



**SELLA**  
PRESSURE RELATED SEATING PRODUCTS

# Wetenschappelijk onderzoek



**Wetenschappelijk onderzoek over  
het zitten in een rolstoel, drukverdeling  
en kussens**



**Het wetenschappelijk onderzoek van dr.ir. H.A.M. Staarink dat ten grondslag ligt aan de ontwikkeling van onze producten staat centraal in dit document.**

**Achtereenvolgens zal ingegaan worden op het zitten in een rolstoel, drukverdeling en kussens. Met betrekking tot kussens zal onderscheid gemaakt worden in covers, drukverdelende media en draagconstructies.**

## Zitten in een rolstoel

Het zitten in een rolstoel brengt voor de gebruiker door de motorische functiestoornis en het gedwongen karakter ervan een aantal complicaties met zich mee. Deze complicaties kunnen voorkómen of opgelost worden door een actieve of passieve simulatie van een natuurlijk zitgedrag, gecombineerd met een optimalisatie van de zitomstandigheden.

In natuurlijk zitgedrag is er een sterke behoefte waar te nemen aan ontspanning. Dit wordt bereikt door het kiezen van een stabiele houding zodra een activiteit dat mogelijk maakt.

Een anatomisch verantwoorde stabiele houding begint bij een functionele rugleuninghoek ( $\varphi + \alpha$ ) van  $115^\circ$ , gemeten langs de romp boven het diepste punt van de lende.

De rug dient daarbij in zijn natuurlijke kromming ondersteund te worden. Dit wordt bereikt wanneer



*Figuur 1:  
Definitie  
hoeken  
zithouding*

het achterwerk voldoende ruimte krijgt.

Het alternatief voor deze houding is een stabiele houding die ontstaat wanneer de lende naar achteren uitbolt en de wervels ten opzichte van elkaar in de eindpositie komen te staan. Deze houding is ontspannend voor de spieren maar erg belastend voor de tussenwervelschijven en ligamenten van de wervelkolom. Bovendien moet in deze houding het hoofd extra worden opgericht om de blik op de horizon te richten, wat uiteraard extra spierinspanning vergt. Deze houding levert dan ook op den duur de bekende nek- en schouderklachten op. Dit is een anatomisch onverantwoorde stabiele houding.

## Zithouding versus zitondersteuning

Bij het bespreken van het fenomeen zitten kan onderscheid gemaakt worden tussen zithouding en zitondersteuning:

- een zithouding wordt bepaald door de stand van het lichaam in de ruimte en door de onderlinge stand van lichaamsdelen. Een zithouding wordt daarom gedefinieerd door hoeken (zie figuur 2);
- een zitondersteuning wordt gevormd door zitting en rugleuning, de maatvoering daarvan wordt uitgedrukt in cm.

De grootte van de krachten op een zitondersteuning worden bepaald door de houding. In een actieve houding zal de rugleuning nauwelijks belast worden, terwijl dat in een meer ontspannen houding veel meer het geval zal zijn. In die zin is een zithouding de basis van de analyse van de kwaliteit van een zitondersteuning met betrekking tot drukverdeling.

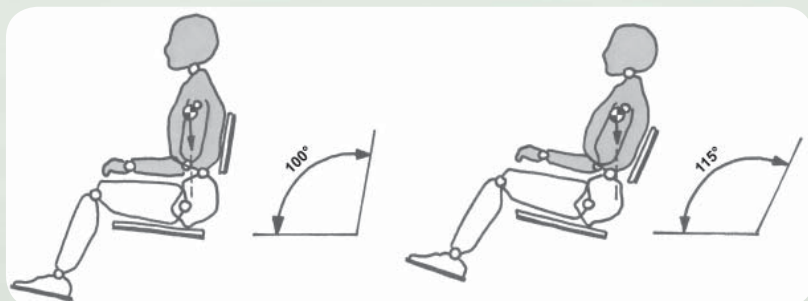
Het optimaliseren van een zitondersteuning begint daarom met het optimaliseren van een zithouding. In feite is dit dus het optimaliseren van de reactiekrachten van de ondersteuning ten gevolge van de belasting van het lichaam.

Het blijkt dat er bij bepaalde verhoudingen tussen de stand van de rugleuning: hoek ( $\varphi + \alpha$ ) en de stand van de zitting: hoek  $\alpha$  geen wrijvingskrachten op het zitvlak nodig zijn voor het krachtenevenwicht.

### Basiszithouding in een rolstoel

Het zitten in een rolstoel dient aan dezelfde 'wetmatigheden' te voldoen als waaraan een 'goede zithouding' voldoet. Ook dient het maximaal 'comfort' te bieden, omdat vaak waarschuwingmechanismen voor overbelasting bij rolstoelgebruikers ontbreken. De basiszithouding in een rolstoel kan dan ook niet anders zijn dan een anatomisch verantwoorde stabiele zithouding met een functionele rugleuninghoek: hoek  $(\varphi + \alpha) > 115^\circ$ , een zithoek: hoek  $\alpha$ , de hoek tussen de functionele deel van de rugleuning en de belaste zitting, van ca.  $103^\circ$  en met een individuele ondersteuning van de rug. Dat betekent dat de rugondersteuning voldoende ruimte moet bieden aan het achterwerk en instelbaar is ten opzichte van het diepste punt van de lende.

Biedt het rolstoelconcept maar één zithouding dan



Figuur 2: Een niet-stabiele, dus actieve zithouding, en een anatomisch verantwoorde stabiele zithouding bij respectievelijk een hoek  $(\varphi + \alpha) = 100^\circ$  en een hoek  $(\varphi + \alpha) = 115^\circ$

moet de anatomisch verantwoorde basishouding gezien worden als een compromis tussen een optimale transferhouding met een zittinghoek: hoek  $\varphi$  van  $0^\circ$  en een gemiddelde individuele voorkeurs houding met een hoek  $(\varphi + \alpha)$  van ca.  $123^\circ$ .

Rolstoelen die door de gebruiker versteld kunnen worden dienen minimaal het gebruiksgebied van een transferhouding tot een ontspannen voorkeurs houding te overbruggen. Hierbij is de grootte van hoek  $\varphi$  afgestemd op de stabiele houding dus hoek  $\alpha$  is  $103^\circ - 105^\circ$ . Door de houding steeds aan te passen aan de activiteit die men wil doen, ontstaat de

noodzakelijke dynamiek die preventief werkt op het ontstaan van decubitus. Het lichaam is immers niet ingericht op een langdurige statische belasting. Het is zowel fysiologisch als neurofysiologisch afhankelijk van beweging. Beweging betekent afwisseling van de belasting. Beweging is ook noodzakelijk voor een al dan niet bewuste gewaarwording en andersom is gewaarwording afhankelijk van beweging.

Neurofysiologisch is de stand van het hoofd in balans op de romp met de ontspannen blik gericht op de horizon de referentiehouding voor alle handelingen. Vanuit deze stand van het hoofd wordt het lichaam bij activiteiten het nauwkeurigst aangestuurd. Het kenmerk van de ontspannen voorkeurs houding is de stand van het hoofd in balans op de romp. De ontspannen voorkeurs houding met een hoek  $(\varphi + \alpha)$  van

gemiddeld  $123^\circ$  is dan ook de basishouding voor rolstoelgebruikers met een beschadigd waarnemingssysteem en/of een beschadigd besturingssysteem. Vanuit deze houding kan de noodzakelijke beweging of kunnen de (kleine) houdingsveranderingen actief dan wel passief gerealiseerd worden. De drukverdelende eigenschappen van ondersteuningselementen spelen een rol in de manier waarop de reactiekrachten aan het zitvlak worden doorgegeven.

Wrijvingskrachten in het zitvlak dienen door een goede zithouding, een goede

verhouding tussen zittinghoek: hoek  $\varphi$  en heuphoek: hoek  $\alpha$  te worden vermeden.

Het zoveel mogelijk verminderen van de belasting van de gebieden rondom de tubera is de essentie van een goede drukverdeling en werkt preventief op het ontstaan van decubitus.



## Drukverdeling

Het menselijke achterwerk bestaat uit een bekken, omgeven met weke delen en afgesloten met huid. Het gewicht van het bovenlichaam wordt via de wervelkolom het bekken ingeleid, die de belasting via de weke massa en de huid aan het kussen doorgeeft. De huid heeft de functie de weke massa bij elkaar te houden. De weke delen en de huid werken ten opzichte van het bekken als een drukverdelend medium.

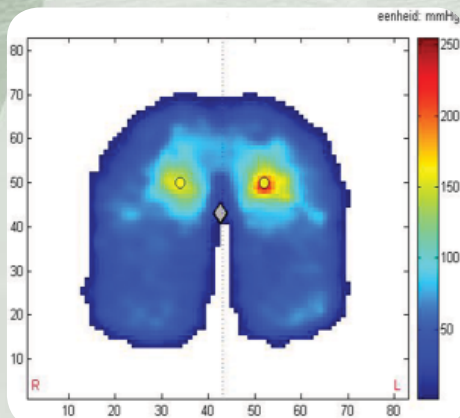
Ieder achterwerk heeft zijn eigen specifieke drukverdelend vermogen. Dit vermogen is afhankelijk van de hoeveelheid weke delen in dikte en omvang.

De drukverdeling ervan is het meest optimaal, wanneer de vorm van het achterwerk onder belasting in stand blijft.

### Zitbelasting

De zitting reageert op de zitbelasting met een reactiekracht die even groot is als het gewicht van het bovenlichaam. Deze reactiekracht is de belasting op het achterwerk.

Deze belasting blijkt niet gelijkmatig over het achterwerk verdeeld te worden. In figuur 1 is een algemeen patroon van deze verdeling over het achterwerk opgenomen, zoals deze tussen het achterwerk en de zitting kan worden gemeten. Dit is de zogenaamde 'interface pressure'.



*Figuur 3: Een typisch patroon van drukverdeling over het achterwerk waarbij de interface pressure onder de zitbeenknobbels het hoogst is en naar buiten toe afloopt.*

Dit patroon is kenmerkend en wordt in alle onderzoeken gevonden. De hoogste druk wordt steeds waargenomen onder de zitbeenknobbels. Dat is ook het gebied waar zich over het algemeen de meeste problemen zich voordoen.

Onder het drukverdelend vermogen van een kussen moet dan ook de eigenschap begrepen worden om de druk onder de zitbeenknobbels zo laag mogelijk te krijgen. De zitbeenknobbels dienen te worden ontlast. Omdat de totale zitbelasting in een zelfde houding gelijk blijft, moeten de gebieden rondom de tubera - iets - meer belasting opnemen: de druk wordt 'verdeeld' ten gunste van de druk onder de tubera.

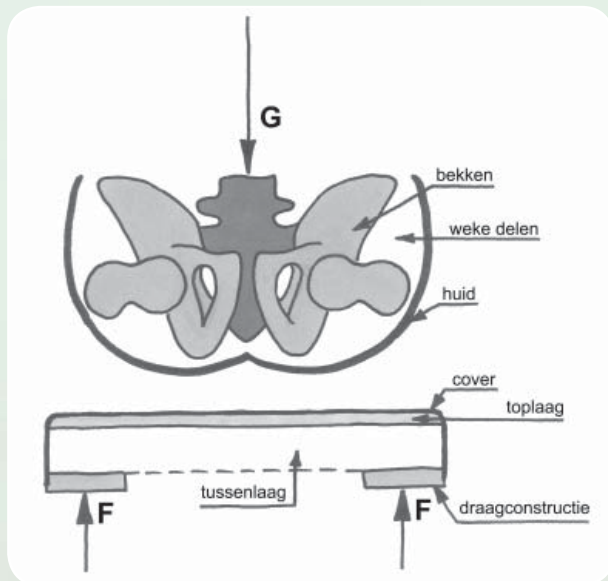
### Factoren die drukverdelende werking van een kussen bepalen

De drukverdelende werking van een goed kussen is erop gebaseerd de vorm van het achterwerk onder belasting in stand te houden. Het eigen drukverdelend vermogen van het achterwerk is dan namelijk het hoogst.

Het kussen dient de vorm van het achterwerk aan te nemen, zonder dat de vervorming van het kussen leidt tot hoge reactiekrachten. De vorm van de draagconstructie en de eigenschappen van het drukverdelend medium zijn hierin bepalende factoren. Het blijkt dat hoe gemakkelijker (met minder weerstand) een kussen zich aanpast aan de vorm van het achterwerk, des te beter de drukverdeling is.

De vorm van de draagconstructie bepaalt de mate waarin het drukverdelend medium moet worden vervormd om de vorm van het achterwerk aan te nemen. Hoe meer die vorm (onder belasting) lijkt op de vorm van het achterwerk, des te minder hoeft het drukverdelend medium te vervormen en des te beter is over het algemeen de drukverdeling. Zo geeft een laag schuim op een hangmat over het algemeen een beter resultaat dan hetzelfde schuim op een vlakke plank. De vervorming van schuim geeft immers een reactiekracht, die groter is naarmate de vervorming, i.c. indrukking groter is.

In concrete toepassingen blijkt de relatieve vervorming van belang.



Figuur 4: Structuur van achterwerk en kussens in een frontale doorsnede bij de zitbeenknobbels:  $G=2 \cdot F$

Er is een principieel verschil in de werking van schuim en de werking van lucht- of vloeistof gevulde kussens. De vervorming van schuim geeft een reactiekracht, die groter is naarmate de vervorming groter is. De reactiekracht van lucht- of vloeistofgevlude kussens daarentegen hangt uitsluitend af van het belaste oppervlak, dat onder belasting ontstaat.

De eigenschappen van de cover of van het omhulsel, in geval van lucht- of vloeistof gevulde kussens, kunnen de drukverdeling negatief beïnvloeden. Dit komt doordat ze onder belasting in samenwerking met het drukverdelend medium een trekspanning in het belaste oppervlak teweeg kunnen brengen. Die trekspanning staat een volledige conformiteit in de weg. Er is een positief verband tussen de lucht- of hydrostatische druk in het systeem en de genoemde trekspanning. De trekspanning in het belaste oppervlak kan positief beïnvloed en gereduceerd worden door het oppervlak in kleine oppervlaktes op te delen.

De drukverdelende werking van een willekeurig kussen is in principe te analyseren en te begrijpen aan de hand van de beantwoording van de volgende vier vragen:

- In welke mate draagt de draagconstructie bij aan de conformiteit met de vorm van het achterwerk? Met andere woorden, in welke mate zal het drukverdelend medium ingedrukt worden, of - in geval van schuim - welke relatieve indrukking zal er ontstaan?;
- Hoe is het verband tussen indrukking en reactiekracht van het toegepaste drukverdelend medium?;
- In welke mate ontstaat er een (ongewenste) trekspanning in het belaste oppervlak als geheel en wat is de invloed van de cover op dit fenomeen?;
- Staat het drukverdelende principe toe ter plekke van de tubera de reactiekrachten te verminderen?

De in de praktijk gemeten interface pressure onder de tubera is ongeveer de helft van de inwendige druk die onder de zitbeenknobbel gemeten wordt. De hoogte van de interface pressure kan dan ook niet vergeleken worden met de capillaire druk in de vaten.

Naast de drukverdelingskwaliteit zijn goede vocht- en warmteregulerende eigenschappen van het kussen belangrijke comfortbepalende eigenschappen. Ook deze hebben, indien in voldoende mate aanwezig, mede een preventieve werking op het ontstaan van decubitus.



## Kussens: covers, drukverdelende media en draagconstructies

Om de drukverdelende werking van kussens te kunnen manipuleren dient de opbouw en werking van de verschillende typen kussens begrepen te worden.

Een kussen bestaat altijd uit:

- een draagconstructie die het zitgewicht doorleidt naar het frame;
- een drukverdelende laag;
- meestal voorzien van een zachte toplaag;
- afgedekt door een cover.

Er zijn verschillende typen drukverdelende media:

- schuim, in diverse dichtheden (kg/m<sup>3</sup>) en hardheden c.q. stramheden;
- gerubberiseerd haar/natuurlijke vezels, in diverse dichtheden (kg/m<sup>3</sup>) en hardheden;
- lucht, in diverse constructies;
- vloeibare gel, in diverse constructies of combinaties;
- niet-vloeibare gel (blijkt nauwelijks drukverdelend te werken);
- combinaties van deze: bijvoorbeeld schuim en vloeibare gel.

Wanneer de draagconstructie onder belasting de vorm van een achterwerk heeft of krijgt, betekent dit dat het drukverdelend medium dat daar bovenop ligt weinig hoeft te vervormen om de vorm van het achterwerk aan te nemen.

Bij gebruik van schuim en gerubberiseerd haar als drukverdelend medium levert dit een spectaculaire verbetering van de drukverdeling op ten opzichte van hetzelfde materiaal op een vlakke plank.

Een zachte toplaag kan worden toegevoegd om de oppervlakte zachtheid te verbeteren en eventueel een rol te laten spelen in vocht- en warmteregulatie.

De cover dient glad, zacht en rekbaar te zijn omdat anders de kwaliteit van drukverdeling negatief wordt beïnvloed. Er wordt dan namelijk een extra horizontaal verband in het kussen geïntroduceerd, bekend als het 'hangmateffect'.

De kwaliteit van de cover is ook mede van invloed op de grootte van de oppervlakte zachtheid. Kleding die dubbel zit moet in het kussen verdwijnen en niet in de huid!

### Eigenschappen van schuim

Schuim gedraagt zich in principe als een drukveer: hoe groter de indrukking (lees: vervorming) des te groter de reactiekracht. Bij deze vervorming zit niet alleen een verticale component maar ook een horizontale.

Verticale insnijdingen verbreken het horizontale verband waardoor het kussen daar ter plekke zachter wordt. Dit kan strategisch op daarvoor in aanmerking komende plekken, zoals bij de tubera, worden toegepast.

Een bijzondere toepassing van schuim zijn de zogenaamde 'custom contoured seats'. Deze moeten dan wel gemaakt zijn vanuit een 'custom contoured' draagconstructie en de positionering van het achterwerk op het kussen moet niet al te kritisch zijn. Bij het maken van de meeste bestaande custom contoured seats wordt eerst een afdruk van het achterwerk gemaakt. Daarna wordt dit in schuim gefreesd met een vlakke plank als draagconstructie.

Vanuit de eigenschappen van het schuim gezien is deze benadering verre van optimaal. Beter is een 'custom contoured' draagconstructie te vervaardigen en deze te voorzien van een laag vrij zacht schuim. Ook individuele rugondersteuning worden vaak gefreesd uit een blok schuim. Deze benadering levert ook in esthetisch opzicht geen fraaie ondersteuning op.

### **Eigenschappen van gerubberiseerd haar en kokosvezels**

Gerubberiseerd haar of kokosvezels hebben vergelijkbare eigenschappen als schuim, afhankelijk van dichtheid en stramheid. In ieder geval zit ook in dit materiaal een duidelijke horizontale component in de reactiekracht van de zitbelasting. Ook hier heeft de draagconstructie grote invloed op de grootte van de noodzakelijke vervorming.

Mits afgedekt met een vochtdoorlatende cover heeft dit type drukverdelend medium uitstekende vocht- en warmte regulerende eigenschappen. Aspecten die zeer belangrijk zijn voor comfortbeleving en voor de preventie van decubitus.

### **Eigenschappen van lucht, water en vloeibare gel**

De drukverdelende werking van lucht-, water- en vloeibare gelkussens is op hetzelfde principe gebaseerd. Het drukverdelend medium zit noodzakelijkerwijs opgesloten in een omhulsel. Het kost weinig kracht om het drukverdelend medium in het omhulsel te vervormen.

Er ontstaat een evenwicht zodra de druk van de vloeistof of lucht in het omhulsel even groot is als de gemiddelde druk op het belaste oppervlak.

Als gevolg van de lucht of hydrostatische druk ontstaat er in principe een onwenselijke trekspanning in het omhulsel. Dit probleem wordt opgelost door het oppervlak te verdelen in zeer veel afzonderlijke componenten die met elkaar verbonden zijn, vergelijkbaar met het insnijden van schuimkussens. Dit is het principe van het bekende Roho kussen.

Door hun principe bieden deze kussens geen zijdelinkse zitstabiliteit, tenzij er een linker- en rechtercompartiment gecreëerd is die van elkaar kunnen worden afgesloten. Men moet tijdens dat afsluiten wel 'goed' en symmetrisch zitten en dit steeds weer na iedere transfer herhalen. Dit blijkt in de praktijk nauwelijks gedaan te worden.

De druk die in dit soort systemen ontstaat, ligt in de orde grootte van 35 mmHg. Een vergelijkbare waarde is vaak terug te vinden als de gemiddelde druk bij interface pressure metingen.

Een belangrijke variabele bij dit soort systemen is de hoeveelheid lucht die in het systeem zit. Bij teveel lucht zit men bovenop het kussen en creëert daarvoor een te klein belast oppervlak, bij te weinig lucht is er een kans dat men er doorheen zit en er van drukverdeling geen sprake is.

De toplaag die onder belasting ontstaat: een gekreukelde laag van ingedeukte rubberen zakjes, maakt interface drukmetingen met drukmeetmatten zeer lastig. Daardoor is het meetresultaat moeilijk te interpreteren.

Bestaande lucht-, water- en vloeibare gelkussens kennen geen speciale voorzieningen die de druk ter plekke van de tubera doet verlagen. Dit is wel mogelijk in kussens die schuim als drukverdelend medium hebben.

Een goed kussen is verder:

- licht van gewicht;
- gemakkelijk uit de rolstoel te nemen, weer terug te plaatsen en te fixeren;
- biedt een goede zijdelinkse stabiliteit;
- heeft oplossingen die de druk ter plekke van de tubera vermindert;
- staat een transfer gemakkelijk toe;
- heeft een cover die waterdamp doorlaat maar water niet;
- heeft een goede vocht- en warmteregulatie.

#### Meer informatie

Voor een meer uitgebreide behandeling van het zitten en drukverdeling kunt u de volgende boeken raadplegen:

Staarink, H.A.M. (2007).  
*Zo zit het! Over zitten, stoelen en rolstoelen*, Assen: Van Gorcum

Asbeck, F.W.A. van (red.). (2007).  
*Handboek dwarslaesie revalidatie*, paragraaf 18.1.1: Biomechanische en (neur) fysiologische achtergronden van het zitten, tweede herziene druk, Houten: Bohn Stafleu Van Loghum

Staarink, H.A.M. (1995).  
*Sitting posture, comfort and pressure, assessing the quality of wheelchair cushions*, Proefschrift, Delft University Press