

Dynamische factoren in het ergonomisch onderzoek

door

A. F. SANDERS

(Instituut voor Zintuigfysiologie RVO-TNO, Soesterberg)

Naarmate de automatisering in de industrie toeneemt, wordt de invloed van de toegepaste psychologie in het bedrijf meer merkbaar in de z.g. „human engineering” of ergonomie ¹⁾. En in de werkadaptatie van de employee in het geautomatiseerde bedrijf vormt zij zelfs een wezenlijk supplement van een andere, meer bekende tak van gepast psychologisch onderzoek: de personeel-ectie.

De ergonomie stelt zich n.l. het onderzoek naar de optimale werkcondities in de ruimste zin van het woord tot doel, terwijl de selectie de geschiktheid van de sollicitant voor een werkkring met *vaststaande* werkcondities nagaat. Het spreekt vanzelf dat, als deze condities ongunstig zijn, de eisen die aan de aanpassing van de sollicitant gesteld worden hoger zijn, terwijl bovendien de prestaties van de aangenomen en geschiktbevonden werknemer beneden het mogelijke blijven.

Zodra het mogelijk is, de werkcondities te regelen, m.a.w. zodra we te maken hebben met een uitsluitend fysieke bepaling der werkcondities ²⁾, gaan ergonomische principes een rol spelen. We bevinden ons hier in een uitgestrekt arbeidsveld, waarvan maar een gedeelte tot het strikte gebied van de psychologie behoort en andere delen tot andere wetenschappen als fysiologie en techniek. Soms is er sprake van problemen, die in een typisch overgangsgedebiet liggen, zodat de ergonomische research samenwerking vereist tussen fysioloog, fysicus, psycholoog en technicus.

Men kan zeggen, dat overal waar een verbetering beoogd werd in objecten, waar de mens dagelijks mee omging, ergonomie bedreven is. Het systematisch wetenschappelijk onderzoek is echter vrij recent. Sommige aspecten zijn wel algemeen bekend, zoals bv. de invloed van de verlichting op de arbeidsprestatie, de zichtbaarheid en indeling naar importantie van schakelaars op schakelborden, de herkenbaarheid van schaalverdelingen en de invloed van de kleur — om maar een greep te nemen. Ook houdt de ergonomie zich uiteraard bezig met factoren, die het auditieve zintuig betreffen (verstaanbaarheid, lawaai-invloeden, etc.), met motori-

sche mogelijkheden van het menselijk lichaam (reikwijdte, diverse handgrepen, bepaalde houdingen) en met atmosferische condities als optimale temperatuur en vochtigheidsgraad. Alhoewel het onderzoek met betrekking tot deze factoren zeer belangrijk is en zijn nut heeft bewezen, wordt het de laatste jaren duidelijk, dat men één belangrijke dimensie verwaarloosd heeft, die als het ware een dwarsdoorsnee door al deze research vormt. In de meeste gevallen is n.l. genoeg genomen met een experimentele momentopname bij de vormgeving der werkcondities en heeft men uit het oog verloren, dat de arbeid een in de tijd verlopende structuur heeft, waarbij dikwijls veranderingen in de mens-object-verhouding optreden als gevolg van het tijdsverloop.

Het laatstgenoemde, z.g. dynamische aspect is in de meeste gevallen een aparte dimensie van ergonomisch onderzoek, zodat het de eerder gevonden principia voor de vormgeving van de werksituatie onaangetast laat, sommige uitzonderingen daargelaten.

Dit dynamische aspect willen we wat nader bekijken, voornamelijk door zijn relatieve onbekendheid. Uit de vele mogelijkheden zullen we twee dynamische factoren belichten, nl. waakzaamheid (vigilance) en belasting (load).

*

I. Vigilance

Zowel in de militaire als in de civiele sector is vaak sprake van inspectietaken, die over het algemeen monotoon van aard zijn en zich tevens over langere tijd uitstrekken. Enige voorbeelden hiervan zijn o.a. radarschermobservatie en eindproduktcontrole, waarbij de voornaamste eisen, die aan de werknemer gesteld worden, snelheid en (of) nauwkeurigheid zijn. Vooral bij de nauwkeurigheid speelt het aandachtniveau een grote rol; we bedoelen hiermee de bereidheid, om specifieke kleine veranderingen in de omgeving, die in een onvoorspelbaar tijdsinterval optreden, niet alleen te ontdekken, maar er tevens adequaat op te reageren. In de Engels-Amerikaanse literatuur wordt deze bereidheid met de term *vigilance*³⁾ aangeduid. Het systematisch onderzoek van de *vigilance*-verschijnselen is pas van recente datum en is bijzonder

1) ergonomie = nutmatigheden van het werk (Gr).
2) Hiermee wordt de omgang met objecten bedoeld, in tegenstelling tot de omgang met mensen. Problemen in de laatstgenoemde sfeer behoren tot het terrein van de sociale en conflictpsychologie.

3) *vigilance* = waakzaamheid.

bevorderd door de experimenten van *Mackworth* (1950). Deze onderzoeker vond, dat de vigilance bij de door hem gebruikte inspectietaak na een half uur ernstig deterioreerde. Binnen dit half uur misten zijn proefpersonen gemiddeld 15 % van de aangeboden signalen, in het tweede halfuur steeg dit tot 27 % en bij nog langere observatietijden nam het percentage fouten nog sterker toe. Dit aanvangsexperiment is in zijn resultaten door verschillende controleonderzoekers bevestigd, waarbij de aandachtvermindering eerder nog sterker was. De verstrekkende betekenis van dit experiment is, dat het de noodzakelijkheid aantoont om de werknauwkeurigheid als functie van de arbeidstijd te bezien. Een geval, waarin de vormgeving van de arbeidssituatie zonder de vigilance-factor in rekening te brengen anders zou uitvallen, is het onderzoek dat op het moment door mij wordt gedaan naar de doeltreffendheid van twee typen ruitwissers. Eén type heeft het voordeel, dat een groter gebied van de ruit zichtvrij gehouden wordt, maar als nadeel een grotere perceptuele hinder. Bij korte tests (± 20 minuten) blijken lichtsignalen met het bedoelde type gemakkelijker en vlugger ontdekt te worden, maar als de test langer duurt, verdwijnt dit verschil niet alleen maar zijn er sterke aanwijzingen, dat de afleidbaarheid belangrijker is dan het grotere zichtvrije ruitoppervlak. In dit geval blijkt dus, hoe psychologisch-dynamische factoren invloed kunnen hebben op de vormgeving der werkconditie, en dit met name bij inspectietaken die zich over langere tijd uitstrekken.

Er zijn een groot aantal factoren, die op de vigilance-vermindering van invloed zijn, o.a. de frequentie van het signaal, zijn regelmatigheid van optreden en zijn duur, maar ook factoren als lawaainiveau en gebrek aan slaap blijken belangrijk. Factoren, welke op het gebied van de psychofarmacologie liggen, laten we hier nu nog maar buiten beschouwing. Het is interessant dat, als de p.p.n. een zekere basis hebben waarop ze hun eigen prestatie kunnen beoordelen, de deterioratie minder is. De werkmotivering blijkt dus uitermate belangrijk, wat o.a. al bekend was bij de nauwkeurigheds- en snelheidsvermindering van de werknemer, die een ernstige problematiek heeft.

Heel belangrijk is uiteraard de aard van het inspectiewerk. Voor het gemak onderscheiden we even de volgende typen:

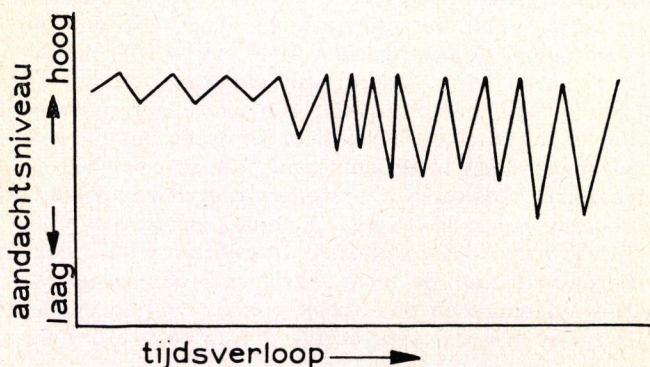


Fig. 1.

1. passieve taken:

a) *ongevuld*. Vbd. de observatie van het radar-scherm; de uitkijk op een schip. Alle taken, die uitsluitend uit observatie bestaan en waar een actieve ingreep alleen bij bepaalde kleine veranderingen in het geobserveerde optreedt.

b) *gevuld*. Vbd. elke eindcontrole van een produkt. De werknemer is hier voortdurend bezig, waarbij voortdurend een beslissing tussen goed of fout genomen moet worden.

Als de werknemer zijn tempo zelf kan bepalen noemt men dit *vrijwillig verloop* (self-paced). Bepaalt een apparaat het tempo, dan spreken we van een *mechanisch verloop* (paced).

2. actieve taken:

Vbd. De besturing van een auto. De observatie en de motorische handeling hebben hier gelijke nadruk. Soms als in lopende-bandwerk, is er een voortdurende wisselwerking tussen motorische handeling en visuele controle. De onderscheiding tussen vrijwillig en mechanisch verloop is ook hier op zijn plaats.

Naast de indeling naar het dynamisch aspect moeten we natuurlijk nooit de specifieke aard van het werk vergeten. Als de observatiemogelijkheden optimaal zijn, treden symptomen van verminderde waakzaamheid niet zo snel op.

De meeste vigilance-experimenten zijn uitgevoerd voor taken van het passieve en ongevolde type en een enkele voor het gevulde type. Dat actieve taken ook door vigilance worden beïnvloed, is zeer waarschijnlijk. *Broadbent* vermeldt, dat in de Londense dokken ongevallen aan het eind van de morgen meer voorkomen dan aan het begin, en hij vraagt zich af of dit niet eerder een gevolg is van verminderde waakzaamheid bij de visuele controle van het verrichte werk en bij ongewone gevaarsignalen dan een consequentie van spiervermoeidheid. Op dit terrein is nog veel onderzoek vereist, evenals voor de meer theoretische vraag, wat er eigenlijk gebeurt bij vigilance-vermindering. Bij de huidige staat van zaken schijnt er niet zozeer sprake te zijn van een algemene vermindering van de aandachtsniveau, maar eerder van een optreden van hiaten, zoals schematisch in fig. 1 is uitgebeeld. Een argument hiervoor is, dat bij sommige vrijwillig verloopende inspectietaken het nauwkeurighedsverlies niet zo groot schijnt te zijn, maar er eerder sprake is van een onregelmatiger en langzamer werktempo. (Uiteraard geldt dit niet, als men op het werktempo de nadruk gaat leggen als bij prestatieloon).

Wilkinson vond, dat bij gebrek aan slaap vigilance-vermindering eerder en ernstiger optrad. Dit geeft aanwijzingen, dat er een verband gelegd kan worden met vermoeidheden en we de extremenverschillen in fig. 1 misschien kunnen beschouwen als een oscilleren tussen waken en slapen (als uitersten). Het blijkt, dat men vermoeid kan raken van alleen maar zitten en kijken, kortom van verveling. Het voornaamste energieverbruik wordt veroorzaakt door het zich voortdurend aandachtig gedragen;

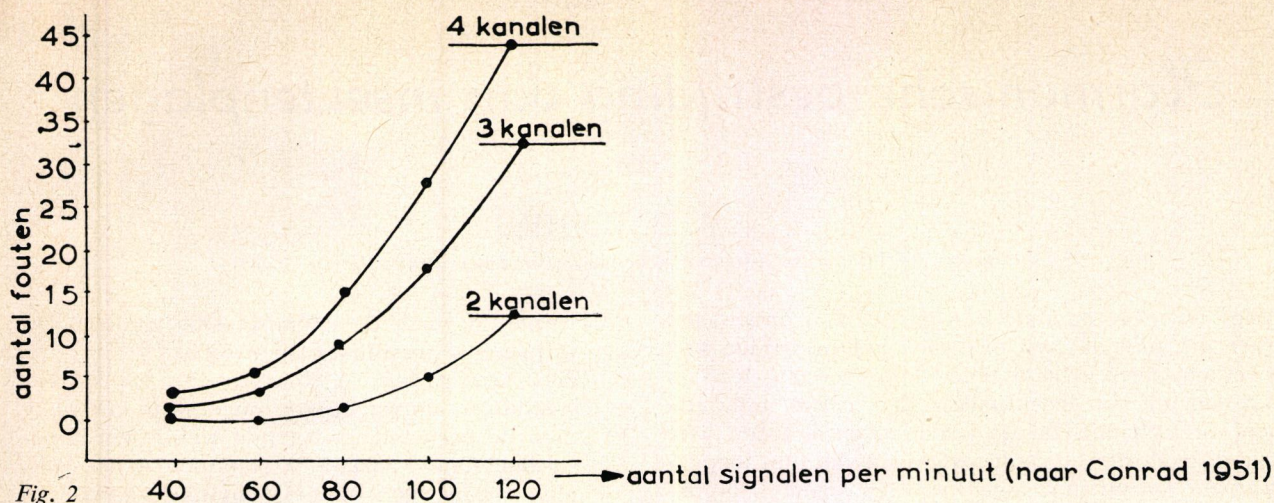


Fig. 2

niet zozeer door een inperking van het visuele veld, maar door een verstarring van zijn kunstmatige structurering. Registratie van oogbewegingen toont nl. aan, dat het signaal op het centrale gedeelte van het veld projecteerd kan zijn (zodat er zintuigfysiologisch van „zien” sprake is), zonder dat de proefpersoon het opmerkt en erop reageert. Er is dus een verschil tussen fysiologisch en psychologisch „zien”, waar het kleine veranderingen of afwijkingen in de structuur van het visuele veld betreft.

Voor het bestrijden van vigilancevermindering zijn tot op heden geen algemene regels te geven, voornamelijk door de geweldige verschillen in werksituatie, zodat meestal experimenteel onderzoek voor elk geval apart vereist is. Enige punten van invloed op de bestrijding van de aandachtvermindering kunnen echter wel aangestipt en samengevat worden:

1. *Een optimale werksituatie*; vbd.: gunstige verlichting; goede atmosferische condities (Pepler 1956) vond een negatief effect van te hoge temperatuur op vigilance), goede zichtbaarheid van signalen, regulering van het lawaainiveau; kortom een ergonomische bepaling van de werkcondities in statische zin, zoals op blz. 203 vermeld.
2. *Kennis van resultaten*; Zoals vermeld vond Mackworth een positief effect hiervan. Hoewel dit in de praktische situatie niet direct toepasbaar is, kan er gezocht worden naar variaties in dit principe, die wellicht hetzelfde effect hebben.
3. *De frekwentie van het signaal*; Deese vond, dat vermeerdering van het aantal gewenste signalen het percentage goede antwoorden van 45 op 90 bracht. Variaties op dit principe zijn zeker toepasbaar.
4. *Regulering der werktijden*; Mackworth vermeldt, dat in zijn experimenten een korte pauze of een werkverandering na elk half uur de vigilancevermindering wegnam.

Een afdoende maatregel, die direct toepasbaar is op elk type werk, is niet gevonden. De hierboven vermelde momenten zijn echter waardevolle uitgangspunten voor verder onderzoek.

II. „Load”

Tegenover aandachtsvermindering als boven besproken staat de onmogelijkheid, op signalen juist en adequaat te reageren bij een te gecompliceerde taak, waarbij de werknemer op te veel signalen min of meer tegelijkertijd moet reageren. In de industrie komt dit voor, als een werknemer de verantwoordelijkheid heeft voor teveel verschillende controlemechanismen (zoals bijv. de piloot in een vliegtuig), die hem signalen kunnen geven en daarbij elk moment, tegelijkertijd, zijn aanwezigheid en aandacht kunnen opeisen.

Dit ergonomische probleem verheugt zich in een toenemende belangstelling en wordt aangeduid met de term „perceptual load”⁴⁾. Hier hebben we voornamelijk te maken met aandachtsverdeling.

Experimenteel bleek het volgende resultaat (fig. 2): De grafiek stelt het aantal fouten (gemiste signalen), uitgezet als functie van het aantal signalen per minuut, voor bij drie condities, nl. waar sprake is van twee tegelijkertijd te bedienen mechanismen, van drie en van vier. We zien, dat naarmate de aandacht meer over verschillende controle-eenheden verdeeld moet worden, het foutenaantal toeneemt, vooral als het aantal signalen per minuut hoog is. We moeten er bovendien rekening mee houden, dat in deze experimentele situatie de „werkcondities” optimaal waren, zodat wat dat betreft het foutenaantal minimaal gehouden is. Des te meer, omdat de proefpersonen vooraf een intensieve trainingsperiode in de test hadden doorlopen. Het feit, dat het foutenaantal in een dergelijk geval toeneemt, is op zichzelf niet nieuw. Het spreekt min of meer vanzelf, omdat de werknemer het nu te druk heeft; daardoor desintegreert zijn greep op het geheel. Het toegepaste belang van het juist besproken experiment is, dat we hierdoor een kwantitatief idee krijgen van de mate, waarin de fouten toenemen, en daardoor een juist optimum van perceptuele belasting kunnen verkrijgen. Concreter gezegd: hoeveel kanalen kan de mens tegelijk bedienen, zodat hij bij een gegeven signaalfrekventie zijn werk nog met een voldoende accuratesse kan

(Slot onderaan pag. 206)

4) perceptual load = zintuiglijke belasting.

Harmonische bestrijding van insektenplagen

door

Dr. A. D. VOÛTE,

directeur van het Instituut voor Toegepast-Biologisch Onderzoek in de Natuur (Itbon)

Meer en meer ontstaat een gevoel van onbehagen over het feit, dat wij ons voor het bestrijden van insektenplagen vrijwel geheel hebben vastgelegd op het gebruik van insekticiden. Een aantal insektensoorten toch ontwikkelt een resistentie tegen vele van deze stoffen, terwijl als gevolg van hun toepassing de natuurlijke tegenkrachten tegen het ontstaan van plagen worden geëlimineerd of althans sterk in hun werking beperkt. Ons vertrouwen in een permanente werking van de moderne insekticiden is daardoor geschokt. Het is om deze reden, dat reeds lange tijd wordt gepleit voor een meer harmonische bestrijdingswijze van onze plagen, waarbij men zich niet vastlegt op insekticiden of andere bestrijdingswijzen, maar streeft naar een zo harmonisch mogelijk samengaan van de verschillende soorten van bestrijdingsmaatregelen met de diverse natuurlijke tegenkrachten tegen massale vermeerdering van de insekten (*Briejër*)¹⁾.

In onze moderne land- en tuinbouw zouden de biociden niet plotseling kunnen worden weggelaten. Niet slechts de schadelijke insekten, maar ook hun predatoren en parasieten worden door de biociden uitgeroeid of sterk in aantal verminderd. Ditzelfde geldt ook voor plantenvretende insekten, die vroeger geen plagen vormden daar zij door hun natuurlijke vijanden in toom werden gehouden. Zou men nu plotseling geen biociden meer gebruiken, dan zouden niet slechts de oude plagen terugkeren, maar zouden ook andere insekten zich althans tijdelijk tot een plaag kunnen ontwikkelen. Een dergelijk rigoreus optreden zou dus zeker niet leiden tot een harmonische bestrijding van ziekten en plagen. Wel zal men kunnen streven naar een geleide-

lijke inperking van de chemische bestrijding. Dit kan in principe geschieden op 4 wijzen:

- a) door te trachten, de concentraties van de bestrijdingsmiddelen zo ver mogelijk te verlagen;
- b) door de perioden, gedurende welke wordt bestreden, nauwkeurig af te stemmen op het complex schadelijk insekt-natuurlijke vijand;
- c) door te werken met specifieke insekticiden;
- d) door het weglaten van insekticiden, die bepaalde plagen bevorderen.

*

Het beperken van de insekticiden-behandeling is overal zin, waar onder de natuurlijke vijanden krachten aanwezig zijn, die al of niet tijdelijk en al of niet ten dele in staat zijn, de bevolkingsdichtheid van de schadelijke insekten op een laag niveau te reguleren. Hierbij zal er naar moeten worden gestreefd, dat het milieu een behoorlijke ontwikkeling van deze natuurlijke vijanden mogelijk maakt. Dit zal geen moeilijkheid geven ten aanzien van parasieten, monofage en oligofage predatoren en ziekten, die ook zonder toedoen van de mens in het desbetreffende gebied kunnen binnendringen en er zich kunnen handhaven, omdat zij dezelfde eisen aan het milieu stellen als hun gastheer of prooi; hetgeen veelal het geval is. Voor andere vijanden zullen echter speciale maatregelen moeten worden genomen. Vooral de „density dependent” werkende roofvijanden — dat zijn de roofvijanden, die een hoger percentage van hun prooi vernietigen bij een hogere bevolkingsdichtheid van deze prooi — stellen vaak zeer speciale eisen aan het milieu. Sommige van deze polyfage vijanden zijn zelf in staat tot regulatie op een laag niveau, anderen in samenwerking met parasieten. Aan de mogelijkheid om

¹⁾ Zie „T.N.O.-Nieuws” 13 (1958), p. 63—69.

(Slot van pag. 205)

verrichten? Hoe strikt men deze accuratesse wil stellen, bijv. in het z.g. „timen” van een reactie, hangt geheel van de specifieke situatie af.

*

Het voorafgaande overziende, vinden we dus een aandachtsdeterioratie bij te monotoon en te druk werk. En als we nu een verband tussen deze beide leggen, dan dringt zich de vraag naar voren of het niet mogelijk is, in bepaalde gevallen de nadelige effecten op te heffen door het kiezen van een middenweg tussen beide.

In het algemeen heerst, voor een groot deel terecht, de opvatting dat de mens geen twee dingen tegelijk kan doen. Wij menen, dat hiervan niet direct een strak principe gemaakt moet worden.

Voortgezette research zal o.a. moeten nagaan, in welke gevallen het continueren van monotone taken tot een optimale „load” succes kan hebben.

Literatuur:

1. D. E. BROADBUT: *The vigilant man and the active man*; Symposium on vigilance (1956).
2. R. CONRAD: *Speed and loadstress in a sensory motor skill*; Brit. J. of ind. med. 1951, 8, blz. 1.
3. J. DEESE: *Some problems in the theory of vigilance*; Psych. rev. 1955, 62, 359-368.
4. N. H. MACKWORTH: *Researches on the measurement of human performance*; M.R.C. Special report series No. 268 (1950).
5. N. H. and J. F. MACKWORTH: *Eye fixations recorded on changing visual scenes by the television eye-marker*; A.P.U. report no. 320 (1958).
6. PEPLER: Ph. D. Thesis Com. Un. lib. (1956).
7. WILLINSON: Ph. D. Thesis Com. Un. lib. (1958).