

VU Research Portal

Task variation in repetitive manual work

Luger, T.

2016

document version

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication in VU Research Portal](#)

citation for published version (APA)

Luger, T. (2016). *Task variation in repetitive manual work*. [PhD-Thesis - Research and graduation internal, Vrije Universiteit Amsterdam].

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

E-mail address:

vuresearchportal.ub@vu.nl

N

Nederlandse samenvatting

Adapted from:

Taakvariatie tijdens repeterend manueel werk.

Tessy Luger

Tijdschrift voor Human Factors, submitted

Kort overzicht

Tot op heden is niet bekend wat het effect is van verschillende typen taakvariatie tijdens repetitief manueel werk op ervaren ongemak en lokale spiervermoeidheid in de schouder. Daarom worden in dit proefschrift verschillende interventies gerapporteerd die tot doel hebben taakvariatie op de werkvloer te verhogen. Om het effect van die interventies zichtbaar te maken, is er gebruik gemaakt van geavanceerde EMG analyse methoden en van Lokaal Ervaren Ongemak beoordelingsschalen. Bovendien is de rol van kinematica in relatie tot EMG interpretaties ook meegenomen.

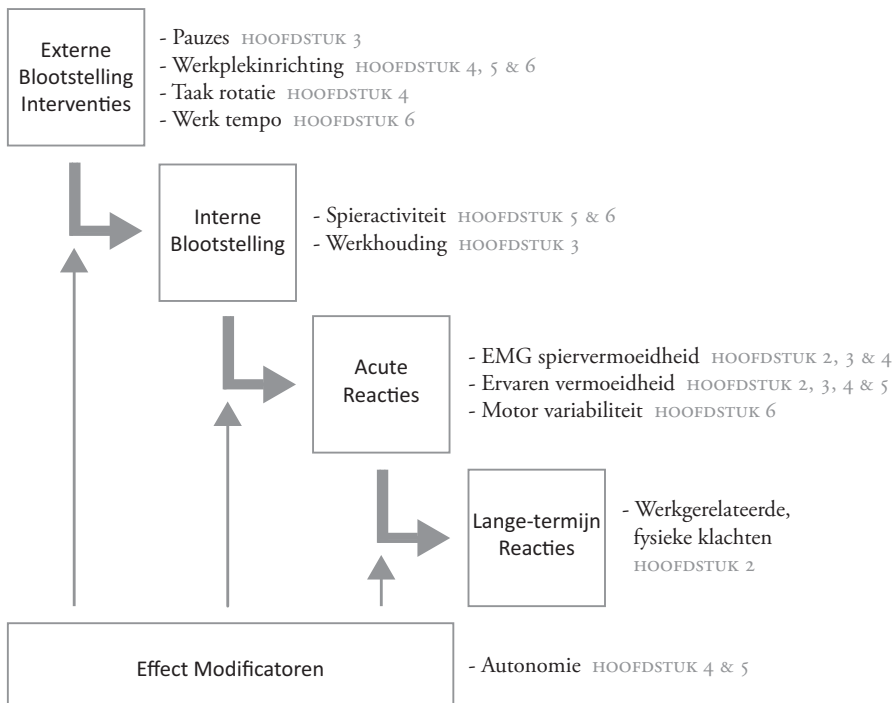
De interventies leidden tot minder ontwikkeling van ervaren ongemak. Dit resultaat wordt echter niet ondersteund door de spieractiviteit (EMG). Dit betekent dat lokale spiervermoeidheid wellicht multidimensionaal is. In dit beeld domineert mogelijk de psychofysische component (hier: ervaren ongemak) over de fysiologische component (hier: EMG). Uit de resultaten is gebleken dat kinematica de EMG uitkomsten sterk beïnvloedt, dus hiermee moet zeker rekening worden gehouden in toekomstig onderzoek.

De bevindingen in dit proefschrift hebben geleid tot de algemene aanbeveling om taakvariatie te blijven stimuleren en implementeren in werkomgevingen.

Taakvariatie tijdens repeterend manueel werk

Bij manueel werk zijn werken boven schouderhoogte en andere ongemakkelijke houdingen, en repeterende en statische werktaken de belangrijkste risicofactoren voor het ontwikkelen van lichamelijke klachten. Uit eerder onderzoek is gebleken dat lokale spiervermoeidheid als gevolg van de bovengenoemde risicofactoren een belangrijke voorloper kan zijn van het ontwikkelen van lichamelijke klachten. Niet alleen de werknemer kan hier fysiek ongemak door ervaren. Ook het bedrijf en de maatschappij kunnen hiervan negatieve gevolgen ondervinden, want klachten kunnen leiden tot verminderde werkprestaties en meer afwezigheid door ziekte.

Het ontwikkelen van klachten op de werkvloer is modelmatig weergegeven in **Figuur 9.1**, een aangepaste versie van het belasting-belastbaarheid model. Het begin van een keten aan reacties is de *externe blootstelling* aan werkeisen op de werkvloer. Kenmerkende factoren zoals eerder genoemd zijn werken in ongemakkelijke houdingen, en repeterende en statische werktaken. Volgend op externe blootstelling is de *interne blootstelling* die wordt geschat door het meten van de belasting op de werknemer, bijvoorbeeld de spierspanning in de arm, die nodig is om een taak te kunnen vervullen. Deze interne blootstelling kan leiden tot fysiologische reacties of verstoringen, de *acute reacties*. Deze reacties beslaan onder andere ervaren vermoeidheid, verstoorde doorbloeding, productie van lichamelijke afvalstoffen, hartslagfrequentie, en spiervermoeidheid zoals gemeten met elektromyografie (EMG). Als deze acute reacties niet voldoende



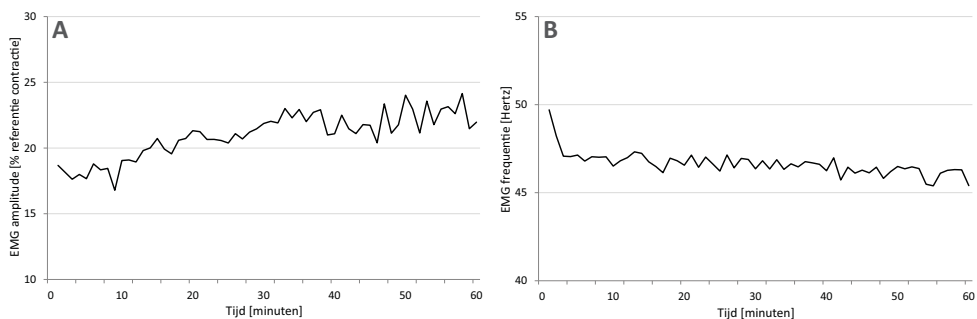
Figuur 9.1. Conceptueel belasting-belastbaarheid model dat de aaneenschakeling van reacties beschrijft die kunnen leiden tot de ontwikkeling van lichamelijke klachten. In het model staat ook aangegeven welke aspecten zijn onderzocht in dit proefschrift.

herstellen, dan kunnen *lange-termijn reacties* optreden. Deze omvatten klachten en aandoeningen aan het bewegingsapparaat. Bij alle relaties in dit model spelen individuele en psychosociale factoren een belangrijke rol, zoals geslacht of hoeveelheid autonomie die een werknemer heeft binnen een bedrijf. Deze factoren worden ook wel *effect modificatoren* genoemd en kunnen dus van invloed zijn op de ervaring van blootstelling en de mate van lichamelijk herstel.

In **Hoofdstuk 1** is het concept *lokale spiervermoeidheid* (zie **Figuur 9.2**) geïntroduceerd dat centraal staat in dit proefschrift. Lokale spiervermoeidheid is één van de belangrijkste acute reacties die voorafgaat aan de ontwikkeling van werkgerelateerde fysieke klachten. Zoals eerder aangegeven kan lokale spiervermoeidheid subjectief worden beoordeeld door ervaren ongemak of objectief in kaart worden gebracht door EMG. Wanneer de spieractiviteit wordt gemeten met EMG is het belangrijk te weten dat kinematische parameters, zoals houding en beweging, een belangrijke rol spelen bij het meten van spieractiviteit.

Een concept gerelateerd aan spieractiviteit en kinematica is *motor variabiliteit*: de intrinsieke variabiliteit die aanwezig is in onze handelingen en gecontroleerd wordt door ons sensorische systeem in de hersenen. Men gelooft dat de aanwezigheid van motor variabiliteit in onze spieractiviteit en bewegingspatronen de belasting op ons lichaam kan verlagen. Dit zou dan als een soort beschermingsmechanisme werken voor werknemers om de ontwikkeling van werkgerelateerde fysieke klachten tegen te gaan.

Over het algemeen wordt door onderzoekers verondersteld dat meer variatie in fysieke blootstelling aan werkeisen tijdens de taakuitvoering een effectieve interventie kan zijn om de ontwikkeling van spiervermoeidheid en ervaren ongemak te verminderen. Bovendien zou dit dan de ontwikkeling van werkgerelateerde fysieke klachten remmen. In **Figuur 9.1** wordt aangegeven welke interventies kunnen aangrijpen op het niveau van de externe blootstelling. Tevens laat deze figuur zien welke aspecten in welke hoofdstukken van dit proefschrift aan de orde komen. De weergegeven interventies zijn bedoeld om taakvariatie te verhogen en omvatten organisatorische en fysieke ergonomische aspecten. Over het effect van de verschillende soorten interventies op de interne blootstelling en acute reacties is nog weinig bekend. Daarom



Figuur 9.2. **A.** Deze grafiek laat zien hoe de amplitude van het EMG signaal toeneemt over de tijd, de amplitude is een maat voor de spieractiviteit; **B.** Deze grafiek laat zien hoe de frequentie van het EMG signaal afneemt over de tijd. De combinatie van **A** en **B** geeft aan dat er in de grote schouder-spier (trapezius) lokale spiervermoeidheid is opgetreden over de tijd.

worden in dit proefschrift verschillende van deze interventies onderzocht. Spiervermoeidheid zoals gemeten met EMG en ervaren ongemak worden hoofdzakelijk gebruikt als uitkomstmaten om de effecten van de interventies zichtbaar te maken. De belangrijkste vraagstelling in dit proefschrift is dan ook: *“Hoe worden spiervermoeidheid en ervaren ongemak beïnvloed door verschillende interventies tijdens repeterende manuele taken?”*.

Zoals in **Hoofdstuk 1** ook uitgebreid geïntroduceerd, zijn de volgende specifieke vragenstellingen achtereenvolgens in dit proefschrift aan de orde gekomen:

1. Wat is er op dit moment bekend over de effecten van de hoeveelheid taakvariatie op spiervermoeidheid, ervaren vermoeidheid, ongemak, inspanning en prestatie? (*Hoofdstuk 2*);
2. Wat zijn de effecten van passieve en actieve pauzes op spiervermoeidheid en ervaren ongemak in de schouder en op de houding van de bovenste extremiteit? (*Hoofdstuk 3*);
3. Wat zijn de effecten van taakrotatie frequentie op ervaren vermoeidheid en spiervermoeidheid in de schouder? (*Hoofdstuk 4*);
4. Wat is het effect van autonomie bij het implementeren van taakrotatie op ervaren ongemak, ervaren vermoeidheid en spiervermoeidheid in de schouder? (*Hoofdstuk 4 & 5*);
5. Wat is het effect van werkplek inrichting op het maximaal acceptabele werktempo? (*Hoofdstuk 5*);
6. Wat is het effect van werktempo op biomechanische blootstelling en motor variabiliteit? (*Hoofdstuk 6*).

De antwoorden op de onderzoeksvragen komen voort uit verschillende experimentele studies zoals gepresenteerd in Hoofdstuk 2 tot en met Hoofdstuk 6.

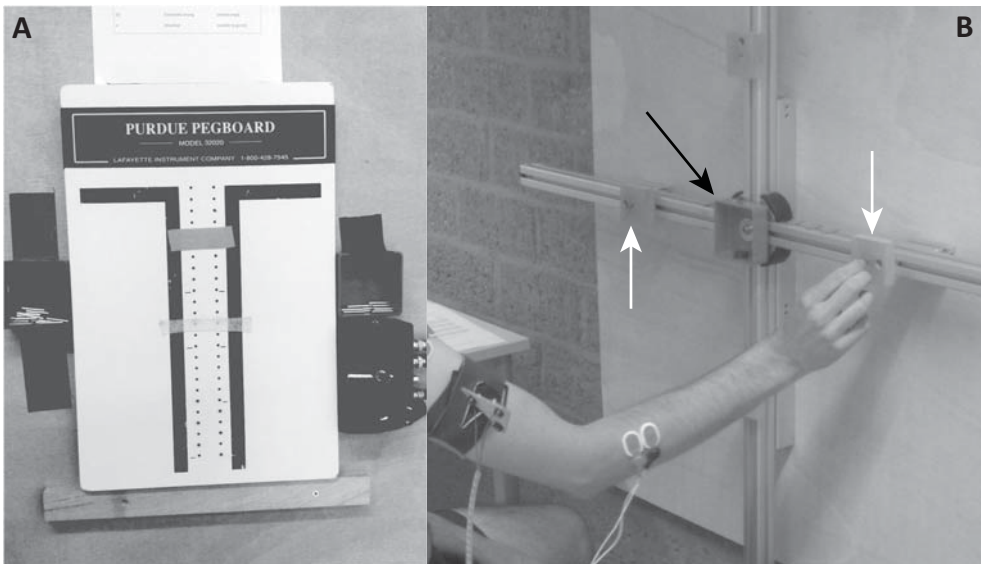
Hoofdstuk 2 is een review waarin de resultaten zijn beschreven van eerdere studies waarin condities met meer en minder taakvariatie met elkaar zijn vergeleken. Belangrijke uitkomstmaten om de effectiviteit van meer en minder taakvariatie in kaart te brengen, waren ervaren ongemak, spiervermoeidheid en prestatie. Taakvariatie werd in dit hoofdstuk onderverdeeld in *temporele variatie*, oftewel pauze en cyclus tijd interventies, en *activiteit variatie*, oftewel het veranderen van het type activiteit. Uit de studies bleek dat vooral ondersteuning voor het toepassen van temporele taakvariatie te vinden is in de waarneming dat de deelnemers minder ongemak ervaren bij meer temporele taakvariatie. De objectieve metingen van spiervermoeidheid gebruikt in deze studies gaven echter geen ondersteuning voor de toepassing van taakvariatie; er werd geen effect van taakvariatie op EMG parameters voor spiervermoeidheid gevonden. De resultaten van studies naar activiteit variatie waren niet eenduidig. Dit kwam waarschijnlijk doordat de studies te weinig rekening hebben gehouden met veranderingen in werkintensiteit wanneer de mate van taakvariatie veranderde.

In **Hoofdstuk 3** zijn de effecten van passieve en actieve pauzes onderzocht tijdens een gesimuleerde, repeterende, pak-en-plaats taak (zie **Figuur 9.3A**). Hier werd de effectiviteit van de pauzes in kaart gebracht door spiervermoeidheid (zie **Figuur 9.2**) en ervaren ongemak in de schouder. Het bleek dat actieve pauzes het lokaal ervaren ongemak in de schouder verminderten. Passieve pauzes hadden geen effect op ervaren ongemak en spiervermoeidheid (EMG).

Behalve via ingrijpen op de organisatie van het werk door werk-rust verhoudingen te veranderen, kan ook het roteren tussen taken tot meer variatie leiden. In de studie beschreven in **Hoofdstuk 4** is het effect van verschillende frequenties van taakrotatie bestudeerd. De

deelnemers roteerden met verschillende frequenties tussen een pak-en-plaats taak (zie **Figuur 9.3A**) en een til taak. De verwachting was dat een hoge frequentie (negen keer roteren per uur) zou leiden tot meer mogelijkheden voor de spier om te herstellen dan een lage frequentie (één keer roteren per uur). Frequentie van roteren bleek geen invloed te hebben op spiervermoeidheid zoals gemeten met EMG, wat overeenkomt met eerdere studies. Het ervaren ongemak in de schouder was bij de hoge rotatiefrequentie echter wel lager dan bij de lage. In één van de condities in deze studie mochten deelnemers gedurende een uur zelf hun werkindeling bepalen. Dertig minuten moesten besteed worden aan de pak-en-plaats taak en dertig minuten aan de til taak. De rol van deze vorm van autonomie, namelijk het zelf kunnen kiezen van de mate van taakrotatie, had een duidelijk effect: de proefpersonen ervoeren minder ongemak in de schouder wanneer zij zelf hun werkindeling mochten bepalen.

In **Hoofdstuk 5** is taakvariatie geïntroduceerd door te variëren in de werkplekinrichting (zie **Figuur 9.3B**). De deelnemers in het beschreven experiment werd gevraagd om vier verschillende condities van een uur uit te voeren. Door de werkplekinrichting te veranderen in werkhogte en -richting werd er variatie in de armheffingshoek opgelegd. Het doel was om te bestuderen wat beide veranderingen in werkplekinrichting hadden op maximaal acceptabel werktempo, aangevuld met effecten op houding en spieractiviteit. De richting van de werkplekinrichting had geen invloed op de gemiddelde armelevatie hoek van 30°, maar wel, zoals bedoeld, op de variatie rondom de gemiddelde armelevatie hoek. Dit effect leidde echter niet tot een verschil in maximaal acceptabel werktempo tussen de verschillende richtingen.



Figuur 9.3. A. De pak-en-plaats taak die onderdeel was van de experimenten in **Hoofdstuk 3** en **4**; B. De pak-en-plaats taak die onderdeel was van de experimenten in **Hoofdstuk 5** en **6**. In beide opstellingen pakten de proefpersonen pinnetjes uit de bakjes aan zijkant van het bord (A) of uit het centrale bakje binnenin het kruis (B, zwarte pijl). Ze plaatsten de pinnetjes in de gaatjes in het bord (A) of in de gaatjes op het kruis (B, witte pijlen). Hierna plaatsten ze de pinnetjes weer terug in de bakjes.

Bij hogere werkhoogte nam, zoals de bedoeling was, de armelevatie hoek toe van 30° naar 50° elevatie. De spieractiviteit van de schouder nam toe (zie **Figuur 9.2B**) en het zelf gekozen maximaal aanvaardbare werktempo nam 10% af bij werken op hogere werkhoogte.

In **Hoofdstuk 6** is het effect van werktempo op houding en spieractiviteit bestudeerd tijdens een repeterende pak-en-plaats taak. Daarnaast is het effect van werktempo op motor variabiliteit bestudeerd. Met een toename in werktempo nam, zoals verwacht, de bewegingssnelheid van de bovenarm toe. Hetzelfde patroon was te zien voor de spieractiviteit van de schouderpijpen, die eveneens toenam bij een hoger werktempo. Zoals verwacht namen ook de variatie rondom de gemiddelde armheffing en de variabiliteit van de armheffing toe. In tegenstelling tot de verwachting nam de variatie van spieractiviteit niet toe bij een hoger werktempo. Deze studie geeft een uitgebreide analyse van de effecten van vijf verschillende werktempo's op houding, spieractiviteit en motor variabiliteit, in tegenstelling tot eerdere studies waarin vaak slechts twee tempo's zijn geanalyseerd.

Belangrijkste conclusies van dit proefschrift

Op basis van het werk in dit proefschrift kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

1. Er is nauwelijks bewijs voor positieve effecten van meer taakvariatie. Zowel uit de literatuur als uit de uitgevoerde experimenten blijkt dat *temporele variatie*, oftewel variatie in werkrust verhoudingen (zoals pauzes), positieve effecten heeft op ervaren ongemak. Doorgaans wordt dit niet ondersteund door objectief gemeten indicatoren van spiervermoeidheid. In studies naar variatie in het type activiteit (*activatie variatie*) werd vaak geen rekening gehouden met werkintensiteit wat het niet mogelijk maakte eenduidige conclusies te trekken;
2. Additionele actieve pauzes bij een repeterende taak, in tegenstelling tot passieve pauzes, leiden tot minder ervaren ongemak. Het type pauze heeft geen invloed op spiervermoeidheid in de schouder zoals gemeten met EMG, maar de relatie tussen taakvariatie en EMG uitkomsten wordt wel beïnvloed door houding;
3. De hogere frequentie waarmee over taken wordt geroeteerd bij taakrotatie leidt tot minder ervaren ongemak, maar heeft geen significant effect op EMG indicatoren van spiervermoeidheid;
4. Autonomie in de frequentie van taakrotatie leidt tot minder ervaren ongemak. Deze bevinding wordt niet ondersteund door de resultaten van objectieve EMG maten;
5. Werken op hogere werkhoogte, leidend tot meer armheffing, leidt tot een lager maximaal acceptabel werktempo vergeleken met werken op lagere werkhoogte. Gelijktijdig met een verlaagd werktempo bij hogere werkhoogte, nemen de spieractiviteit van de schouderpijpen en het ervaren ongemak toe;
6. Een toename in het werktempo leidt tot verhoogde variatie en snelheid van armbewegingen en verhoogde spieractiviteit van de grote schouderpijp (trapezius). Bovendien leidt een toename in werktempo ook tot verhoogde variabiliteit van armbewegingen over werkcycli.

Praktische implicaties

De huidige ergonomische richtlijnen voor het beoordelen van fysieke belasting houden geen rekening met taakvariatie. Dit betekent dat we kennis over taakvariatie en doorvertaling hiervan naar ergonomische richtlijnen verder moeten ontwikkelen. Dit proefschrift draagt daaraan bij door inzicht in het effect van verschillende vormen van taakvariatie. Zoals eerder al is aangegeven, wordt taakvariatie gezien als een veelbelovende interventie. In **Hoofdstuk 7** zijn gevolgen van de verschillende interventies voor de praktijk besproken. Hierna volgt een samenvattende opsomming van enkele praktische adviezen die gebaseerd zijn op de resultaten voortvloeiend uit dit proefschrift of gebaseerd op andere relevante bronnen.

Interventies gerelateerd aan organisatorische ergonomie

- Wanneer pauzes kunnen worden aangeboden wordt geadviseerd deze actief door te brengen in plaats van passief (gewone rust);
- Taakrotatie leidt over het algemeen tot minder ervaren ongemak, maar op dit moment is er nog onvoldoende kennis om een uitspraak te doen over de meest optimale taakrotatie frequentie;
- Het is belangrijk om bij het adviseren over een geschikt werktempo, bijvoorbeeld op basis van het Methode-Tijd Meting (MTM) systeem, niet alleen afzonderlijke taakhandelingen en af te leggen afstanden mee te nemen, maar ook andere ergonomische kenmerken van de werkplek als werkhogte of bewegingsrichting;
- Het succes van taakrotatie wordt duidelijk beïnvloed door de mate van autonomie die een individu of groep heeft binnen een bedrijf.

Interventies gerelateerd aan fysieke ergonomie

- Een werkplek moet zo worden ontworpen dat werken boven schouderhoogte en werken in ongemakkelijke houdingen vermeden kan worden.

Randvoorwaarden

Het toepassen van interventies op de werkvloer om taakvariatie en de hoeveelheid autonomie van de werknemer te verhogen, wordt aanbevolen maar is niet altijd mogelijk binnen bedrijven. Er zijn bepaalde randvoorwaarden waaraan een bedrijf moet voldoen voordat het implementeren van taakvariatie of veranderingen in de mate van autonomie mogelijk zijn. Hoewel het onderzoeken naar de randvoorwaarden geen onderdeel van dit onderzoek waren, zijn ze toch opgenomen vanwege het belang ervan bij de vertaling van bovengenoemde adviezen naar de praktijk.

Een voorwaarde voor het implementeren van taakrotatie is dat het bedrijf een divers aanbod van werktaken heeft, wat inhoudt dat taken van elkaar verschillen in termen van blootstelling (krachtuitoefening, werkhoudingen en tijdsaspecten), zodat dit kan leiden tot een vermindering van eenzijdige belasting van het lichaam. Een meer algemene vereiste voor het implementeren van interventies die gericht zijn op het verhogen van taakvariatie is dat de bedrijfsbegroting voldoende ruimte biedt om werknemers een training aan te bieden en te investeren in het daadwerkelijk implementeren van de interventie. Bovendien moeten er ook voldoende tijd en ruimte beschikbaar zijn om de werknemers te trainen de diversiteit aan werktaken uit te kunnen voeren. Dit heeft als bijkomend voordeel dat werknemers elkaars taken kunnen overnemen

in geval van bijvoorbeeld ziekte. Een andere voorwaarde is dat zowel de werkgever en werknemer open moeten staan voor veranderingen in het werkproces, de werkplek inrichting of de werkorganisatie en deze bovendien accepteren. De genoemde voorwaarden zijn slechts enkele voorbeelden waaraan voldaan moet worden voordat het bedrijf kan overwegen te investeren in interventies die gericht zijn op het verhogen van taakvariatie.