandeel kan worden vergroot, strategisch onderzoek en de gepubliceerde resultaten verhogen ook het aanzien van het betreffende bedrijf.

Tabel 2. R&D-uitgaven : grote bouwbedrijven en Ministry of Construction (fiscaal jaar 1996)

	Uitgaven (¥ mln)	Verhouding tot omzet (%)	Planning FY 1997 (¥ mln)
Shimizu	11.513	0,78	12.000
Taisei	12.100	0,77	12.300
Kajima	22.063	1,38	22.000
Obayashi	14.400	0,95	14.000
MOC	33.700	nvt	38.900

(bron: Toyo Keizai Inc., 1997 en Science & Technology Agency)

De grote bouwbedrijven hebben ieder dan ook hun eigen prestigeprojecten. Zo heeft Takenaka nogal wat publiciteit getrokken door de aankondiging van hun "Sky City 1000"-project. Sky City 1000 is een verticale stad van 1.000 m hoogte die naast huizen ook kantoren, theaters, scholen, winkels, parken, hotels, ziekenhuizen en recreatieve faciliteiten zou moeten herbergen. Het conische gebouw waarin deze stad moet komen, heeft een diameter van 400 m aan de basis en 160 m aan de top. De bouw zou 14 jaar in beslag nemen en de totale constructie kosten zijn berekend op ¥ 600.000 (circa *f* 10.500,-) per m². Uitgaande van een totale oppervlakte van 800 ha zou het hele gebouw op zo'n *f* 84 miljard uitkomen. Het gebouw zou een aardbeving van 8 op de schaal van Richter moeten kunnen weerstaan. Composietmaterialen met onder meer sterke koolstof-vezels, zouden moeten worden gebruikt. Het gebouw zou uit 14 plateau's moeten bestaan. In verband met de brandveiligheid zou een ruimte van 20 m tussen ieder plateau komen. In het gebouw zouden liften van drie verdiepingen hoog voor het vervoer in de verschillende plateau's zorgen. Onbemande monorails zouden in een spiraalvorm langs de binnenkant van het gebouw het vervoer tussen de plateau's kunnen regelen. Voordat Sky City 1000 kan worden gerealiseerd, wil Takenaka eerst ervaring opdoen met de bouw van hun "Holonic Tower" in 2010 en het "Holonic Complex" in 2025. De Holonic Tower zal 600 m hoog zijn en 120 verdiepingen bovengronds tellen (zie Figuur 6). Er zouden 5.000 mensen kunnen wonen en 30.000 kunnen werken.



Figuur 6. Holonic Tower 2010

Andere voorbeelden van futuristische prestigeprojecten zijn de ontwerpen van Obayashi voor gebouwen op de maan. Het gebouw zou vier woonkoepels bevatten, ieder met een diameter van 6 m. In een aangrenzende kas kan dan het benodigde voedsel worden geproduceerd en een kleine kerncentrale zou voor de energievoorziening moeten zorgen. Obayashi is met deze maanplannen niet de enige, ook Shimizu houdt zich bezig met het ontwerpen van bouwwerken op de maan.

Hoewel deze plannen allemaal vrij futuristisch en zeker op korte termijn niet-realiseerbaar lijken, levert het onderzoek vaak nieuwe technieken en materialen op die goed kunnen worden toegepast in de huidige bouwprojecten. De onderzoeksinstituten van de grote bouwbedrijven werken daarom ook voor de dochterondernemingen en voorzien deze regelmatig van de nodige informatie. De overheid onderneemt zo nu en dan pogingen om de samenwerking tussen de grote bouwbedrijven op onderzoeksgebied te bevorderen,

maar de onderlinge concurrentie in Japan is zo groot dat hier in de regel weinig van terechtkomt. De angst om marktpositie te verliezen, is een belangrijke drijfveer om daar waar mogelijk vernieuwend bezig te zijn. Maar er zijn ook andere redenen waarom de bouwbedrijven in Japan relatief veel aan R&D doen. Het merendeel van de ontwikkeling van nieuwe technologieën is gericht op de standaardisatie van materialen en bouwmethoden om de efficiëntie in de bouw te verhogen. Efficiënter bouwen is vanwege een aantal omstandigheden een belangrijke drijfveer.

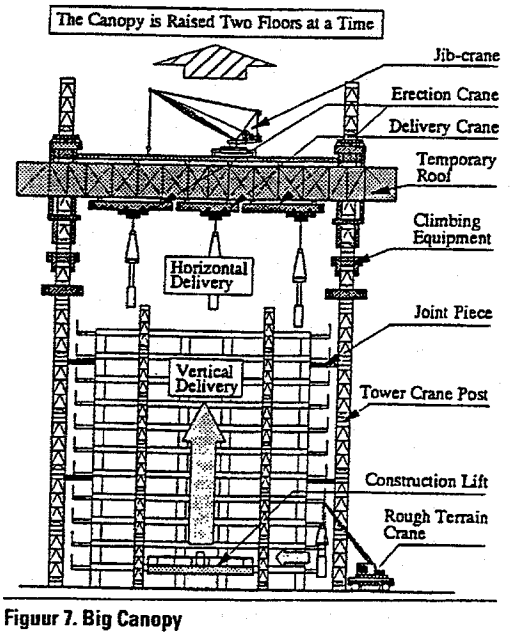
Efficiënter bouwen

Een van de grote problemen in de bouw in Japan is de werving van gekwalificeerd personeel. De belangrijkste oorzaken hiervan zijn het slechte arbeidsimago en het nagenoeg ontbreken van dagonderwijs voor beroepsvorming. Als gevolg hiervan zijn de grote Japanse bouwbedrijven actief op zoek naar meer efficiënte bouwmethoden. Naast onderzoek op het gebied van mechanisering, automatisering en robotisering - die een belangrijk steentje kunnen bijdragen aan de behoefte aan arbeidsbesparing in de Japanse bouw - wordt ook gekeken naar het gebruik van nieuwe materialen. Zo heeft men bijvoorbeeld supervloeibaar beton, arbeidsbesparende bekistingen, onderhoudsarm staal en nieuwe verf voor meer efficiënte verftechnieken ontwikkeld.

Omdat automatisering en robotisering, in de drang tot efficiënter bouwen, over het algemeen als het meest effectief worden ervaren, zijn relatief veel onderzoeksactiviteiten op dit onderwerp gericht en is ook al het nodige aantal toepassingen ontwikkeld. Het meest spectaculair zijn waarschijnlijk de graafmachines die worden ingezet voor het volautomatisch boren van tunnels. Het tot de verbeelding sprekende project Trans-Tokyo Bay Highway, waaraan in Technieuws 96-04 "Geo-Domes: het gebruik van de diepe ondergrond" reeds aandacht is geschonken, is op deze manier aangelegd. Andere toepassingen van robotisering in de bouw zijn de robots die worden ingezet voor spuitwerkzaamheden zoals het verven en het aanbrengen van isolatielagen Ook maken Japanse bouwbedrijven gebruik van robots om beton te spuiten en de betonnen vloeren vervolgens glad af te werken. Sommige robotontwerpen zijn vooral ingegeven door veiligheidsoverwegingen, zoals radiobestuurde grijprobots voor het plaatsen van stalen kolommen en balken. Weer andere bouwbedrijven zetten robots in die inspectiewerkzaamheden kunnen uitvoeren aan muurtegels. Zo heeft het bedrijf Obayashi zelfs een robot in dienst die met behulp van zuignappen tegen muren kan opklimmen. Voor het transport van allerlei zware materialen worden robots gebruikt die dankzij navigatiesensoren hun weg kunnen vinden.

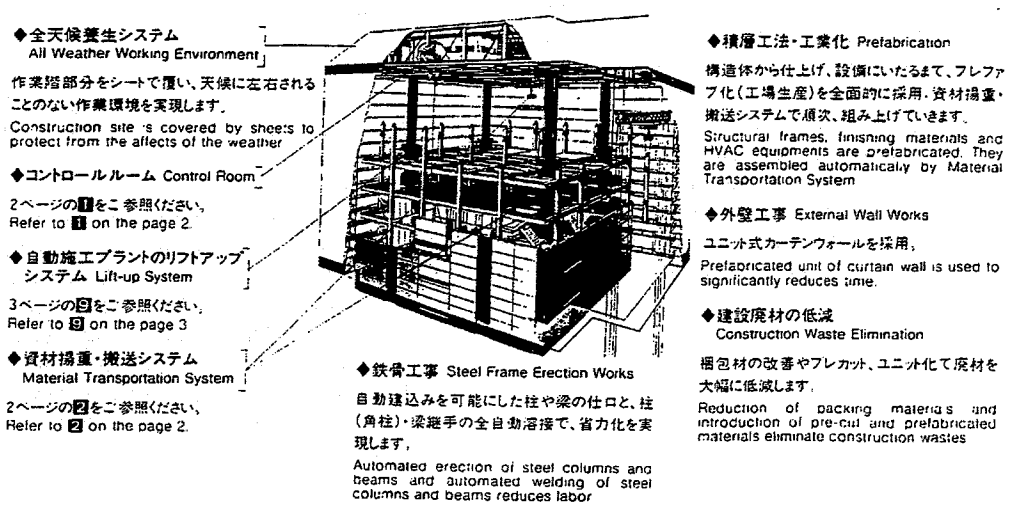
Het gebrek aan voldoende gekwalificeerde bouwvakkers betekent dat de bouwondernemingen hun arbeids-productiviteit in belangrijke mate moeten zien te verhogen. Om voorts het werk in de bouw in de toekomst weer enigszins aantrekkelijker te kunnen maken, besteed men veel aandacht aan het opzetten van nieuw werkwijzen in de bouw. Voor de bouw van hoge gebouwen, hebben de grote ondernemingen ieder voor zich geautomatiseerde constructiemethoden ontwikkeld en toegepast, waarbij veel nieuwe technieken zijn geïntegreerd. Belangrijk is dat het werk bij alle weersomstandigheden kan doorgaan en dat er een optimale mix is van mechanisering, automatisering, standaardisatie, gebruik van geprefabriceerde onderdelen en informatieverwerking.

Zo heeft Obayashi de "Big Canopy" ontwikkeld (zie Figuur 7). Een tijdelijk dak wordt gemonteerd op vier kraanpijlers. Naarmate de bouw vordert kan het dak omhoog schuiven. De weersomstandigheden is men hiermee gedeeltelijk de baas. Op het dak staat een kraanboom die materialen kan hijsen. Onder aan het dak hangen een aantal trolley-kranen. Deze kunnen de verschillende materialen op het juiste moment - veel nauwkeuriger en sneller dan de ouderwetse hijskraan - van bovenaf aanleveren. Tegelijkertijd worden materialen ook van beneden naar boven aangeleverd. De productiviteit is hiermee aanzienlijk verhoogd. Om precies te bepalen wat, wanneer en waar moet worden aangeleverd, heeft men een 'material management database' gekoppeld aan het driedimensionale 'computer aided design' (CAD) ontwerp van het gebouw. Alle materialen zijn in de fabriek voorzien van barcode labels en kunnen dus eenvoudig worden herkend. De bouwtijd wordt verder verkort door zoveel mogelijk gebruik te maken van geprefabriceerde onderdelen en standaard procedures. Zodra een verdieping klaar is, worden maatregelen genomen om het interieur te installeren.



Figuur 7. Big Canopy

Het Smart System van Shimizu (Figuur 8) heeft dezelfde uitgangspunten. De letters Smart staan voor Shimizu



Figuur 8. Smart System

Manufacturing System by Advanced Robotics Technology. Bij het Smart Systeem staat echter geen kraanboom op dak. Het stalen bouwgeraamte is iets groter dan het gebouw waaraan wordt gewerkt en de trolley-kranen die onderaan het dak zijn opgehangen hijsen de materialen direct van beneden naar boven en brengen ze naar de gewenste locatie. Langs de zijkanten van het stalen geraamte spant men een gordijn om de bouwwerkzaamheden aan het zicht te onttrekken, de veiligheid te verhogen en de weersomstandigheden nog beter buiten de deur te kunnen houden. In de controle kamer, die in het verschuifbare dak is geïnstalleerd, kunnen de bewegingen van alle kranen in real-time worden gevolgd. Shimizu maakt gebruik van een lasrobot die de stalen balken aan elkaar verbindt en vervolgens met behulp van sensoren de lassen controleert. De bouwwerkzaamheden worden aangestuurd door een 'computer integrated construction' (CIC) systeem. Het CIC vergemakkelijkt de verwerking en onderlinge afstemming van alle gegevens in het ontwerp, de planning en de uitvoering. Met behulp van 'electronic data interchange' (EDI) systemen zijn ook de onderaannemers en de toeleveranciers van de geprefabriceerde onderdelen volledig op de hoogte van de voortgang van het bouwproces.

De informatieverwerkingssystemen waar de grote bedrijven gebruik van maken, registreren ook de inzet en de activiteiten van de verschillende soorten apparatuur. Zo worden de bewegingen van elektronische bestuurde torenkranen geregistreerd om de kostenplaatjes van toekomstige projecten nauwkeuriger te kunnen maken. Iedere kraanbeweging, bijvoorbeeld het hijsen van onderdelen, heeft daartoe een bepaalde code die in het systeem is ingevoerd. De bouwonderneming vergaart op deze manier de nodige informatie die na invoering in een database kan worden geanalyseerd en bij latere planningsactiviteiten kan worden gebruikt. Ook de werkzaamheden van het personeel zijn aan registratie onderhevig. Zo heeft het bedrijf Shimizu aan al haar eigen personeel en de werknemers die in dienst zijn van de onderaannemers een IC-kaart uitgereikt waarmee men in een computer moet aanloggen. Zo is op ieder moment bekend wie op de bouwplaats aanwezig is en tot welke bedrijf deze mensen behoren.

Toegang tot de Japanse bouwmarkt

De Japanse bouwmarkt is vooralsnog in de praktijk voor een groot deel voorbehouden aan Japanse bouwbedrijven. Hoewel vooral van Amerikaanse zijde druk is gezet op Japan om een meer evenwichtig systeem van mededinging toe te passen en de deelname in Japanse projecten door buitenlandse bouwmaatschappijen te bevorderen, kan Japan nog niet vergeleken worden met de Europese markt. Wel komt er langzaam maar zeker verandering in deze situatie en zijn er op niche markten mogelijkheden voor buitenlandse bedrijven.

De Japanners zijn over het algemeen goed geïnformeerd over wat er in de wereld te koop is. In toenemende mate wordt gebruikt gemaakt van buitenlandse bouwmaterialen. Deze dienen te voldoen aan de stringente eisen die de Japanse bouwwet stelt. Materialen dienen over het algemeen uitvoerig getest te worden voordat men over praktische toegang kan denken, al valt te constateren dat naar aanleiding van deregulering ook hierin veranderingen zichtbaar zijn. Directe toelevering van materialen aan de grote Japanse bouwfirma's wordt door de experts niet beschouwd als de aangewezen weg. Beter is het te zoeken naar een toeleveringsbedrijf dat gespecialiseerd is in het specifieke vakgebied.

De Japanse overheid zet zich in het kader van de exportbevordering steeds meer in voor specifieke

projecten. Hierbij neem het Japan External Trade Organization (JETRO) het voortouw. Een voorbeeld hiervan zijn de houten pre-fab huizen die worden aangeleverd vanuit de V.S., Canada en de Scandinavische landen. Natuursteen, dat vaak in de utiliteitsbouw wordt toegepast, wordt vrijwel volledig geïmporteerd. Via de Engelstalige homepage van het JETRO <http://www.jetro.go.jp/index.html> zijn diverse marktrapporten in te zien over de bouw in Japan en de behoefte aan geïmporteerde bouwmaterialen.

Bijlagen

Onderstaande publicatie kan u ter inzage worden toegezonden. Zie colofon, pagina 2, uitleenservice.

T.97-09-01
Informatiemap bouw en bouwtechnologie in Japan. Map met achtergrondinformatie en brochures over nieuwe constructiemethoden, zoals de Big Canopy van Obayashi en het Smart System van Shimizu, de plannen voor de Holonic Tower 2010, het Holonic Complex 2025 en Sky City 1000 van Takenaka en een outline van de Landmark Tower en de Tuned Active Dampers van Mitsubishi. Ook is een JETRO rapport over de woningbouwmarkt bijgevoegd.

BIJLAGE 6.7

Samenvatting

Robots in de bouw

Ronald P. Krom

Van de bouw wordt in toenemende mate gevraagd om complexere bouwwerken te bouwen. Tegelijkertijd wordt verlangd dat het bouwproces zo efficiënt mogelijk, zo snel mogelijk, zo milieuvriendelijk mogelijk, en zo arbeidsvriendelijk mogelijk uitgevoerd wordt. Verschillende technologieën kunnen worden aangewend om aan die vraag te voldoen. Robottechnologie is één van de potentieel beschikbare technologieën.

De belangrijkste potentiële voordelen van robottechnologie zijn:

- robots kunnen goedkoper produceren dan mensen
- robots leveren werk van een hoge, constante kwaliteit
- robots kunnen werk doen wat voor mensen gevaarlijk en ongezond is
- robots kunnen werk doen waarvoor het moeilijk is om mensen op de arbeidsmarkt te vinden
- robots kunnen per tijdseenheid meer produceren.

Ondanks de bovengenoemde potentiële voordelen, worden robots nog niet ingezet in bouwprocessen, behalve in (voornamelijk Japanse) experimentele toepassingen. De redenen waarom robottechnologie niet in de bouw wordt gebruikt maar wel in andere industrietakken, moet worden gezocht in de verschillen tussen het bouwproces en industriële productieprocessen. Vier kenmerkende eigenschappen van het bouwproces zijn:

- producten van de bouw worden geassembleerd op bouwplaatsen in plaats van in fabrieken omdat ze groot en zwaar zijn, en transport moeilijk en kostbaar is
- doordat de assemblage op een bouwplaats gesitueerd is, moeten robots naar hun werkstuk toe komen in plaats van andersom zoals het geval is in fabrieken
- producten van de bouw worden geproduceerd in kleine series of als unieke ontwerpen

- de verantwoordelijkheden in het bouwproces zijn verdeel onder verschillende bouwpartners, te weten: opdrachtgever, architect, aannemer, onderaannemer en overheid.

De op dit moment commercieel verkrijgbare robots zijn ontwikkeld om in fabrieken te worden ingezet in massaproductie van kleine tot middelgrote producten. Het is daarmee verklaarbaar dat deze robottechnologie niet gemakkelijk kan worden ingezet in de bouw.

Vraaggesprekken met bouwrobotica-experts in Japan en in Duitsland (NISTEP 1992; BMFT 1993) laten zien dat 71%, respectievelijk 60% van de deskundigen meent dat toepassing van bouwrobotica belemmerd wordt door tekortkomingen aan de stand der techniek. In dit proefschrift is onderzocht in welke gebieden er behoefte is aan de ontwikkeling van nieuwe technologie ter implementatie van bouwrobots. Voor één specifiek onderwerp is ook gewerkt aan een nieuwe ontwikkeling, nl. de instructie van robots. Tenslotte zijn de analyse en de ontwikkelde oplossing getoetst in een tweetal case-studies, een boorrobot en een grondverzetrobot. De zojuist besproken driedeling is terug te vinden in de opbouw van deze samenvatting.

1 Probleemanalyse: Ontbrekende technologieën voor bouwrobotica

De eerste vraag die in dit proefschrift gesteld wordt, is: aan welke technologieën bestaat er behoefte voor de realisering van succesvolle bouwrobottoepassingen? Deze vraag is van twee kanten bekeken:

1 vanuit het gezichtspunt van de bouw om de toepassingen te vinden die de beste kansen bieden voor robotisering
2 vanuit het gezichtspunt van de robotica om te zien welke technologieën beschikbaar zijn en welke ervaringen er bestaan met de toepassing van robots in de bouw.

Beide gezichtspunten worden nader besproken.

Waar liggen de kansen voor robotisering vanuit de bouw gezien?
Binnen het bouwproces zijn de volgende zeven categorieën van deelprocessen onderscheiden die elk zijn beoordeeld op hun robotiseerbaarheid:

- grond- en funderingswerk
- bouw van de draagconstructie
- voltooien van het gebouw en het plaatsen van secundaire elementen
- afwerken van het bouwwerk
- aanbrengen van klimaatbeheersingsinstallaties
- installatie van elektrotechnische systemen
- installatie van sanitair en keukens

Elk van de bovengenoemde categorieën is beoordeeld op een zestal aspecten die de robotiseerbaarheid bepalen. De totaalscore van elke categorie is bepaald door de score per aspect in te schatten en via een weegfactor te laten meetellen. Proceskenmerken (aspecten) die in positieve zin bijdragen aan de robotiseerbaarheid van een proces, zijn:

- beperkte complexiteit van de procestaak (gewicht 48%)
- hoge kosten voor arbeid voor handmatig uitvoeren (gewicht 16%)
- de uitvoering is ongezond en of gevaarlijk voor mensen (gewicht 3%)
- de taak omvat veel herhaling van gelijksoortige handelingen (gewicht 16%)
- een hoge en/of constante kwaliteit is vereist (gewicht 12%)
- het proces is al gemechaniseerd (gewicht 5%)

Uit de analyse blijkt dat de bouw van de draagconstructie de beste kansen voor robotisering biedt. Het grond- en funderingswerk komt op de tweede plaats. Het aanbrengen van de installaties en het sanitair zijn het minst gemakkelijk robotiseerbaar.

Stand der techniek in de (bouw)robotica
Al sinds ca. 1983 wordt er met name in Japan, maar ook in de rest van de wereld, geëxperimenteerd met het gebruik van robots in de bouw. Er kunnen vier generaties van bouwrobots worden onderscheiden. De generaties onderscheiden zich door de invloed van de robotisering op het bouwproces. De generaties zijn:

1 *bestaande machines voorzien van computerbesturingen*
bestaande machines worden door toevoeging van computertechnologie slimmer waardoor er sneller en met een hogere kwaliteit gewerkt kan worden
2 *nieuwe machines voor ondersteuning van traditionele werkmethoden*
3 *autonome machines (robots)*
4 *nieuwe bouwmethoden speciaal aangepast voor de inzet van autonome robots*

Van elk van de robot-generaties bestaan prototype robots. Een aantal grote Japanse aannemers voert proefprojecten uit met vierde-generatie robotbouwsystemen. Deze robotbouwsystemen assembleren de draagconstructie van hoogbouw. Kenmerkend aan de vierde-generatie is de top-down benadering waarbij het gehele bouwproces zodanig georganiseerd is dat beschikbare robottechnologie efficiënt en doelmatig ingezet kan worden.

De ervaringen met prototype bouwrobots laten zien dat het bouwproces vaak ingrijpend moet worden aangepast om de beschikbare robottechnologie te kunnen inpassen. De prestaties van een robot kunnen worden gedefinieerd aan de hand van zes robotaspecten. Deze robotprestatieaspecten zijn:

- robotmanipulator-prestaties (reikwijdte, kracht)
- robotgereedschap-prestaties
- materiaalaanvoermogelijkheden
- besturingsmogelijkheden

- sensoren
- mobiliteit

De knelpunten voor de implementatie van bouwrobots lijken te liggen bij de technologie voor manipulatoren, sensoren en de besturing van robots. Manipulatorarmen zoals die worden gebruikt in de fabricage-industrie, kunnen niet in opgeschaalde vorm worden toegepast in de bouw omdat ze anders te groot en te zwaar worden. Lichtere manipulatoren zoals de nu al gebruikte armen voor betonverspreiding, hebben een lage nauwkeurigheid, een beperkt last-draagvermogen door hun beperkte stijfheid. Een alternatief voor grote manipulatoren is om manipulatoren mobiel te maken door ze op een onderstel met wielen of rupsbanden te monteren. Het wordt dan wel vereist dat de robot zijn positie t.o.v. het bouwwerk nauwkeurig kan bepalen. Plaatsbepaling is echter een aspect waar de mogelijkheden met de stand der techniek nog beperkt zijn. Tenslotte is de besturing van robots een probleem omdat robots worden geprogrammeerd in termen van bewegingen en niet in termen van de taak die moet worden verricht. De omzetting van een taak naar robotbewegingen moet handmatig worden uitgevoerd. Om robots efficiënt te kunnen inzetten voor bouwtaken, moet de instructie van een robot zo eenvoudig en doelmatig mogelijk zijn. Instructie in termen van de uit te voeren taak is dus gewenst. De vertaling naar robotbewegingen dient automatisch te geschieden.

Conclusie
De beste kansen voor de inzet van robots lijken te liggen in bouwprocessen voor de realisering van de draagconstructies. De recente ontwikkelingen in de Japanse bouw richten zich ook op deze delen van het bouwproces voor hoogbouw. In de Japanse experimenten richt men zich op de fabrieksmatige assemblage van hoogbouw-draagconstructies en de afwerking daarvan met behulp van robotkranen. In deze implementaties worden beperkingen van de stand der techniek van de robottechnologie ondervangen door beperkingen in het toepassingsgebied van de robotsystemen.

Voor een verbreding van het toepassingsgebied van de bouwrobotica is het wenselijk dat de stand der techniek van robottechnologie verder wordt uitgewerkt op het gebied van robotmanipulatoren, mobiliteit en instructie. Het laatst genoemde aspect is gekozen als onderwerp voor nadere studie in het tweede gedeelte van het proefschrift. De doelstelling is om een concept te bedenken voor efficiënte instructie van bouwrobots.

2 Synthese van een concept: Taak-instructie voor bouwrobots

De beschikbare robotprogrammeermethoden zijn niet geschikt voor de instructie van bouwrobots. Voor bouwrobots is er behoefte aan een methode om een robot te instrueren over zijn taak met een minimum aan instructie-inspanning. Tijdrovende instructie is funest voor het economisch rendement van een bouwrobot wanneer de herhaling in een robottaak beperkt is. Dit laatste is juist vaak

het geval omdat de producten van de bouw niet in grote series geproduceerd worden, dit in tegenstelling tot de massaproductie in andere industrieën. Een ander aspect is dat de robot langs zijn objecten moet werken in plaats van dat het object langs de robot komt. Hierdoor is een bouwrobotprogramma geen beschrijving van een bewegingspatroon dat voortdurend herhaald wordt, zoals wel het geval is bij robotprogramma's voor lopende band-werk, waarbij de robot vast is opgesteld.

Tegenover het afwijkende herhalingskarakter van bouwrobotprogramma's staat dat bouwrobottaken semi-uniek zijn. Het "unieke" van een bouwtaak zit in de project-specifieke parameters zoals afmetingen, locaties en aantallen. De uitvoeringsprocedure van een bouwtaak is steeds gelijk (bijvoorbeeld metselen, heipalen slaan of tegelen). Het semi-unieke karakter maakt het mogelijk om de benodigde handelingen voor een bepaald type taak vast te leggen in een sjabloon-procesmodel. Dit sjabloon-procesmodel kan, samen met een ontwerp van het te realiseren resultaat, worden vertaald in een op maat gesneden robotprogramma.

De hypothese is dat het mogelijk is om het idee van de sjabloon procesmodellen te implementeren met behulp van methoden en technieken uit het vakgebied van de Product Data Technologie (PDT). PDT is de technologie die ontwikkeld is voor de uitwisseling van productinformatie tussen verschillende computersystemen en tussen verschillende soorten computerapplicaties (ontwerpen, constructief rekenen, energieberekeningen etc).

De voornaamste reden om PDT te willen gebruiken is omdat daarmee de technische integratie tussen het ontwerp-proces en de robotinstructie grotendeels gerealiseerd wordt. Het probleem dat moet worden opgelost is, hoe een gebouwontwerp kan worden vertaald in een robot-procesbeschrijving. Een belangrijke veronderstelling is dat ontwerpinformatie in de vorm van een zogenaamd projectmodel kan worden aangeleverd. Een projectmodel is een PDT-term voor een applicatie- en toepassingsonafhankelijke database waarin alle technische gegevens van een bouwproject zijn opgeslagen.

Een architectuur voor een taak-instructiesysteem
In een taak-instructiesysteem worden vijf subsystemen onderscheiden die verschillende deelfuncties vervullen:

1 *taak-specificatiesubsysteem*
In het taak-specificatiesubsysteem wordt éénduidig vastgelegd wat de taak van de robot is door te specificeren welke onderdelen van het bouwwerk door de robot moeten worden gerealiseerd of behandeld. Er vindt een toetsing plaats of de robot ook in staat is om de een taak te volbrengen.

2 *taak-planningsubsysteem*
Het taak-planningsubsysteem is het hart van het taak-instructiesysteem. In dit subsysteem wordt een sjabloon-procesmodel vertaald tot een taak-specifiek handelingenmodel aan de hand van de gegevens uit de taak-specificatie en het aangeleverde bouwwerk-ontwerp.

3 *volgorde-planningsubsysteem*
In het volgorde-planningsubsysteem wordt het handelingenmodel dat door het taakplanning-subsysteem is geproduceerd, geëvalueerd om tot een sequentiële lijst met uit te voeren handelingen te komen.

4 *bewegingsplanning-subsysteem*
In het bewegingsplanning-subsysteem worden de benodigde robotbewegingen voor alle handelingen uitgewerkt. Hiervoor is informatie over de vorm en locaties van alle onderdelen benodigd.

5 *plan-uitvoeringssubsysteem*
Het plan-uitvoeringssubsysteem zorgt voor de correcte uitvoering van de plannen. Plannen zijn per definitie gebaseerd op aannamen over situaties. Het plan-uitvoeringssysteem controleert met behulp van sensoren of de aannames geldig zijn. Zo niet dan kan worden gekeken of het plan op een alternatieve manier kan worden uitgevoerd door het volgorde-planningsubsysteem opnieuw in te schakelen.

In figuur 1 is in de vorm van een zogenaamd IDEF_0 diagram te zien welke subprocessen onderdeel uitmaken van het taak-instructieproces en welke informatiestromen er lopen.

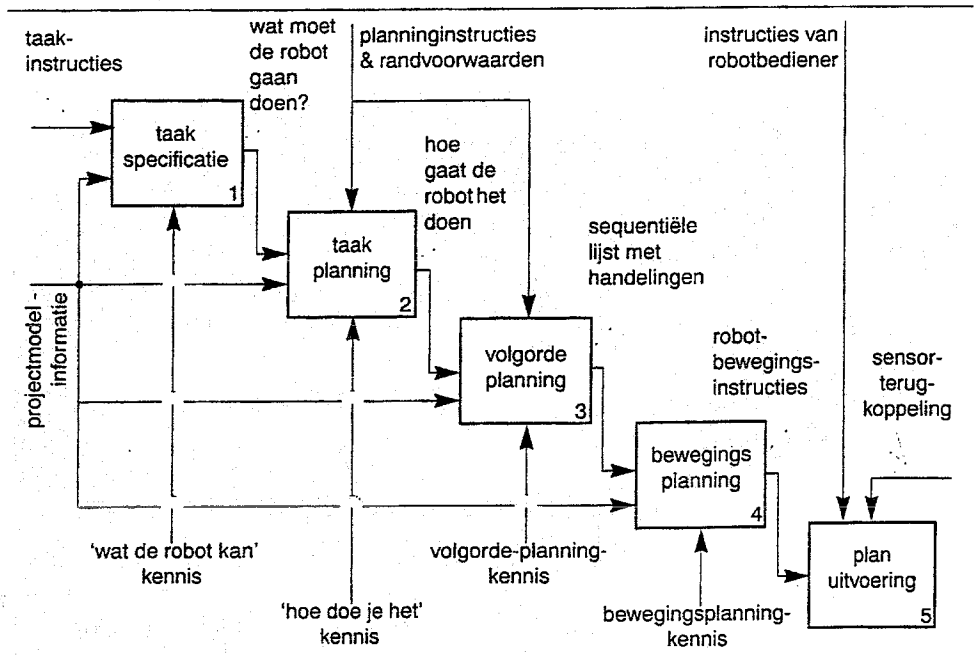
De representatie van kennis is een essentieel aspect van de voorgestelde architectuur. Immers de kennis in het procestype-model beschrijft welke handelingen door de robot moeten worden uitgevoerd om een bepaalde taak te verrichten. De ontwerpinformatie in een projectmodel dat aan het taak-instructiesysteem wordt aangeleverd, bepaalt hoe vaak, in welke volgorde en waar de handelingen worden uitgevoerd. Voor de representatie van kennis in het procestype-model wordt onderscheid gemaakt tussen twee soorten kennis:

- *ontologische kennis*
  kennis over de producten en processen die worden onderscheiden
- *afleidingskennis*
  kennis voor het afleiden van nieuwe informatie.

Voor de representatie van ontologische kennis biedt PDT goede faciliteiten in de vorm van EXPRESS en EXPRESS-G. Voor de representatie van afleidingskennis ontbreken er echter goed representatie technieken. Dit is niet verwonderlijk gezien de historie en doelstellingen van PDT. Representatie van afleidingskennis is mogelijk met behulp van uitbreidingen aan PDT-gereedschappen. Een eerste aanzet hiervoor is gegeven. Verdere ontwikkeling is echter noodzakelijk.

3 Evaluatie: Twee case-studies van bouwrobot-ontwikkelingen

De voorgestelde architectuur voor taak-instructiesystemen is toegepast in twee case-studies. De eerste case-study betreft een boorrobot. Deze case-study bespreekt hoe de boorrobot is ontwikkeld en hoe de robot is geïntegreerd in het bouwproces. Ook wordt het taak-instructiesysteem voor de boorrobot besproken.



Figuur 1 IDEF$_0$ diagram met daarin de opdeling van het taak-instructieproces in subprocessen met hun in- en uitvoer. In IDEF$_0$ worden subprocessen gerepresenteerd door rechthoeken; en materiaal- of informatiestromen door pijlen. Aan de linkerzijde van een rechthoek komt de invoer van elk subproces binnen; aan de rechterkant gaat de uitvoer eruit; aan de bovenkant komt besturingsinfomatie naar binnen en aan de onderkant worden benodigde hulpmiddellen toegevoerd. Aangezien het taak-instructieproces een informatieverwerkend proces is, representeren alle pijlen in dit diagram informatiestromen, namelijk invoer-, uitvoer-, besturings- en hulpinformatie.

De tweede case-study betreft een grondverzetrobot. In deze case-study wordt getoond hoe deze grondverzetrobot geïmplementeerd is op basis van een standaard grondverzetmachine. Ook wordt besproken hoe terreinafwerkingstaken aan het systeem opgedragen kunnen worden.

Boorrobot

De boorrobot is een prototype robot uit de categorie van derde-generatie bouwrobots. Figuur 2 toont de robot tijdens tests in de spoortunnel nabij het station van Schiphol. De robot is speciaal ontworpen voor één soort handeling, nl. het boren van gaten in betonvloeren. Deze handeling komt voor bij twee omvangrijke taken voor de bouw van een spoortunnel. Deze taken zijn: (1) het boren van gaten voor de bevestiging van spoorrails en (2) het boren van gaten voor stekeinden.

De taak van het boren van de gaten voor de spoorrailsbevestiging is op zich niet complex maar vereist wel correcte informatie over de ligging van het spoor en de locaties van de te boren gaten. Het procestype-model van de robottaak is relatief eenvoudig. De deelhandelingen die in de ontologie worden onderscheiden zijn: (1) verplaatsen van de robot van spoorsectie naar spoorsectie, (2) verplaatsen van

Figuur 2 Boorrobot tijdens proefnemingen op het spoorwegstation onder Schiphol.

bevestigingslocatie naar bevestigingslocatie en (3) het boren van een tweetal gaten. Door de combinatie van de bochten in de rails en de segmentering van de betonconstructie in delen van ca. 20 m lengte zijn de locaties van een groot deel van de bevestigingen onregelmatig.

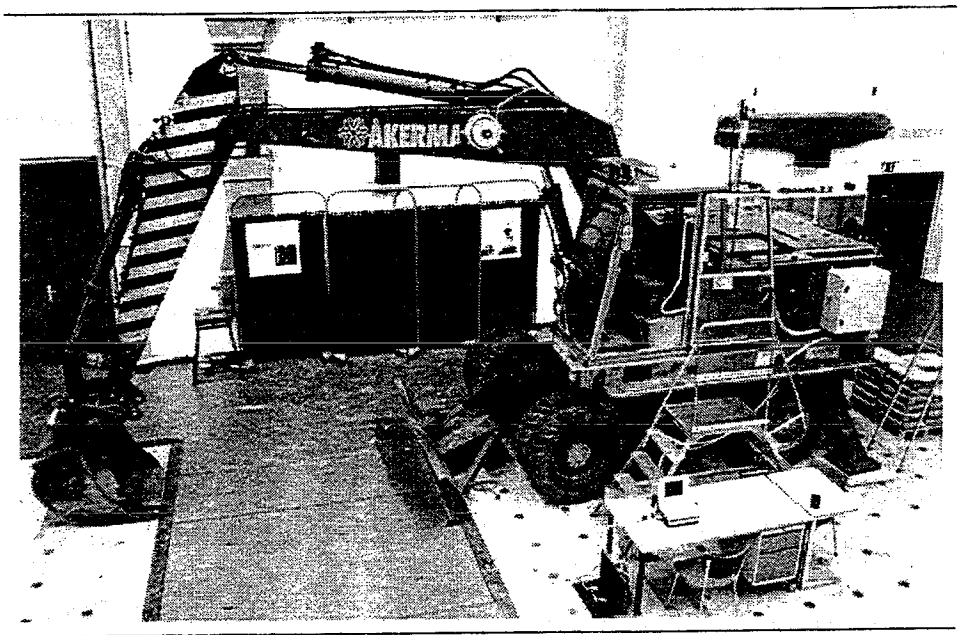
De case-study laat zien hoe op basis van de voorgestelde architectuur een taak-instructiesysteem voor de boorrobot kan worden gerealiseerd. Een belangrijk voordeel van het gebruik van het taak-instructiesysteem is dat verschillende personen, ook die aspecten van de uitvoering van de robottaak kunnen beïnvloeden waar zij verantwoordelijk voor zijn. De robot-opzichter mag (en kan) de werkvolgorde van de robot veranderen zonder dat hij iets aan de locaties van de gaten kan veranderen.

Grondverzetrobot

De grondverzetrobot is een bouwroboticaontwikkeling die gebaseerd is op een bestaand type machine, nl. de hydraulische graafmachine. Hydraulische graafmachines zijn veelzijdige machines. Echter nauwkeurige afwerking is niet het sterkste punt. Alleen ervaren machinisten zijn in staat om grondlichamen nauwkeurig en snel af te werken.

Door gebruik te maken van robot-besturingstechnologie is het mogelijk om ook op het aspect van nauwkeurigheid, graafmachines goed te laten presteren. Een standaard hydraulische graafmachine is omgebouwd tot een grondverzetrobot door toevoeging van sensoren voor bepaling van de locatie van de machine en voor meting van de stand van de graafarm. Aan het hydraulische systeem zijn enkele

elektrisch aanstuurbare ventielen toegevoegd die bediening van de machine door de stuurcomputer mogelijk maken. In figuur 3 wordt de testopstelling van de grondverzetrobot getoond.



Figuur 3 Testopstelling voor computersturing van graafmachine-arm en sensorsysteem.

Aanvankelijk zal het systeem waarschijnlijk nog niet als autonome robot worden ingezet maar als semi-automatisch systeem ter assistentie van de machinist. Het doel van het semi-automatische systeem is om snel en nauwkeurig grondafwerkingstaken te kunnen verrichten. Zowel voor de autonome robot als voor het semi-automatische systeem is er behoefte aan een taak-instructiesysteem omdat het besturingssysteem moet weten wat voor terrein er gerealiseerd moet worden.

Het taak-instructie systeem maakt het mogelijk om in het ontworpen terreinmodel die delen te selecteren die door de robot moeten worden afgewerkt. De sensorsystemen voor de meting van de machinelocatie en graafdiepte maken het gebruik van uitzethulpmiddelen zoals piketten en baken overbodig. In semi-automatische mode wordt de taak- en volgordeplanning door de machinist uitgevoerd, en deze subsystemen zijn dan in het taak-instructiesysteem inactief.

De case-study demonstreert hoe conventionele machines kunnen worden omgebouwd tot eerste- en tweede-generatierobots. De besturingscomputer in combinatie met het taak-instructiesysteem voegt (in semi-automatische mode) een nieuwe eigenschap aan hydraulische graafmachines toe, namelijk snel en nauwkeurig afwerken. Met de ontwikkelde strategie voor taak-instructie kan ontwerpinformatie (gewenste vorm en maatvoering van het terrein) op efficiënte en effectieve wijze worden overgedragen.

4 Conclusies en aanbevelingen

De belangrijkste conclusies van het onderzoek dat beschreven is in dit proefschrift zijn:

- De toepassing van robots in de bouw is een veelbelovende ontwikkeling. Net zoals bij de toepassing van robots in de automobielindustrie, zijn het de Japanse bedrijven die het sterkst in robots geloven, en ook de toepassing in de praktijk onderzoeken.
- Voor de implementatie van robots voor de bouw zijn verschillende technische problemen te identificeren die de implementatie van eenvoudig bruikbare, universele robots hinderen.
- Robotisering van bouwprocessen vereist zowel een top-down als een bottom-up strategie. De top-down strategie is noodzakelijk om tot een optimale afstemming tussen robotmogelijkheden en bouwprocesorganisatie te komen. De bottom-up strategie is nodig om de mensen in de organisatie te laten wennen aan de veranderingen en deze geaccepteerd te krijgen. Hierin schuilt ook een fundamenteel verschil tussen de Japanse cultuur en die in Europa en in de VS.
- Door het semi-unieke karakter van de meeste bouwtaken is het mogelijk om taak-instructie voor robots te realiseren. De gereedschappen van Product Data Technology vormen een zeer geschikte basis voor de implementatie van taak-instructiesystemen. Voor de vastlegging van afleidingskennis schieten PDT-technieken echter te kort.

Aanbevelingen:

- De gepresenteerde aanpak voor de implementatie van taak-instructiesystemen is slechts een eerste aanzet die verdere ontwikkeling behoeft en dat ook verdient. Verder onderzoek op het gebied van taak-instructie voor robots wordt aanbevolen.
- Veel bouwrobot-ontwikkelingsprojecten richten zich op de ontwikkeling van de robot-hardware en verwaarlozen ten onrechte de technische en organisatorische inpassing van de robot. Juist de inpassing in de bestaande organisatie en koppeling met gerelateerde computersystemen is van grote invloed op het succes van robotisering.
- Om het bouwbedrijfsleven meer inzicht te geven in de kansen en problemen rondom robotisering, dienen de gevolgen voor hen inzichtelijker gemaakt te worden. Computersimulatiesystemen zijn een zeer bruikbaar gereedschap om de inzet van robots te evalueren. Simulaties kunnen inzicht geven in de presentatie van verschillende robotconfiguraties, de interacties van de robot met zijn omgeving en in de benodigde of gewenste aanpassing van het bouwproces voor de optimale inpassing van robots.

Mechanisatie op de bouwplaats is het vakgebied binnen de bouwkunde, dat speciale aandacht heeft voor het productieproces op de bouwplaats. Met name het in samenhang in zetten van werkers en werktuigen is onderwerp van de studie. Het college heeft als leerdoel het inzetten en aangeven van ontwerp-specificaties van materieel, dusdanig dat een taak door een werker arbeidsvriendelijk en productief kan worden uitgevoerd.

De volgende onderwerpen worden behandeld:

- Algemene mechanisatie-aspecten
- Analyse van werktuigen
- Analyse van belasting op de werker
- Mechanisatie trajecten
- Ontwerpen van werker-werktuigsystemen en
- Robotiseren

Voor doelmatige bestudering van de leerstof in dit dictaat is de kennis van de inhoud van de dictaten Uitvoeringstechniek 1 en 2 noodzakelijk.

TU/e technische universiteit eindhoven

Stafbureau opleidingsinstituut
Faculteit Bouwkunde
Postbus 513
5600 MB Eindhoven
Telefoon (040) 247 39 90
Telefax (040) 245 24 32
e-mail boo@bwk.tue.nl

Uitsluitend bestemd voor gebruik door studenten van de Technische Universiteit Eindhoven.
Niets van de inhoud mag worden vermenigvuldigd, openbaar gemaakt of in de handel gebracht.

PRO 40 TU/e

/ faculteit bouwkunde

4 007277 520015

Prijs f. 23,50 € 10,66