

MOGELIJKHEDEN VOOR HET ONTWIKKELEN VAN EEN LETSELVOORSPELEND MODEL

R-87-34

Ir. T. Heijer, V. Kars & G.C. Ederveen

Leidschendam, 1987

Stichting Wetenschappelijk Onderzoek Verkeersveiligheid SWOV



## INHOUD

### Voorwoord

1. Inleiding
2. Probleemanalyse
  - 2.1. Status quo
  - 2.2. Aanpak van het onderzoek
  - 2.3. Nadere overwegingen
3. Deelfase 1: Relatie tussen mechanisch geweld en letselernst
  - 3.1. Indelingen
  - 3.2. Werkwijze
4. Resultaten
  - 4.1. ISS-gebied Hoofd en hals: Hersen- en schedelletsel
  - 4.2. ISS-gebied Thorax en skelet: Thorax- en wervelkolomletsels  
(A. Thoraxletsels door stompe belasting; B. Thoraxletsels bij auto-  
gordelgebruik; C. Letsels van de wervelkolom (bij autogordelgebruik)
  - 4.3. ISS-gebied Buik en bekken: Interne letsels
  - 4.4. ISS-gebied Extremititeiten en benign bekken  
(A. Lateraal bekkenletsel; B. Dijbeenbotbreuk bij axiale belasting)
5. Deelfase 2: Berekenen van een gegeneraliseerde voorspelling
6. Deelfase 3: Berekenen van het mechanisch geweld
7. Deelfase 4: Bepalen van een representatieve steekproef
8. Conclusies en verdere voortgang

### Appendices

- Appendix IA. Hersenletsel
- Appendix IB. Breukletsel voorhoofdsbeen
- Appendix IC. Breukletsel zijkant schedel
- Appendix IIA. Thoraxletsels door stomp geweld
- Appendix IIB. Thoraxletsels bij autogordelgebruik
- Appendix IIC. Letsels van de wervelkolom (bij autogordelgebruik)

- Appendix IIIA. Buik- en bekkenletsel: Interne letsels
- Appendix IIIB. Lateraal bekkenletsel
- Appendix IIIC. Dijbeenbotbreuk bij axiale belasting

Literatuur

## VOORWOORD

Het project, waarvan dit rapport verslag doet, is opgezet met de intentie om de interpretatie van gesimuleerde verkeersongevallen te verbeteren door die simulatie uit te breiden met een "letselvoorspeller" die het werkelijke gevaar voor betrokken personen aangeeft.

De tot op dat moment bestaande letselcriteria voldeden niet goed of ontbraken geheel voor een aantal belangrijke letsels.

Het gevoel bestond dat de gegevens van een groot aantal biomechanische experimenten uit verschillende bronnen samengevoegd konden worden tot een voldoende groot aantal om met behulp van meer geavanceerde analysetechnieken tot beter bruikbare of nieuwe criteria te geraken. Dit doel is niet bereikt doordat met name de kwaliteit van de gegevens sterk te wensen over laat en combinatie vaak onmogelijk maakt.

Desondanks is het een lang project geworden, waarin grote hoeveelheden gegevens zijn verzameld, geanalyseerd en verwerkt tot de best mogelijke letselindicatoren. Voor het tot stand komen van dit uiteindelijke rapport is dan ook de medewerking van mijn co-auteurs, ing. V. Kars, die het leeuwedeel van de analyses verzorgde en G.C. Ederveen, die redactionele orde schiep in de chaos van deelrapporten, onontbeerlijk geweest.

Verder gaat mijn dank uit naar dr.ir. J.S.H.M. Wismans en ir. E.G. Janssen van het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO die een veelheid van literatuurgegevens samenbrachten in hanteerbare overzichten.

Ir. T. Heijer

## 1. INLEIDING

In het onderzoek omtrent de botsingsfase van verkeersongevallen wordt in toenemende mate gebruik gemaakt van modellen van de mens, het voertuig en de omgeving. Deze modellen kunnen zowel fysieke modellen (poppen, proef-sleden, proefvoertuigen en op een botsbaan) zijn als computerprogramma's; in beide gevallen probeert men door nabootsen van ongevallen inzicht te verkrijgen in de toedracht van botsprocessen, en vooral ook in die processen die tot min of meer ernstige verwondingen van de betrokkenen leiden. Ook wil men de resultaten generaliseren, vooral met betrekking tot alle verkeersdeelnemers die aan dergelijke ongevallen blootstaan. De huidige fysische en mathematische modeltechnieken, zoals de bij de SWOV beschikbare programma's VEDYAC en MADYMO, zijn echter grotendeels beperkt tot het berekenen van mechanische grootheden, dat wil zeggen dat er niet of nauwelijks directe indicaties van letsels worden verkregen maar slechts indicaties van de grootte en aard van het mechanisch geweld dat verwondingen tot gevolg kan hebben. Het zo goed mogelijk voorspellen van verwondingspatronen levert een veel betere basis voor het bepalen van het werkelijke gevaar van bepaalde botsomstandigheden dan die geweldsindicatoren en is daarom meer "beleidsrelevant"; daarom is er nog een "modelstap" nodig om de resultaten van bestaande modeltechnieken te vertalen in letselpatronen. Dit rapport heeft betrekking op een onderzoek dat in de eerste plaats gericht is op het beschrijven van randvoorwaarden en mogelijkheden voor zo'n letselvoorspellend model en verder tot doel heeft bestaande gegevens onder te brengen in een computerprogramma dat aansluit op de op dit moment beschikbare mathematische modellen.

## 2. PROBLEEMANALYSE

### 2.1. Status quo

In de laatste decennia is de belangstelling voor letselmechanica gestadig gegroeid, hetgeen tot uiting komt in meer en duurder onderzoek en groeiende internationale samenwerking. De doelstellingen van de onderzoekingen zijn echter vaak nog beperkt: men concentreert zich op een gering aantal letseltypen en bovendien streeft men meestal naar het formuleren van een simpel criterium voor die letsels. Inmiddels is in de praktijk gebleken dat dergelijke eenvoudige criteria niet voldoen; ze zijn te eenvoudig om met de blijkbaar grote individuele spreiding op bevredigende wijze rekening te houden. Deze spreiding kan op een aantal manieren tot stand komen:

- doordat het mechanische proces dat het letsel teweeg brengt verkeerd of onvolledig wordt begrepen, waardoor verkeerde grootheden als basis voor een criterium worden gekozen;
- door methodische fouten bij het onderzoek in laboratoria die het samenvoegen van onderzoekgegevens bemoeilijken;
- doordat de onderzoeksobjecten (lijken, proefdieren, proefpoppen) een levende mens niet voldoende representeren;
- doordat de werkelijke interindividuele spreiding in letselgevoeligheid zo groot is dat een criterium dat alleen op mechanische grootheden en niet mede op persoonlijke parameters is gebaseerd zonder meer ongeschikt is.

In de meeste gevallen mag men aannemen dat fouten in voorspellingen aan een combinatie van deze factoren moet worden geweten. Eliminatie van de eerste drie foutenbronnen vergt gespecialiseerd onderzoek, waartoe de SWOV niet is toegerust. In dit onderzoek is getracht voorspellende algoritmen te verkrijgen die de vierde foutenbron althans ten dele elimineren.

### 2.2. Aanpak van het onderzoek

De onderscheiden fasen in dit onderzoek zijn gebaseerd op de volgende causale samenhang:

ONGEVAL ----> GEWELD ----> LETSEL ----> RISICO

De doelstelling van onderzoek is daarbij de schatting van het bij een bepaald type ongeval behorend risico, uitgedrukt als kans op een totale letselernst betrokken op de gehele populatie van verkeersdeelnemers. De aangegeven causale overgangen kunnen alle als aparte deelprocessen worden beschouwd, die ook elk een apart deelmodel vereisen. In dit onderzoek heeft nauwelijks aandacht te worden geschonken aan de eerste stap in deze keten, de processen die in een bepaald ongeval tot een zeker geweld op betrokkenen leiden, omdat daarvoor al uitgebreide modellen aanwezig zijn (de eerder genoemde MADYMO en VEDYAC), terwijl ook reconstructies met behulp van proefpoppen indicaties betreffende het geweld kunnen leveren. De aandacht is dus vooral gericht op overgang van geweld naar letsel en op de mogelijkheden om individuele letselindicaties te generaliseren.

De gegevens daarvoor zijn betrokken uit een door het Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO in opdracht van de SWOV uitgevoerde reeks literatuurstudies, waarin vooral gegevens van laboratoriumproeven en van enkele ongevalleanalyse zijn opgenomen (Janssen, 1982 a + b, 1984; Wismans, 1981 a + b, 1982) en op aanvullende literatuurstudies, die bij de SWOV zijn uitgevoerd door ing. V. Kars.

De bestudeerde literatuur omvat vrijwel alle publikaties op het gebied van laboratorium- en veldonderzoek in letselpreventie; dit bleek overigens niet zo veel te zijn dat op voorhand selecties moesten worden gemaakt. De studies zijn ingedeeld naar letseltype, waarbij is gebleken dat het aantal onderzochte typen beperkt is tot kennelijk in het verkeer vaak optredende letsels. In deze studies is overigens geen aandacht geschonken aan frequentie van letseltypen of combinaties van letseltypen in werkelijke ongevallen; dit zou een grote uitbreiding van te bestuderen literatuur vergen en bovendien pas relevant zijn bij de toetsing van een gereed model. Vooralsnog dient eerst de haalbaarheid van dit model onderzocht te worden.

Hoewel zo'n letselvoorspellend model in principe dus ook gebruikt moet kunnen worden om resultaten van tests met proefpoppen te interpreteren is deze ontwikkeling vooral gericht op aansluiting aan computermodellen die bij de SWOV aanwezig zijn, niet alleen omdat die computermodellen sneller beschikbaar zijn, maar vooral omdat het voorspellen van letsel zo goed mogelijk gegeneraliseerd moet worden; de derde stap in de causale reeks. Die generaliseerbaarheid impliceert dat alle herkenbare en meetbare bronnen van spreiding in aanmerking worden genomen; in het kader van dit onderzoek zijn die bronnen:



- verschillen in individuele letselgevoeligheid waardoor eenzelfde geweld (krachten, versnellingen, etc.) bij verschillende individuen verschillend letsel teweeg brengt;
- verschillen in bewegingspatronen die veroorzaakt worden door verschillen in afmetingen en massa en die daarmee in identieke botsomstandigheden verschillend geweld tot gevolg hebben.

Hieruit moet worden geconcludeerd dat generaliseren slechts mogelijk is op basis van een zeker aantal simulaties van verschillende individuen in overigens gelijke botsomstandigheden. Dit laatste vormt in praktijkonderzoek doorgaans een groot probleem, hetzij door gebrek aan voldoende gevarieerde proefpoppen, dan wel door de kosten van herhaalde botsproeven.

Op grond van de voorgaande overwegingen is in de modelstructuur een aantal fasen aan te geven die ook binnen het onderzoek verschillende activiteiten afbakenen :

- berekening van mechanisch geweld mede afhankelijk van parameters van het gekozen individu;
- vertaling van het geweld in een letselpatroon;
- berekening van een gegeneraliseerd resultaat op basis van een aantal individuele simulaties.

Omdat de betrokken populatie waarnaar gegeneraliseerd moet worden groot is en het mogelijke aantal simulaties beperkt, is er naast het probleem van vertaling van geweld in letsel nog een aantal problemen bijgekomen:

- het bepalen van verdelingseigenschappen van relevant geachte persoonskenmerken over de populatie;
- het bepalen van een haalbaar kleine, maar voldoende grote steekproef van individuen met verschillende eigenschappen om enerzijds herhaalde berekeningen mogelijk te maken en anderzijds generalisatie van de resultaten.

Deze activiteiten, die feitelijk deel uitmaken van de eerste twee deelfasen, hebben een dusdanige omvang dat ze als een aparte fase in het onderzoek moeten worden opgevat; het onderzoek kent daarmee in totaal vier deelfasen, die overigens niet noodzakelijk in de genoemde volgorde behoeven te worden uitgevoerd.

### 2.3. Nadere overwegingen

Het is niet realistisch te veronderstellen dat het op afzienbare termijn mogelijk zal zijn alle factoren die individuele spreiding veroorzaken te identificeren en vooral ook te kwantificeren. In dit onderzoek is er zelfs van uitgegaan dat het in het geheel niet mogelijk behoeft te zijn relevante kenmerken rechtstreeks te bepalen, maar dat in het algemeen zal moeten worden volstaan met het gebruik van zgn. proxy-variabelen: dit zijn grootheden die in het algemeen goed meetbaar zijn en waarvan kan worden verondersteld dat ze op enige wijze gecorreleerd zijn met een of meer van de oorspronkelijke (onbekende of onmeetbare) grootheden. Naast de veronderstelde gewenste correlatie kunnen deze proxy-variabelen ook een zekere mate van ongewenste onderlinge correlatie vertonen die tijdens analyses tot uiting komt, hetgeen er vaak toe leidt dat er in de resulterende algoritme proxy-variabelen uitvallen. Met dit al wordt het vrijwel onmogelijk om met zekerheid voorspellingen te doen over de aard van letselpatronen. We zullen dus letsels alleen in termen van kans op een zekere letselernst kunnen voorspellen. Daarbij kan gebruik worden gemaakt van de internationaal aanvaarde AIS (Abbreviated Injury Scale), waarmee van een groot aantal veel voorkomende letseltypen de ernst aan de hand van de symptomen is gecodeerd op een schaal van 0 (=niet gewond) tot en met 6 (=dodelijk letsel) (AAAM, 1980). Het model gebruikt deze schaal om een kansverdeling op die schaal van verschillende letseltypen te berekenen. De AIS is echter alleen een schaling voor individuele letsels en geeft geen uitsluitel over de ernst van een combinatie van (op zich niet dodelijke) letsels. Internationaal zijn er twee methoden in gebruik die iets over de totale letselernst zeggen :

- MAIS : de AIS-waarde van het hoogst scorende letsel
  - ISS : Injury Severity Scale = de som van de gekwadrateerde drie hoogste AIS-waarden in zes onderscheiden gebieden van het lichaam; de somwaarde 75 wordt daarbij als absoluut dodelijk verondersteld.
- Beide methoden zijn in de berekeningen van het model opgenomen.

Van de vier deelfasen in de modelontwikkeling is die van de vertaling van geweld naar letselernst de meest vitale, omdat onderzoek van die fase gegevens moet leveren voor alle andere fasen. In het onderzoek is hieraan dan ook tot nu toe de meeste aandacht besteed en in dit rapport zal deze fase ook het meest uitgebreid worden behandeld. Dit wil echter niet zeg-

gen dat het model bedoeld is voor het zo nauwkeurig mogelijk voorspellen van specifieke letseltypen van individuen; de nadruk blijft liggen op de uiteindelijke generalisatie tot een beeld van het risico voor een gehele populatie. De behoefte om individuele verschillen in de berekening te betrekken maakt de differentiatie naar individuen in de eerste modelstappen echter noodzakelijk. Verder zal het model maar een beperkte verscheidenheid aan letseltypen kunnen bevatten waardoor een selectie van in de praktijk meest voorkomende typen gemaakt moet worden; deze selectie beperkt de bruikbaarheid als letselvoorspeller voor individuen, maar heeft minder gevolgen voor een gegeneraliseerde voorspelling.

Naast de verdere rapportage over ontwikkelingen in de andere deelfasen zal dit rapport ook nog een prognose verschaffen in de nabije toekomst en een overzicht geven van de voorwaarden voor verdere ontwikkeling.

### 3. DEELFASE 1 : RELATIE TUSSEN MECHANISCH GEWELD EN LETSELERNST

#### 3.1. Indelingen

Als eerste indelingsprincipe om de literatuurstudie te structureren is gekozen voor een verdeling van letsels naar gebied van het lichaam, een indeling die grotendeels overeenkomt met die van de ISS :

- hoofd en hals
- thorax en skelet (met indien mogelijk betreffende interne organen)
- buik- en bekken: interne organen
- extremiteiten en benig bekken.

De letsels aan twee resterende ISS-gebieden, te weten aangezicht- en uitwendige wonden zijn enerzijds door hun grote variatie en anderzijds door hun veelal lage AIS-score voorlopig buiten beschouwing gebleven. In het model zal worden getracht voor deze ontbrekende gebieden een globale correctie aan te brengen.

Verdere indelingen van letseltypen binnen een bepaald gebied worden voornamelijk bepaald door de frequentie van voorkomen en de beschikbaarheid van documentatie. Op dit moment zijn de volgende studies verricht :

1. hersen- en schedelletsel
- 2a. letsel van de thorax (bovenlichaam) door stomp geweld
- 2b. letsel van de thorax door autogordels
- 2c. letsels van de wervelkolom
3. letsel van het onderlichaam en bekken
4. breuken van het femur (dijbeenbot) bij axiale belasting

Verder wordt er op dit moment literatuurstudie verricht naar inwendige letsels van onderlichaam en thorax en zal ook verdere studie aan letsels van extremiteiten nodig zijn.

#### 3.2. Werkwijze

Voor elk letseltype is getracht zoveel mogelijk gegevens te verkrijgen door de resultaten van verschillende onderzoeken, waarin (min of meer) dezelfde fenomenen zijn onderzocht te combineren. De gegevens worden verdeeld in vier categorieën:

- antropometrische grootheden die het letselmechanisme beïnvloeden; deze dienen vooral voor het verbeteren van het voorspellen van mechanisch geweld;
  - antropometrische (proxy)grootheden die van belang kunnen zijn voor het voorspellen van letsel;
  - mechanische grootheden die van belang kunnen zijn voor letselvoorspelling; hierin zijn ook de mechanische "geweld"grootheden ondergebracht;
  - letselgegevens, bij voorkeur uitgedrukt in een ernst op de AIS-schaal.
- De eerste categorie gegevens wordt later, in Deelfase 4 behandeld, de overige categorieën worden verder verwerkt met een aantal statistische technieken. Deze technieken zijn erop gericht de letselernstvariabelen zo goed mogelijk te voorspellen uit gewogen combinaties van antropometrische en mechanische variabelen. De maat voor de kwaliteit van de voorspelling is daarbij de bereikte verklaring (reductie) van de oorspronkelijke variantie. De toegepaste technieken leiden ertoe dat de voorspelling met zo weinig mogelijk verklarende variabelen wordt uitgevoerd, waardoor dus zo eenvoudig mogelijke mathematische relaties worden bereikt. Daarmee wordt dus in principe niet gestreefd naar causale verklaring, maar alleen naar een zo goed mogelijke voorspelling; de resultaten kunnen maar zeer zelden als fysische verklaring van het letselgebeuren worden geïnterpreteerd.

Een "letselmodule" moet, om binnen het totaalmodel toepasbaar te zijn, steeds uitmonden in een voorspelling van een kansverdeling op de AIS-schaal en dit kan met de toegepaste technieken in één of twee stappen worden bereikt:

- bij een letsel dat in meer dan één ernstklasse kan scoren wordt meestal gestreefd naar een model dat direct de kansverdeling op de AIS-schaal voorspelt;
- bij een eenvoudiger letsel (bijv. breuk) wordt vaak eerst een geweldgrens voorspeld met bijbehorend onzekerheidsgebied op grond waarvan een binaire kansverdeling op de AIS-schaal wordt bepaald (tussen AIS = 0 en AIS = n, behorend bij het letsel)

### Modelvorming

De mechanisch-deterministische modellen als VEDYAC en MADYMO geven inzicht in krachten, momenten, versnellingen en verplaatsingen (bijv. in-

drukking), zoals die tijdens het verloop van een botsing op alle gesimuleerde lichaamsdelen inwerken; tijdfuncties dus.

Deze tijdfuncties moeten vaak nog eerst worden bewerkt om als bruikbare invoerparameters voor letselmodules te kunnen dienen. Eenvoudige bewerkingen zijn het zoeken van maximale waarden of middeling over een relevant geacht tijdsinterval of het berekenen van de relatieve indrukking (ten opzichte van een lichaamsmaat). Vaak ook zijn wat meer ingewikkelde bewerkingen noodzakelijk om tot een zo goed mogelijk gestandaardiseerde vergelijkingsbasis te komen; zo wordt bijvoorbeeld soms de "sinusoidale pulsduur" berekend waarbij een grillig gevormde versnellingspiek eerst wordt genormeerd tot een "fatsoenlijke" halve sinus met vergelijkbare ijkkenmerken, voordat er een pulsduur wordt berekend die in een letselmodule wordt gebruikt. Er zijn nog meer van dit soort voorbewerkingen mogelijk die steeds vooraf moeten gaan aan de toepassing van de eigenlijke letselmodules. Hiervoor wordt de feitelijke berekeningsgang van de modelketen van een extra tussenstap voorzien.

In het algemeen wordt gezocht naar de relatie tussen een of meer gewelddrootheden en het optreden van een zeker letsel. Daarbij zal zich meestal een maximum waarde van het geweld voordoen, waarboven het letsel altijd optreedt en een minimum waarde waaronder nooit letsel ontstaat. Als het gebied tussen maximum en minimum klein is, is er geen probleem omdat een criteriumwaarde dan het minimum kan zijn. Doorgaans is het gebied echter groot waardoor een simpel criterium niet is af te leiden; we moeten dan naar middelen zoeken om de onzekerheid binnen het gebied te beschrijven. Een eenvoudige mogelijkheid in het kader van het model is aan de hand van de beschikbare gegevens een kansverdeling van het geweldscriterium waarbij letsel is aangetroffen over het onzekere gebied te berekenen en later, bij toepassing van het model, die verdeling te gebruiken om een voorspelde waarde van het geweld te vertalen in een letselkans. Het is echter beter te trachten het onzekere gebied te verkleinen; in dit geval door mogelijke relaties van antropometrische grootheden met letselgevoeligheid in de modelvorming te betrekken. Een model op die basis levert dan een voorspelling van een punt binnen het onzekere gebied met om dat punt een, hopelijk kleiner, onzekerheidsgebied. Op dit laatste gebied kan dan weer een bijbehorende kansverdeling worden berekend, het totaal resulterend in een nauwkeuriger voorspelling.

Voor de modelvorming zijn in principe verschillende analysemethoden beschikbaar die een aantal eisen stellen aan hoeveelheid en compleetheid van de gegevens. Als gevolg van de in de volgende paragraaf te behandelen problemen bleek toepassing van meer ingewikkelde technieken dan lineaire regressie meestal niet zinvol.

De kwaliteit van de voorspelling kan op verschillende wijzen worden beoordeeld :

- door de mate waarin de variantie van de oorspronkelijke gegevens wordt verklaard door het model, weergegeven in de factor  $R^2$ , met  $0 < R^2 < 1$  ; deze maat wordt door de meeste data-analyseprogramma's uitgerekend;
- door, als die maat niet beschikbaar is, de variantie van de totale dataset te vergelijken met de variantie om een voorspelde waarde; als die laatste (veel) kleiner is, is er sprake van succesvolle reductie van onzekerheid;
- door het vergelijken van de percentages correcte en afwijkende voorspellingen (met de mate van afwijking); in het bijzonder voor die gevallen waarin de AIS-waarde rechtstreeks is gemeten en wordt voorspeld kan dit een duidelijke maat zijn.

Waar mogelijk zal één van deze criteria worden gebruikt om een beeld te geven van het succes van de modelpogingen.

#### Problemen bij dataverzameling

Er dient met nadruk op te worden gewezen dat het begrip "kwaliteit van de voorspelling" in dit gehele onderzoek zeer betrekkelijk is gebleken, voornamelijk omdat de hoeveelheid van middels de literatuur beschikbare steekproeven per letseltype vrijwel altijd gering is. De steekproef is daardoor zelden of nooit representatief, waardoor rekening moet worden gehouden met aanzienlijke afwijkingen ten opzichte van de werkelijkheid. Dit wordt veroorzaakt door een reeks van factoren:

- de hoge kosten van de laboratoriumproeven beperken het aantal;
- de meet- en registratiemethodieken verschillen aanzienlijk per onderzoeker en maken samenvoegen van gegevens vaak erg moeilijk;
- het gebruik van menselijke lijken voor beproeving is zeer vanwege (begrijpelijke) ethische problemen beperkt.

Daarbij draagt ook nog een aantal andere, hierna te behandelen, factoren bij tot de onzekerheid van de voorspellingen; men moet echter bedenken

dat er op basis van de uit de literatuur beschikbare gegevens geen beter resultaat te verwachten valt.

### Problemen bij de analyse

Bij de analyse van de verschillende letseltypen is steeds getracht tenminste vier antropometrische variabelen als proxy-variabelen in de analyse te betrekken: leeftijd, massa (gewicht), lengte en geslacht. In enkele gevallen kunnen nog meer van dergelijke parameters in de beschouwing worden betrokken, maar voorwaarde daarbij is dan dat ze eenvoudig meetbaar (en daardoor meestal beschikbaar) zijn. Zo is het bijvoorbeeld wel mogelijk dat bij thoraxverwondingen de parameter "borstdiepte" wordt meegenomen in de analyse, omdat die maat redelijk frequent gemeten is, terwijl voor de analyses waardevolle variabelen als mineralisatiegraad van botten noodgedwongen moet worden weggelaten omdat daar (nog) geen generaliseerbare gegevens over bestaan. Ook de kleine hoeveelheid gegevens staat generalisatie in de weg en heeft bovendien vaak tot gevolg dat het introduceren van meer dan één à twee antropometrische variabelen geen zin heeft, omdat het invoeren van meer parameters betekent dat het aantal mogelijke combinaties toeneemt en er onvoldoende gegevens zijn om die combinaties te beschrijven. Een gevolg van een en ander is vaak dat de bij de analyses gevonden voorspellende algoritmes misleidend hoge correlaties laten zien, die echter bij toepassing van zogenaamde bootstraptechnieken "door de mand vallen"; dit betekent in het algemeen dat de voorspellingen zeer sterk afhankelijk zijn van de samenstelling van de data en dat toevoegen of weglaten van enkele "meetpunten" de resultaten onevenredig sterk beïnvloedt. De algoritmes voorspellen de relaties binnen de gevonden gegevens dus vaak goed, maar extra- of interpolatie of generalisatie naar andere steekproeven is riskant. Nog een probleem dat vooral generalisatie in de weg staat, betreft de leeftijd van de beproefde menselijke lijken; leeftijden boven ca. 55 jaar zijn (uiteraard) sterk oververtegenwoordigd. De problemen zijn al met al vaak dermate groot dat extra- en interpolatie slechts met veel voorbehoud mogelijk is; het is echter onmogelijk om op een betere wijze tot duidelijker interpretatie van de botsingsmodellen te komen.



#### 4. RESULTATEN

Er zijn een aantal letseltypen waarvoor een (enigszins) bruikbaar voorspellend algoritme kon worden afgeleid: breuken van het voorhoofdsbeen en breuken van de zijkant van de schedel, thoraxverwondingen en femurbreuken onder axiale belasting. Voor het belangrijke hersenletsel zijn de resultaten nog veel minder bevredigend. Er zal hier worden volstaan met een samenvatting van de belangrijkste resultaten per studiegebied; de volledige analyseverslagen zijn opgenomen als Appendix I t/m VI.

##### 4.1. ISS-gebied Hoofd en hals: Hersen- en schedelletsel

Letsels aan hoofd en/of hals komen in het verkeer veelvuldig voor en zijn vaak ook ernstige letsels. Om die reden is er in de studie aandacht geschonken aan verschillende soorten letsel van het hoofd; hersenletsel en letsels van de benige structuren zijn apart beschouwd. Ondanks het belang van deze verwondingen bleek de hoeveelheid bruikbare gegevens echter verbazend klein te zijn; er is zelfs te weinig documentatie gevonden om ook letsels van de hals als aparte categorie op te nemen. Van het belangrijkste soort letsel, hersenletsel, blijkt een goede analyse onmogelijk te zijn om verschillende redenen:

- te weinig inzicht in de causale mechanismen waardoor waarschijnlijk relevante gegevens ontbreken;
- waarschijnlijk grote verscheidenheid aan mechanische oorzaken van een bepaald letsel;
- onmogelijkheid om gegevens uit verschillende bron te combineren (zie verder Appendix IA: Hersenletsel).

Om toch enigszins een indruk te verkrijgen van de mogelijke ernst van hoofdverwondingen blijven alleen de breukletsels over; daarbij is toch nog aan te geven dat, wanneer er breuk optreedt, er vrijwel altijd (80%) sprake is van matig hersenletsel (contusio cerebri) (zie verder Appendix IB: Breukletsel voorhoofdsbeen; Appendix IC: Breukletsel zijkant schedel).

Het resulterende algoritme voor breuken van het voorhoofdsbeen is :

$$F_{\text{breuk}} = 9562,62 - 1281,23 \cdot S - 30,31 \cdot L$$

en het algoritme voor breuken van de zijkant van de schedel:

$$F_{\text{breuk}} = 7037 - 482,93 \cdot S - 44,58 \cdot L$$

Hierin is Fbreuk de voorspelde breukkracht in Newton, S=1 voor mannen en S=2 voor vrouwen, L is de leeftijd in jaren.

Uit deze voorspelde breukkracht kan, te zamen met de verdelingseigenschappen om dit voorspelde gemiddelde en de werkelijk optredende kracht, een kans op breuk worden berekend; de daarbij behorende AIS-waarde varieert dan van 0 (= geen kans op breuk), tot 3 (=grote kans op volledige breuk).

Kwaliteit van de benaderingen :

breuk voorhoofdsbeen : verklaarde variantie = 0,124

breuk zijkant schedel: verklaarde variantie = 0,100

#### 4.2. ISS-gebied Thorax en skelet: Thorax- en wervelkolomletsels

In deze categorie zijn de volgende studies verricht :

- A. thoraxletsels door stomp geweld (zie Appendix IIA);
- B. thoraxletsels bij autogordelgebruik (zie Appendix IIB);
- C. letsels van de wervelkolom (bij autogordelgebruik) (Appendix IIC).

##### A. Thoraxletsels door stompe belasting

Deze letselvorm komt in de praktijk vaak voor als voertuiginzittenden die geen gordel dragen met interieur delen in aanraking komen. Er zijn daarom relatief veel onderzoeken aan gewijd, hoewel het totale aantal proeven tegenvalt. Daarbij komt weer dat er verschillende onderzoekstechnieken zijn toegepast en dat ook de geregistreerde kenmerken nogal uiteenlopen. Het gevolg hiervan is weer dat de gegevens uit de verschillende bronnen zich nauwelijks laten combineren, waardoor van het oorspronkelijke aantal van 58 proeven er slechts 24 bruikbare analysegevallen overblijven. Daarvan blijken er slechts 4 op vrouwen betrekking te hebben, zodat ook de differentiatie naar geslacht moet vervallen waardoor de conclusies zich tot 20 gevallen beperkt.

Het voorspellend algoritme dat op grond van deze gegevens kan worden vastgesteld is:

$$\text{AIS} = \text{RND}(18,70043 * \text{P.rel.} + 0,02709 * \text{L} - 5,454925)$$

waarin P.rel. de relatieve indrukking van de thorax voorstelt en L de leeftijd; RND( ) betekent dat het resultaat op een geheel getal moet worden afgerond.

De kwaliteit van dit algoritme binnen de set gegevens is redelijk : 40% juiste voorspelling, 45% afwijking van 1 schaalpunt, 15% afwijking van 2 punten. Het kan zijn dat de relatieve indrukking van de thorax lastig te berekenen is, omdat bijv. een goede kracht/deflectie karakteristiek per individu niet beschikbaar is; in dat geval kan gebruik worden gemaakt van een iets slechter algoritme waarin de relatieve kinetische energie van de botsende lichamen is opgenomen alsmede de diepte van de thorax:

$$\text{AIS} = \text{RND}(0,004404425 * E + 0,04545231 * L - 0,01175171 * D + 0,6033236)$$

met E = kinetische energie, L = leeftijd en D = diepte in mm.

#### B. Thoraxletsels bij autogordelgebruik

De gegevens voor dit type letsel zijn, in tegenstelling tot de meeste andere, voornamelijk afkomstig van ongevalsonderzoek. Daarbij zijn die gevallen geselecteerd waarbij in de gordel een speciale voorziening is opgenomen die de maximale gordelkracht op een zekere waarde limiteert. Het onderzoek heeft relatief veel bruikbare gevallen (91) opgeleverd, meer dan in de meeste andere studies. Desondanks zijn de gegevens slecht te analyseren omdat bij het grootste deel van de gevallen van geen of slechts licht letsel sprake is; het afleiden van een algoritme is daarmee niet zinvol en in dit geval moet dan ook worden volstaan met een eenvoudig maximum-krachtcriterium, waarbij bijv. de 95-percentielwaarde van de gordelkrachtverdeling als grens wordt genomen. Deze grenswaarde is in dit geval ca. 7000 N. Daarbij wordt dan verondersteld dat tot deze grens een maximum ASI-waarde van 1 wordt bereikt, terwijl boven de grenswaarde een AIS-waarde van 2 of maximaal 3 mogelijk is. Uit de betreffende gegevens is niet af te leiden bij welke waarden van de kracht nog hogere AIS-waarden kunnen optreden. Bij zeer hoge gordelkrachten, waarbij dan meestal ook zeer hoge versnellingen behoren, zal zeker ernstiger letsel optreden; dit letsel is dan echter meestal vooral intern letsel, waardoor de functie van deze voorspeller feitelijk wordt "overgenomen" door die voor inwendig letsel.

#### C. Letsels van de wervelkolom (bij autogordelgebruik)

Dit letsel is als "bijproduct" van onderzoeken naar thorax en abdominaal letsel vaak meevermeld en is daarom ook hier opgenomen. Ondanks het karakter van bijproduct zijn er toch vrij veel gegevens beschikbaar,

waarbij zich wel weer de gebruikelijke problemen met combinatie van bronnen voordoen. Ook in dit geval blijkt een voorspellend algoritme mogelijk te zijn dat rechtstreeks de letselernst in AIS voorspelt met een matig tot redelijk resultaat. De geweldsparameter is in dit geval de slede- (=voertuig)vertraging, terwijl de hoogst correlerende antropometrische variabelen gewicht en geslacht blijken te zijn. Het algoritme ziet er uit als volgt:

$$\text{AIS} = 0,229226838 * A + 0,05891706 * G + 1,22764116 * S - 7,54996932$$

met A = vertraging in G, S = het geslacht: S = 1 voor mannen, S = 2 voor vrouwen.

De kwaliteit van de voorspelling kan worden afgeleid uit de waarde van de verklaarde variantie  $R^2 = 0,45$  (matig).

#### 4.3. ISS-gebied Buik en bekken: Interne letsels

Het onderzoek naar interne letsels is zo mogelijk nog minder samenhangend dan dat betreffende de overige letsels (zie ook Appendix III). Met name is het moeilijk om tot een goede identificatie te komen van werkelijk relevante geweldsgrootheden; uiteindelijk is van alle grootheden alleen de gemiddelde vertraging van het lichaam overgebleven. Op zich is dit laatste goed te begrijpen: omdat veel belangrijke organen een relatief grote massa hebben en tamelijk week van structuur zijn kunnen grote vertragingen, en dus grote massatraagheidskrachten, snel tot rupturen leiden. De meest haalbare voorspelling blijkt dan ook een tabel te zijn waarin de relatie tussen AIS-waarde en gemiddelde vertraging wordt weergegeven:

AIS	dA (in G)
0	0-12
1	13-17
2	18-23
3	24-28
4	29-33
5	>=34

In dit geval kan door het globale karakter van de gegevens, geen goede indicatie van de kwaliteit van de voorspelling worden gegeven.

#### 4.4. ISS-gebied Extremititeiten en benig bekken

Tot op heden zijn hierin twee overzichten van studies opgenomen betreffende:

A. lateraal bekkenletsel (zie Appendix IVA)

B. dijbeenbotbreuk bij axiale belasting (zie Appendix IVB)

Overige extremititeiten en/of belastingsvormen moeten nog aan de orde komen.

##### A. Lateraal bekkenletsel

De beschikbare gegevens zijn van (alweer) verschillend gearde onderzoeken afkomstig en betreffen slechts kleine groepjes. De variatie in geregistreerde antropometrische kenmerken als leeftijd is klein, waardoor slechts een minimaal criterium kan worden afgeleid. Dit criterium berekent de maximaal verdraagbare zijdelingse kracht op het bekken als functie van de het lichaamsgewicht:

$$F_{\max} = 128,890 \cdot G - 392,518 \dots (\text{Newton}).$$

Gegevens over de betrouwbaarheid van het criterium ontbreken.

##### B. Dijbeenbotbreuk bij axiale belasting

Deze vorm van letsel komt voor in frontale aanrijdingen van auto's waarbij inzittenden met de knieën tegen het voertuiginterieur (dashboard) worden gedrukt. Bij het voorspellen van breuk onder deze belasting blijkt behalve antropometrische variabelen ook de belastingsduur aanmerkelijke predictieve waarde te hebben. Deze belastingsduur wordt voorgesteld door de zgn. sinusoidale pulsduur, d.w.z. dat het oorspronkelijk gemeten min of meer pulsvormige verloop van de belastingskracht zo goed mogelijk wordt benaderd door een halve sinus; de breedte van deze sinusvormige puls is de maat voor de pulsduur.

Als PPD deze maat voorstelt, G de massa van de betrokkene en L de lengte, dat kan de volgende relatie worden bepaald:

$$F_{\text{breuk}} = -0,35 \cdot \text{PPD} + 0,16 \cdot G + 0,14 \cdot L - 18,09 \dots (\text{KiloNewton}),$$

waarbij de verklaarde variantie  $R^2 = 0,5$  is. Hierbij moet worden aangekend dat de belastingsduur PPD tussen 3 en 20 ms moet liggen.

## 5. DEELFASE 2: BEREKENEN VAN EEN GEGENERALISEERDE VOORSPELLING

Hoewel deze deelfase formeel onderscheiden is van de vorige, moet het duidelijk zijn dat het merendeel van de generalisatie al is geïncorpo-reerd in de individuele letselsmodules die in Deelfase 1 zijn geïntro-duceerd. De uitkomst van elk van die letselsmodules is of kan met weinig extra moeite worden uitgedrukt in een kansverdeling op de AIS-schaal voor het betreffende individu en het gegeven letseltype. De gegeneraliseerde kansverdeling kan nu worden berekend door optellen van de gewogen kansen per AIS-schaalcategorie; daarbij wordt de kans per categorie telkens ge-wogen (=vermenigvuldigd) met de representativiteit van het betrokken in-dividu (zie Hoofdstuk 7). Het is dus eenvoudig per letseltype een kans-verdeling op de AIS-schaal te verkrijgen, maar de verdere interpretatie levert meer moeilijkheden op. Zoals al in het voorgaande is aangeduid, is het wenselijk een zo goed mogelijke indruk te verkrijgen van het totale risico voor de gemodelleerde populatie, bijvoorbeeld aan de hand van MAIS- of ISS-scores (AAAM, 1980).

De kansverdeling voor MAIS (= maximum AIS-waarde)scores is nog eenvoudig te berekenen door per AIS-categorie de gemiddelde kans van optreden te berekenen (de som van alle kansen per AIS-categorie gedeeld door het to-tale aantal letseltypen).

De ISS wordt vastgesteld door de drie hoogste AIS-scores van een meervou-dig letselpatroon te kwadrateren en op te tellen; de schaal van mogelijk-heden wordt daarbij meestal beperkt tot 75, dit is een combinatie van drie letsels die alle score 5 hebben. Hogere combinaties zijn niet zinvol omdat daarbij dan minstens eenmaal de score 6 (=dood) moet optreden. Be-rekening van de kansverdeling op de ISS-schaal is op zich niet veel inge-wikkelder, maar er doet zich een aanzienlijk probleem voor met betrekking tot het totaal benodigde aantal berekeningen. Dit is in te zien door zich te realiseren dat alle voorspelde letsels in het model onafhankelijk van elkaar kunnen optreden waardoor alle mogelijke combinaties van letsels die een van 0 verschillende kans opleveren moeten worden beschouwd. Bij een letselschaal van 7 categorieën en een totaal aantal letsels van 8 moeten er dus in principe  $7^8 = 5.764.801$  permutaties worden doorgerekend en bij toename van het aantal letselsmodules tot bijv. 12 al meer dan  $10^{10}$ . Dit leidt tot onaanvaardbaar lange rekentijden. Beschouwen van alle mogelijke letseltypen afzonderlijk is daarmee vrijwel uitgesloten en we moeten dus tot een zinvolle reductie zien te komen. Dit is mogelijk door

de letsels binnen een ISS-gebied samen te nemen en dus de kansverdelingen te aggregeren tot verdelingen per gebied. Op die manier houden we nog 6 letselgebieden over waardoor het aantal te berekenen permutaties maximaal  $7^6 = 117.649$  bedraagt; hoewel nog steeds groot is dit aantal voor een computer overkomelijk.

Uiteindelijk is de kansverdeling op de ISS-schaal de op dit moment beste indicator van de totale ernst van het gesimuleerde voorval. Het is nog discutabel welke criteria aan die verdeling moeten worden opgelegd om de ernst goed te beoordelen. Voorlopig wordt een 80-percentiel grenswaarde van ISS=17 (maximaal eenmaal AIS=3: ernstig, maar herstelbaar) voorgesteld als grens voor acceptabel risico.

## 6. DEELFASE 3: BEREKENEN VAN HET MECHANISCHE GEWELD

Zoals al is opgemerkt zal voor de berekening van individueel mechanisch geweld voornamelijk worden uitgegaan van voorspellingen met behulp van bij de SWOV aanwezige computermodellen. Deze modellen berusten in wezen op de wetten van de bewegingsleer en dus zullen ook representaties van een mens in termen van deze wetten moeten worden gedefinieerd. Dit houdt in dat de volgende mechanisch-fysische grootheden gekend moeten worden:

- afmetingen van lichaam en lichaamsdelen
- verdeling van massa en massatraagheid van lichaamsdelen
- vervormingskarakteristieken van verbindingen (gewrichten) en lichaamsdelen (bijv. kracht/vervormingseigenschappen van thorax)

Een aantal van deze grootheden is ook aan de orde gekomen in de vorige deelfasen als proxy-variabelen bij letselvoorspelling: in deze fase zijn ze echter van directe betekenis. Dit houdt o.a. in dat waar in de vorige fasen bijvoorbeeld ordinale klassen van metrische variabelen toelaatbaar waren (bijvoorbeeld gewichtscategorieën), er in deze fase slechts met metrische variabelen gewerkt mag worden. Bij het vaststellen van een representatieve bevolkingssteekproef (Hoofdstuk 7) zal eveneens hiermee rekening gehouden moeten worden. Ook de overige variabelen, die meer specifiek voor de "geweldsfase" van betekenis zijn, kunnen uitsluitend als metrische grootheid worden ingevoerd. In Hoofdstuk 7 zal nader worden ingegaan op de (on)mogelijkheid alle relevante variabelen en/of karakteristieken en hun verdelingseigenschappen realistische waarden te geven; dit introduceert nog een extra onzekerheid in het gehele proces van de voorspelling van de ernst van (gesimuleerde) ongevallen. De feitelijke grootte van die extra onzekerheid is nog niet bekend, maar kan aan de hand van zogenaamde gevoeligheidsanalyses van het computermodel wel worden bepaald. In het vervolg van dit project zal daaraan zeker aandacht moeten worden geschonken.

De daadwerkelijke koppeling van de mechanische modellen en een letselvoorspellend computermodel levert geen wezenlijk probleem op aangezien alle noodzakelijke grootheden dan of tot de directe uitvoer van de modellen behoren (krachten, versnellingen als functie van de tijd), dan wel op eenvoudige manier achteraf berekend kunnen worden aan de hand van die uitvoer (bijv. energieniveaus, PPD-pulsduur etc.). In een eerder gepubli-



ceerd SWOV-rapport (Heijer, 1983) wordt al een eerste, primitieve, versie van zowel het letselvoorspellend programma als van een koppelingsprocedure vermeld; in het vervolg van dit project kan hierop worden voortgebouwd.

## 7. DEELFASE 4: BEPALEN VAN EEN REPRESENTATIEVE STEEKPROEF

Ook in deze deelfase worden we geconfronteerd met een gebrek aan werkelijk voldoende gegevens. Gegeven de voorgaande deelfasen zouden we in staat moeten zijn een steekproef te bepalen uit de bevolking waarbij alle noodzakelijke variabelen zijn betrokken, hetgeen betekent dat we de simultane, (meer dimensionele) verdeling van die kenmerken over de bevolking moeten kennen. In de praktijk is het moeilijk aan dit soort gegevens te komen. Meestal zijn er tabellen beschikbaar over een beperkt aantal van de belangrijke kenmerken en hun verdelingseigenschappen; op zijn best dus afbeeldingen van die simultane verdeling op deelruimtes (marginalen). In het huidige onderzoek hebben we ons gebaseerd op twee bronnen:

- een Engels onderzoek naar antropometrie van auto-inzittenden, voornamelijk de lineaire maten
- een literatuurstudie van IW-TNO (Haslegrove & Hardy, 1979) naar massa en massatraagheidsgrootheden van lichaamsdelen, waarbij een relatie is bepaald tussen totale lengte en massa en de afmetingen etc. van lichaamsdelen, vastgelegd in het model ANTHROP (Hasselmann, 1980).

Het Engelse onderzoek omvat ca. 2000 proefpersonen en verschaft kruistabellen van een groot aantal lichaamsafmetingen waarin de gemiddelde waarde en standaardafwijking van de variabelen "gekruist" zijn met leeftijd, gewicht en geslacht. Dit geeft vier kruistabellen, twee voor mannen en twee voor vrouwen, waarin de gegevens per leeftijdsgroep of gewichtsdeciël (=10-percents stap) zijn weergegeven. Verder levert dit onderzoek ook nog voor mannen en vrouwen afzonderlijk een correlatiematrix voor alle afmetingen. Door de aanname te doen dat de totale simultane verdeling multinormaal van karakter is, kunnen ook de tabelwaarden (marginalen) als normaal verdeeld worden beschouwd. Er is nu getracht een aantal steekproeven te kiezen dat enerzijds voldoende klein is en anderzijds geen al te grote stappen in representativiteit vertoont; het aantal is, tamelijk arbitrair, voorlopig gekozen op 30, zijnde een combinatie van 5 gewichts- en 6 lengteklassen als basis. De keuze voor deze eigenschappen als basis wordt gemotiveerd door het gegeven dat deze parameters zowel in de geweldvoorspelling (VEDYAC, MADYMO) als in de letselvoorspelling een rol spelen ; het aantal dient vooral het noodzakelijke aantal simulaties (rekentijd) te optimaliseren. Uitgaande van de tabelwaarden, de daarin gekozen leeftijdsklassen en van karakteristieken van een normale verde-

ling kunnen nu, voor zowel mannen als vrouwen, de volgende tabellen worden berekend :

- een tabel waarin de representativiteit van gewicht-lengte combinaties is weergegeven;
- een tabel waarin de frequentie van optreden (representativiteit) per gewichtsklasse-leeftijdsklasse-combinatie is weergegeven;
- een tabel met de frequenties van leeftijdsklassen.

Door deze tabellen te combineren kan uiteindelijk voor mannen en vrouwen een tabel worden samengesteld waarin voor elke combinatie van gewicht en lengte (30 samples) per leeftijdsgroep een representativiteit is vastgesteld.

De gegevens omtrent gewicht en lengte zijn in te voeren in het IW-TNO-model ANTHROP, waarmee elk van de samples wordt voorzien van aanvullende gegevens omtrent massa- en lengteverdelingen, voldoende om de belangrijkste parameters voor het mensmodel in VEDYAC of MADYMO te bepalen. De leeftijds- en geslachtskenmerken en frequenties worden in de latere letselvoorspellingen gebruikt. Naast gewicht, lengte en verdelingen daarvan, is voor de geweldvoorspelling nog een aantal andere parameters noodzakelijk, zoals borstdiepte en borstvervormingskarakteristiek. Uit de Engelse gegevens is een verdeling van borstdiepte af te leiden op dezelfde wijze als voorheen beschreven. Van de, soms belangrijke, vervormingskarakteristiek zijn geen goede verdelingsgegevens beschikbaar; we zullen voorlopig een gemiddeld gegeven van Stalnaker (1973) daarvoor gebruiken.

De gevolgde methode om tot een sample te komen kan op zijn best twijfelachtig worden genoemd door de noodzakelijke aannamen. Het ware beter om bijvoorbeeld over de ruwe gegevens van het Engelse onderzoek te beschikken zodat simultane verdelingskenmerken direct kunnen worden vastgesteld waardoor de gewenste resultaten meer betrouwbaar kunnen worden bereikt. De nauwkeurigheid wordt in het totaal toch al begrensd doordat simultane gegevens over verdeling van massa en massatraagheidsmomenten ontbreken en alleen via een grote omweg aan het bestand kunnen worden toegevoegd. Daarbij is bovendien de vraag gerechtvaardigd of die toevoeging in het algemeen mogelijk is aangezien hier gegevens van de Engelse bevolking worden gecombineerd met gegevens van de Amerikaanse populatie. Er is vooralsnog geen alternatief!

## 8. CONCLUSIES EN VERDERE VOORTGANG

De opzet van dit project: het invoeren van een aantal goed meetbare antropometrische grootheden als voorspellers van individuele verschillen in letselgevoeligheid, is in de praktijk maar matig realiseerbaar gebleken. De voornaamste oorzaak ligt voor de hand: een onvoldoende hoeveelheid gegevens. De redenen daarvoor echter zijn niet altijd een te gering aantal feitelijk uitgevoerde experimenten, maar in veel gevallen vooral de onmogelijkheid om gegevens uit verschillende bron te combineren. Dit wordt veroorzaakt door een groot aantal onderlinge verschillen in onderzoekopzet, meetmethodiek en registratie van proefgegevens. Daarnaast zijn er vaak "natuurlijke" beperkingen: doordat men voor de experimenten menselijke lijken nodig heeft, en die vooral beschikbaar zijn in relatief hoge leeftijdscategorieën, is er een duidelijke bias in de resultaten. Ook is gebleken dat de letselmechanismen vaak dermate ingewikkeld van lichamelijke kenmerken afhangen dat de zeer oppervlakkige antropometrie daarmee onvoldoende correleert. Een belangrijk gevolg van dit alles is verder dat extrapolatie van de voorspellingen buiten de limieten van de oorspronkelijk gemeten gegevens vaak gevaarlijk is. Desondanks is er toch vaak enige verbetering in voorspelling bereikt, maar daarnaast is het belang van dit onderzoek vooral ook gelegen in de integratie van beschikbare gegevens tot een voorspelling van simultaan optredende letsels en de ernst daarvan en de generalisatie daarvan tot een populatierisico. In dit geval geldt dat een zo goed mogelijke voorspelling van dit risico altijd beter is als veiligheidsindicator dan een of meer afzonderlijke, individuele letselcriteria. Het is in ieder geval zeker dat de tot op heden bereikbare voorspellingen zonder enige vorm van toetsing aan de praktijk, bijv. door vergelijking met ongevallenonderzoek, niet betrouwbaar zijn.

Het is niet aannemelijk dat er op korte termijn veel meer en meer samenhangende letselgegevens beschikbaar zullen komen, waardoor verder literatuuronderzoek op dit moment weinig zin heeft. Mogelijk kan nog enige verbetering worden bereikt door de oorspronkelijke, ruwe gegevens van diverse auteurs zelf te bewerken, maar het is zeer de vraag of dit lonend is. De analysemethoden kunnen ook in sommige gevallen wat "bijgeschaafd" worden door bijvoorbeeld de gegevens voor de analyse te corrigeren met vooronderstellingen uit andere bron (bijv. ongevallenanalyse). Daarnaast moet de computerprogrammatuur, zowel voor de feitelijke letselvoorspel-

ling als voor de overdracht van gegevens van VEDYAC of MADYMO naar de voorspeller nog grotendeels geschreven worden. Er bestaat weliswaar nog steeds enige programmatuur die is ontwikkeld ten behoeve van het EEG-onderzoek, maar die moet voor de huidige apparatuur (VAX) en software (Fortran 77) als grotendeels te beperkt en verouderd worden beschouwd. Belangrijk voor het uiteindelijke resultaat is ook de ontwikkeling van een goede verificatieprocedure waarvoor, zoals eerder gesteld, het toegankelijk maken van ongevalanalyses noodzakelijk is.



## APPENDICES





I. HERSEN- EN SCHEDELLETSEL

APPENDIX IA. HERSENLETSEL

APPENDIX IB. BREUKLETSEL VOORHOOFDSBEEN

APPENDIX IC. BREUKLETSEL ZIJKANT SCHEDEL



## I. HERSEN- EN SCHEDELLETSEL

### A. HERSENLETSEL

#### 1. Inleiding

Voor het leggen van een verband tussen antropometrische en geweldgegevens enerzijds en hersenletsel anderzijds is in eerste instantie gekeken naar het zogenaamde Peugeot/Renault onderzoek (Walfisch et al., 1981). De Peugeot/Renault dataset bleek te klein om een stabiele oplossing te verkrijgen. Het ontbreken van een aantal gemeenschappelijke kenmerken die kunnen dienen als predictors van hersenletsel maakte een samenvoegen met data uit andere onderzoeken onmogelijk.

#### 2. Methoden

Het bestuderen van (hersenen)letsel gebeurt aan de hand van gegevens uit verschillende bronnen:

- Vrijwilligers, meestal jong, mannelijk, militair personeel. Uiteraard blijft men beneden grenswaarden voor het ontstaan van letsel. Men kan wel goed de kinematica bestuderen, die overigens in principe alleen geldig is voor jonge mannen.
- Dieren (in het algemeen apen). Hierbij is het mogelijk levend organisme zodanig te belasten dat er (dodelijk) letsel optreedt. Transformeren van de resultaten naar de mens schept echter problemen.
- Ongevalsslachtoffers. Er is veelal wel een goede beschrijving van de letsels, maar het vaststellen van de krachten waaraan het slachtoffer onderhevig is geweest levert, zeker bij verkeersongevallen, grote problemen op. In mindere mate geldt dit voor vrije-valongelukken.
- Kadavers. Anders dan bij vrijwilligers bieden deze de mogelijkheid belastingen op te leggen die letsel tot gevolg hebben. Kadavers gedragen zich echter niet identiek aan levende mensen vanwege het ontbreken van spierspanningen en eventuele veranderingen in materiaaleigenschappen. Daarnaast zijn de beschikbare kadavers meestal ouderen, met andere woorden: de verkregen gegevens zijn niet representatief voor de totale populatie.
- Dummy's. Het grote probleem bij dummy's is de betrouwbaarheid ervan. Verder is er het transformatieprobleem vergelijkbaar aan dat bij dierproeven. Ook al slaagt men erin (of althans gedeeltelijk) een dummy te construeren die naar

bewegingspatroon op vrijwilligers of kadavers lijkt, dan nog blijft de vraag welk letsel in werkelijkheid opgelopen zou zijn. Dit geldt in het bijzonder voor hersenletsel.

### 3. Het mechanisme van hersenletsel

Het vaststellen van tolerantiegrenzen voor hersenletsel blijkt een uiterst gecompliceerde zaak te zijn.

Zoals reeds is aangegeven begint het probleem bij de mate waarin de onderzoeksmethode resultaten oplevert die valide zijn voor de (levende) mens. Ook kadavers geven wat dat betreft problemen.

Stalnaker et al. (1977) toonde aan dat bij een impact de hersenen najlen ten opzichte van de schedel. Dit effect neemt toe met het stijgen van de post-mortemduur, omdat de stijfheid van de hersenen afneemt. Het herstellen van de "bloeddruk" is van invloed op dit verschijnsel. Het gebruik van verse (tot vier dagen oude) op "druk" gebrachte kadavers is een minimum vereiste om een enigszins realistische response te krijgen.

Ewing et al. (1976) komen op basis van sledeproeven met vrijwilligers tot de conclusie dat de hoekversnelling van het hoofd afhankelijk is van de stijfheid en lengte van de nek, alsmede van het massa-traagheidsmoment van het hoofd. Ook spierspanningen spelen een rol (Bowman & Robbins, 1972). Gegeven het ontbreken van spierspanningen in kadavers is de response wat betreft hoekversnelling en hyperextensie waarschijnlijk extremer dan "in vivo" het geval is.

Een tweede probleem is dat het wel mogelijk is vast te stellen welke hersendelen beschadigd zijn, maar dat het moeilijk is om aan te geven hoe "erg" deze letsels zijn, aangezien de gevolgen veelal tot uiting komen in psychopathologische verschijnselen (Nahum & Smith, 1976).

Ook al neemt men deze problemen voor wat ze zijn, het grootste probleem is welke grootheden nu gerelateerd zijn aan hersenletsel.

Pionierswerk werd verricht door Gurdjian et al. resulterend in de WST, de Wayne State University Cerebral Conclusion Tolerance Curve. In de loop der tijd zijn diverse vergelijkbare tolerantieformules ontwikkeld, met als één van de bekendste de HIC: de Head Injury Criterion. De HIC is uiteindelijk een derivaat van de WST.

Onder andere Hodgson & Thomas (1972) kwamen tot de overtuiging dat "the entire concussion curve may not exist".

Verder geeft Newman (1980) uitgebreid de onbruikbaarheid van WST en derivaten aan. Zwaartepunt van de kritiek is gelegen in de vraag of pulsduur en lineaire versnelling (de twee assen van de WST) maatgevend zijn voor hersenletsel. Hodgson & Thomas (1972) suggereren dat impacts tegen stijve oppervlakken, die een impuls met korte stijgtijd doen ontstaan, bewusteloosheid veroorzaken. Zij wijzen er op dat het gebruik van de HIC in gevallen waar geen hoofdcontact is opgetreden door de NHTSA niet meer wordt aanbevolen.

Gennarelli et al. (1971) stelden in eerste instantie dat vooral de hoekversnelling tot bewusteloosheid (en verder hersenletsel) leidt. In latere publicaties (Gennarelli et al., 1972 en Abel et al., 1978) wordt het gezien als een combinatie van translatie en rotatie, waarbij de resulterende tangentiële kracht maatgevend is.

Ono et al. (1980) wijzen op de resulterende acceleratie en op direct contact. Ward et al. (1980) zien hersenletsel als het gevolg van druk (ICP: Inter Cranial Pressure). De pulsduur is van invloed op de (maximum) ICP. De door hen geproduceerde "brain pressure tolerance" wijkt drastisch af van de HIC. Newman (1980) wijst erop dat AIS en HIC niet correleren.

Walfisch et al. (1981) geven aan dat er geen ondubbelzinnige relatie is tussen hersenletsel en één bepaalde kinematische grootte.

Daarmee is gelijk vrijwel aangegeven waarnaar de meningen convergeren, namelijk dat er geen eenvoudige formule te geven is waarmee hersenletsel betrouwbaar voorspeld kan worden.

Tevens begint het besef te dagen dat er ten aanzien van letselbestendigheid tussen individuen substantiële verschillen bestaan (o.a. Newman, 1980).

Men is er dan ook toe overgegaan meer complexe modellen aan te wenden. Met name mathematische simulatie met behulp van een eindige-elementenbenadering van hoofd en nek. Khalil & Viano (1982) geven een overzicht van vijf modellen. Te simpele modellen en gebrek aan gegevens o.a. omtrent materiaaleigenschappen brengen hen tot de conclusie dat vooralsnog deze modellen niet geschikt zijn om hersenletsel te voorspellen of zelfs maar te beschrijven.

#### 4. Conclusie

Er zijn dus op dit moment geen betrouwbare voorspellingen van hersenletsel mogelijk. De ter beschikking staande gegevens laten zowel om inhoudelijke als meettechnische redenen geen statistische benadering toe.

Het enige redelijke alternatief lijkt op dit moment uit te gaan van schedelfracturen.

Hodgson & Thomas (1972) stellen dat 80% van patiënten met lineaire fracturen een concussie had.

In het bestand van het SWOV-ongevallenonderzoek zitten de volgende aantallen (hoofd- en hersen) verwondingen:

contusio ceribri	123
fracturen (schedeldak, impressie, schedelbasis)	33
contusio en fractuur	68

Met andere woorden: 68% van de 101 (schedel)fracturen heeft tevens een contusio; of anders: van de 191 contusio's heeft 36% tevens een fractuur.

Zo gezien is de drempelwaarde voor schedelfracturen hoger dan die van contusio ceribri.

Een klassieke slotzin is op zijn plaats: nader onderzoek is wenselijk.

## I. HERSEN- EN SCHEDELLETSEL

### B. BREUKLETSEL VOORHOOFDSBEEN

#### 1. Inleiding

De literatuurstudie (Janssen, 1982) levert vijf onderzoeken op naar de breuksterkte van het voorhoofdsbeen. Deze onderzoeken zijn o.a. gepubliceerd in het kader van de Stapp Car Crash Conferences. Voor een samenvatting van de meetmethoden wordt verwezen naar de literatuurstudie.

#### 2. Bronnen en data

Een overzicht van de data is te vinden in Tabel 1.

Hodgson et al. (1970) beproefden zeven kadavers met een cilinder van 1 inch en vijf met een cilinder van 5/16 inch. Middels stapsgewijze vergroting (5 inch) van de valhoogte werd de breukgrens bepaald. De 1 inch impactor veroorzaakte in alle gevallen lineaire breuken (AIS 2). Met de kleinere impactor werd tweemaal een lineaire en driemaal een bezwijkingsbreuk (AIS 3) bewerkstelligd.

De krachten zijn berekend uit de vertraging van de impactor. Geconcludeerd wordt dat de 1 inch impactor zich als een vlak voorwerp gedraagt en de 5/16 zich in het overgangsgedrag van vlak naar scherp bevindt.

Hodgson & Thomas (1971) beproefden 20 kadavers. Ook hier werd de stapsgewijze benadering toegepast, echter bij voorkeur in een zo gering mogelijk aantal stappen om zo min mogelijk de structuur aan te tasten.

Daartoe werd de beginwaarde geschat waarbij men soms te hoog uitkwam. Als impactorfront werden gebruikt een vlakke plaat (n=6) en bolvormen met als straal 8 inch (n=5), 3 inch (n=4) en 1 inch (n=3).

Zowel lineaire als bezwijkingsbreuken traden op, onafhankelijk van de vorm van de impactor.

Nahum et al. (1968) beproefden 10 kadavers op verschillende locaties op het hoofd, waaronder de linker- en rechterzijde van het voorhoofdsbeen. Er zijn hierbij zowel verse als gebalsemde kadavers gebruikt. Nahum is van oordeel dat dit geen invloed op de resultaten heeft gehad.

De impactor was een platte schijf met een oppervlak van 1 sq.in. Aangezien

klinische niet relevante haarscheurtjes toch de uitkomst van een vervolgmeting kunnen beïnvloeden, werd in de meeste gevallen gekozen voor slechts één impact op een bepaalde locatie.

De breukkracht is berekend uit het tijd/versnellingsdiagram (met de acceleratie-opnemer op de achterkant van het hoofd).

Bij de tweede beproeving valt de breukkracht systematisch lager uit. Daarbij is de letselernst in vier gevallen hoger en in de overige gevallen gelijk. Nahum stelt dat er naar sterkte geen verschillen bestaan tussen links en rechts.

In de tekst worden zaken als wel of geen huid, pulsduur etc. genoemd waarmee is geëxperimenteerd. Dit is echter niet per kadaver gedocumenteerd.

Schneider & Nahum (1972) beproefden 11 kadavers, wederom links en rechts op het voorhoofd. Hier slechts één impact per locatie. Ook in dit onderzoek zijn er wel verschillen tussen links en rechts, maar in de meeste gevallen tamelijk gering.

Ono et al. (1980) gebruikten losse kadaverschedels. Met behulp van een waterige oplossing en een dummy-huid werd gepoogd een enigszins "reëel" geheel te verkrijgen. Breukgrensbepaling vond plaats middels stapsgewijze verhoging van de valhoogte.

### 3. Discussie

De methode van Nahum, slechts één impact per locatie, oogt aantrekkelijk, immers eventuele niet gedetecteerde beschadigingen kunnen dan geen invloed op de vervolgmeting uitoefenen.

Het nadeel is dat men een schatting moet maken van de éénmalige belasting die men gaat opleggen en dus altijd te hoog of te laag zal uitkomen.

Het eerste onderzoek bevat een onverklaarde systematische afwijking.

Het gebruik van verschillende impactorvormen door Hodgson komt niet in het soort breuk tot uiting. Ook een vlakke plaat blijkt een bezwijkingsbreuk te kunnen veroorzaken.

Zowel naar breukkracht als naar lineaire acceleratie vormen Ono's data een duidelijke uitbijter (Tabel 2). Het verschil in methode (losse hoofden) en de wijze van preparatie zijn hier waarschijnlijk debet aan. Deze gegevens zullen dan ook niet verder gebruikt worden.



Aangezien Nahum hetzelfde kadaver links en rechts op het voorhoofd heeft beproefd en er weinig redenen zijn om verschillen tussen beide locaties te verwachten, is uit ieder paar die meting gekozen die de breukgrens het beste benadert.

Tevens is een extreem lage waarde (pp. overleden aan een ziekte die de botsterkte aantast) verwijderd.

In Tabel 1 zijn de weggelaten gevallen gemerkt met @.

Tabel 3 geeft de gevolgen van de selectie voor de distributie van de kenmerken weer.

#### 4. Analyse

Hoewel de methoden verschillen, komen de gemiddelde waarden voor  $F_{max}$  van beide onderzoeksteams aardig overeen. De datasets kunnen dan ook gecombineerd worden.

Gegeven  $F_{max}$  als representant voor de breukkracht dient bepaald te worden in hoeverre AIS uit  $F_{max}$  en de overige kenmerken te voorspellen is, alsmede in welke mate antropometrische kenmerken van invloed zijn op  $F_{max}$ .

AIS is slechts licht gecorreleerd met de overige kenmerken behoudens ONDER (onderzoek). (Tabel 4). Dit laatste is logisch aangezien alleen bij Nahum AIS = 0 voorkomt.

Gezien de geringe verschillen in  $F_{max}$  per AIS-klasse is er geen correlatie tussen deze twee kenmerken te verwachten. Men kan dan ook stellen dat de benadering van de breukgrens redelijk geslaagd is. AIS is dan ook logischerwijs niet uit  $F_{max}$  voorspelbaar.

$F_{max}$  vertoont evenmin hoge correlaties met de overige kenmerken. Aangezien het om een vrij homogene populatie gaat (voornamelijk oudere mannen) is er ook geen invloed van antropometrische kenmerken te verwachten.

#### 5. Conclusie

Het voorhoofdsbeen heeft een gemiddelde breuksterkte van 5900 N met een standaard deviatie (st. dev.) van 1800 N (zie Tabel 5 voor aanvullende gegevens). Deze waarden zijn geconstateerd in een voornamelijk uit oudere mannen bestaande populatie.

HODGSON (1970)										
OND	NUM	S	LEEF	GEW KGF	LEN CM	MASS KG	ACCE m/s <sup>2</sup>	PULSE sec	Fmax N	AIS 80
							.			
1	1486	1	82			0.00	3920.00	0.0017	5868	2
1	1504	1	83			4.72	2940.00	0.0026	5868	2
1	1536	1	68			3.99	2548.00	0.0027	5334	2
1	1581	2	33			2.45	3234.00	0.0022	4223	2
1	1582	1	60			3.72	2646.00	0.0025	6001	2
1	1589	1	59			4.67	2940.00	0.0017	7335	2
1	1615	1	63			3.49	2695.00	0.0026	4756	2
1	1471	1	66			4.17	3528.00	0.0015	7112	2
1	1584	1	61			3.36	1225.00	0.0019	3112	3
1	1596	1	79			4.35	3312.40	0.0020	7690	3
1	1614	1	81			4.35	3528.00	0.0022	5690	2
1	1616	1	79			4.08	1470.00	0.0023	4178	3

HODGSON (1971)										
OND	NUM	S	LEEF	GEW KGF	LEN CM	MASS KG	ACCE m/s <sup>2</sup>	PULSE sec	Fmax N	AIS 80
							.			
2	1747	0	0	0.0	0	0.00	1911.00	0.0076	7112	2
2	1701	1	51	63.5	178	3.63	3381.00	0.0045	6446	2
2	1699	1	54	61.2	170	4.54	2254.00	0.0076	7557	2
2	1805	1	76	73.9	173	4.54	1470.00	0.0076	6446	2
2	1873	1	63	63.5	175	4.54	1911.00	0.0061	9335	3
2	1857	1	61	83.0	175	5.35	2156.00	0.0076	8890	3
2	1890	1	85	68.0	168	4.40	2058.00	0.0078	5112	3
2	1905	2	82	63.5	160	4.17	3822.00	0.0055	8001	2
2	1912	2	73	108.0	173	4.40	1470.00	0.0075	4312	3
2	1906	1	73	108.0	170	6.26	1568.00	0.0063	6801	2
2	1910	1	91	81.6	175	5.26	1960.00	0.0070	6668	2
2	1859	2	84	71.7	160	4.17	1911.00	0.0060	4312	2
2	1871	1	55	99.8	175	5.31	1813.00	0.0060	5068	2
2	1861	1	71	77.1	175	4.76	1666.00	0.0075	4134	3
2	1843	1	72	58.1	170	4.85	2205.00	0.0060	4890	2
2	1848	1	51	82.6	178	4.35	2793.00	0.0040	8890	2
2	1838	2	50	63.5	168	4.99	2548.00	0.0075	5112	2
2	1841	1	56	104.3	173	6.35	2254.00	0.0025	9779	2
2	1876	2	61	49.9	152	3.58	3136.00	0.0025	8890	3
2	1875	2	77	72.6	157	4.54	3038.00	0.0075	10891	3

Tabel 1. Data beproevingen breukletsel voorhoofdsbeen per onderzoek.

NAHUM (1968)										
OND	NUM	S	LEEF	GEW KGF	LEN CM	MASS KG	ACCE m/s <sup>2</sup>	PULSE sec	Fmax N	AIS 80
							.			
@ 3	1	1	81						5308	1
3	1	1	81						4792	3
@ 3	2	1	81						7112	0
3	2	1	81						6668	1
@ 3	3	1	75						6312	1
3	3	1	75						5468	2
@ 3	4	2	68						3770	3
3	4	2	68						2667	3
@ 3	5	1	70						8846	2
3	5	1	70						6712	2
@ 3	6	2	71						4667	1
3	6	2	71						2800	1
@ 3	7	2	70						4356	1
3	7	2	70						3912	1
@ 3	8	2	60						4214	0
3	8	2	60						3583	1
@ 3	9	2	55						6223	1
3	9	2	55						3627	1
@ 3	10	2	61						5156	1
3	10	2	61						3770	1

NAHUM (1972)										
OND	NUM	S	LEEF	GEW KGF	LEN CM	MASS KG	ACCE m/s <sup>2</sup>	PULSE sec	Fmax N	AIS 80
							.			
4	18	1	73	68.1	0				5750	3
@ 4	18	1	73	68.1	0				6190	3
4	19	1	64	54.5	0				4630	1
@ 4	19	1	64	54.5	0				9880	1
4	20	1	80	79.5	0				5920	2
@ 4	30	2	52	40.8	155				6150	0
4	30	2	52	40.8	155				6360	1
@ 4	31	1	51	74.9	183				4680	2
4	31	1	51	74.9	183				4320	2
4	34	1	64	59.0	178				7440	0
@ 4	34	1	64	59.0	178				7210	0
4	35	1	64	80.4	168				7840	3
4	38	1	72	83.1	175				4380	2
4	39	1	76	84.9	0				5010	2
4	39	1	76	84.9	0				4140	1
4	40	1	58	98.0	178				5300	0
@ 4	40	1	58	98.0	178				5250	0
4	42	2	49	43.6	160				6100	1

ONO (1980)										
OND	NUM	S	LEEF	GEW KGF	LEN CM	MASS KG	ACCE m/s <sup>2</sup>	PULSE sec	Fmax N	AIS 80
							.			
5	7					5.00	4135.60	0.0032	11633	3
5	3					5.01	3420.20	0.0043	14700	3
5	6					5.00	2695.00	0.0064	13132	2
5	8					5.00	3557.40	0.0072	11495	2
5	11					5.00	7173.60	0.0020	11956	1
5	9					5.05	5419.40	0.0033	8291	2
5	15					5.00	9016.00	0.0016	13191	3

Tabel 1.

VARIABLE	N	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	STD ERROR OF MEAN
----- HODGSON 1970 -----						
SEX	12	1.083333	0.288675	1.00000	2.00000	0.083333
LEEFTIJD	12	67.833333	14.395917	33.00000	83.00000	4.155743
GEWICHT	0	.	.	.	.	.
LENGTE	0	.	.	.	.	.
MASH	11	3.940909	0.660295	2.45000	4.72000	0.199086
ACCE	12	2832.200000	805.650820	1225.00000	3920.00000	232.571359
PULSE	12	0.002158	0.000401	0.00150	0.00270	0.000116
FMAX	12	5597.250000	1377.361650	3112.00000	7690.00000	397.610060
AIS	12	2.250000	0.452267	2.00000	3.00000	0.130558
----- HODGSON 1971 -----						
SEX	19	1.315789	0.477567	1.00000	2.00000	0.109561
LEEFTIJD	19	67.684211	12.957420	50.00000	91.00000	2.972636
GEWICHT	19	76.515789	17.447581	49.90000	108.00000	4.002750
LENGTE	19	169.736842	7.377459	152.00000	178.00000	1.692505
MASH	19	4.736316	0.734675	3.58000	6.35000	0.168546
ACCE	20	2266.250000	657.956396	1470.00000	3822.00000	147.123523
PULSE	20	0.006230	0.001678	0.00250	0.00780	0.000375
FMAX	20	6932.300000	2039.175378	4134.00000	10891.00000	455.973476
AIS	20	2.350000	0.489360	2.00000	3.00000	0.109424
----- NAHUM 1968 -----						
SEX	20	1.600000	0.502625	1.00000	2.00000	0.112390
LEEFTIJD	20	69.200000	8.408016	55.00000	81.00000	1.880090
GEWICHT	0	.	.	.	.	.
LENGTE	0	.	.	.	.	.
MASH	0	.	.	.	.	.
ACCE	0	.	.	.	.	.
PULSE	0	.	.	.	.	.
FMAX	20	4998.150000	1590.974421	2667.00000	8846.00000	355.752696
AIS	20	1.350000	0.875094	0.00000	3.00000	0.195677
----- NAHUM 1972 -----						
SEX	18	1.166667	0.383482	1.00000	2.00000	0.090388
LEEFTIJD	18	63.388889	9.959559	49.00000	80.00000	2.347491
GEWICHT	18	69.277778	18.072780	40.80000	98.00000	4.259795
LENGTE	11	171.909091	10.643820	155.00000	183.00000	3.209233
MASH	0	.	.	.	.	.
ACCE	0	.	.	.	.	.
PULSE	0	.	.	.	.	.
FMAX	18	5919.444444	1469.019169	4140.00000	9880.00000	346.251139
AIS	18	1.333333	1.084652	0.00000	3.00000	0.255655
----- ONO 1980 -----						
SEX	0	.	.	.	.	.
LEEFTIJD	0	.	.	.	.	.
GEWICHT	0	.	.	.	.	.
LENGTE	0	.	.	.	.	.
MASH	7	5.00857	0.018645	5.00000	5.05000	0.007047
ACCE	7	5059.60000	2296.406590	2695.00000	9016.00000	867.960107
PULSE	7	0.00400	0.002121	0.00100	0.00720	0.000801
FMAX	7	12056.85714	2004.811166	8291.00000	14700.00000	757.747396
AIS	7	2.28571	0.755929	1.00000	3.00000	0.285714

Tabel 2. Verdeling van de kenmerken per onderzoek.

VARIABLE	N	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	STD ERROR OF MEAN
----- HODGSON 1970 -----						
SEX	12	1.083333	0.288675	1.00000	2.00000	0.083333
LEEFTIJD	12	67.833333	14.395917	33.00000	83.00000	4.155743
GEWICHT	0	.	.	.	.	.
LENGTE	0	.	.	.	.	.
MASH	11	3.940909	0.660295	2.45000	4.72000	0.199086
ACCE	12	2832.200000	805.650820	1225.00000	3920.00000	232.571359
PULSE	12	0.002158	0.000401	0.00150	0.00270	0.000116
FMAX	12	5597.250000	1377.361650	3112.00000	7690.00000	397.610060
AIS	12	2.250000	0.452267	2.00000	3.00000	0.130558
----- HODGSON 1971 -----						
SEX	19	1.315789	0.477567	1.00000	2.00000	0.109561
LEEFTIJD	19	67.684211	12.957420	50.00000	91.00000	2.972636
GEWICHT	19	76.515789	17.447581	49.90000	108.00000	4.002750
LENGTE	19	169.736842	7.377459	152.00000	178.00000	1.692505
MASH	19	4.736316	0.734675	3.58000	6.35000	0.168546
ACCE	20	2266.250000	657.956396	1470.00000	3822.00000	147.123523
PULSE	20	0.006230	0.001678	0.00250	0.00780	0.000375
FMAX	20	6932.300000	2039.175378	4134.00000	10891.00000	455.973476
AIS	20	2.350000	0.489360	2.00000	3.00000	0.109424
----- NAHUM 1968 -----						
SEX	9	1.555556	0.527046	1.00000	2.00000	0.175682
LEEFTIJD	9	69.333333	9.151503	55.00000	81.00000	3.050501
GEWICHT	0	.	.	.	.	.
LENGTE	0	.	.	.	.	.
MASH	0	.	.	.	.	.
ACCE	0	.	.	.	.	.
PULSE	0	.	.	.	.	.
FMAX	9	4592.444444	1410.239529	2800.00000	6712.00000	470.079843
AIS	9	1.444444	0.726483	1.00000	3.00000	0.242161
----- NAHUM 1972 -----						
SEX	12	1.166667	0.389249	1.00000	2.00000	0.112367
LEEFTIJD	12	64.916667	10.672465	49.00000	80.00000	3.080875
GEWICHT	12	70.975000	17.901505	40.80000	98.00000	5.167719
LENGTE	7	171.000000	10.360180	155.00000	183.00000	3.915780
MASH	0	.	.	.	.	.
ACCE	0	.	.	.	.	.
PULSE	0	.	.	.	.	.
FMAX	12	5599.166667	1205.784983	4140.00000	7840.00000	348.080142
AIS	12	1.500000	1.000000	0.00000	3.00000	0.288675

Tabel 3. Verdeling van de kenmerken per onderzoek na selectie.

ONDER ONDERZOEK	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	MASH	ACCE	PULSE	FMAX	AIS	
	1.00000	0.09429	-0.07005	-0.15640	0.07072	0.48833	-0.36770	0.83198	-0.15728	-0.45214
	0.00000	0.5061	0.6217	0.4008	0.7314	0.0062	0.0384	0.0001	0.2607	0.0007
	53	52	52	31	26	30	32	32	53	53
SEX	0.09429	1.00000	-0.23768	-0.34763	-0.79538	-0.28241	0.17299	0.21132	-0.16394	-0.20956
	0.5061	0.00000	0.0898	0.0553	0.0001	0.1305	0.3521	0.2538	0.2455	0.1360
	52	52	52	31	26	30	31	31	52	52
LEEFTIJD	-0.07005	-0.23768	1.00000	0.19772	-0.16792	0.24960	-0.06523	0.15679	-0.02243	0.23570
Leeftijd (jaar)	0.6217	0.0898	0.00000	0.2864	0.4122	0.1834	0.7274	0.3996	0.8746	0.0925
	52	52	52	31	26	30	31	31	52	52
GEWICHT	-0.15640	-0.34763	0.19772	1.00000	0.50418	0.69115	-0.52454	0.02270	-0.07662	0.13281
Lichaamsgewicht (kgf)	0.4008	0.0553	0.2864	0.00000	0.0086	0.0010	0.0211	0.9265	0.6820	0.4763
	31	31	31	31	26	19	19	19	31	31
LENGTE	0.07072	-0.79538	-0.16792	0.50418	1.00000	0.34698	-0.43301	0.15348	-0.24313	-0.14154
Lengte (cm)	0.7314	0.0001	0.4122	0.0086	0.00000	0.1455	0.0640	0.5305	0.2314	0.4904
	26	26	26	26	26	19	19	19	26	26
MASH	0.48833	-0.28241	0.24960	0.69115	1.00000	0.34698	-0.33708	0.42085	0.35125	-0.09789
Massa hoofd (kgf)	0.0062	0.1305	0.1834	0.0010	0.1455	0.00000	0.0685	0.0206	0.0570	0.6068
	30	30	30	19	30	30	30	30	30	30
ACCE	-0.36770	0.17299	-0.06523	-0.52454	-0.43301	-0.33708	1.00000	-0.50114	0.31847	-0.30242
Lineaire acceleratie (m/s <sup>2</sup> )	0.0384	0.3521	0.7274	0.0211	0.0640	0.0685	0.00000	0.0035	0.0757	0.0925
	32	31	31	19	19	30	32	32	32	32
PULSE	0.83198	0.21132	0.15679	0.02270	0.15348	0.42085	-0.50114	1.00000	0.09463	0.16131
Pulseduur (sec)	0.0001	0.2538	0.3996	0.9265	0.5305	0.0206	0.0035	0.00000	0.6064	0.3778
	32	31	31	19	19	30	32	32	32	32
FMAX	-0.15728	-0.16394	-0.02243	-0.07662	-0.24313	0.35125	0.31847	0.09463	1.00000	0.27216
Maximum kracht (N)	0.2607	0.2455	0.8746	0.6820	0.2314	0.0570	0.0757	0.6064	0.00000	0.0487
	53	52	52	31	26	30	32	32	53	53
AIS	-0.45214	-0.20956	0.23570	0.13281	-0.14154	-0.09789	-0.30242	0.16131	0.27216	1.00000
Letseleernst AIS 80	0.0007	0.1360	0.0925	0.4763	0.4904	0.6068	0.0925	0.3778	0.0487	0.00000
	53	52	52	31	26	30	32	32	53	53

Tabel 4. Correlatie tussen de kenmerken van de onderzoeken na selectie.

VARIABLE	LABEL	N	N MISSING	MEAN
ONDER	ONDERZOEK	53	0	2.3962264
SEX		52	1	1.2692308
LEEFTIJD	Leeftijd (jaar)	52	1	67.3653846
GEWICHT	Lichaamsgewicht (kgf)	31	22	74.5161290
LENGTE	Lengte (cm)	26	27	170.0769231
MASH	Massa hoofd (kgf)	30	23	4.4343750
ACCE	Lineaire acceleratie (m/s <sup>2</sup> )	32	21	2471.7500000
PULSE	Pulseduur (sec)	32	21	0.0046923
FMAX	Maximumkracht (N)	53	0	5911.8490566
AIS	Letselearnst AIS 80	53	0	1.9811321

VARIABLE	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	RANGE	SUM
ONDER	1.0802354	1.0000000	4.0000000	3.0000000	127.00000
SEX	0.4478876	1.0000000	2.0000000	1.0000000	66.00000
LEEFTIJD	11.9935094	33.0000000	91.0000000	58.0000000	3503.00000
GEWICHT	17.4544569	41.0000000	108.0000000	67.0000000	2310.00000
LENGTE	8.0792231	152.0000000	183.0000000	31.0000000	4422.00000
MASH	0.7970324	2.4375000	6.3437500	3.9062500	133.03125
ACCE	756.5367185	1224.0000000	3920.0000000	2696.0000000	79096.00000
PULSE	0.0024038	0.0014954	0.007782	0.0062866	0.15015
FMAX	1805.7620530	2800.0000000	10880.0000000	8080.0000000	313328.00000
AIS	0.7718750	0.0000000	3.0000000	3.0000000	105.00000

VARIABLE	VARIANCE	UNCORRECTED SS	CORRECTED SS	STD ERROR OF MEAN	C.V.
ONDER	1.1669	365.0	60.68	0.14838175	45.081
SEX	0.2006	94.0	10.23	0.06211084	35.288
LEEFTIJD	143.8443	243317.0	7336.06	1.66320051	17.804
GEWICHT	304.6581	181272.0	9139.74	3.13491300	23.424
LENGTE	65.2738	753712.0	1631.85	1.58446601	4.750
MASH	0.6353	608.3	18.42	0.14551754	17.974
ACCE	572347.8065	213248320.0	17742782.00	133.73806097	30.607
PULSE	0.0000	0.0	0.00	0.00042494	51.229
FMAX	3260776.5922	2021908224.0	169560382.79	248.04049396	30.545
AIS	0.5958	239.0	30.98	0.10602518	38.961

VARIABLE	SKEWNESS	KURTOSIS	T	PR> T
ONDER	0.27863836	-1.17317705	16.15	0.0001
SEX	1.07169741	-0.88711984	20.43	0.0001
LEEFTIJD	-0.35059836	-0.17073140	40.50	0.0001
GEWICHT	0.20734720	-0.30043123	23.77	0.0001
LENGTE	-0.79939839	-0.21988317	107.34	0.0001
MASH	0.24385963	1.42279336	30.47	0.0001
ACCE	0.22132549	-1.02712138	18.48	0.0001
PULSE	0.01948602	-1.81243541	11.04	0.0001
FMAX	0.63200141	-0.01546360	23.83	0.0001
AIS	-0.48871912	0.10745774	18.69	0.0001

Tabel 5. Verdeling van de kenmerken van de onderzoek na selectie.





## I. HERSEN- EN SCHEDELLETSEL

### C. BREUKLETSEL ZIJKANT SCHEDEL

#### 1. Inleiding

De literatuurstudie (Janssen, 1982b) levert drie onderzoeken, waarbij de breuksterkte van de schedel bij zijdelingse impact is beproefd. Daarnaast is er een beperkt aantal gevallen uit het hersenletselonderzoek waarbij schedelbreuken optraden.

#### 2. Bronnen en data

Bij het onderzoek van Hodgson & Thomas (1971) was het kadaver zodanig op een plaat vastgebonden dat hoofd en nek over de rand steken en vrij kunnen bewegen. Als impactor diende een vlakke plaat waar het hoofd onder een hoek van ongeveer  $35^{\circ}$  op terecht komt. De locatie was hoog op het wandbeen. Met behulp van een opnemer onder de impactor werd de kracht gemeten. Ook gemeten werden pulsduur, impactsnelheid en maximale acceleratie.

Van het kadaver zijn o.a. geslacht, leeftijd, gewicht en lengte bekend. Middels stapsgewijze vergroting van de valhoogte (5 inch per keer) werd de drempelwaarde bepaald.

Aan de hand van het beeld op de oscilloscoop werd bepaald of er een fractuur optrad. In dat geval volgde een visuele inspectie en, indien geen breuk gevonden werd, vervanging van de huid ter plaatse voor dat het experiment voortgezet werd.

Bij Nahum et al. (1968) vond de beproeving plaats met behulp van een valgewicht met een doorsnede van 1 sq.in. op een vrij beweegbaar hoofd. De locatie was de overgang van wand- en slaapbeen. Het verslag is weinig duidelijk over de meetapparatuur. Het enige wat genoemd wordt is een acceleratie-opnemer. Aangezien men bevreesd was dat niet-gedetectede haarscheurtjes en dergelijke de metingen sterk zouden kunnen beïnvloeden is gekozen voor één impact op een bepaalde locatie.

De studie van Schneider & Nahum (1972) is naar opzet identiek aan het hiervoor genoemde onderzoek.

In het onderzoek van Stalnaker et al. (1977) (naar hersenletsels) komen twee kadavers voor waarbij een zijdelingse impact plaatsvond met behulp van een vlakke impactor van 15,2 cm doorsnede. Het hart van de impactor was gericht op het zwaartepunt van het hoofd, waardoor zowel wand- als slaapbeen geraakt werden. Ten aanzien van de grenswaarden kan alleen gesteld worden dat deze is overschreden.

Ook het Peugeot/Renault onderzoek (1982) is een onderzoek naar hersenletsels waarbij een kadaver met het hoofd op een vlakke, niet van padding voorziene plaat terecht kwam onder een hoek van ongeveer 30°. De locatie is dan ook op het wandbeen, ook hier kan gesteld worden dat de drempelwaarde in onbekende mate is overschreden.

### 3. Discussie

In Tabel 1 is een overzicht te vinden van de data.

Een eerste visuele inspectie laat ruwweg een tweedeling zien, nl. de data van Nahum et al. (1968) en Schneider & Nahum (1972) versus de overige. Het gemiddelde van deze twee onderzoeken ligt op 3410 N (n = 49), dat bij de overigen op 9408 N (n = 12). Voor dit grote verschil is een aantal verklaringen aan te voeren.

Ten eerste zijn er verschillen in locatie. Nahum en Schneider beproefden het overgangsgebied van wand- naar slaapbeen, bij de overigen is de locatie hoog op het wandbeen onder een hoek van ongeveer 35° (Hodgson, Peugeot/Renault). Gezien de (complexe) structuur van de schedel lijkt het plausibel dat deze verschillen in locatie een belangrijke verklarende factor zijn.

Ten tweede zijn er verschillen in impactorvorm. Bij Nahum en Schneider is een cirkelvormige impactor met een oppervlakte van 1 sq.in. gebruikt, bij Stalnaker is de diameter 15,2 cm en bij de overigen een vlakke plaat.

Aangezien er geen duidelijk verschil is in breukvormen (lineair of bezwijking) is het niet aannemelijk dat dit een verklaring voor deze verschillen vormt. Deze veronderstelling wordt gesteund door de constatering van Hodgson & Thomas dat een cilinder met een straal van 5/16 in zich op het overgangsgebied van vlak naar scherp voorwerp bevindt.

Een derde mogelijkheid is een verschil in pulsduur. Nahum en Schneider hebben dit effect onderzocht zonder het goed te documenteren. In beide gevallen wordt de invloed van de pulsduur gering geacht.

Een vierde oorzaak kan gelegen zijn in de methode van bepaling van de breuk-

grens. De stapsgewijze benadering van Hodgson lijkt wat dat betreft ideaal met echter de kanttekening dat herhaalde, steeds zwaardere impacts op één en dezelfde locatie tot niet gedetecteerde beschadigingen kunnen leiden die de uitkomst van een volgende meting beïnvloeden.

In drie gevallen wordt AIS = 0 opgegeven, met andere woorden: geen breuk.

In één geval (kadaver 1829) werd geen breuk gevonden, terwijl dit op grond van de uitlezing van het versnellingspatroon wel te verwachten was. Ondanks de grote valhoogte (20 inch links en 40 inch rechts) bij kadaver 1820 traden geen breuken op. De hoge waarden bij kadavers 57 en 1801 zijn volgens de auteur veroorzaakt door de grote hoeveelheid hoofdhaar ter plaatse, hetgeen een gunstiger vlaktedruk zou geven.

De benadering van zowel Nahum als van Schneider, één impact op dezelfde locatie, maakt het noodzakelijk een goede schatting te maken. Aangezien zij stellen dat er geen verschillen tussen links en rechts zijn en hun meetwaarden vaak forse verschillen tussen links en rechts te zien geven, is de veronderstelling gewettigd dat de tweede meting in veel gevallen een soort correctie op de eerste, te hoge of te lage  $F_{max}$ , is.

Naast de zijdelingse beproevingen werd hetzelfde hoofd ook gebruikt voor beproevingen van voorhoofd, zygoma (beide links en rechts) en onderkaak. De vraag is in hoeverre breuken ten gevolge van eerdere beproevingen op deze locaties van invloed op de meetresultaten geweest is.

De studies van Stalnaker en Peugeot/Renault zijn niet opgezet met de intentie de breuksterkte van de schedel te bepalen. Wel kan gesteld worden dat de resultaten redelijk overeenstemmen met die van Hodgson.

Als conclusie moet gesteld worden dat samenvoegen van de data van Nahum et al. en Schneider & Nahum met die van de anderen niet zinvol is.

Er moet dus een keuze worden gemaakt welke gegevens zullen worden gebruikt. De data van Nahum en Schneider geven een substantieel lager gemiddelde dan de overige. Als dit inderdaad een gevolg is van de wijze van belasten, is de vraag welke belastingswijze in de praktijk het meest voorkomt.

Het klinkt plausibel dat bij ongevallen met een zijdelingse impact in eerste instantie de romp geraakt wordt, het hoofd vervolgens zijdelings zal roteren en onder een hoek contact zal maken hoog op het wandbeen.

Zo gezien verdient de belastingswijze van Hodgson, Peugeot/Renault en Stalnaker de voorkeur.

Een even plausibele redenering is te veronderstellen dat bij bijvoorbeeld een

auto-inzittende in eerste instantie de romp zal roteren, waarna onder een dusdanige hoek contact met interieurdelen plaatsvindt dat het hoofd op een lagere locatie wordt getroffen.

Zo gezien blijft men met de data van Nahum en Schneider aan de veilige kant. De tolerantie voor botbreuken (voorhoofdsbeen) ligt waarschijnlijk hoger dan voor hersenletsel. Wat dat betreft verdient het de voorkeur de relatief lage waarden van Nahum en Schneider aan te houden.

#### 4. Selectie en analyse

Op één uitzondering na (40E) zijn alle kadavers zowel links als rechts beproefd. Uitgaande van symmetrie van het hoofd is de tweede meting gebruikt als een soort correctie op de eerste. In Tabel 2 is aangegeven de waarde van de eerste meting, het verschil tussen eerste en tweede en beide AIS-scores. Tevens is aangegeven welke waarde aangehouden wordt als zijnde de beste benadering van de grenswaarde.

Tabel 3 beschrijft de verdeling van de data zowel voor als na de selectie. De verschillen, met name van gemiddelde en standaard deviatie, zijn gering. De 24 gevallen zijn een wat te kleine steekproef om uitspraken te doen over de relatie van geslacht en leeftijd tot Fmax.

De lineaire regressie levert de volgende formule voor de zijkant van de schedel op:

$$F_{\max} = 7037 - 482,93 * \text{geslacht} - 44,58 * \text{leeftijd}.$$

In Appendix 1B (Breukletsel voorhoofdsbeen) werd op een aantal van 66 gevallen gevonden:

$$F_{\max} = 9562,62 - 1281,23 * \text{geslacht} - 30,31 * \text{leeftijd}.$$

Er is dus geen sprake van al te sterk afwijkingen ten opzichte van de regressielijn als gevonden bij het onderzoek naar breukletsel van het voorhoofdsbeen.

#### 5. Conclusie

Vanwege te grote verschillen in gemeten krachten is het niet mogelijk data uit diverse bronnen te combineren.

De onderzoeken van Nahum en Schneider geven een gemiddelde breuksterkte van 3410 N gemeten rond de overgang tussen wand- en slaapbeen. De populatie bestond uit 13 mannelijke en 11 vrouwelijke kadavers met een gemiddelde leeftijd van 65 jaar.

Ond.	Cadnr.	Sex	Leeft.	Gewicht	Lengte	Fmax	AIS
1	1801	1	60	52.2	170	10669	2
1	1820	1	66	59.0	175	6446	0
1	1820	1	66	59.0	175	17781	0
1	1819	1	61	56.7	173	8112	2
1	1821	1	69	102.1	180	5557	2
1	1829	1	83	86.2	175	6223	0
1	44	1	48	56.7	173	6668	2
1	57	1	45	49.9	175	16003	2
2	1	1	81			2516	3
2	1	1	81			2214	1
2	2	1	81			5112	2
2	2	1	81			3632	2
2	3	1	75			3681	1
2	3	1	75			3547	2
2	4	2	68			3409	1
2	4	2	68			2449	1
2	5	1	70			5930	1
2	5	1	70			4899	1
2	6	2	71			2912	2
2	6	2	71			2703	1
2	7	2	70			2640	3
2	7	2	70			2640	3
2	8	2	60			2854	1
2	8	2	60			1698	0
2	9	2	55			3298	3
2	9	2	55			3112	0
2	10	2	61			3921	1
2	10	2	61			4383	3
3	18E	1	73	68.1	-	3290	0
3	18E	1	73	68.1	-	5920	0
3	19E	1	64	54.5	-	2360	0
3	19E	1	64	54.5	-	4580	2
3	20E	1	80	79.5	-	4330	3
3	20E	1	80	79.5	-	1340	0
3	21F	2	45	68.6	175	5920	0
3	21F	2	45	68.6	175	3920	0
3	27F	2	63	50.0	155	2740	3
3	27F	2	63	50.0	155	3240	3
3	29F	2	57	54.5	163	5200	1
3	29F	2	57	54.5	163	5160	1
3	30F	2	52	40.8	155	2850	3
3	30F	2	52	40.8	155	2620	0
3	31F	1	51	74.9	183	4940	0
3	31F	1	51	74.9	183	2960	3
3	34F	1	64	59.0	178	3640	1
3	34F	1	64	59.0	178	2450	0
3	35E	1	64	80.4	168	3120	0
3	35E	1	64	80.4	168	3820	1
3	38E	1	72	83.1	175	1740	0
3	38E	1	72	83.1	175	2400	3
3	39E	1	76	84.9	-	3740	2
3	39E	1	76	84.9	-	2360	0
3	40E	1	58	98.0	178	3780	0
3	41E	1	71	121.1	188	2120	3
3	41E	1	71	121.1	188	1960	0
3	42F	2	49	43.6	160	4050	2
3	42F	2	49	43.6	160	3000	0
4	76A145	2	78	80.3	160	9590	3
4	76A152	2	66	-	160	7150	3
5	1	1	57	52.0	163	6200	0
5	76	1	75	-	-	12500	0

Tabel 1. Data beproevingen breukletsel zijkant schedel per onderzoek.  
 1. Hodgson & Thomas (1971)  
 2. Nahum et al. (1968)  
 3. Schneider & Nahum (1972)  
 4. Stalnaker et al. (1977)  
 5. Peugeot/Renault (1982)

CAD.	F <sub>max</sub> 1e	Vershil 1e & 2e	AIS 1e-2e	Keuze F <sub>max</sub> Commentaar
1	2516	-302	3-1	Laagste (2e), AIS=1
2	5112	-1480	2-2	Laagste (2e), is te hoog
3	3681	-134	1-2	Laagste geeft hogere AIS !
4	3409	-970	1-1	Laagste (2e), AIS=1
5	5930	-1031	1-1	Laagste (2e), AIS=1
6	2912	-209	2-1	Laagste (2e), AIS=1
7	2640	0	3-3	Geen verschil, beide te hoog
8	2854	-1156	1-0	Hoogste (1e), AIS=1
9	3298	-186	3-0	Laagste (2e), weinig verschil
10	3921	+462	1-3	Laagste (1e), AIS=1
18E	3290	+2630	0-0	Hoogste (2e), is te laag
19E	2360	+2220	0-2	Middellen (1e te laag, 2e te hoog)
20E	4330	-2290	3-0	Middellen (1e te hoog, 2e te laag)
21F	5920	-2000	0-0	Hoogste (1e), waarom is 2e niet verhoogd ?
27F	2740	+500	3-3	Laagste (1e), waarom is 2e niet verlaagd ?
29F	5200	-40	1-1	Laagste (2e)
30F	2850	-230	3-0	Middellen (1e te hoog, 2e te laag)
31F	4940	-1980	0-3	2e, waarom geeft lagere belasting hogere AIS?
34F	3640	-1190	1-0	Hoogste (1e), AIS=1
35E	3120	+700	0-1	Hoogste (2e), AIS=1
38E	1740	+660	0-3	Middellen (1e te laag, 2e te hoog)
39E	3740	-1380	2-0	Middellen (1e te hoog, 2e te laag)
41E	2120	-160	3-0	Middellen (1e te hoog, 2e te laag)
42F	4050	-1050	2-0	Middellen (1e te hoog, 2e te laag)

**Tabel 2.** Verschillen in F<sub>max</sub> en AIS bij keuze tussen eerste en tweede meting.

Oorspronkelijke data

MEAN	3410.204	STD ERROR	163.238	STD DEV	1142.668
VARIANCE	*****	KURTOSIS	-0.239	SKEWNESS	0.590
RANGE	4590.000	MINIMUM	1340.000	MAXIMUM	5930.000
SUM	167100.000				
VALID OBSERVATIONS	-	49			

Data na selectie

MEAN	3410.667	STD ERROR	223.328	STD DEV	1094.079
VARIANCE	*****	KURTOSIS	0.688	SKEWNESS	1.121
RANGE	3880.000	MINIMUM	2040.000	MAXIMUM	5920.000
SUM	81856.000				
VALID OBSERVATIONS	-	24			

Tabel 3. Verdeling Fmax zowel voor als na selectie.





II. THORAX- EN WERVELKOLOMLETSELS

APPENDIX IIA. THORAXLETSELS DOOR STOMP GEWELD

APPENDIX IIB. THORAXLETSELS BIJ AUTOGORDELGEBRUIK

APPENDIX IIC. LETSELS VAN DE WERVELKOLOM (BIJ AUTOGORDELGEBRUIK)



## II. THORAX- EN WERVELKOLOMLETSELS

### A. THORAXLETSELS DOOR STOMP GEWELD

#### 1. Inleiding

Thoraxletsels kunnen onderverdeeld worden naar richting en wijze van belasting. In dit kader zijn twee belastingsgevallen relevant, nl. lokaal contact met een stomp voorwerp en contact via een gordelband. Hier zal het eerste belastingsgeval in voor-achterwaartse richting worden behandeld.

#### 2. Bronnen en data

Pionierswerk werd verricht door Patric, Kroell en Mertz. De gepubliceerde data is echter karig. Bovendien zijn ze resultaten van sledeproeven en daarmee afwijkend van het overige materiaal.

Over de publikatie van Nahum, Schneider & Kroell (1970) verstrekt de literatuurstudie van Wismans (1981b) een aantal gegevens. Vrijzittende kadavers zijn beproefd met behulp van een op het sternum gerichte impactor. Het betreft hier zowel verse als gebalsemde kadavers. Bij de laatste blijkt de stijfheid van de thorax groter te zijn. Bij diagnose met behulp van röntgenopnamen blijkt een groot aantal breuken niet gedetecteerd te worden. Necropsie is dan ook een vereiste. De meetinstrumenten zijn een acceleratiemeter aan de impactor en een verplaatsingsopnemer aan de thorax.

Het vervolgonderzoek door Kroell, Schneider & Nahum (1971) werd onder vergelijkbare condities gehouden. In 12 van de 14 gevallen werd de bloeddruk zo goed als mogelijk hersteld. De letsels werden vastgesteld via necropsie waarbij naast botletsels ook orgaanletsels werden geconstateerd.

De deflectie van de thorax werd afgeleid uit high-speed opnamen. Op deze manier vastgesteld is het de som van compressie van de thorax en weefsel, terwijl ook het niet-parallel zijn van impactorvoorzijde en sternum van invloed is.

Weefseldikte kan een grote invloed hebben (kadaver 21 FF met grote borsten). In de overige gevallen wordt 1/1 tot 3/4 inch genoemd. Uit de kinematica blijkt dat wanneer de maximale deflectie optreedt de verplaatsing van het lichaam als geheel gering is.

In een aantal gevallen werd het begin van het kracht/tijddiagram gekenmerkt door een korte piek waar de auteurs geen bevredigende verklaring voor kunnen geven.

Het onderzoek beschreven door Kroell, Schneider & Nahum (1974) is vergelijkbaar aan het voorafgaande. Ook hier is de bloeddruk gedeeltelijk hersteld. Per kadaver is een correctiefactor gegeven om van totale deflectie tot skeletdeflectie te komen.

In vijf gevallen werd de rug ondersteund door een massief houten blok. Een kadaver verkeerde in rigor mortis. De beproeving daarvan vond plaats in de (ijdele) hoop een betere simulatie van een levend mens te krijgen (spierspanning).

In het onderzoek van Stalnaker et al. (1973) werd de slag van de impactor begrensd. Ten opzichte van de hiervoor genoemde onderzoeken van Kroell et al. zijn de penetraties dan ook aanmerkelijk lager. Er werden dan ook vrijwel geen fracturen geconstateerd.

De data van Stalnaker lijkt dan ook niet combineerbaar met die van Kroell, een conclusie die Neathery (1974) beargumenteert.

Het onderzoek van Eppinger et al. (1978) is gebaseerd op eigen metingen die wegens het ontbreken van gegevens per kadaver in de publikatie hier niet gebruikt kunnen worden. Bovendien wijkt de meetmethode af, nl. alle meetwaarden zijn afkomstig uit acceleratiemeteraflezingen of transformaties daarvan. Zo is deflectie de tweede integraal op het verschil in aflezing van een meter 'voor' en een meter 'achter'. Nahum et al. (1975) toonden reeds aan er grote verschillen bestaan in deflectie bepaald volgens de acceleratiemetermethode (tweede integraal) en die afgeleid uit high-speed opnamen. Ook dit verhindert een incorporeren van deze data.

Het zelfde geldt voor de data van Robbins et al. (1976).

Enigszins buiten de scope van dit rapport valt het onderzoek van Eppinger et al. aangezien het hier laterale impacts betreft. Het wordt echter genoemd omdat het aantal ribfracturen met behulp van lineaire regressie voorspeld wordt uit snelheidsverschil (tussen links en rechts) en deflectie.

De documentatie over het onderzoek van Nusholtz et al. (1983) is te incompleet om bruikbaar te zijn.

Verscheidene auteurs hebben de data van Kroell op diverse wijzen geanalyseerd.

Lobdell et al. (1972) stelden een mechanisch analogon voor in de vorm van drie via veren en dempers gekoppelde massa's. Neathery & Lobdell (1973) toonden aan dat een vereenvoudigde versie eveneens goed voldoet bij het simuleren van de kracht/deflectiecurve. Het model geeft echter niet aan wat voor letsels acceptabele waarden zijn. Als zodanig is het niet bruikbaar als letselvoorspellend model.

Neathery (1974) analyseerde de eerste twee onderzoeken van Kroell. Daarbij werd MLR uitgevoerd op zowel de oorspronkelijke kenmerken als op dimensieloze II-termen (dimensie-analyse). Neathery constateerde verschillen tussen mannen en vrouwen van dusdanige aard dat deze groepen apart geanalyseerd dienen te worden. Beide groepen zijn niet in overeenstemming met de data van Stalnaker. Blijft over de grootste groep (mannen Kroell-data) om tot aanbevelingen te komen, die overigens gezien het aantal (n=10) slechts een beperkte waarde hebben. Dit geringe aantal verklaart vermoedelijk waarom de predictie van Fmax en de maximum penetratie zo griezelig nauwkeurig is.

Ook hier geldt dat Fmax en Pmax 'an sich' niet relevant voor het letselvoorspellend model zijn.

Neathery et al. (1975) voerden eveneens een analyse uit op het tweede en derde onderzoek van Kroell. Ditmaal beschikten zij over 20 bruikbare cases waarop een eenvoudige regressielijn goed bleek te passen volgens

$$AIS = -5,1508 + 17,4338 * \text{relatieve penetratie} + 0,03128 * \text{leeftijd}$$

met  $R = 0,8725$  ,  $R^2 = 0,7613$  , st.dev.= 0,8858 en een betrouwbaarheid  $> 0,90$ .

Nahum et al. (1975) analyseerden het derde onderzoek van Kroell vooral op het gebied van meetmethoden. In het bijzonder het geconstateerde grote verschil in deflectie als gemeten met behulp van high-speed opnamen als via de tweede integraal uit acceleratiemeteraflezingen is interessant.

### 3. Discussie

Het streven naar het combineren van data uit diverse bronnen is vanwege gebrekkige documentatie en/of verschillen in meetmethoden maar zeer beperkt mogelijk. Alleen de drie onderzoeken van Kroell komen voor combinatie in aanmerking. Ook deze set is niet volledig bruikbaar hetgeen onder par. 4. Selectie, nader behandeld zal worden.

Waar de meeste studies naar convergeren is dat (relatieve) deflectie een belangrijk kenmerk is. Dit is gezien de "constructie" van de thorax begrijpelijk, immers er zal voldoende vervorming dienen plaats te vinden om de buigsterkte van de ribben te overschrijden.

Op grond van wat bekend is over botten als materiaal mag verwacht worden dat ook de deflectiesnelheid van invloed is.

Breuk van één of meer ribben is, mits gesloten, een niet al te ernstig letsel. De compressie van de thorax kan echter ook orgaanletsels veroorzaken die aanmerkelijk ernstiger zijn.

De predictie dient zich dan ook niet te beperken tot breuken, maar alle mogelijke thoraxletsels te omvatten. Deze laatste zijn tot uitdrukking te brengen in een AIS-code.

Eisen aan het onderzoek te stellen zijn dan ook dat na de beproeving necropsie plaatsvindt en dat voorafgaand aan de beproeving de bloeddruk zo goed als mogelijk hersteld wordt.

De AIS blijkt goed uit (o.a.) de relatieve deflectie voorspeld te kunnen worden. De deflectie is echter geen inputparameter, maar een uitkomst van een bepaalde belasting gemedieerd via de individuele kenmerken van de kadavers. De consequentie is dat de deflectie op zich ook voorspeld dient te worden. Aangezien het bij de AIS om een continuum gaat is hier geen grenswaardeprobleem aan de orde. De grens wordt hier gevormd door de toelaatbaar geachte AIS-score. Methodologisch is het bezwaar in te brengen dat AIS een ordinale schaal is en dan ook in principe niet geschikt voor een klassieke (metrische) statistische aanpak.

Ook blijkt de codering van AIS een enigszins subjectieve zaak te zijn.

Neathery (1974) noemt twee onderzoeken naar "interrator reliability" die dit duidelijk aantonen.

#### 4. Selectie

De eerste dataset van Kroell valt af vanwege het ontbreken van een AIS-code. Deze kan niet achteraf aangebracht worden aangezien bij de necropsie alleen naar fracturen is gekeken. Bovendien was een deel van de kadavers gebalsemd.

Van de resterende 38 kadavers zijn de volgende niet bruikbaar (Neathery, 1974):

- 11FF - diepte thorax ontbreekt,
- 48FM, 50FM, 51FM, 52FM, 53FM, 56FM en 58FM - op afwijkende wijze beproefd (rug ondersteund),

- 63FM - rigor mortis,
- 21FF - grote buste waardoor deflectie een niet corrigeerbare hoge waarde aanneemt,
- 43FM - Fmax niet gemeten wegens defect meetapparaat,
- 37FM - uitbijter.

Blijven over 20 mannelijke en 4 vrouwelijke kadavers. Vier is een te gering aantal om uitspraken over te kunnen doen, zodat de analyse zich zal moeten beperken tot 20 mannelijke kadavers. De AIS-scores werden aangepast volgens Neathery (1974). In Tabel 1 is een overzicht van de data gegeven.

## 5. Analyse

De regressie op AIS laat zien dat vooral de relatieve deflectie (Prel) een hoge predictieve waarde heeft. In enige mate is leeftijd van invloed (Tabel 2). De regressielijn op AIS met Prel en leeftijd:

$$\text{AIS} = 18,70043 * \text{Prel} + 0,02708565 * \text{leeftijd} - 5,454925$$

heeft een goede predictieve waarde (zie Tabel 3).

Voor het letselvoorspellend model is Prel een lastige grootte. Het is een gevolg van belasting en thorax-karakteristieken, met andere woorden: het is geen inputparameter. Prel dient dus op zijn beurt voorspeld te worden uit de kenmerken, met uitzondering uiteraard van de AIS. Dit is equivalent aan het voorspellen van de AIS zonder Prel.

Uit Tabel 4 is op te maken dat EK (kinetische energie van impactor) een belangrijke grootte is evenals leeftijd. De regressielijn wordt dan (Tabel 5):

$$\text{AIS} = 0,004362796 * \text{EK} + 0,04291546 * \text{leeftijd} - 1,935691$$

In de Tabellen 6 en 7 is aangegeven wat de consequenties zijn als EK vervangen wordt door zijn samenstellende grootheden (massa, snelheid). Het blijkt dat de resultaten aanmerkelijk slechter zijn.

Samen met de antropometrische kenmerken levert EK een goed resultaat op (Tabel 8).

De regressielijn van EK, leeftijd, lengte en diepte (van de thorax) is als volgt (Tabel 9):

$$\text{AIS} = 0,004423316 * \text{EK} + 0,06175026 * \text{leeftijd} - 0,01419844 * \text{diepte} + 0,04900611 * \text{lengte} - 8,570525$$

Deze regressievergelijking heeft een onlogisch element, nl. hoe groter de lengte hoe hoger de AIS. Aangezien lengte sterk negatief gecorreleerd is aan leeftijd (hoe ouder hoe kleiner) is het wenselijk lengte uit de regressie te verwijderen. Het resultaat wordt dan (zie Tabel 10):

$$\text{AIS} = 0,004404425 * \text{EK} + 0,04545231 * \text{leeftijd} - 0,01175171 * \text{diepte} + 0,6033236$$

De berekende AIS-waarden, afgerond op hele getallen, zijn in de Tabellen 11 t/m 14 uitgezet tegen de oorspronkelijke AIS-score.

In Tabel 15 is een overzicht opgenomen van de afwijkingen per regressieformule ten opzichte van de oorspronkelijke waarden.

## 6. Discussie

Het blijkt dat de regressieformule gebaseerd op Prel verreweg het nauwkeurigst is. Dat is niet verwonderlijk aangezien Prel de meest directe maat voor compressie van de thorax is. De combinatie van Prel met leeftijd voorspelt in 40% van de gevallen een correcte AIS-score. In 45% van de gevallen is de afwijking 1 en in 15% 2 punten (op een 7-puntsschaal). De regressieformules zonder Prel doen het beduidend slechter. De meeste foutieve voorspellingen zijn echter beperkt tot een afwijking van 1.

De deflectie als hier gebruikt is de totale deflectie, d.w.z. ook de compressie van het weefsel tussen impactor en sternum maakt er deel van uit. Vandaar dat dit kenmerk niet geschikt is om op met name vrouwen toegepast te worden. De dikte van het weefsel heeft eveneens invloed op de gemeten diepte van de thorax. Weliswaar mag verwacht worden dat de deflectie van het skelet een betere en nauwkeuriger maat is dan de totale deflectie, maar omdat slechts een gedeelte van de data kan gecorrigeerd worden voor weefseldikte, is de totale deflectie de enig mogelijke deflectiemaat. De correcties liggen tussen 2,7 en 8,7% van de thoraxdiepte.

De beschikbare data staat niet toe de invloed van de relatieve deflectiesnelheid te onderzoeken. Aangezien de maximale deflectie bereikt wordt op een moment dat de verplaatsing van de ruggegraat vrij gering is, kan de impactorsnelheid als een benadering van deze grootte gezien worden. Impactorsnelheid alleen draagt echter nauwelijks bij aan de correlatie en heeft bovendien een negatieve richtingscoëfficiënt (hogere snelheid gaat samen met lagere



AIS) en is daarmee inhoudelijk niet verdedigbaar. Aangezien de (relatieve) deflectiesnelheid vooral van invloed is op de breuksterkte van het skelet en de meeste AIS-scores bepaald worden door orgaanletsels kan aan deze geringe invloed ook inhoudelijk plausibel gemaakt worden.

## 7. Conclusies

Met behulp van de kenmerken relatieve deflectie (Prel) en leeftijd is een redelijke predictie van AIS mogelijk volgens:

$$\text{AIS} = \text{RND} (18,70043 * \text{Prel} + 0,02708565 * \text{leeftijd} - 5,454925)$$

met  $R = 0,85$  ,  $R^2 = 0,72$  ,  $F = 21,84$

Daar waar met name relatieve deflectie niet beschikbaar is kan uit de impactcondities (kinetische energie) en enige antropometrie een wat minder nauwkeurig AIS-voorspelling gedaan worden volgens:

$$\text{AIS} = \text{RND} (0,004404425 * \text{EK} + 0,04545231 * \text{leeftijd} - 0,01175171 * \text{diepte} + 0,6033236)$$

met  $R = 0,78$  ,  $R^2 = 0,60$  ,  $F = 8,14$  .

Deze formules zijn gebaseerd op een populatie van 20 mannelijke kadavers met een gemiddelde leeftijd van 62 jaar (st.dev. = 16,5).

De diepte van de thorax was daarbij gemiddeld 231 mm (st.dev. = 21,6).

De kinetische energie bedroeg gemiddeld 496 Joule (st.dev. = 271).

NUM	LE J	GEW kg	LEN cm	DIE mm	RB	ST	AIS	MASS kg	SNEL m/s	FMAX kN	PMAX mm	EK jou	PREL	PULS kgm/s
13FM	81	76.2	168	246	21	1	5	22.9	7.4	4.58	109	627	0.443	169
15FM	80	53.1	165	200	13	0	4	23.6	6.9	4.67	79	562	0.395	163
18FM	78	65.8	176	219	14	2	4	23.6	6.7	4.20	91	530	0.416	158
19FM	19	71.2	196	203	0	1	2	23.6	6.7	4.27	76	530	0.374	158
20FM	29	56.7	180	203	0	0	1	23.6	6.7	3.87	71	530	0.350	158
22FM	72	74.8	188	226	17	0	4	23.6	6.7	4.00	94	530	0.416	158
24FM	65	81.6	183	251	99	2	4	22.9	9.7	6.80	107	1077	0.426	222
25FM	65	54.4	168	206	18	0	4	5.5	13.8	4.83	81	524	0.393	76
26FM	75	63.5	173	248	0	0	0	1.9	11.2	5.34	56	119	0.226	21
28FM	54	68.0	183	238	0	0	0	1.6	14.5	8.90	56	168	0.235	23
31FM	51	74.8	183	238	14	1	6	23.0	10.2	6.64	109	1196	0.458	235
34FM	64	59.0	178	241	13	0	4	19.0	8.2	4.96	108	639	0.448	156
36FM	52	74.8	183	226	7	0	4	19.0	7.2	4.84	78	492	0.345	137
42FM	61	54.4	183	216	0	0	1	22.9	4.9	2.96	69	275	0.319	112
45FM	64	64.0	181	254	10	1	3	23.0	5.1	2.72	80	299	0.315	117
46FM	46	94.8	178	286	0	0	1	19.3	7.3	4.03	89	514	0.311	141
53FM	75	77.1	174	241	3	0	2	23.0	5.2	3.11	62	311	0.257	120
60FM	66	79.4	180	222	9	0	3	23.0	4.3	2.49	60	213	0.270	99
62FM	76	50.3	174	245	9	1	4	10.0	6.9	1.56	89	238	0.363	69
64FM	72	63.0	163	216	6	0	2	23.0	6.9	3.03	80	548	0.370	159

**Tabel 1.** Data beproevingen thoraxletsel door stomp voorwerp, na selectie, en aanpassing volgens Neathery.

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
PREL	0.80576	0.64925	0.64925	0.80576	39.14803	1.65239
LEEF TIJD	0.84843	0.71983	0.07058	0.31492	0.2408337E-01	0.23667
GEWICHT	0.85913	0.73810	0.01827	0.02364	0.5245881E-01	0.35843
LENGTE	0.86495	0.74814	0.01003	-0.10654	-0.1996008E-01	-0.09507
FMAX	0.86755	0.75265	0.00451	-0.02106	0.4964299	0.49501
EK	0.87248	0.76122	0.00857	0.63893	0.1999023E-01	3.22119
PULSE	0.88503	0.78328	0.02206	0.59589	-0.1276593	-4.19800
SNELHEID	0.90594	0.82073	0.03745	-0.07423	-0.9966406	-1.63459
PMAX	0.92675	0.85886	0.03813	0.76792	-0.5385556E-01	-0.55323
RIB	0.93085	0.86648	0.00762	0.42334	-0.1432740E-01	-0.18262
MASSA	0.93483	0.87391	0.00743	0.36385	0.1493041	0.67196
STERNUM	0.93759	0.87907	0.00516	0.45116	0.2427927	0.09903
(CONSTANT)					1.732829	

Tabel 2 - Regressie op AIS

MULTIPLE R	R SQUARE	ADJUSTED R SQUARE	STANDARD ERROR	0.84843	0.71983	0.68687	0.94162
ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F			
REGRESSION	2.	38.72686	19.36343	21.83873			
RESIDUAL	17.	15.07314	0.88666				

----- VARIABLES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
LEEF TIJD	0.2708565E-01	0.26618	0.01309	4.283					
PREL	18.70043	0.78932	3.04728	37.660					
(CONSTANT)	-5.454925								

Tabel 3 - Regressie op AIS met PREL en LEEFTIJD

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
EK	0.63893	0.40823	0.40823	0.63893	0.1002546E-01	1.61549
LEEF TIJD	0.76288	0.58199	0.17376	0.31492	0.7090226E-01	0.69678
FMAX	0.79843	0.63750	0.05550	-0.02106	-0.3066809	-0.30580
LENGTE	0.81604	0.66593	0.02843	-0.10654	0.6756309E-01	0.32181
DIEPTE	0.82979	0.68855	0.02262	-0.06598	-0.2192407E-01	-0.28103
MASSA	0.84594	0.71561	0.02706	0.36385	-0.7043677E-01	-0.31701
RIB	0.85959	0.73889	0.02328	0.42334	-0.2363529E-01	-0.30126
STERNUM	0.86426	0.74695	0.00806	0.45116	0.3616728	0.14752
GEWICHT	0.86625	0.75038	0.00343	0.02364	0.1515962E-01	0.10358
SNELHEID	0.86732	0.75225	0.00187	-0.07423	-0.2098221	-0.34413
PULSE	0.86864	0.75453	0.00228	0.59589	-0.1732264E-01	-0.56964
(CONSTANT)					-7.709671	

Tabel 4 - Regressie op AIS zonder PREL

MULTIPLE R	0.76288	ANALYSIS OF VARIANCE		DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARE	0.58199	REGRESSION	2.	31.31114	15.65557	11.83451	
ADJUSTED R SQUARE	0.53281	RESIDUAL	17.	22.48886	1.32287		
STANDARD ERROR	1.15016						

----- VARIABLES IN THE EQUATION ----- VARIABLES NOT IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
LEEF TIJD	0.4291546E-01	0.42174	0.01614	7.067					
EK	0.4362796E-02	0.70301	0.00098	19.636					
(CONSTANT)	-1.935691								

Tabel 5 - Regressie op AIS met LEEFTIJD en EK

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
MASSA	0.36385	0.13239	0.13239	0.36385	0.2021226	0.90967
LEEF TIJD	0.50809	0.25816	0.12577	0.31492	0.4455970E-01	0.43790
SNELHEID	0.64870	0.42081	0.16265	-0.07423	0.3949210	0.64771
(CONSTANT)					-6.784217	

Tabel 6 - Regressie op AIS met MASSA , LEEFTIJD en SNELHEID

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
MASSA	0.36385	0.13239	0.13239	0.36385	0.1943587	0.87473
LEEF TIJD	0.50809	0.25816	0.12577	0.31492	0.4371066E-01	0.42956
VSQ	0.61300	0.37577	0.11761	-0.13334	0.1869749E-01	0.58333
(CONSTANT)					-4.774520	

Tabel 7 - Regressie op AIS met MASSA , LEEFTIJD tot de 2e macht

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
EK	0.63893	0.40823	0.40823	0.63893	0.4535960E-02	0.73092
LEEF TIJD	0.76288	0.58199	0.17376	0.31492	0.6124063E-01	0.60183
DIEPTE	0.77722	0.60407	0.02208	-0.06598	-0.1075017E-01	-0.13780
LENGTE	0.79602	0.63365	0.02959	-0.10654	0.5301902E-01	0.25253
GEWICHT	0.79804	0.63687	0.00322	0.02364	-0.1144528E-01	-0.07820
(CONSTANT)					-9.329281	

Tabel 8 - Regressie op AIS met EK en anthropometrische kenmerken

MULTIPLE R 0.79602  
 R SQUARE 0.63365  
 ADJUSTED R SQUARE 0.53596  
 STANDARD ERROR 1.14628

ANALYSIS OF VARIANCE  
 REGRESSION 4. 8.52263  
 RESIDUAL 15. 1.31397  
 F 6.48619

VARIABLE B BETA STD ERROR B F  
 LEEFTIJD 0.6175026E-01 0.60684 0.02203 7.858  
 LENGTE 0.4900611E-01 0.23342 0.04453 1.211  
 DIEPTE -0.1419844E-01 -0.18200 0.01256 1.278  
 EK 0.4423316E-02 0.71277 0.00098 20.275  
 (CONSTANT) -8.570525

Tabel 9 - Regressie op AIS met LEEFTIJD , LENGTE , DIEPTE en EK

MULTIPLE R 0.77722  
 R SQUARE 0.60407  
 ADJUSTED R SQUARE 0.52983  
 STANDARD ERROR 1.15383

ANALYSIS OF VARIANCE  
 REGRESSION 3. 10.83294  
 RESIDUAL 16. 1.33132  
 F 8.13696

VARIABLE B BETA STD ERROR B F  
 EK 0.4404425E-02 0.70972 0.00099 19.846  
 LEEFTIJD 0.4545231E-01 0.44667 0.01642 7.666  
 DIEPTE -0.1175171E-01 -0.15064 0.01244 0.892  
 (CONSTANT) 0.6033236

Tabel 10 - Regressie op AIS met LEEFTIJD , DIEPTE en EK

VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE  
 SUM OF SQUARES 34.09051  
 MEAN SQUARE 8.52263  
 F 6.48619

VARIABLE BETA IN PARTIAL TOLERANCE  
 SUM OF SQUARES 32.49881  
 MEAN SQUARE 10.83294  
 F 8.13696

AIS	AIS1						
	0.I	1.I	2.I	3.I	4.I	5.I	
0.	1	1	0	0	0	0	
1.	0	0	3	0	0	0	
2.	0	1	1	1	0	0	
3.	0	1	1	0	0	0	
4.	0	0	1	1	5	1	
5.	0	0	0	0	0	1	
6.	0	0	0	0	1	0	

Tabel 11 - AIS1=RND(18.70043\*PREL+0.02708565\*LEEF TIJD-5.454925)

AIS	AIS2					
	1.I	2.I	3.I	4.I	5.I	6.I
0.	1	1	0	0	0	0
1.	0	3	0	0	0	0
2.	1	0	1	1	0	0
3.	0	2	0	0	0	0
4.	0	2	2	3	0	1
5.	0	0	0	1	0	0
6.	0	0	0	0	1	0

Tabel 12 - AIS2=RHN(0.004362796\*EK+0.04291546\*LEEF TIJD-1.935691)

AIS	AIS3					
	1.I	2.I	3.I	4.I	5.I	6.I
0.	1	1	0	0	0	0
1.	1	2	0	0	0	0
2.	0	1	2	0	0	0
3.	0	2	0	0	0	0
4.	0	1	2	4	0	1
5.	0	0	0	1	0	0
6.	0	0	0	0	1	0

Tabel 13 - AIS3=RND(0.004423316\*EK+0.06175026\*LEEF TIJD-0.01419844\*DIEPTE+0.049000611\*LENGTE-8.570525)

AIS	AIS4				
	1.I	2.I	3.I	4.I	5.I
0.	1	1	0	0	0
1.	0	3	0	0	0
2.	1	0	1	1	0
3.	0	2	0	0	0
4.	0	2	2	3	1
5.	0	0	0	1	0
6.	0	0	0	0	1

Tabel 14 - AIS4 = RND(0.004404425\*EK+0.04545231\*LEEFTIJD  
-0.01175171\*DIEPTE+0.6033236)

	AIS1	AIS2	AIS3	AIS4
2 te hoog	0	3	2	2
1 te hoog	6	5	5	6
Gelijk	8	3	6	3
1 te laag	3	7	6	7
2 te laag	3	2	1	2
Gelijk	8	3	6	3
+ of - 1	9	12	11	13
+ of - 2	3	5	3	4

Tabel 15 - Verschil tussen berekende en oorspronkelijke AIS-code.





## II. THORAX- EN WERVELKOLOMLETSELS

### B. THORAXLETSELS BIJ AUTOGORDELGEBRUIK

#### 1. Inleiding

In Appendix IIA zijn thoraxletsels ten gevolge van stomp geweld behandeld. In de ongevallenpraktijk zal bij auto-inzittenden de belasting van de thorax vaak via het diagonale bovengedeelte van de gordel plaatsvinden. Reden om ook deze vorm van belasting te onderzoeken.

Het gebruikte materiaal levert ook gegevens over ruggegraat en abdominaal letsel op (zie hiervoor verder Appendix IIC en IIIA).

#### 2. Bronnen en data

Tabel 1 geeft een overzicht van de gemeten kenmerken van de in dit kader geselecteerde onderzoeken. Afgezien van de antropometrische gegevens zijn er helaas weinig andere kenmerken in alle (of een ruim aantal) onderzoeken aanwezig. Vrijwel alle onderzoeken zijn gepubliceerd in proceedings van STAPP- of IRCOBI-conferenties. In aanvulling op de tabel zal hier slechts kort op een aantal nadere bijzonderheden per onderzoek worden ingegaan.

De door Schimkat et al. (1974) via necropsie geconstateerde letsels zijn alleen in de vorm van een ACIR-code bekend. Voor transformatie naar M-AIS is gebruik gemaakt van een conversietabel volgens Mattern et al. (1979).

Uit het verslag van Cromack & Ziperman (1975) is niet op te maken hoe letsels zijn vastgesteld. Aangezien alleen fractures vermeld zijn lijkt de meest waarschijnlijke methode die met röntgenopnamen.

Patrick & Levine (1975) stelden in de meeste gevallen het letsel vast via autopsie.

De beproevingen van Fayon et al. (1975) werden uitgevoerd met verschillende gordels (breedte, elasticiteit, retractors, loadlimiters etc.). Letsels werden via autopsie vastgesteld.

Een geheel afwijkend onderzoek is dat van Foret-Bruno et al. (1978). Dit betreft "echte ongevallen" waarbij inzittenden een gordel droegen met een (ge-

trapte) krachtbegrenzer, waardoor een (wat grove) indicatie van de kracht in het schoudergedeelte verkregen kon worden. Op grond van de schade aan het voertuig werd een  $\Delta V$  berekend.

Alem et al. (1978) gebruikten een aantal kadavers tweemaal: eerst met een lage en vervolgens met een hoge botssnelheid. In de tweede helft van de serie is men tot eenmaal gebruik overgegaan.

Een (beperkt) aantal ongevallen werd nagebootst door Cesari & Ramet (1979), in eerste instantie met dummy's en vervolgens met kadavers. Gegevens over het prepareren van de kadavers ontbreken.

Over het onderzoek van Kallieris et al. (1982a) zijn geen nadere bijzonderheden te melden. Evenals over Ramet & Cesari (1979).

In de bijdrage van Schmidt et al. (1975) zijn geen op individuen betrekking hebbende gegevens opgenomen.

Deze zijn wel te vinden in een publikatie van Eppinger (1976). Deze heeft als maat de som van rib-, sternum-, en claviculafracturen opgenomen.

Kallieris (1982b) tenslotte gaf geen aanleiding tot het geven van nadere bijzonderheden.

### 3. Beschouwing

Verscheidene auteurs hebben hun proeven vergeleken met veldonderzoek. Het blijkt dat bij vergelijkbare belastingen kadavers ernstiger gewond raken dan levende mensen. Volgens Patrick & Levine komt dit met name tot uiting in ruggegraatlletsel. Als mogelijke oorzaken worden genoemd het ontbreken van spierspanningen en de in het algemeen hoge leeftijd van de kadavers. Fayon et al. noemen een verschil van drie tot vijf fracturen bij gelijke leeftijd en belasting.

Verder signaleren diverse auteurs het frequent optreden van "submarining" met als gevolg relatief veel abdominaal letsel. Dit verschijnsel kan ook van invloed zijn op de gemeten trekkracht in het schoudergedeelte.

Als maat voor de ernst wordt vaak het aantal ribfracturen genomen. In termen van letselernst een niet zo gelukkig criterium, aangezien een enkele ribfractuur een AIS = 1 krijgt (AAAM, 1980) en meer dan één fractuur tot aan flail-

chest, een AIS = 2, met andere woorden medisch gezien wordt aan het absolute aantal niet zo zwaar getild. In termen van belasting mag echter een relatie tot het aantal fracturen verondersteld worden.

Sommige auteurs tellen een claviculafractuur mee als ribfractuur. Anderen zijn van oordeel dat een claviculabreuk een inleiding tot een ribbreuk is en dan ook niet apart geteld moet worden.

Fayon et al. zijn van oordeel dat sternumfracturen kunnen optreden in plaats van ribfracturen en tellen een sternumfractuur afhankelijk van de ernst als een tot drie ribfracturen. Meervoudige fracturen (één rib op meer plaatsen gebroken) worden per stuk geteld, er kunnen dus meer fracturen dan ribben voorkomen. In hetgeen volgt zal worden uitgegaan van het aantal ribfracturen (zonder bijtelling van clavicula en sternum).

#### 4. Selectie

Geselecteerd zijn die gevallen waarbij verse ongebalsemde kadavers éénmaal zijn gebruikt. Daarnaast is er een aantal andere redenen om gevallen niet mee te nemen. Deze zijn als commentaar vermeld in Tabel 2.

Frequentietellingen en verdelingen zijn te vinden in Tabel 3.

#### 5. Voorspelling van het aantal ribfracturen

Gegeven de ter beschikking staande data zijn alleen de kenmerken: geslacht, leeftijd, gewicht en de trekkracht in het schoudergedeelte van de gordel (FS) in voldoende aantallen beschikbaar.

De genoemde trekkracht wordt mede bepaald door de massa van het kadaver. Twee alternatieven om de invloed van massa te elimineren zijn uitgeprobeerd, nl.  $FQ = FS/\text{gewicht}$  en  $FN = FS * (75/\text{gewicht})^{2/3}$ . Deze laatste formule is ontleent aan de schalingstheorie van Whittaker (Eppinger, 1976).

Uit de correlatiematrix (Tabel 4) blijkt dat FQ gradueel slechter met gewicht correleert dan FS. FN correleert vrijwel niet met gewicht waaruit geconcludeerd wordt dat de schalingstheorie de invloed van het lichaamsgewicht op FS afdoende elimineert.

De regressie op het aantal ribfracturen met behulp van geslacht, leeftijd, gewicht en FN geeft een correlatie van 0,59 (Tabel 5).

Dit is aanmerkelijk lager dan de 0,77 van Eppinger op een voor een groot gedeelte identieke dataset.

Wanneer deze regressie op de afzonderlijke datasets wordt uitgevoerd ontstaat het volgende beeld (Tabel 6):

- a. leeftijd draagt sterk bij aan de correlatie, FN weinig (Cromak, beide sets Schmidt).
- b. FN draagt sterk bij aan de correlatie, leeftijd weinig (Patric, Fayon, Ramet).
- c. gewicht heeft hoge predictieve waarde, dan FN en leeftijd weinig (Cesari).

Het eerste groep datasets wordt gekenmerkt door een voor iedere beproeving (vrijwel) gelijke vertraging. (De duur kan echter wel verschillen.)

Bij de tweede groep is er variatie in de mate van vertraging. De data van Cesari tenslotte hebben een dermate afwijkend patroon dat deze verder buiten beschouwing zullen blijven.

Inhoudelijk gezien wordt het optreden van ribfracturen bepaald door de opgelegde belasting en de weerstand van het individu tegen mechanische belasting. Als benadering van de belasting wordt de trekkracht in het schoudergedeelte gebruikt. Deze is wordt bepaald door:

- vertraging van de slede
- massa van het kadaver
- geometrie van de opstelling
- constructieve kenmerken.

Als de beproeving met dezelfde sledevertraging wordt uitgevoerd zal dit element van FS niet discrimineren naar het aantal fracturen. Door toepassing van de schalingstheorie is ook het verschil in massa van de kadavers geëlimineerd.

Binnen een dataset zal er in het algemeen van dezelfde bevestigingspunten gebruik gemaakt worden, met andere woorden: de basisconfiguratie blijft gelijk. Als van hetzelfde type gordel gebruik gemaakt wordt is ook dit binnen de dataset geen bron van variatie.

Op grond van deze overwegingen mag FN hooguit wegens het proxy-karakter slechts licht correleren met het aantal fracturen bij datasets met één en dezelfde vertraging.

## 6. Weerstand tegen mechanisch geweld

Wanneer aan bovengenoemde condities voldaan wordt, blijft het verschil in individuele weerstand tegen mechanische belasting als verklaring van het

verschil in aantal fractures over. Zowel gewicht als leeftijd correleren met het aantal fractures. De normering van FS elimineert het gewichtaspect. Kennelijk is massa alleen geen predictor van fractuurgevoeligheid (massa is niet gecorreleerd aan leeftijd). Blijft leeftijd over als proxy-kenmerk.

Uit de regressie op het aantal ribfracturen met geslacht, leeftijd, gewicht en FN op de data van Cromack en Schmidt (constante vertraging) blijkt dat alleen leeftijd van invloed is (Tabel 7).

De regressie op het aantal ribfracturen met uitsluitend leeftijd geeft de regressielijn (Tabel 8):

$$\text{RIB} = 0,3354993 * \text{leeftijd} - 3,870858$$

met  $R = 0,797$  en  $R^2 = 0,63$ , een goed resultaat.

Het toevoegen van leeftijd tot de tweede en derde macht geeft geen verbetering (Tabel 9).

Afbeelding 1 (gemeten aantal fractures tegen leeftijd) laat zien dat een lineaire functie goed voldoet.

Het is dan ook mogelijk het aantal fractures voor verschil in leeftijd te corrigeren volgens:

$$\text{RIBC} = \text{RIB} - 0,3354993 * \text{leeftijd}$$

In Tabel 6 is per dataset een overzicht gegeven van de regressie op RIBC. De resultaten zijn als volgt:

Bij Cromack wordt de invloed van leeftijd geëlimineerd. Ondanks de constante vertraging correleert FN hoog met het aantal ribfracturen, op vier gevallen is een regressie-analyse echter redelijk onzinnig.

Ook bij Patrick is sprake van eliminatie van leeftijd als invloedsgrootheid. De hoge correlatie tussen FN en het aantal ribfracturen kan hier verklaard worden uit de variatie in sledevertraging.

De van oorsprong al niet grote bijdrage van leeftijd bij Fayon reduceert nog verder. De totale correlatie daalt en ligt vrij laag. Gezien het grote aantal variaties in de gebruikte gordels (elasticiteit, loadlimiters, gordelbreedte, voorspanning etc.) is dat niet verwonderlijk.

De correctie bij Ramet voor leeftijdinvloed doet de invloed van leeftijd toenemen!

Bij Schmidt en Eppinger speelt leeftijd vrijwel geen rol meer. Wel is er nog enige invloed van FN. Uit de niet erg heldere documentatie blijkt dat er enige variatie in vertragingsniveau is geweest (ongeveer 3 g).

De correlatie bij Kallieris (1982b) is vrijwel nihil. Gezien het proxy-karakter mag enige blijvende relatie verwacht worden.

## 7. Conclusies

Gegeven een identieke vertraging van de slede per proef blijkt de genormaliseerde trekkracht in het schoudergedeelte niet te correleren met het aantal ribfracturen.

Gegeven bovenstaande conditie is leeftijd de enige en vrij goede predictor.

Helaas is van de datasets met verschillende vertragingsniveaus het aantal waarbij dat niveau bekend is onvoldoende om het eerder gevonden verband tussen leeftijd en aantal ribfracturen ook bij andere sledevertragingen te kunnen nagaan.

De spreiding in FN bij een identieke vertraging geeft aan dat er geen ondubbelzinnige relatie tussen AC (sledevertraging) en FN (genormaliseerde trekkracht) bestaat. Dit kan o.a. verklaard worden uit de elasticiteit van de gordel waardoor begrenzing van het krachtniveau optreedt.

Het is dan ook niet mogelijk uit de (frequenter gemeten) FN een AC af te leiden en langs die weg alsnog tot een voldoende aantal cases te komen. Een benadering als van bijv. Eppinger, het samenvoegen van datasets met verschillende en die met constante vertraging is weinig zinvol. De relatie tussen aantallen fracturen enerzijds en FN en leeftijd anderzijds zal dan door de verhouding tussen de genoemde datasets bepaald worden.

## 8. Ongevallenonderzoek

De data van Foret-Bruno et al. zijn zoals gezegd afkomstig uit "echte" ongevallen.

Aangezien de gebruikte gordels voorzien waren van krachtbegrenzing middels opgestikte strookjes, is het mogelijk een (ruwe) indicatie te krijgen van de trekkracht in het schoudergedeelte.

In totaal werden 92 cases verzameld waarbij de criteria zijn:

- krachtbegrenzing is geactiveerd,
- frontale botsing,
- geen contact van de thorax anders dan met de gordel.

Hoewel drie verschillende typen van krachtbegrenzing gebruikt werden, komt type A in 82 van de 92 gevallen voor. Het betreft hier vijf bandjes die bij toenemende kracht stuk voor stuk bezwijken. De hoogste waarde daarbij is 4400 kN, een waarde die in 23 gevallen bereikt werd, met andere woorden: in onbepaalde mate is overschreden. Per case zijn  $\Delta V$  en de gemiddelde vertraging berekend. Daarmee zijn twee duidelijke bronnen van onnauwkeurigheid aangegeven, nl. de vrij grove benadering van de trekkracht in het schoudergedeelte, alsmede de onbekende overschrijding van het maximum en de botsersnst ( $\Delta V$ , Agem).

De letsels zijn niet per individu gegeven. Wel is de OSI en de AIS van de thorax beschikbaar. Gezien de datum van publikatie en het commentaar in de tekst betreft het hier het AIS-1976 systeem.

Tabel 10 geeft een overzicht naar geslacht.

Bij de mannen is bijna 60% niet gewond en heeft 36% voornamelijk pijnklachten. Slechts 5,6% heeft een AIS > 1, met andere woorden: dit kunnen ribfracturen zijn.

Bij vrouwen heeft 70% een AIS = 1. Het aantal is gering (n=20). Bij een predictie van de ernst van de verwondingen aan de thorax (met behulp van lineaire regressie) zullen de verschillen tussen de geslachten uiteraard hoog scoren. Gezien de data is dat weinig zinvol. Het beeld komt sterk overeen met wat uit bijvoorbeeld het SWOV-ongevallenonderzoek bekend is, nl. dat vrouwen eerder licht letsel opgeven dan mannen. De aard van dat letsel zal voornamelijk pijnklachten e.d. betreffen.

Wanneer aangenomen wordt dat de AIS = 2- of 3-letsels ribfracturen zijn, is een conversie naar het AIS-1980 systeem mogelijk. Dit resulteert in Tabel 11. Op grond van een dergelijke verdeling is het weinig zinvol om de ernst van thoraxverwondingen te voorspellen.

Er dient dus te worden volstaan met de conclusie dat uit de gegevens betreffende 71 mannen en 21 vrouwen (Tabel 12); met een gemiddelde leeftijd van 35

jaar, bij een gemiddelde  $\Delta V$  van 35 km/h en een gemiddelde vertraging van 8,3 g waarbij een trekkracht van gemiddeld 4100 N wordt gemeten (4565 N genormaliseerd op een lichaamsgewicht van 75 kg) niet tot licht gewond geraken in een frontale botsing.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12*
Anthro												
Sex	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Leeftijd	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Gewicht	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Lengte	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	
Preparatie												
Vasc. press.			Y	Y	Y	Y				Y		
Lung press.				Y	Y	Y	Y		Y	Y		
Fresh/Embal.	F	FU	U	FU	L	FUE	UE	FUE	FU	FU	FU	
Letsel												
Thorax frakt.		Y	Y	Y		Y	Y	Y		Y	Y	Y
Thorax orgaan						Y						
Buik			Y	Y		Y				Y	Y	
Ruggegraat		Y										
MAIS	Y	Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y	Y	Y	
ACIR	Y											
OSI					Y							
Gordel												
F-schouder-UP	Y	Y	Y	Y	Y			Y		Y		Y
F-SCHOUD-LAP		Y	Y	Y				Y		Y		
F-lap		Y	Y	Y				Y		Y		
Rek-schouder		Y	Y									
Rek-LAP		Y	Y									
F-resultant				Y								
Geweld												
Slede/Voert.	S	S	V		V	V		CR		S		
dV/V-init	Y	Y	Y	Y	Y			Y				
Ac	Y	Y			Y	Y		Y		Y		
A-HEAD		Y	Y									
A-CHEST		Y					Y		Y			
REMWEG				Y						Y		

\* Data ontleent aan Eppinger 1976

Tabel 1. Overzicht gemeten kenmerken per onderzoek.

- |                              |                            |
|------------------------------|----------------------------|
| 1. Schimkal et al. (1974)    | 8. Cesari & Ramet (1979)   |
| 2. Cromack & Ziperman (1975) | 9. Kallieris et al. (1982) |
| 3. Patrick & Levine (1975)   | 10. Ramet & Cesari (1979)  |
| 4. Fayon et al. (1975)       | 11. Kallieris (1982b)      |
| 5. Foret-Bruno et al. (1978) | 12. Schmidt et al. (1975)  |
| 6. Alem et al. (1978)        | ontl. aan Eppinger (1976). |
| 7. Walsh & Kelleher (1978)   |                            |

## SCHIMKAT

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	ACIR
1	11F	2	78	62	150							2	8124		50.0			3
1	37M	1	49	79	177							2	9927		50.0			3
1	44M	1	39	58	162							2			50.0			3
1	45M	1	68	46	157							3			50.0			4
1	48M	1	21	73	172							1	5690		50.0			2
1	49M	1	72	69	169							2			50.0			3
1	50F	2	62	74	162							2	4709		50.0			3
1	36M	1	33	65	177							0	7112	7112	50.0			1
1	42M	1	50	70	170							1			50.0			2
1	46F	2	12	52	145							0	4412		50.0			1
1	47F	2	60	73	170							3	5199		50.0			4
1	51F	2	70	44	155							3	4415	3727	50.0			4
1	52F	2	73	47	147							3	4316	3727	50.0			4

## CROMACK

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
2	794	1	58	98	185	10	1		2		5	5	7342		46.8	20.6	72.0	
2	808	1	66	81	166	0	0		0		5	5			48.1	21.4	41.0	Bevroren
2	821	1	61	62	177	10	1		2		5	5	7097		48.1	20.5	35.0	
2	838	1	64	81	175	12	0		2		5	5	6652		47.5	20.7	38.0	
2	985	1	52	55	167	8	1		2		0	2	5895		48.1	19.8	36.0	

## PATRIC

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	AIS71
3	2-5	1	53	83	170	0			1		0	1	2489		30.9			1
3	2-6	1	53	83	170	0			1		0	1	3332		31.4			1
3	2-7	1	58	55	177	1			1	0	0	1	3155		33.8			1
3	2-12	1	61	73	169	0			1	0	0	1	5331		47.0			1
3	2-15	1	41	69	175	0			1	0	0	1	5066		46.7			1
3	2-16	1	57	67	163	5			2	0	0	3	4537		48.1			3
3	2-19	1	32	70	182	0			0	3	0	3	6938		63.1			3
3	2-20	1	56	103	184	7			2	5	5	5	7958		64.5			7
3	2-21	1	50	72	168	14			2	5	0	5	8575		64.5			7
3	2-22	1	61	87	183	13			2	5	5	5	8575		64.4			8

## FAYON

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
4	1	2	62	53	162	12	0		2	0	0	2	7800		50.0			7
4	2	1	52	71	175	12	0		2	4	3	4	9800		50.0			8
4	3	1	60	70	170	9	0		2	0	0	2	4400		48.0			3
4	4	1	50	85	171	6	0		2	3	0	3	7000		49.0			3
4	5	1	57	60	167	11	4		4	0	0	4	6600		59.0			4
4	6	2	60	55	146	18	1		2	0	0	2	4900		58.0			4
4	7	1	33	70	170	10	1		2	0	0	2	7100		56.0			3
4	8	1	53	70	161	21	1		2	4	0	4	6700		65.0			5
4	9	1	57	70	178	6	1		2	0	0	5	3450		49.0			5
4	10	1	63	70	163	28	1		2	3	0	5	6700		64.0			5
4	11	1	57	74	169	18	1		4	0	0	4	8800		49.0			4
4	12	2	43	60	152	13	1		2	3	0	3	8500		64.0			4
4	13	1	58	60	165	11	1		2	0	3	5			62.0			8
4	14	1	55	48	162	26	1		2	4	0	4	6700		62.0			8
4	15	1	62	55	162	16	1		2	0	3	3			64.0			4
4	16	1	57	62	162	18	1		2	3	0	3	6500		63.5			4
4	18	1	61	63	167	5	1		2	0	2	5	18000		48.0			6
4	19	1	62	95	171	8	0		2	0	0	4	11700		47.5			4
4	25	2	66	56	166	16	0		4	0	3	4			50.0			4
4	26	1	48	63	170	11	0		4	0	0	4	6300		49.0			4
4	27	1	53	70	175	10	1		2	0	0	2	5800		45.0			3
4	30	1	61	52	157	23	1		2	0	0	4			49.0			4
4	33	1	51	50	171	0	0		1	0	0	1	2100		49.0			2
4	34	1	57	68	164	12	1		2	0	0	2	5200		49.0			3
4	35	2	59	60	158	10	0		2	0	0	2	3800		50.0			3
4	40	1	60	86	186	1	0		1	0	0	1	4200		48.5			2
4	41	1	60	50	174	1	1		2	0	0	2	3700		50.0			2
4	44	1	53	66	174	12	1		2	0	0	2	5600		50.0			2
4	47	1	64	63	171	13	1		2	0	0	2	5500		48.0			4
4	53	1	46	63	165	2	0		1	0	0	1	4300		43.0			2
4	54	1	34	60	178	0	0		0	0	0	0	4000		48.6			0

Tabel 2. Data beproeving thoraxletsel bij autogordelgebruik per onderzoek.

FORET

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
1	1	1	34	60	165				0				2100		25.0	6.0		0
5	2	1	36	77	179				0				2100		25.0	4.0		1
5	3	1	32	85	175				0				2100					1
5	4	1	51	72	168				0				2100		20.0	4.0		0
5	5	1	45	73	168				1				2100		30.0	6.0		1
5	6	1	47	65	160				1				2100		15.0	5.0		1
5	7	2	46	68	154				0				2100					0
5	8	1	73	79	173				0				2100		30.0	6.0		0
5	9	2	48	63	167				1				2100		20.0	4.0		1
5	10	2	22	50	160				1				2100		20.0	4.0		1
5	11	1	61	60	155				1				2100					1
5	12	1	32	73	180				0				2100		20.0	5.0		2
5	13	1	51	60	163				1				3850		30.0	8.0		2
5	14	1	25	60	171				0				3850					0
5	15	1	28	67	173				0				3850		30.0	7.0		0
5	16	1	48	74	176				0				3850		30.0	9.0		1
5	17	1	38	69	179				0				3850		25.0	8.0		1
5	18	1	26	79	187				0				3850		25.0	5.0		1
5	19	1	32	60	180				0				3850					0
5	20	1	51	71	170				0				3850		25.0	5.0		1
5	21	1	53	54	167				2				3850		25.0	7.0		2
5	22	2	21	52	160				1				2100		60.0	11.0		3
5	23	1	24	72	180				1				3850		25.0	6.0		1
5	24	2	27	50	160				1				3850		50.0	15.0		3
5	25	2	23	60	170				0				3850		30.0	7.0		1
5	26	1	29	65	168				0				3850		25.0	6.0		0
5	27	1	19	63	167				0				3850		45.0	10.0		1
5	28	1	47	70	171				0				3850		30.0	6.0		0
5	29	1	38	66	167				0				3850		30.0	9.0		0
5	30	1	24	75	190				0				3850		35.0	8.0		0
5	31	1	34	60	172				1				3850		30.0	9.0		3
5	32	1	27	71	170				0				3850					2
5	33	2	28	65	160				1				3850		45.0	11.0		3
5	34	1	28	65	164				1				3850		35.0	9.0		1
5	35	1	40	80	170				0				3850		20.0	6.0		0
5	36	1	33	73	178				1				3850		20.0	6.0		1
5	37	1	30	75	172				0				4000		45.0	12.0		3
5	38	1	59	93	180				1				4000		55.0	12.0		3
5	39	1	53	68	170				2				4000		35.0	9.0		2
5	40	1	45	100	190				0				4000		30.0	6.0		0
5	41	1	25	63	182				0				4000		55.0	10.0		2
5	42	1	38	80	175				0				4000		25.0	6.0		1
5	43	1	31	85	190				1				4400		50.0	10.0		3
5	44	1	24	76	170				1				4400		45.0	10.0		1
5	45	1	40	70	165				1				4400		55.0	17.0		2
5	46	1	36	84	183				0				4400		35.0	6.0		1
5	47	1	37	72	167				1				4400		40.0	10.0		1
5	48	2	35	55	165				1				4400		40.0	8.0		2
5	49	1	21	60	168				0				4400		35.0	8.0		0
5	50	1	50	80	173				1				4400		30.0	9.0		1
5	51	1	30	69	173				1				4400					1
5	52	1	29	75	170				0				4400		25.0	8.0		1
5	53	1	21	66	166				2				8600		50.0	13.0		3
5	54	1	53	80	170				0				4400		40.0	11.0		3
5	55	1	19	65	168				0				4400		25.0	7.0		0
5	56	1	30	90	180				0				4400		35.0	9.0		1
5	57	1	45	90	168				1				4400		30.0	6.0		1
5	58	1	28	76	180				1				7400		35.0	14.0		1
5	59	1	24	63	176				0				8000		70.0	12.0		3
5	60	1	28	60	168				1				5400		45.0	9.0		1
5	61	1	43	70	170				0				5400		35.0	9.0		3
5	62	1	35	84	182				1				5400					2
5	63	1	24	78					1				5400		55.0	6.0		1
5	64	1	27	59	170				0				5400					0
5	65	2	77	70	165				1				2100		15.0	4.0		1
5	66	2	23	64	166				1				3850		25.0	8.0		1
5	67	1	30	90	165				0				3850					6
5	68	2	24	51	158				1				3850					1
5	69	2	49	55	165				1				3850					1
5	70	1	25	68	171				0				3850		30.0	7.0		0
5	71	2	58	67	160				2				3850		25.0	7.0		2
5	72	2	26	6	155				1				3850		30.0	7.0		1
5	73	1	20	67	160				0				3850		20.0	7.0		0
5	74	1	17	65	180				0				3850					2
5	75	1	18	68	175				0				3850		45.0	10.0		3
5	76	1	42	63	162				1				3850		25.0	6.0		1
5	77	1	23	58	178				1				3850					1
5	78	2	28	57	170				1				3850					1
5	79	2	39	70	165				1				3850		20.0	6.0		1
5	80	1	34	65	169				0				4000		60.0	12.0		3
5	81	2	53	55	160				3				4000		35.0	10.0		3
5	82	2	29	54	160				1				5000		45.0	10.0		2
5	83	1	49	90	173				1				4400		45.0	12.0		3
5	84	1	19	70	175				0				4400		35.0	8.0		0
5	85	1	25	76	173				3				8000		50.0	13.0		4
5	86	1	32	64	181				1				4400		55.0	10.0		4
5	87	1	30	62	167				1				4400		35.0	9.0		1
5	88	2	37	50	158				0				4400		50.0	14.0		3
5	89	2	53	60	172				3				4400		45.0	8.0		2
5	90	1	23	75	188				1				8000					2
5	91	2	43	70	160				5				8000		40.0	11.0		6
5	92	1	25	62	169				0				5400					0

Tabel 2.

## ALEM

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
6	WBR3	1	59	57	174	10	3		4						50.0	20.0		
6	WBR4	1	82	62	166	3	1		2						32.0	10.0		Dubbel gebruikt
6	WBR5	1	49	84	171	6	1		2						32.0	10.0		Dubbel gebruikt
6	WBR6	1	60	44	170	10	0		3						32.0	10.0		Dubbel gebruikt
6	WBR7	1	82	78	179	13	3		3						25.0	10.0		Dubbel gebruikt
60	WBR8	1	85	60	173	11	1		2						50.0	20.0		EMBALMED Dubbel gebruikt
6	WBR9	1	50	62	173	5	0		2						32.0	10.0		
60	WBR10	1	57	63	174	7	1		2						50.0	20.0		EMBALMED
6	WBR11	1	88	74	171	7	0		2						32.0	10.0		
6	WBR12	1	47	62	168	2	3		2						32.0	10.0		
6	WBR13	1	73	75	176	11	1		2						50.0	20.0		
6	WBR14	1	57	76	168	8	1		2						32.0	10.0		
6	WBR15	1	72	84	169	16	2		4						50.0	20.0		

## WALSH/CALSPAN

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
7CM12	301	2	65	54	157				2				3276		49.1	20.0	22.0	EMBALMED
7CM 8	273	1	51	79	178				2				5337		46.3	19.0	25.0	
7CM14	343	1	60	68	168				0				4002		48.1	23.0	35.0	EMBALMED
7CM17	347	1	27	95	183				0				5474		48.2	21.0	41.0	

## CESARI

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
8	1AM	1	55	70	172	0	1	0	2	0		2	5400		52.6	40.0	52.0	EMBALMED
8	1BC	2	35	55	160	6	0	0	2	0		1			53.2			
8	1CM	1	53	62	173	0	0	0	1	0		1			46.4		61.0	
8	1DC	2	68	71	169	6	0	0	2	0		2	5500		47.0	48.0	61.0	
8	2AM	2	58	58	157	0	0	2	0	0		2			45.7			
8	2BC	1	40	83	175	0	0	0	0	0		0	5400		51.8	29.0		
8	2CM	1	29	80	185	0	0	3	0	0		3			40.1			
8	2DC	1	69	78	170	3	0	0	2	0		2	5300		45.4	28.0	78.0	
8	3AM	1	41	72		0	0	0	0	0		0			30.0		24.0	
8	3BC	2	68	63	155	6	0	0	2	0		2			30.0			
8	3CM	2	42	50		0	0	0	0	0		0			30.0			
8	3DC	2	65	53	160	13	1	0	4	0		4	2700		30.0			
8	4AM	2	22	58	163	0	0	2	1	3		4			65.0			
8	4BC	1	65	80	173	12	1	3	4	4		4	9300		64.0	56.0	101.0	
8	5AM	1	44	70	165	3	0	1	3	0		3						
8	5BC	1	65	65	163	9	1	0	4	0		4	4100		38.8	27.0	29.0	
8	5CC	2	48	61	164	1	0	0	1	0		1						

## KALLIERIS

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
9	H7911	1	25	64		1		2	0	2	2	2			50.0			
9	H7912	1	51	93		12		2	0	3	3	3			50.0			
9	H7915	1	22	58		2		1	0	3	3	3	4900		50.0			
9	H7916	2	39	53		5		2	0	2	2	2	3700		50.0			
9	H7917	1	18	77		0		2	0	2	2	2	4600		50.0			
9	H7918	1	23	56		0		2	0	4	4	4	5600		50.0			
9	H7919	1	51	75		14		2	0	3	3	3			50.0			
9	H8001	1	38	70		14		2	0	2	3	3	6000		50.0			
9	H8002	2	32	61		3		2	0	3	3	3	6300		50.0			
9	H8005	1	25	80		5		2	0	0	2	2	6600		50.0			
9	H8006	2	34	48		4		2	0	3	3	3	3700		50.0			
9	H8008	1	19	66		2		1	0	2	3	3	6000		50.0			

## RAMET

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
10	1	1	65	68	170	0	0	0	0	0	0	0	2000	1500	24.0	8.1	24.0	0
10	2	2	72	54	162	3	0	3	0	0	3	3	1700	1600	23.9	6.9	23.9	0
10	3	2	71	47	153	3	0	2	0	0	2	2	4000	2480	24.4	9.8	24.4	3
10	4	1	58	56	156	2	0	1	0	0	1	1	2700	1900	33.6	7.5	33.6	6
10	5	1	69	70	170	9	0	4	0	0	4	4	6000	3890	36.2	9.5	36.2	5
10	6	1	70	78	171	0	0	0	0	0	0	0	6300	3110	33.7	9.9	33.7	0
10	7	2	66	54	160	8	0	4	0	0	4	4	7500	3110	42.5	14.9	42.5	4
10	8	1	71	83	174	3	0	2	3	0	3	3	7800	3470	41.5	17.0	41.5	4
10	9	2	70	46	152	2	0	1	0	0	1	1	5700	2620	42.1	13.4	42.1	2
10	10	2	74	46	150	8	1	4	3	0	4	4	7500	2980	48.0	22.2	48.0	5
10	11	1	68	69	170	8	1	5	3	0	5	5	4790	3230	46.9	20.2	46.9	6
10	12	2	59	57	160	8	1	4	3	0	4	4	8300	4090	48.6	19.6	48.6	5

Tabel 2.

## SCHMIDT/EPPINGER

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
	1	1	33	65	6								7210					
11	1	1	33	65	6								7210					
11	2	2	12	52	2								4414					
11	3	2	70	44	24								3924					
11	4	2	73	47	13								4120					
11	5	2	57	36	10								4895					
11	6	1	59	68	23								6180					
11	7	2	82	44	28								5405					
11	8	2	39	86	5								7857					
11	9	2	71	45	18								4895					
11	10	1	32	83	9								7465					
11	11	1	75	91	19								7259					
11	12	1	62	70	22								7465					
11	13	1	53	87	20								7259					
11	14	1	40	66	19								7465					
11	15	1	39	83	8								7749					
11	16	1	34	70	14								6867					
11	17	1	45	86	10								7651					
11	18	2	37	54	12								6376					
11	19	2	52	53	18								5935					
11	20	1	65	87	17								6670					
11	21	1	45	81	19								7063					
11	22	2	65	69	25								5895					
11	23	1	36	70	16								5699					
11	26	1	35	60	5								6670					
11	27	1	22	56	4								6867					
11	28	1	49	78	15								8044					
11	29	1	33	78	9								6955					
11	30	1	67	65	22								6867					
11	31	1	42	76	12								7553					
11	32	2	19	56	2								6278					
11	33	1	61	80	9								6670					
11	34	2	55	57	13								6474					
11	35	1	75	61	21								6474					
11	36	2	30	69	4								7259					
11	37	2	44	50	7								6670					
11	38	2	79	60	28								6082					
11	39	1	16	60	1								6572					
11	40	2	59	85	23								7553					
11	41	2	22	63	10								6867					
11	42	1	25	70	7								6867					
11	43	1	58	75	14								6180					
11	44	1	38	61	9								4708					
11	45	1	54	49	12								4708					
11	46	1	24	93	1								7112					
11	47	2	24	57	6								5591					
11	48	1	35	69	6								5591					
11	49	1	55	57	14								5601					
11	50	2	21	48	3								5601					
11	51	1	26	90	13								7337					
11	52	1	22	74	3								6906					
11	53	2	38	60	2								3953					
11	54	1	38	56	7								5444					
11	55	2	38	52	13								3639					
11	56	1	22	74	0								5748					
11	57	1	32	79	5								6906					
11	58	1	34	53	1								4365					
11	59	1	48	81	5								5199					
11	60	1	50	52	12								4159					
11	61	2	55	67	10								4130					
11	62	2	56	64	10								4404					
11	63	1	37	62	3								4463					
11	64	1	37	62	3								4463					
11	65	1	76	62	26								3747					
11	66	1	45	81	8								4689					
11	67	2	58	59	14								4100					

Tabel 2.

## SCHMIDT/IRCOBI82

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	RIB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	FS	FL	dV	dAs	Ach	OSI
12	1	2	71	45	155	18			3	5	3	5	4805		50.0			
12	2	1	65	87	186	15			4	3	4	4	6671		50.0			
12	3	1	45	81	182	16			4	4	2	4	7063		50.0			
12	4	2	65	69	155	23			4	3	3	4	5886		50.0			
12	5	1	36	70	180	13			4	3	2	4	5690		50.0			
12	6	1	39	76	175	16			4	3	5	5	7004		50.0			
12	7	2	22	52	160	1			2	1	2	2	5248		50.0			
12	8	1	14	58	166	0			0	1	2	2	5788		50.0			
12	9	2	32	53	163	6			2	3	1	3	5562		50.0			
12	10	1	29	69	175	4			2	2	1	2	6661		50.0			
12	11	1	23	76	183	0			2	2		2	7220		50.0			
12	12	1	16	68	182	0			1	1		1	5925		50.0			
12	13	1	45	75	159	8			3	4	3	4	7446		50.0			
12	14	2	15	44	168	0			1	5	3	5	5052		50.0			
12	15	2	54	60	166	10			3	1	3	3	6033		50.0			
12	16	1	20	76	178	5			2	1	3	3	7122		50.0			
12	17	2	26	55	166	1			2	1	2	2	5484		50.0			
12	18	2	22	48	163	0			0	0	0	0	5680		50.0			
12	19	1	25	61	172	16			3	1	3	3	5925		50.0			
12	20	2	26	54	156	3			2	3	3	3	5572		50.0			
12	21	1	21	56	169	3			3	3	2	3	6259		50.0			
12	22	1	20	67	173	5			2	4	3	4	5474		50.0			
12	23	1	12	41	147	0			1	1	0	1	4807		50.0			
12	24	1	45	62	164	11			3	2	3	3	6259		50.0			
12	25	1	22	89	192	0			1	1	2	2	7534		50.0			
12	26	2	55	66	164	16			4	1	4	4	8348		50.0			
12	27	1	55	81	163	16			4	4	4	4	9879		50.0			
12	28	2	53	57	159	15			3	0	3	3	7220		50.0			
12	29	2	37	49	155	21			4	1	3	4	5798		50.0			
12	30	1	22	71	182	2			2	0	2	2	7289		50.0			
12	31	1	43	71	161	1			2	0	2	2	7819		50.0			
12	32	1	49	82	178	14			4	3	2	4	7416		50.0			

Tabel 2.

VARIABLE	N	N MISSING	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE
ONDER	284	0	7.2711	3.430	1.0000	12.000
SEX	284	0	1.2852	0.452	1.0000	2.000
LEEF	284	0	43.6866	17.219	12.0000	88.000
GEWICHT	284	0	66.8275	12.796	6.0000	103.000
LENGTE	206	78	168.8981	9.071	145.0000	192.000
RIB	177	107	9.2260	7.243	0.0000	28.000
STERNUM	59	225	0.6102	0.766	0.0000	4.000
HOOFD	8	276	0.3750	1.061	0.0000	3.000
THORAX	206	78	1.5049	1.264	0.0000	5.000
BUIK	99	185	1.2121	1.624	0.0000	5.000
RUG	87	197	1.5287	1.627	0.0000	5.000
MAIS	211	73	2.1706	1.457	0.0000	6.000
FS	257	27	5319.8249	1772.756	1700.0000	11700.000
FL	24	260	3997.7500	1587.271	1500.0000	7112.000
DV	201	83	43.2711	11.655	15.0000	70.000
AS	104	180	11.3135	7.898	4.0000	56.000
ACH	23	261	38.4957	16.622	1.0000	78.000
IMP	175	109	235257.6046	127218.528	31500.0000	595200.000
EK	201	83	67131.5851	34798.071	2700.0000	214252.875
FN	257	27	5842.4498	2078.085	1931.8831	20736.434
RIBFRAK	101	183	10.3762	5.957	0.1551	23.640

VARIABLE	RANGE	SUM	VARIANCE	UNCORRECTED SS	CORRECTED SS
ONDER	11.00000	2065.000	121.83450000E+043.33012324E+03		
SEX	1.00000	365.000	05.27000000E+025.78978873E+01		
LEEF	76.00000	12407.000	2966.25927000E+058.39071092E+04		
GEWICHT	97.00000	18979.000	1641.31465500E+064.63365458E+04		
LENGTE	47.00000	34793.000	825.89333700E+061.68668592E+04		
RIB	28.00000	1633.000	522.42990000E+049.23296045E+03		
STERNUM	4.00000	36.000	15.60000000E+013.40338983E+01		
HOOFD	3.00000	3.000	19.00000000E+007.87500000E+00		
THORAX	5.00000	310.000	27.94000000E+023.27495146E+02		
BUIK	5.00000	120.000	34.04000000E+022.58545455E+02		
RUG	5.00000	133.000	34.31000000E+022.27678161E+02		
MAIS	6.00000	458.000	21.44000000E+034.45857820E+02		
FS	10000.00000	1367195.000	31426628.07775958E+098.04521575E+08		
FL	5612.00000	95946.000	25194304.41515002E+085.79468805E+07		
DV	55.00000	8697.500	1364.03519150E+052.71683726E+04		
AS	52.00000	1176.600	621.97365200E+046.42510115E+03		
ACH	77.00000	885.400	2764.01621400E+046.07808957E+03		
IMP	563700.00000	41170080.800	161845539701.25016870E+132.81611239E+12		
EK	211552.87500	13493448.600	12109057461.14801774E+122.42181149E+11		
FN	18804.55075	1501509.607	43184379.87801455E+091.10552000E+09		
RIBFRAK	23.48495	1048.000	351.44223050E+043.54801132E+03		

VARIABLE	STD ERROR OF MEAN	C.V.	SKEWNESS	KURTOSIS	T	PR> T
ONDER	0.203553	47.178	0.04096651	-1.43378725	35.72	0.0001
SEX	0.026840	35.194	0.95647271	-1.09290645	47.88	0.0001
LEEF	1.021756	39.415	0.18544769	-0.99433383	42.76	0.0001
GEWICHT	0.759293	19.148	-0.12237247	1.19256221	88.01	0.0001
LENGTE	0.631985	5.371	-0.03689870	-0.00153190	267.25	0.0001
RIB	0.544412	78.506	0.59811707	-0.38045927	16.95	0.0001
STERNUM	0.099728	125.543	1.99696754	6.44737765	6.12	0.0001
HOOFD	0.375000	282.843	2.82842712	8.00000000	1.00	0.3506
THORAX	0.088063	83.991	0.66228593	-0.20722425	17.09	0.0001
BUIK	0.163244	134.001	0.94668998	-0.59637111	7.43	0.0001
RUG	0.174442	106.434	0.51941557	-0.98405024	8.76	0.0001
MAIS	0.100311	67.128	0.31505883	-0.67409853	21.64	0.0001
FS	110.581456	33.324	0.33236213	-0.04921243	48.11	0.0001
FL	324.000359	39.704	0.39486034	-0.67245963	12.34	0.0001
DV	0.822089	26.935	-0.47970741	-0.49165016	52.64	0.0001
AS	0.774470	69.811	3.11229641	13.17881408	14.61	0.0001
ACH	3.465838	43.178	0.48746599	1.37080394	11.11	0.0001
IMP	9616.816809	54.076	0.53700381	-0.21448456	24.46	0.0001
EK	2454.466682	51.836	0.54274174	0.89316387	27.35	0.0001
FN	129.627384	35.569	1.44975094	9.15792181	45.07	0.0001
RIBFRAK	0.592696	57.405	0.23541702	-0.89183197	17.51	0.0001

Tabel 3. Verdelingen en rechte tellingen van de kenmerken.

## VARIABLE LEEFTTIJD

MEAN	47.786	STD ERROR	1.274	STD DEV	17.653
VARIANCE	311.624	KURTOSIS	-0.930	SKEWNESS	-0.211
RANGE	76.000	MINIMUM	12.000	MAXIMUM	88.000
SUM	9175.000				

VALID OBSERVATIONS - 192                      MISSING OBSERVATIONS - 0

## VARIABLE GEWICHT

MEAN	66.224	STD ERROR	0.939	STD DEV	13.014
VARIANCE	169.358	KURTOSIS	-0.432	SKEWNESS	0.241
RANGE	67.000	MINIMUM	36.000	MAXIMUM	103.000
SUM	12715.000				

VALID OBSERVATIONS - 192                      MISSING OBSERVATIONS - 0

## VARIABLE LENGTE

MEAN	167.696	STD ERROR	0.893	STD DEV	9.574
VARIANCE	91.670	KURTOSIS	-0.204	SKEWNESS	-0.139
RANGE	47.000	MINIMUM	145.000	MAXIMUM	192.000
SUM	19285.000				

VALID OBSERVATIONS - 115                      MISSING OBSERVATIONS - 77

## VARIABLE AANTAL RIBFRAKTUREN

MEAN	9.226	STD ERROR	0.544	STD DEV	7.243
VARIANCE	52.460	KURTOSIS	-0.380	SKEWNESS	0.598
RANGE	28.000	MINIMUM	0.000	MAXIMUM	28.000
SUM	1633.000				

VALID OBSERVATIONS - 177                      MISSING OBSERVATIONS - 15

## VARIABLE FS - GEMETEN TREKKRACHT IN SCHOUDERGEDEELTE

MEAN	5999.667	STD ERROR	125.818	STD DEV	1616.167
VARIANCE	*****	KURTOSIS	0.634	SKEWNESS	0.062
RANGE	10000.000	MINIMUM	1700.000	MAXIMUM	11700.000
SUM	989945.000				

VALID OBSERVATIONS - 165                      MISSING OBSERVATIONS - 27

## VARIABLE FL - GEMETEN TREKKRACHT IN SCHOOTGEDEELTE

MEAN	3997.750	STD ERROR	324.000	STD DEV	1587.271
VARIANCE	*****	KURTOSIS	-0.672	SKEWNESS	0.395
RANGE	5612.000	MINIMUM	1500.000	MAXIMUM	7112.000
SUM	95946.000				

VALID OBSERVATIONS - 24                      MISSING OBSERVATIONS - 168

Tabel 3.



## VARIABLE DV - DELTA V

MEAN	48.194	STD ERROR	0.714	STD DEV	8.017
VARIANCE	64.267	KURTOSIS	1.966	SKEWNESS	-0.815
RANGE	41.100	MINIMUM	23.900	MAXIMUM	65.000
SUM	6072.500				

VALID OBSERVATIONS - 126

MISSING OBSERVATIONS - 66

## VARIABLE AS - SLEDE VERTRAGING

MEAN	18.917	STD ERROR	2.080	STD DEV	11.200
VARIANCE	125.447	KURTOSIS	4.320	SKEWNESS	1.858
RANGE	49.100	MINIMUM	6.900	MAXIMUM	56.000
SUM	548.600				

VALID OBSERVATIONS - 29

MISSING OBSERVATIONS - 163

## VARIABLE ACH - ACCELERATIE BORST

MEAN	38.496	STD ERROR	3.466	STD DEV	16.622
VARIANCE	276.277	KURTOSIS	1.371	SKEWNESS	0.487
RANGE	77.000	MINIMUM	1.000	MAXIMUM	78.000
SUM	885.408				

VALID OBSERVATIONS - 23

MISSING OBSERVATIONS - 169

## VARIABLE FQ - FS/MASSA

MEAN	91.984	STD ERROR	1.865	STD DEV	23.960
VARIANCE	574.070	KURTOSIS	0.257	SKEWNESS	0.023
RANGE	133.632	MINIMUM	29.412	MAXIMUM	163.043
SUM	15177.355				

VALID OBSERVATIONS - 165

MISSING OBSERVATIONS - 27

## VARIABLE FN - GENORMALISEERDE TREKKRACHT - FN=FS\* (75/GEWICHT)\*\*(2/3)

MEAN	6554.399	STD ERROR	124.265	STD DEV	1596.216
VARIANCE	*****	KURTOSIS	0.407	SKEWNESS	-0.209
RANGE	8273.333	MINIMUM	2116.219	MAXIMUM	10389.552
SUM	*****				

VALID OBSERVATIONS - 165

MISSING OBSERVATIONS - 27

Tabel 3.

ONDERZOEK

CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	13	6.8	6.8	6.8
	2.	4	2.1	2.1	8.9
	3.	9	4.7	4.7	13.5
	4.	29	15.1	15.1	28.6
	6.	6	3.1	3.1	31.8
	7.	2	1.0	1.0	32.8
	8.	8	4.2	4.2	37.0
	9.	12	6.2	6.2	43.2
	10.	12	6.2	6.2	49.5
	11.	65	33.9	33.9	83.3
	12.	32	16.7	16.7	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	

VALID CASES 192 MISSING CASES 0  
Subfiles processed: ALL

SEX

CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	132	68.7	68.7	68.7
	2.	60	31.2	31.2	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	

VALID CASES 192 MISSING CASES 0  
Subfiles processed: ALL

STERNUM -AANTAL STERNUMFRAKTUREN

CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	0.	29	15.1	49.2	49.2
	1.	27	14.1	45.8	94.9
	2.	1	0.5	1.7	96.6
	3.	1	0.5	1.7	98.3
	4.	1	0.5	1.7	100.0
	MISSING.	133	69.3	MISSING	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	

VALID CASES 59 MISSING CASES 133  
Subfiles processed: ALL

Tabel 3.

<u>HOOFD - AIS</u>					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	0.	7	3.6	87.5	87.5
	3.	1	0.5	12.5	100.0
	MISSING.	184	95.8	MISSING	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	
VALID CASES	8	MISSING CASES	184		
Subfiles processed: ALL					

<u>THORAX - AIS</u>					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	0.	8	4.2	7.0	7.0
	1.	17	8.9	14.9	21.9
	2.	59	30.7	51.8	73.7
	3.	8	4.2	7.0	80.7
	4.	21	10.9	18.4	99.1
	5.	1	0.5	0.9	100.0
	MISSING.	78	40.6	MISSING	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	
VALID CASES	114	MISSING CASES	78		
Subfiles processed: ALL					

<u>BUIK - AIS</u>					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	0.	56	29.2	56.6	56.6
	1.	11	5.7	11.1	67.7
	2.	3	1.6	3.0	70.7
	3.	17	8.9	17.2	87.9
	4.	8	4.2	8.1	96.0
	5.	4	2.1	4.0	100.0
	MISSING.	93	48.4	MISSING	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	
VALID CASES	99	MISSING CASES	93		
Subfiles processed: ALL					

Tabel 3.

---

<u>RUG - AIS</u>					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	0.	41	21.4	47.1	47.1
	1.	2	1.0	2.3	49.4
	2.	15	7.8	17.2	66.7
	3.	20	10.4	23.0	89.7
	4.	4	2.1	4.6	94.3
	5.	5	2.6	5.7	100.0
	MISSING.	105	54.7	MISSING	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	

VALID CASES 87 MISSING CASES 105  
Subfiles processed: ALL

<u>MAIS - HOOGSTE AIS</u>					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	0.	7	3.6	5.9	5.9
	1.	15	7.8	12.6	18.5
	2.	32	16.7	26.9	45.4
	3.	27	14.1	22.7	68.1
	4.	27	14.1	22.7	90.8
	5.	11	5.7	9.2	100.0
	MISSING.	73	38.0	MISSING	100.0
	TOTAL	192	100.0	100.0	

VALID CASES 119 MISSING CASES 73

---

	ONDER	SEX	LEEFT	GEWICHT	LENGTE	RIB	STERNUM	HOOFD	THORAX	BUIK	RUG
ONDER	1.00000 0.0000 284	0.15723 0.0079 284	-0.06699 0.2605 284	-0.07299 0.2201 284	-0.04058 0.5625 206	0.02732 0.7181 177	-0.23842 0.0690 59	0.00000 1.0000 8	0.40626 0.0001 206	0.21613 0.0317 99	0.32604 0.0021 87
SEX	0.15723 0.0079 284	1.00000 0.0000 284	0.13402 0.0239 284	-0.51408 0.0001 284	-0.58856 0.0001 206	0.09309 0.2178 177	-0.21282 0.1056 59	-0.37796 0.3559 8	0.22526 0.0011 206	-0.02955 0.7716 99	0.04367 0.6879 87
LEEFT	-0.06699 0.2605 284	0.13402 0.0239 284	1.00000 0.0000 284	0.02548 0.6690 284	-0.23989 0.0005 206	0.50503 0.0001 177	-0.10892 0.4115 59	0.14933 0.7241 8	0.45836 0.0001 206	-0.06058 0.5514 99	-0.27903 0.0089 87
GEWICHT	-0.07299 0.2201 284	-0.51408 0.0001 284	0.02548 0.6690 284	1.00000 0.0000 284	0.63946 0.0001 206	0.00536 0.9436 177	-0.07105 0.5928 59	0.41321 0.3089 8	-0.08601 0.2190 206	0.14498 0.1522 99	0.23646 0.0275 87
LENGTE	-0.04058 0.5625 206	-0.58856 0.0001 206	-0.23989 0.0005 206	0.63946 0.0001 206	1.00000 0.0000 206	-0.24303 0.0148 100	-0.04050 0.7607 59	0.40777 0.3160 8	-0.23000 0.0013 193	0.06486 0.5506 87	0.26763 0.0203 75
RIB	0.02732 0.7181 177	0.09309 0.2178 177	0.50503 0.0001 177	0.00536 0.9436 177	-0.24303 0.0148 100	1.00000 0.0000 177	0.35990 0.0051 59	0.48073 0.2279 8	0.58845 0.0001 112	0.31619 0.0014 99	0.09453 0.3838 87
STERNUM	-0.23842 0.0690 59	-0.21282 0.1056 59	-0.10892 0.4115 59	-0.07105 0.5928 59	-0.04050 0.7607 59	0.35990 0.0051 59	1.00000 0.0000 59	0.48795 0.2199 8	0.36131 0.0049 59	0.17546 0.2279 49	-0.01914 0.9007 45
HOOFD	0.00000 1.0000 8	-0.37796 0.3559 8	0.14933 0.7241 8	0.41321 0.3089 8	0.40777 0.3160 8	0.48073 0.2279 8	0.48795 0.2199 8	1.00000 0.0000 8	0.43601 0.2802 8	1.00000 0.0000 8	0
THORAX	0.40626 0.0001 206	0.22526 0.0011 206	0.45836 0.0001 206	-0.08601 0.2190 206	-0.23000 0.0013 193	0.58845 0.0001 112	0.36131 0.0049 59	0.43601 0.2802 8	1.00000 0.0000 206	0.27204 0.0064 99	0.18792 0.0813 87
BUIK	0.21613 0.0317 99	-0.02955 0.7716 99	-0.06058 0.5514 99	0.14498 0.1522 99	0.06486 0.5506 87	0.31619 0.0014 99	0.17546 0.2279 49	1.00000 0.0000 8	0.27204 0.0064 99	1.00000 0.0000 99	0.31589 0.0036 83
RUG	0.32604 0.0021 87	0.04367 0.6879 87	-0.27903 0.0089 87	0.23646 0.0275 87	0.26763 0.0203 75	0.09453 0.3838 87	-0.01914 0.9007 45	0	0.18792 0.0813 87	0.31589 0.0036 83	1.00000 0.0000 87
MAIS	0.22558 0.0010 211	0.10481 0.1291 211	0.29375 0.0001 211	0.03196 0.6443 211	-0.07762 0.2771 198	0.61186 0.0001 106	0.39491 0.0034 53	0.43601 0.2802 8	0.70199 0.0001 198	0.57939 0.0001 99	0.46825 0.0001 87
FS	0.29606 0.0001 257	-0.08566 0.1710 257	0.06465 0.3018 257	0.25095 0.0001 257	0.07663 0.2921 191	0.24176 0.0025 154	0.15142 0.3043 48	0.87202 0.0235 6	0.52999 0.0001 183	0.42704 0.0001 82	0.31365 0.0073 72
FL	-0.32279 0.1239 24	-0.31974 0.1277 24	-0.76296 0.0001 24	0.32897 0.1165 24	0.34937 0.2018 15	0.17558 0.4465 21	0.43160 0.1612 12	0	-0.01685 0.9422 21	-0.13915 0.5475 21	0.61765 0.0029 21
DV	0.09229 0.1926 201	0.00332 0.9627 201	0.01326 0.8518 201	-0.03997 0.5732 201	-0.03877 0.5974 188	0.39561 0.0001 111	0.31730 0.0152 58	0.72900 0.0631 7	0.37920 0.0001 188	0.43310 0.0001 98	0.18431 0.0875 87
AS	0.30166 0.0019 104	0.02403 0.8087 104	0.36328 0.0002 104	0.12821 0.1946 104	0.01180 0.9058 103	0.35372 0.0703 27	0.10292 0.6095 27	0.76391 0.1327 5	0.47084 0.0001 104	0.39462 0.1170 17	0.48965 0.0542 16
ACH	-0.16972 0.4388 23	0.03670 0.8680 23	-0.00197 0.9929 23	0.22010 0.3129 23	0.16512 0.4515 23	-0.00535 0.9817 21	0.02547 0.9127 21	-0.68437 0.2025 5	-0.01119 0.9596 23	-0.10008 0.7023 17	0.38419 0.1418 16
IMP	0.17077 0.0239 175	-0.03752 0.6220 175	0.10226 0.1781 175	0.12903 0.0888 175	0.01669 0.8270 174	0.44664 0.0001 89	0.30764 0.0334 48	0.90797 0.0123 6	0.51093 0.0001 166	0.53664 0.0001 82	0.30119 0.0101 72
EK	0.03498 0.6220 201	-0.19251 0.0062 201	0.04803 0.4983 201	0.33707 0.0001 201	0.20986 0.0038 188	0.34439 0.0002 111	0.26336 0.0458 58	0.77823 0.0393 7	0.31546 0.0001 188	0.45210 0.0001 98	0.26410 0.0134 87
FN	0.29425 0.0001 257	0.16407 0.0084 257	0.03224 0.6069 257	-0.25457 0.0001 257	-0.18750 0.0094 191	0.26632 0.0008 154	0.22493 0.1243 48	0.90811 0.0123 6	0.47109 0.0001 183	0.41769 0.0001 82	0.19572 0.0994 72
RIBFRAK	-0.24518 0.0135 101	0.12316 0.2198 101	1.00000 0.0001 101	0.04608 0.6473 101	-0.05338 0.7572 36	0.79785 0.0001 101	-0.68313 0.3169 4	0	0.60185 0.0001 36	0.27672 0.1318 31	0.50266 0.0029 33

Tabel 4. Correlatie tussen de kenmerken.

	MAIS	FS	FL	DV	AS	ACH	IMP	EK	FN	RIBFRAK
ONDER	0.22558 0.0010 211	0.29606 0.0001 257	-0.32279 0.1239 24	0.09229 0.1926 201	0.30166 0.0019 104	-0.16972 0.4388 23	0.17077 0.0239 175	0.03498 0.6220 201	0.29425 0.0001 257	-0.24518 0.0135 101
SEX	0.10481 0.1291 211	-0.08566 0.1710 257	-0.31974 0.1277 24	0.00332 0.9627 201	0.02403 0.8087 104	0.03670 0.8680 23	-0.03752 0.6220 175	-0.19251 0.0062 201	0.16407 0.0084 257	0.12316 0.2198 101
LEEFT	0.29375 0.0001 211	0.06465 0.3018 257	-0.76296 0.0001 24	0.01326 0.8518 201	0.36328 0.0002 104	-0.00197 0.9929 23	0.10226 0.1781 175	0.04803 0.4983 201	0.03224 0.6069 257	1.00000 0.0001 101
GEWICHT	0.03196 0.6443 211	0.25095 0.0001 257	0.32897 0.1165 24	-0.03997 0.5732 201	0.12821 0.1946 104	0.22010 0.3129 23	0.12903 0.0888 175	0.33707 0.0001 201	-0.25457 0.0001 257	0.04608 0.6473 101
LENGTE	-0.07762 0.2771 198	0.07663 0.2921 191	0.34937 0.2018 15	-0.03877 0.5974 188	0.01180 0.9058 103	0.16512 0.4515 23	0.01669 0.8270 174	0.20986 0.0038 188	-0.18750 0.0094 191	-0.05338 0.7572 36
RIB	0.61186 0.0001 106	0.24176 0.0025 154	0.17558 0.4465 21	0.39561 0.0001 111	0.35372 0.0703 27	-0.00535 0.9817 21	0.44664 0.0001 89	0.34439 0.0002 111	0.26632 0.0008 154	0.79785 0.0001 101
STERNUM	0.39491 0.0034 53	0.15142 0.3043 48	0.43160 0.1612 12	0.31730 0.0152 58	0.10292 0.6095 27	0.02547 0.9127 21	0.30764 0.0334 48	0.26336 0.0458 58	0.22493 0.1243 48	-0.68313 0.3169 4
HOOFD	0.43601 0.2802 8	0.87202 0.0235 6		0.72900 0.0631 7	0.76391 0.1327 5	-0.68437 0.2025 5	0.90797 0.0123 6	0.77823 0.0393 7	0.90811 0.0123 6	
THORAX	0.70199 0.0001 198	0.52999 0.0001 183	-0.01685 0.9422 21	0.37920 0.0001 188	0.47084 0.0001 104	-0.01119 0.9596 23	0.51093 0.0001 166	0.31546 0.0001 188	0.47109 0.0001 183	0.60185 0.0001 36
BUIK	0.57939 0.0001 99	0.42704 0.0001 82	-0.13915 0.5475 21	0.43310 0.0001 98	0.39462 0.1170 17	-0.10008 0.7023 17	0.53664 0.0001 82	0.45210 0.0001 98	0.41769 0.0001 82	0.27672 0.1318 31
RUG	0.46825 0.0001 87	0.31365 0.0073 72	0.61765 0.0029 21	0.18431 0.0875 87	0.48965 0.0542 16	0.38419 0.1418 16	0.30119 0.0101 72	0.26410 0.0134 87	0.19572 0.0994 72	0.50266 0.0029 33
MAIS	1.00000 0.0000 211	0.50924 0.0001 190	0.08972 0.6768 24	0.55329 0.0001 193	0.45317 0.0001 96	0.14371 0.5343 21	0.58969 0.0001 173	0.52510 0.0001 193	0.40538 0.0001 190	0.61148 0.0001 36
FS	0.50924 0.0001 190	1.00000 0.0000 257	0.61074 0.0156 15	0.62368 0.0001 175	0.58086 0.0001 98	0.15755 0.4838 22	0.93683 0.0001 175	0.64696 0.0001 175	0.79412 0.0001 257	-0.05565 0.5804 101
FL	0.08972 0.6768 24	0.61074 0.0156 15	1.00000 0.0000 24	0.72337 0.0001 24	0.62413 0.0301 12	0.72960 0.0071 12	0.69298 0.0042 15	0.84140 0.0001 24	0.52864 0.0428 15	
DV	0.55329 0.0001 193	0.62368 0.0001 175	0.72337 0.0001 24	1.00000 0.0000 201	0.59625 0.0001 104	0.20704 0.3432 23	0.82801 0.0001 175	0.89931 0.0001 201	0.52125 0.0001 175	-0.42284 0.0102 36
AS	0.45317 0.0001 96	0.58086 0.0001 98	0.62413 0.0301 12	0.59625 0.0001 104	1.00000 0.0000 104	0.04039 0.8584 22	0.67488 0.0001 98	0.61586 0.0001 104	0.35431 0.0003 98	0.90837 0.0916 4
ACH	0.14371 0.5343 21	0.15755 0.4838 22	0.72960 0.0071 12	0.20704 0.3432 23	0.04039 0.8584 22	1.00000 0.0000 23	0.05539 0.8066 22	0.10918 0.6200 23	0.11861 0.5991 22	-0.06824 0.9318 4
IMP	0.58969 0.0001 173	0.93683 0.0001 175	0.69298 0.0042 15	0.82801 0.0001 175	0.67488 0.0001 98	0.05539 0.8066 22	1.00000 0.0000 175	0.83137 0.0001 175	0.74074 0.0001 175	0.30203 0.0734 36
EK	0.52510 0.0001 193	0.64696 0.0001 175	0.84140 0.0001 24	0.89931 0.0001 201	0.61586 0.0001 104	0.10918 0.6200 23	0.83137 0.0001 175	1.00000 0.0000 201	0.39319 0.0001 175	0.26042 0.1250 36
FN	0.40538 0.0001 190	0.79412 0.0001 257	0.52864 0.0428 15	0.52125 0.0001 175	0.35431 0.0003 98	0.11861 0.5991 22	0.74074 0.0001 175	0.39319 0.0001 175	1.00000 0.0000 257	-0.10922 0.2769 101
RIBFRAK	0.61148 0.0001 36	-0.05565 0.5804 101		-0.42284 0.0102 36	0.90837 0.0916 4	-0.06824 0.9318 4	0.30203 0.0734 36	0.26042 0.1250 36	-0.10922 0.2769 101	1.00000 0.0000 101

Tabel 4.

---

TASK NAME ALLE DATASETS (MET RIBFRACTUREN EN FS)  
 RUN SUBFILES ALL  
 REGRESSION VARIABLES=SEX TO GEWICHT,RIB,FN  
 REGRESSION=RIB WITH SEX TO GEWICHT,FN(1)  
 OPTIONS 6  
 STATISTICS 2

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 520 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

Subfiles processed: ALL

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
SEX	1.3117	0.4647	154
LEEFT	47.6688	17.0876	154
GEWICHT	66.2857	13.1794	154
RIB	9.4805	7.3389	154
FN	6567.1710	1591.7067	154

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE... RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT	0.49047	0.24056	0.24056	0.49047	0.2276610	0.53008
FN	0.59294	0.35158	0.11102	0.26632	0.1530897E-02	0.33203
SEX	0.59335	0.35206	0.00049	0.12062	0.5525220	0.03499
GEWICHT (CONSTANT)	0.59368	0.35245	0.00039	-0.00778	0.1296886E-01 -13.00986	0.02329

---

Tabel 5. Regressie op aantal ribfracturen bij alle onderzoeken totaal.

TASK NAME ALLE DATASETS VOORZOVER GEEN ONBEKENDE IN RIB, FN OF LEEFTIJD  
 COMPUTE RIBC=RIB-0.3354993\*LEEFT

Subfiles processed: SCHIMKAT  
 N.V.T.

Subfiles processed: CROMACK

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	10.0000	1.6330	4
RIBC	-9.7106	0.5034	4
SEX	1.0000	0.0000	4
LEEFT	58.7500	5.1235	4
GEWICHT	74.0000	19.4079	4
FN	6942.1317	887.7831	4

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT	0.95618	0.91429	0.91429	0.95618	0.2902332	0.91060
FN	0.99488	0.98979	0.07550	-0.42756	-0.5123284E-03	-0.27853
(CONSTANT)					-3.494552	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT, FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT, FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.82820	0.68591	0.68591	-0.82820	-0.8920092E-03	-1.57325
GEWICHT	0.97064	0.94214	0.25623	0.40058	-0.2336145E-01	-0.90074
(CONSTANT)					-1.789391	

Tabel 6. Regressie op aantal ribfracturen per onderzoek.



Subfiles processed: PATRIC

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	3.0000	4.8734	9
RIBC	-14.1850	5.3805	9
SEX	1.0000	0.0000	9
LEEFT	51.2222	9.2165	9
GEWICHT	75.0000	13.4629	9
FN	5279.1505	2040.5898	9

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIB

## SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.68188	0.46496	0.46496	0.68188	0.2038024E-02	0.85336
LEEFT	0.80936	0.65506	0.19010	0.14472	0.2400508	0.45398
GEWICHT	0.81774	0.66869	0.01363	0.17909	0.4265979E-01	0.11785
(CONSTANT)					-23.25446	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT,FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT,FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

## SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.83564	0.69830	0.69830	0.83564	0.2038024E-02	0.77293
LEEFT	0.84677	0.71702	0.01872	-0.44362	-0.9544854E-01	-0.16350
GEWICHT	0.85335	0.72820	0.01118	0.09158	0.4265981E-01	0.10674
(CONSTANT)					-23.25445	

Tabel 6.

Subfiles processed: FAYON

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	11.0769	7.3806	26
RIBC	-7.0658	7.0696	26
SEX	1.1538	0.3679	26
LEEFT	54.0769	8.0445	26
GEWICHT	65.8462	11.1416	26
FN	6585.9155	2114.0110	26

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.54425	0.29620	0.29620	0.54425	0.2055053E-02	0.58862
LEEFT	0.61666	0.38027	0.08407	0.29565	0.2924594	0.31876
GEWICHT	0.64681	0.41837	0.03810	-0.10589	-0.1563848	-0.23607
SEX	0.65317	0.42664	0.00827	0.12803	-2.030327	-0.10122
(CONSTANT)					-5.632766	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT, FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT, FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.56417	0.31829	0.31829	0.56417	0.2055053E-02	0.61452
GEWICHT	0.60177	0.36213	0.04384	-0.14093	-0.1563848	-0.24646
SEX	0.61053	0.37274	0.01061	0.09398	-2.030327	-0.10567
LEEFT	0.61244	0.37508	0.00233	-0.07311	-0.4303984E-01	-0.04897
(CONSTANT)					-5.632764	

Subfiles processed: FORET  
 N.V.T.

Subfiles processed: ALEM  
 N.V.T.

Subfiles processed: WALSH  
 N.V.T.

Subfiles processed: CESARI

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	7.1667	5.1153	6
RIBC	-13.6343	4.2715	6
SEX	1.3333	0.5164	6
LEEFT	62.0000	10.9179	6
GEWICHT	71.6667	11.2368	6
FN	5456.1727	1862.3391	6

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
GEWICHT	0.65298	0.42638	0.42638	-0.65298	-0.6803266	-1.49447
FN	0.97732	0.95515	0.52877	0.14355	0.2796279E-02	1.01804
SEX	0.99257	0.98520	0.03005	0.35333	-2.302194	-0.23241
LEEFT	0.99488	0.98979	0.00459	0.56940	-0.4121519E-01	-0.08797
(CONSTANT)					46.29136	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT,FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT, FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
GEWICHT	0.41850	0.17514	0.17514	-0.41850	-0.6803267	-1.78969
FN	0.62373	0.38903	0.21389	0.08926	0.2796279E-02	1.21914
LEEFT	0.97089	0.94263	0.55359	-0.17565	-0.3767145	-0.96287
SEX	0.99266	0.98536	0.04274	0.14935	-2.302195	-0.27832
(CONSTANT)					46.29137	

Subfiles processed: KALLIERIS  
 N.V.T.

Subfiles processed: RAMET

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	4.5000	3.4245	12
RIBC	-18.2301	3.8375	12
SEX	1.5000	0.5222	12
LEEFT	67.7500	4.9749	12
GEWICHT	60.6667	12.6155	12
FN	6279.6833	2846.5898	12

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIB

## SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.58236	0.33914	0.33914	0.58236	0.7551663E-03	0.62772
LEEFT	0.58702	0.34459	0.00545	-0.01868	-0.3074369E-01	-0.04466
GEWICHT	0.58887	0.34677	0.00218	-0.17255	-0.4968268E-01	-0.18303
SEX	0.59429	0.35318	0.00641	0.25416	-1.155656	-0.17624
(CONSTANT)					6.588246	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT,FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT,FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

## SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.47873	0.22918	0.22918	0.47873	0.7551663E-03	0.56016
LEEFT	0.69143	0.47808	0.24890	-0.45160	-0.3662429	-0.47479
GEWICHT	0.69268	0.47981	0.00173	-0.15209	-0.4968267E-01	-0.16333
SEX	0.69636	0.48492	0.00511	0.14311	-1.155656	-0.15727
(CONSTANT)					6.588244	

Subfiles processed: SCHMIDT/EPPINGER

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	11.5231	7.5086	65
RIBC	-3.6002	4.4293	65
SEX	1.3692	0.4864	65
LEEFT	45.0769	17.4770	65
GEWICHT	66.1231	13.5445	65
FN	6586.6687	1112.0580	65

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT	0.80792	0.65274	0.65274	0.80792	0.3612866	0.84094
FN	0.82833	0.68613	0.03339	0.07054	0.1288304E-02	0.19080
GEWICHT	0.83228	0.69269	0.00656	-0.02369	0.5205326E-01	0.09390
SEX	0.83256	0.69315	0.00046	0.10032	0.3850990	0.02494
(CONSTANT)					-17.21746	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT,FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT, FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.30060	0.09036	0.09036	0.30060	0.1288304E-02	0.32345
GEWICHT	0.32582	0.10616	0.01580	0.10538	0.5205327E-01	0.15917
LEEFT	0.34189	0.11689	0.01073	0.04579	0.2578731E-01	0.10175
SEX	0.34383	0.11822	0.00133	-0.01039	0.3850989	0.04228
(CONSTANT)					-17.21746	

Tabel 6.

Subfiles processed: SCHMIDT/IRCOBI

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	8.0938	7.4156	32
RIBC	-3.6907	4.4977	32
SEX	1.3750	0.4919	32
LEEFT	35.1250	16.7192	32
GEWICHT	64.6563	12.9555	32
FN	7143.8420	803.9944	32

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT	0.79606	0.63371	0.63371	0.79606	0.3774713	0.85105
FN	0.79781	0.63650	0.00279	0.09755	-0.5053649E-03	-0.05479
GEWICHT	0.79825	0.63720	0.00070	0.19442	-0.5337221E-01	-0.09324
SEX	0.80045	0.64072	0.00351	0.14924	-1.343134	-0.08909
(CONSTANT)					3.742974	

REGRESSION VARIABLES=RIB,RIBC,SEX TO GEWICHT,FN  
 REGRESSION=RIBC WITH SEX TO GEWICHT,FN(1)  
 OPTIONS 6

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 672 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIBC

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
FN	0.07331	0.00537	0.00537	-0.07331	-0.5053649E-03	-0.09034
LEEFT	0.10892	0.01186	0.00649	0.06536	0.4197201E-01	0.15602
GEWICHT	0.11734	0.01377	0.00191	-0.01328	-0.5337219E-01	-0.15374
SEX	0.15270	0.02332	0.00955	-0.03034	-1.343134	-0.14689
(CONSTANT)					3.742972	

TASK NAME DATASETS MET REGRESSIEVOLGORDE LEEFTIJD-FS  
 RUN SUBFILES (2,11,12)  
 REGRESSION VARIABLES=SEX TO GEWICHT,RIB,FN  
 REGRESSION=RIB WITH SEX TO GEWICHT,FN(1)  
 OPTIONS 6  
 STATISTICS 2

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 520 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

Subfiles processed: CROMACK  
 SCHMIDT/EPPINGER  
 SCHMIDT/IRCOBI

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
SEX	1.3564	0.4813	101
LEEFT	42.4653	17.7542	101
GEWICHT	65.9703	13.5606	101
RIB	10.3762	7.4657	101
FN	6777.2766	1040.7703	101

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. RIB

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT	0.79785	0.63656	0.63656	0.79785	0.3378333	0.80340
FN	0.80460	0.64738	0.01082	0.01626	0.7658714E-03	0.10677
GEWICHT	0.80516	0.64828	0.00090	0.05651	0.2598982E-01	0.04721
SEX	0.80560	0.64899	0.00071	0.11258	0.4955577	0.03195
(CONSTANT)					-11.54724	

Tabel 7. Regressie op aantal ribfracturen bij de onderzoeken met constante vertraging.

Subfiles processed: CROMACK  
 SCHMIDT&EPPINGER  
 SCHMIDT&IRCOBI

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	10.3762	7.4657	101
LEEFT	42.4653	17.7542	101

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIB

## SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT (CONSTANT)	0.79785	0.63656	0.63656	0.79785	0.3354993 -3.870858	0.79785

Tabel 8. Regressie op aantal ribfracturen met leeftijd.

Subfiles processed: CROMACK  
 SCHMIDT&EPPINGER  
 SCHMIDT&IRCOBI

VARIABLE	MEAN	STANDARD DEV	CASES
RIB	10.3762	7.4657	101
LEEFT	42.4653	17.7542	101
L2	2115.3960	1612.6243	101
L3	117615.6733	125016.4062	101

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*  
 DEPENDENT VARIABLE.. RIB

## SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
LEEFT	0.79785	0.63656	0.63656	0.79785	0.2845531	0.67669
L3 (CONSTANT)	0.79917	0.63867	0.00211	0.76238	0.7736693E-05 -2.617365	0.12955

Tabel 9. Regressie op aantal ribfracturen met tweede- en derde-orde termen.



COUNT ROW PCT COL PCT	THORAX					ROW TOTAL				
	0.I	1.I	2.I	3.I	5.					
1.	41 57.7 93.2	I I I	26 36.6 65.0	I I I	3 4.2 75.0	I I I	1 1.4 33.3	I I I	0 0.0 0.0	71 77.2
SEX	-----									
2.	3 14.3 6.8	I I I	14 66.7 35.0	I I I	1 4.8 25.0	I I I	2 9.5 66.7	I I I	1 4.8 100.0	21 22.8
COLUMN TOTAL	44 47.8		40 43.5		4 4.3		3 3.3		1 1.1	92 100.0

Tabel 10. Verdeling thoraxletsels naar geslacht en ernst volgens Foret-Bruno et al. (1978).

COUNT ROW PCT COL PCT	THORAX					ROW TOTAL				
	0.I	1.I	2.I	3.I	5.					
1.	41 57.7 93.2	I I I	29 40.8 68.5	I I I	1 1.4 2.0	I I I	0 0 0	I I I	0 0 0	71 77.2
SEX	-----									
2.	3 14.3 6.8	I I I	15 66.7 35.0	I I I	2 4.8 25.0	I I I	0 0 0	I I I	1 4.8 100.0	21 22.8
COLUMN	44 47.8		44 43.5		3 4.3		0 0		1 1.1	92 100.0

Tabel 11. Verdeling thoraxletsels naar geslacht en ernst (AIS 80).

## VARIABLE SEX

MEAN	1.228	STD ERROR	0.044	STD DEV	0.422
VARIANCE	0.178	KURTOSIS	-0.273	SKEWNESS	1.316
RANGE	1.000	MINIMUM	1.000	MAXIMUM	2.000
SUM	113.000				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

## VARIABLE LEEFT

MEAN	35.130	STD ERROR	1.313	STD DEV	12.590
VARIANCE	158.510	KURTOSIS	0.649	SKEWNESS	0.945
RANGE	60.000	MINIMUM	17.000	MAXIMUM	77.000
SUM	3232.000				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

## VARIABLE GEWICHT

MEAN	68.087	STD ERROR	1.283	STD DEV	12.303
VARIANCE	151.355	KURTOSIS	6.310	SKEWNESS	-1.001
RANGE	94.000	MINIMUM	6.000	MAXIMUM	100.000
SUM	6264.000				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

## VARIABLE LENGTE

MEAN	170.418	STD ERROR	0.859	STD DEV	8.192
VARIANCE	67.113	KURTOSIS	-0.110	SKEWNESS	0.375
RANGE	36.000	MINIMUM	154.000	MAXIMUM	190.000
SUM	15508.000				

VALID OBSERVATIONS - 91                      MISSING OBSERVATIONS - 1

## VARIABLE THORAX

MEAN	0.674	STD ERROR	0.089	STD DEV	0.853
VARIANCE	0.728	KURTOSIS	7.095	SKEWNESS	2.099
RANGE	5.000	MINIMUM	0.000	MAXIMUM	5.000
SUM	62.000				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

## VARIABLE MAIS

MEAN	1.467	STD ERROR	0.133	STD DEV	1.279
VARIANCE	1.636	KURTOSIS	1.790	SKEWNESS	1.153
RANGE	6.000	MINIMUM	0.000	MAXIMUM	6.000
SUM	135.000				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

Tabel 12. Verdeling van de kenmerken volgens Foret-Bruno et al. (1978).

## VARIABLE FS

MEAN	4100.543	STD ERROR	139.586	STD DEV	1338.863
VARIANCE	*****	KURTOSIS	3.092	SKEWNESS	1.245
RANGE	6500.000	MINIMUM	2100.000	MAXIMUM	8600.000
SUM	377250.000				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

-----

## VARIABLE DV

MEAN	35.000	STD ERROR	1.405	STD DEV	12.164
VARIANCE	147.973	KURTOSIS	-0.247	SKEWNESS	0.631
RANGE	55.000	MINIMUM	15.000	MAXIMUM	70.000
SUM	2625.000				

VALID OBSERVATIONS - 75                      MISSING OBSERVATIONS - 17

-----

## VARIABLE AS

MEAN	8.373	STD ERROR	0.325	STD DEV	2.818
VARIANCE	7.940	KURTOSIS	0.212	SKEWNESS	0.649
RANGE	13.000	MINIMUM	4.000	MAXIMUM	17.000
SUM	628.000				

VALID OBSERVATIONS - 75                      MISSING OBSERVATIONS - 17

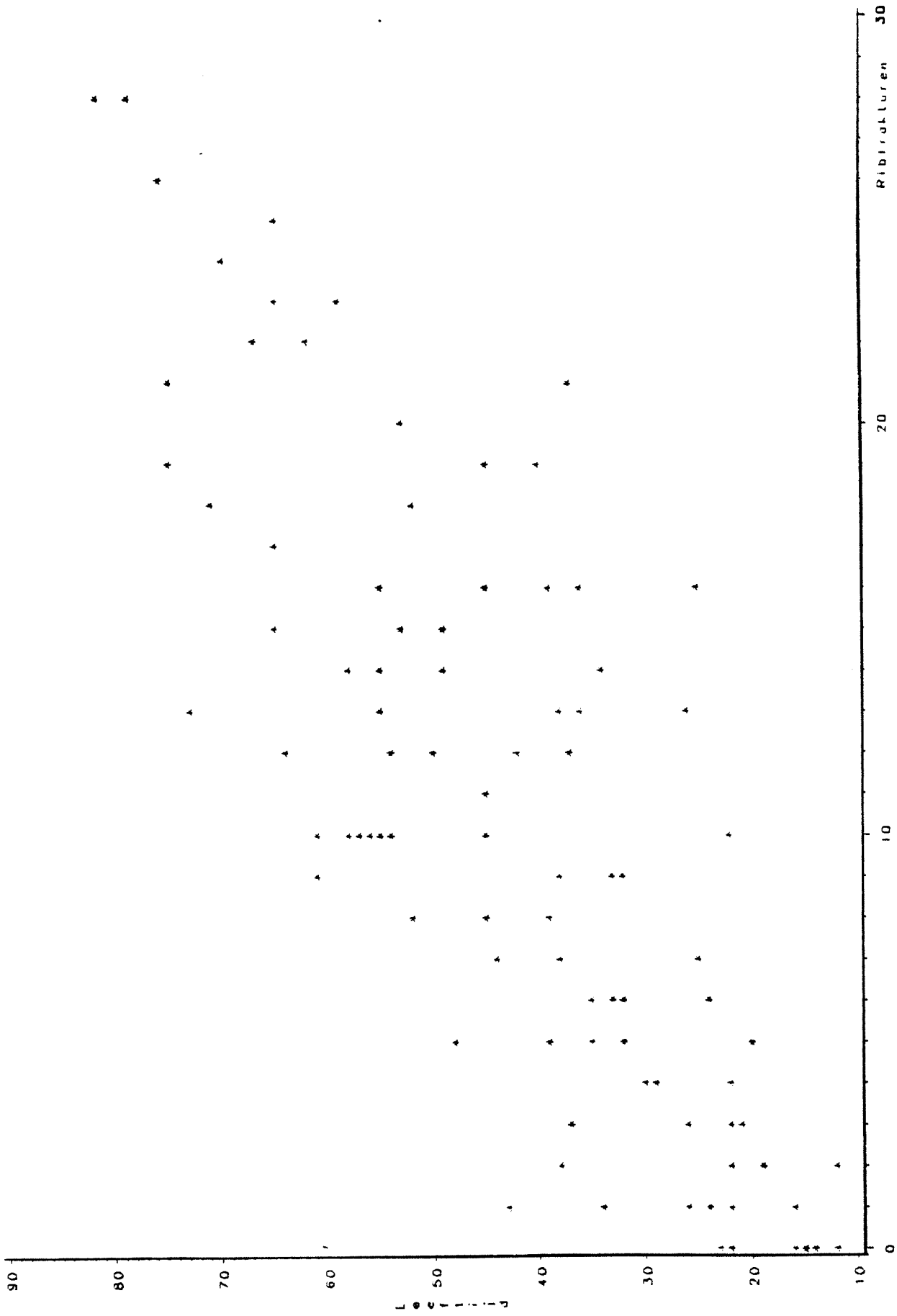
-----

## VARIABLE FN

MEAN	4565.585	STD ERROR	232.879	STD DEV	2233.695
VARIANCE	*****	KURTOSIS	30.038	SKEWNESS	4.456
RANGE	18804.554	MINIMUM	1931.883	MAXIMUM	20736.438
SUM	420033.833				

VALID OBSERVATIONS - 92                      MISSING OBSERVATIONS - 0

-----



Afbeelding 1. Relatie tussen aantal ribfracturen en leeftijd.

## II. THORAX- EN WERVELKOLOMLETSELS

### C. LETSELS VAN DE WERVELKOLOM (bij autogordelgebruik)

#### 1. Inleiding

Een aantal onderzoeken dat gebruikt is ten behoeve van de predictie van thorax- en abdominaal letsel vermelden tevens letsel aan de ruggesgraat. Gezien de ter beschikking staande aantallen ligt het voor de hand om ook voor dit letsel te pogen tot een voorspelling te komen.

#### 2. Bronnen

Over de gebruikte onderzoeken zijn nog de volgende korte opmerkingen te maken (zie ook Appendix IIB en IIIA).

Uit het verslag van Cromack & Ziperman (1975) is niet op te maken hoe letsels zijn vastgesteld. Aangezien alleen fractures vermeld worden lijkt de meest waarschijnlijke methode die met röntgenopnamen.

Patrick & Levine (1975) stelden in de meeste gevallen het letsel vast via autopsie.

De beproevingen van Fayon et al. (1975) werden uitgevoerd met verschillende gordels (breedte, elasticiteit, retractors, loadlimiters etc.). Letsels werden via autopsie vastgesteld.

Over de onderzoeken van Kallieris et al. (1982), Schmidt et al. (1975), Leung et al. (1982) en Walfisch et al. (1979) zijn geen nadere bijzonderheden te melden.

Een overzicht van de gemeten kenmerken en de betreffende waarden is te vinden in Tabel 1.

#### 3. Selectie en transformatie

Geselecteerd zijn die gevallen waarbij verse ongebalsemde kadavers eenmaal zijn gebruikt. Daarnaast is er een aantal andere redenen om gevallen niet mee

te nemen. Deze zijn als commentaar vermeld in Tabel 1 en zijn gemerkt met @. Voor zover de data van Leung gevallen bevat die identiek zijn aan die van Walfisch, zijn deze verwijderd.

Verdelingen van de kenmerken zijn te vinden in Tabel 2.

Patric en Fayon geven geen waarde voor de sledevertraging (dAS).

Uit beginsnelheid en remweg is, uitgaande van een éénparige vertraging, een dAS te berekenen volgens  $dAS = (0,5 * \Delta V^2) / (remweg * 9,8)$ .

Kallieris verstrekt geen waarden voor de sledevertraging per case. Uit de tekst is af te leiden dat deze voor alle cases dezelfde was. In een grafiek wordt 9,2 g als gemiddelde voor de sledevertraging genoemd.

Schmidt geeft eveneens geen vertragingen per case. Genoemd wordt een sledevertraging tussen de 18 en 22 g. Aangenomen is dat dit een gemiddelde waarde is.

Er wordt van uitgegaan dat de trekkracht in het schootgedeelte van de gordel (FL) dezelfde kracht representeert als die gemeten bij de verankering van het enkele gedeelte (F-out).

Leung geeft een gemiddelde (maximum tweede piek) dat verondersteld wordt equivalent aan FL te zijn. Bij Fayon is in een aantal gevallen F-in bekend, maar F-out niet. De regressie van F-in op F-out geeft een redelijk krachtige relatie te zien tussen beide grootheden. In voornoemde dataset is dan ook F-out uit F-in berekend volgens  $F-out = 0,478 F-in + 769,943$ . Uit de aldus samengestelde FL is de genormaliseerde trekkracht (FNL) berekend volgens  $FNL = F-out * (75/gewicht)^{2/3}$  (Eppinger, 1976). Volgens dezelfde formule is de genormaliseerde trekkracht in het schoudergedeelte FNS berekend.

Aangenomen is dat alle trekkrachten de maximale zijn.

Alle onderzoeken in Tabel 1 gemerkt met \* geven informatie over de specifieke letsels aan de ruggegraat (SP). Deze zijn gecodeerd in het AIS-1980 systeem (AAAM, 1980).

#### 4. Beschouwing

Ten aanzien van ruggegraatlletsel is nauwelijks sprake van theorievorming omtrent het ontstaan ervan. Buiging onder invloed van de vertraging en compressie als gevolg van het schoudergedeelte van de gordel lijken de meest in aanmerking komende gevallen van belasting. Zowel hoog gelokaliseerde (cervical spine) als laag gelokaliseerde (lumbar spine) komen voor.

## 5. Analyse

In Tabel 3 is een overzicht gegeven van de correlatie tussen de afzonderlijke kenmerken.

SP (letsel ruggegraat volgens AIS-80) correleert matig met de antropometrische kenmerken.

Bij de geweldskenmerken zijn het de sledevertraging (dAS) en trekkracht in het schoudergedeelte (FS & FNS) die redelijk met SP correleren.

Aangezien AS een "gemakkelijke" maat is, is eerst gestreefd naar een predictie met behulp van o.a. deze grootte.

De regressie op SP met AS en de antropometrische kenmerken geeft een slecht resultaat. Tevens blijken leeftijd en gewicht een grotere invloed te hebben dan AS.

Nu is het combineren van data een moeizame zaak. Uit verslagen is vaak niet afdoende op te maken of meetmethoden en meetresultaten werkelijk combineerbaar zijn.

In eerste instantie is dit nagegaan door de regressie te herhalen op de totale dataset steeds minus één dataset. Het resultaat is te vinden in Tabel 4. Het weglaten van de data van Kallieris blijkt tot een substantiële verbetering te leiden. Gezien het uitbijterkarakter (AIS-scores bij lage vertragingen) is dit niet verwonderlijk. Uit het verslag ontstaat de indruk dat de autopsie zeer zorgvuldig en volledig is uitgevoerd. Op grond van de grafiek (STAPP 26, p.354) is uit beginsnelheid en tijd een vertraging van rond de 14 g te berekenen. Verder blijkt er een piek van 25 g en een plateau van 18 g te zijn. Dezelfde groep auteurs noemt in een ander onderzoek (Schmidt) een vertraging van 20 g en geeft daarbij vergelijkbare AIS-scores.

Het ligt voor de hand om het genoemde gemiddelde van 9,2 g als niet compatibel met de overige onderzoeken te beschouwen. Vandaar dat dezelfde waarde is toegekend als bij Schmidt (20 g).

Indien dezelfde procedure herhaald wordt, blijkt ten eerste de  $R^2$  voor de totale set te verbeteren. Ten tweede blijken de gegevens van Fayon nu een extreem karakter te hebben.

Vanwege de hoge waarden die de (berekende) AS aanneemt en het ontbreken van vrijwel enig ruggegraatletsel, lijkt deze set niet goed te gebruiken. In kolom 3 is het resultaat van het weglaten van deze set te zien.  $R^2$  is nog verder te verbeteren door de data van Walfisch weg te laten. Kolom 4 laat zien dat de data van Patric dan een cruciale rol vervullen. Worden deze niet meegenomen dan stort de  $R^2$  in. Dit is logisch aangezien dan alleen van data-

sets met een zelfde constante vertraging van 20 g wordt uitgegeven, waarmee de sledevertraging uiteraard zijn predictieve waarde verliest en de antropometrische kenmerken als voorspellers overblijven. Er zijn onzes inziens geen duidelijke argumenten om de data van Walfisch weg te laten (of mee te nemen). Enerzijds oogt de autopsie van Schmidt zorgvuldiger, anderzijds is de omvang van de dataset van Walfisch te beperkt om te kunnen stellen dat deze set substantieel afwijkt.

Gebaseerd op de data van Cromack, Patrick, Kallieris, Schmidt en Walfisch, waarbij voor AS bij Kallieris een waarde van 20 g is aangenomen, is de regressievergelijking voor het voorspelde ruggegraatlletsel (SPP) als volgt:  
$$SPP = 0,24744492 * AS + 0,03529972 * \text{gewicht} - 4,80561579$$
waarbij  $n = 66$ ,  $R^2 = 0,33$  (zie ook Tabel 5).

Voor dezelfde data exclusief Walfisch wordt dit:

$$SPP = 0,22926838 * AS + 0,05891706 * \text{gewicht} + 1,22764116 * \text{geslacht} - 7,54996932$$

waarbij  $n = 55$ ,  $R^2 = 0,45$  (zie ook Tabel 6).

Verder geldt  $0 < SP < 5$ .

Ten overvloede: dit is van toepassing op gordeldragende kadavers.

Afbeelding 1 geeft een plot van SP tegen AS, Afbeelding 2 die van op gehele getallen afgeronde voorspelde SP (SPP) tegen het zelfde kenmerk, terwijl in Tabel 7 SP (gemeten) tegen SPP (SP voorspeld) te vinden is. Voor de tweede dataset zijn dat de Afbeeldingen 3 en 4 en tabel 8.

Naast AS is FS een kenmerk dat goed met SP correleert. Het is aannemelijk dat dit meer is dan een gevolg van  $F=m.a$ .

Diverse auteurs uiten het vermoeden dat de trekkracht in het schoudergedeelte van invloed is op ruggegraatlletsel (compressie). Om de invloed van het lichaamsgewicht te elimineren wordt de genormaliseerde trekkracht FNS gebruikt. De regressie op SP met FNS en de antropometrische kenmerken levert een licht beter resultaat op dan die met AS (zie Tabel 9).

Het resultaat van het weglaten van steeds één andere dataset is eveneens in deze tabel te vinden. Het weglaten van Patric's data doet de  $R^2$  verslechteren, Walfisch en in sterkere mate Schmidt's data weglaten leidt tot verbetering.



Vanwege de lage aantallen lenen alleen de afzonderlijke datasets van Patric, Fayon en Schmidt zich voor een afzonderlijke analyse.

Bij Schmidt is alleen leeftijd relevant ( $R^2 = 0,24$ ), bij Fayon zijn dat FNS en lengte ( $R^2 = 0,26$ ) en bij Patric ( $R^2 = 0,94$ ) gewicht, lengte, leeftijd en FNS. De laatste is echter een erg kleine set ( $n=10$ ).

De Afbeeldingen 5 en 6 maken de invloed van Schmidt's dataset duidelijk. De totale set vertoont tot  $FNS = 5700$  N geen ruggegraatletsel.

Boven deze grens is de relatie tussen SP en FNS vrijwel random (Afbeelding 5). Het weglaten van Schmidt's data laat zien dat er vrijwel geen relatie is tussen SP en FNS (in slechts 9 van de 53 gevallen is  $SP < 0$ ). Het eerder geconstateerde verschijnsel dat in de meeste onderzoeken geen ruggegraatletsel geconstateerd wordt, behoudens enkele evidente zware letsels, komt hier wederom tot uiting.

Als predictor van ruggegraatletsel is FNS niet geschikt.

Op grond van de data van Schmidt lijkt leeftijd van invloed op dit type letsel te zijn en wel:

$$SPP = 0,02968222 * \text{leeftijd} + 1,49820015.$$

## 5. Conclusies

Het combineren van afzonderlijke datasets levert een aantal problemen op. Er lijken verschillen te zijn in de grondigheid waarmee de autopsie is uitgevoerd. Dit komt met name tot uiting in enerzijds onderzoeken die hetzij een  $AIS = 0$ , hetzij een  $AIS = 5$  geven en anderzijds onderzoeken waar de AIS-score een veel grotere diversiteit vertoont.

De definitie van de sledevertraging is inconsistent. Dit heeft deels te maken met de pulsform. Indien deze trapezoïdaal is, is  $dAS$  naast de waarde van het plateau tevens de maximale waarde en vrijwel gelijk aan het gemiddelde. Bij een meer driehoekvormige puls is er een vrij groot verschil tussen maximum en gemiddelde.

Helaas is op grond van de ter beschikking staande documentatie in slechts weinig gevallen na te gaan wat de vorm van het tijd/vertragingendiagram geweest is.

Met inachtneming van het bovenstaande blijkt ruggegraatletsel te voorspellen uit sledevertraging en lichaamsgewicht. De onverklaarde variantie daarbij blijft echter vrij groot. Voor de goede orde, de predictie is alleen van toepassing bij gordelgebruik.

**CROMACK**

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	Ach	
2	794	1	58	98	185			10	1	2		5	5	46.8	20.6	7342					72.0	
0 2	808	1	66	81	166			0	0	0		5	5	48.1	21.4						41.0	Bevroren
2	821	1	61	62	177			10	1	2		0	2	48.1	20.5	7097					35.0	
2	838	1	64	81	175			12	0	2		5	5	47.5	20.7	6652					38.0	
2	985	1	52	55	167			8	1	2		0	2	48.1	19.8	5895					36.0	

**PATRIC**1\* , dAs berekend als  $0.5 * dV * dv / (9.8 * \text{remweg})$ 

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	dis71
3	2-5	1	53	83	170	2	1	0			1		0	1	30.9	7.0	2489		3067	3467	1
3	2-6	1	53	83	170	1	1	0		1		0	1	31.4	7.3	3332		2889	2845	1	
3	2-7	1	58	55	177	1	2	1		1	0	0	1	33.8	8.4	3155		2311	2623	1	
3	2-12	1	61	73	169	2		0		1	0	0	1	47.0	11.4	5331		4979	6045	1	
3	2-15	1	41	69	175	2	2	0		1	0	0	1	46.7	11.3	5066		4756	5512	1	
3	2-16	1	57	67	163	2	1	5		2	0	0	3	48.1	11.9	4537		2543	4534	3	
3	2-19	1	32	70	182	1	1	0		0	3	0	3	63.1	15.4	6938		5601		3	
3	2-20	1	56	103	184	2	1	7		2	5	5	5	64.5	16.1	7958		7290	6357	7	
3	2-21	1	50	72	168	2	2	14		2	5	0	5	64.5	16.1	8575		7379	6445	7	
3	2-22	1	61	87	183	1	2	13		2	5	5	5	64.4	16.0	8575		7646	6846	8	ost.pokers

**FAYON**

1\* , dAs uit dV en remweg berekend.

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	OSI
4	1	2	62	53	162	1	2	12	0	2	0	0	2	50.0	20.5	7800			9000	7	SLAGADER
4	2	1	52	71	175	1	2	12	0	2	4	3	4	50.0	20.5	9800			11200	8	
4	3	1	60	70	170	1	1	9	0	2	0	0	2	48.0	13.5	4400			4700	3	
4	4	1	50	85	171	1	1	6	0	2	3	0	3	49.0	13.8	7000		5000		3	
4	5	1	57	60	167	1	1	11	4	4	0	0	4	59.0	21.1	6600		4700	7200	4	
4	6	2	60	55	146	2	1	18	1	2	0	0	2	58.0	21.4	4900			6200	4	
4	7	1	33	70	170	2	1	10	1	2	0	0	2	56.0	21.3	7100			9600	3	
4	8	1	53	70	161	2	1	21	1	2	4	0	4	65.0	27.7	6700			10000	5	
4	9	1	57	70	178	1	1	6	1	2	0	0	5	49.0	24.1	3450			9400	5	HEAD IMPACT
4	10	1	63	70	163	1	1	28	1	2	3	0	5	64.0	24.4	6700				5	
4	11	1	57	74	169	2	1	18	1	4	0	0	4	49.0	14.5	8800			8400	4	
4	12	2	43	60	152	2	1	13	1	2	3	0	3	64.0	21.8	8500			11200	4	
0 4	13	1	58	60	165	2	1	11	1	2	0	0	5	62.0	28.0					8	gordel gebroken
4	14	1	55	48	162	2	1	26	1	2	4	0	4	62.0	28.6	6700				5	
4	15	1	62	55	162	2	1	16	1	2	0	0	3	64.0	23.7					4	
4	16	1	57	62	162	2	1	18	1	2	3	0	3	63.5	20.6	6500		6300	8800	4	
0 4	18	1	61	63	167	1		5	1	2	2	0	5	48.0	18.1			8500		6	gordel gebroken
4	19	1	62	95	171	1	1	8	0	2	0	0	4	47.5	18.9			12000	15000	4	
4	25	2	66	56	166	2	1	16	0	4	3	0	4	50.0	12.1					4	
4	26	1	48	63	170	2	1	11	0	4	0	0	4	49.0	11.1	6300			6600	4	

**Tabel 1.** Data beproevingen letsels wervelkolom per onderzoek.

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	OSI
4	27	1	53	70	175	2	1	10	1	2	0	0	2	45.0	9.9	5800		5400	7000	3	
4	30	1	61	52	157	2	1	23	1	2	0	0	4	49.0	21.5					4	
4	33	1	51	50	171	2	1	0	0	1	0	0	1	49.0	5.6	2100		2300	5500	2	
4	34	1	57	68	164	2	1	12	1	2	0	0	2	49.0	10.3	5200		2400		3	
4	35	2	59	60	158	2	1	10	0	2	0	0	2	50.0	10.6	3800		2000	4400	3	
4	40	1	60	86	186	2	1	1	0	1	0	0	1	48.5	10.6	4200		2600	6800	2	
4	41	1	60	50	174	2	1	1	1	2	0	0	2	50.0	11.6	3700		3700	6100	2	
4	44	1	53	66	174	2	1	12	1	2	0	0	2	50.0	10.1	5600			7400	2	
4	47	1	64	63	171	2	1	13	1	2	0	0	2	48.0	10.5	5500		1950		4	
4	53	1	46	63	165	2	1	2	0	1	0	0	1	43.0	16.2	4300				2	
4	54	1	34	60	178	2	1	0	0	0	0	0	0	48.6	10.1	4000		2550	4000	0	

**KALLIERIS**

\*1, 9.2 als gemiddelde dAs (uit grafiek)

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in
9	H7911	1	25	64	170	1	1	1			2	0	2	2	50.0	9.2				
9	H7912	1	51	93	178	1	1	12			2	0	3	3	50.0	9.2				
9	H7915	1	22	58	168	1	2	2		1	0	3	3	50.0	9.2		4900			
9	H7916	2	39	53	166	1	2	5		2	0	2	2	50.0	9.2		3700			
9	H7917	1	18	77	176	1	2	0		2	0	2	2	50.0	9.2		4600			
9	H7918	1	23	56	173	1	2	0		2	0	4	4	50.0	9.2		5600			
9	H7919	1	51	75	170	1	1	14		2	0	3	3	50.0	9.2					
9	H8001	1	38	70	171	1	2	14		2	0	2	3	50.0	9.2		6000			
9	H8002	2	32	61	172	1	1	3		2	0	3	3	50.0	9.2		6300			
9	H8005	1	25	80	200	1	1	5		2	0	0	2	50.0	9.2		6600			
9	H8006	2	34	48	157	1	1	4		2	0	3	3	50.0	9.2		3700			
9	H8008	1	19	66	180	1		2		1	0	2	3	50.0	9.2		6000			

**SCHMIDT/IRCOBI82**

dAs van 18 tot 22 gekozen voor 20g , AIS 80

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in
12	1	2	71	45	155	1		18,			3	5	3	5	50.0	20.0	4805			
12	2	1	65	87	186	1		15		4	3	4	4	50.0	20.0	6671				
12	3	1	45	81	182	1		16		4	4	2	4	50.0	20.0	7063				
12	4	2	65	69	155	1		23		4	3	3	4	50.0	20.0	5886				
12	5	1	36	70	180	1		13		4	3	2	4	50.0	20.0	5690				
12	6	1	39	76	175	1		16		4	3	5	5	50.0	20.0	7004				
12	7	2	22	52	160	1		1		2	1	2	2	50.0	20.0	5248				
12	8	1	14	58	166	1		0		0	1	2	2	50.0	20.0	5788				
12	9	2	32	53	163	1		6		2	3	1	3	50.0	20.0	5562				
12	10	1	29	69	175	1		4		2	2	1	2	50.0	20.0	6661				
12	11	1	23	76	183	1		0		2	2		2	50.0	20.0	7220				
12	12	1	16	68	182	1		0		1	1		1	50.0	20.0	5925				
12	13	1	45	75	159	1		8		3	4	3	4	50.0	20.0	7446				

**Tabel 1.**

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in
12	14	2	15	44	168	1		0			1	5	3	5	50.0	20.0	5052			
12	15	2	54	60	166	1		10			3	1	3	3	50.0	20.0	6033			
12	16	1	20	76	178	1		5			2	1	3	3	50.0	20.0	7122			
12	17	2	26	55	166	1		1			2	1	2	2	50.0	20.0	5484			
12	18	2	22	48	163	1		0			0			0	50.0	20.0	5680			
12	19	1	25	61	172	1		16			3	1	3	3	50.0	20.0	5925			
12	20	2	26	54	156	1		3			2	3	3	3	50.0	20.0	5572			
12	21	1	21	56	169	1		3			3	3	2	3	50.0	20.0	6259			
12	22	1	20	67	173	1		5			2	4	3	4	50.0	20.0	5474			
12	23	1	12	41	147	1		0			1	1	0	1	50.0	20.0	4807			
12	24	1	45	62	164	1		11			3	2	3	3	50.0	20.0	6259			
12	25	1	22	89	192	1		0			1	1	2	2	50.0	20.0	7534			
12	26	2	55	66	164	1		16			4	1	4	4	50.0	20.0	8348			
12	27	1	55	81	163	1		16			4	4	4	4	50.0	20.0	9879			
12	28	2	53	57	159	1		15			3	0	3	3	50.0	20.0	7220			
12	29	2	37	49	155	1		21			4	1	3	4	50.0	20.0	5798			
12	30	1	22	71	182	1		2			2	0	2	2	50.0	20.0	7289			
12	31	1	43	71	161	1		1			2	0	2	2	50.0	20.0	7819			
12	32	1	49	82	178	1		14			4	3	2	4	50.0	20.0	7416			

LEUNG

Exclusief data Walfisch , AIS 80

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	dAsm
13	2434	1	61	74	172	2	2				3	4	0		47.4		4200	5000			27.0
13	2444	2	57	54	165	2	2				4	3	0		50.1		5000	2000			34.0
13	2454	1	56	62	157	2	2				3	1	0		49.8		5000	3250			22.0
13	2464	1	62	52	165	2	2				3	3	3		50.1		6600	6600			30.0
13	2474	1	42	58	163	2	2				3	4	0		50.5		8900	7650			30.0

WALFISCH

#1

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	ZIT	SU	RB	ST	HO	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	
15	2	1	52	71	175	1	2					5	3		50.0	20.5					
15	12	2	43	60	152	2	2					4	0		64.5	21.8					
15	1274	1	57	41	159	2	2				4	0	3		50.0	15.4	6800		3800	9000	
15	1544	1	63	43	171	2	2				4	5	5		55.0	25.0	6400		6500	5000	
15	1822	1	57	62	176	2	2				3	0	3		52.0	17.4	5200		4200	4200	
15	1	2	62	53	162	2	2					0	0		50.0	20.5					
15	6	2	60	55	146	2	2					0	0		58.0	21.5			2200	2200	
15	34	1	57	68	164	2	2					0	0		49.0	10.3			2400	2400	
15	124	1	61	52	162	2	2					0	0		66.0	15.8			2800	2800	
15	1482	2	65	59	161	2	2				5	0	0		52.0	15.0	7700		2200	2500	
15	1484	1	62	67	172	2	2				3	0	0		52.0	15.0	6000		2600	2000	

Tabel 1.

Legenda.

NUM	Cadavernummer
S	Geslacht - 1=man , 2 = vrouw
LEEF	Leeftijd in jaren.
GEW	Gewicht in kg
LEN	Lengte in cm
ZIT	Zitplaats - 1=links (B) , 2=rechts
SU	Submarining - 1=nee , 2=ja
RB	Aantal ribfracturen
ST	Aantal sternumfracturen
HO	AIS hoofd
TH	AIS thorax
AB	AIS abdominaal
SP	AIS spine
MA	Maximum AIS
dV	beginsnelheid of delta V
dAs	sledevertraging in g's (9.8)
FS	trekkracht in schoudergedeelte in N
FL	trekkracht in schootgedeelte in N
F-out	trekkracht enkele verankering in N
F-in	trekkracht gemeenschappelijke verankering in N
Ach	Versnelling thorax
ACIR	Letselcodeersysteem
OSI	Letselcodeersysteem
dAsm	Maximale sledevertraging

1\* - Afzonderlijke letsels bekend , gecodeerd volgens AIS 80

VARIABLE	N	N MISSING	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE
ONDER	103	0	8.504854	4.44988	2.00000	15.0000
SEX	103	0	1.242718	0.43082	1.00000	2.0000
LEEFTIJD	103	0	46.310680	15.72623	12.00000	71.0000
GEWICHT	103	0	65.378641	12.84608	41.00000	103.0000
LENGTE	103	0	168.883495	9.70476	146.00000	200.0000
ZIT	99	4	1.424242	0.49674	1.00000	2.0000
SUB	65	38	1.415385	0.49662	1.00000	2.0000
RIB	87	16	8.551724	7.23325	0.00000	28.0000
STERNUM	33	70	0.696970	0.76994	0.00000	4.0000
TH	97	6	2.268041	1.06571	0.00000	5.0000
AB	96	7	1.468750	1.76488	0.00000	5.0000
SP	100	3	1.440000	1.64114	0.00000	5.0000
MAIS	87	16	2.885057	1.27976	0.00000	5.0000
DV	103	0	51.052427	6.02351	30.90000	66.0000
AS	98	5	16.668367	5.27225	5.60000	28.6000
FS	81	22	6125.074074	1570.77832	2100.00000	9879.0000
FL	55	48	4130.758717	2401.28978	220.00000	12000.0000
FOUT	41	62	3787.603156	2553.72362	220.00000	12000.0000
FIN	37	66	6304.702703	2976.99298	2000.00000	15000.0000
FNL	55	48	4448.282365	2420.99652	256.20021	10250.3734
FNS	81	22	6776.176129	1704.25513	2326.37833	10563.6058
SP1	69	34	1.639689	1.22865	-0.83474	3.7511
SP2	58	45	1.751311	1.33147	-1.15639	4.1736
SPL	32	71	2.540788	0.49626	1.85439	3.6056

VARIABLE	RANGE	SUM	VARIANCE	UNCORRECTED SS	CORRECTED SS
ONDER	13.000000	876.00000	19.8014	9470.0	2019.75
SEX	1.000000	128.00000	0.1856	178.0	18.93
LEEFTIJD	59.000000	4770.00000	247.3143	246128.0	25226.06
GEWICHT	62.000000	6734.00000	165.0219	457092.0	16832.23
LENGTE	54.000000	17395.00000	94.1824	2947335.0	9606.60
ZIT	1.000000	141.00000	0.2468	225.0	24.18
SUB	1.000000	92.00000	0.2466	146.0	15.78
RIB	28.000000	744.00000	52.3200	10862.0	4499.52
STERNUM	4.000000	23.00000	0.5928	35.0	18.97
TH	5.000000	220.00000	1.1357	608.0	109.03
AB	5.000000	141.00000	3.1148	503.0	295.91
SP	5.000000	144.00000	2.6933	474.0	266.64
MAIS	5.000000	251.00000	1.6378	865.0	140.85
DV	35.100000	5258.40000	36.2827	272154.9	3700.84
AS	23.000000	1633.50000	27.7966	29924.0	2696.27
FS	7779.000000	496131.00000	2467344.5444	3236226689.0	197387563.56
FL	11780.000000	227191.72941	5766192.6230	1249848618.2	311374401.64
FOUT	11780.000000	155291.72941	6521504.3441	849043618.2	260860173.76
FIN	13000.000000	233274.00000	8862487.2147	1789772758.0	319049539.73
FNL	9994.173162	244655.53009	5861224.1391	1404802983.6	316506103.51
FNS	8237.227473	548870.26643	2904485.5614	3951600442.1	232358844.91
SP1	4.585858	113.13851	1.5096	288.2	102.65
SP2	5.330001	101.57601	1.7728	278.9	101.05
SPL	1.751251	81.30522	0.2463	214.2	7.63

Tabel 2. Verdelingen van de kenmerken bij de onderzoeken.

VARIABLE	STD ERROR OF MEAN	C.V.	SKEWNESS	KURTOSIS	T	PR> T
ONDER	0.4384599	52.322	-0.06629761	-1.64017846	19.40	0.0001
SEX	0.0424502	34.668	1.21802412	-0.52703366	29.27	0.0001
LEEFTIJD	1.5495514	33.958	-0.65006626	-0.91857661	29.89	0.0001
GEWICHT	1.2657623	19.649	0.50508635	0.08793309	51.65	0.0001
LENGTE	0.9562384	5.746	0.17219317	0.45791690	176.61	0.0001
ZIT	0.0499245	34.878	0.31130643	-1.94275638	28.53	0.0001
SUB	0.0615985	35.088	0.35158078	-1.93698104	22.98	0.0001
RIB	0.7754863	84.582	0.48877065	-0.58317475	11.03	0.0001
STERNUM	0.1340288	110.469	2.34422508	9.81302433	5.20	0.0001
TH	0.1082065	46.988	0.28521753	-0.12430601	20.96	0.0001
AB	0.1801273	120.162	0.73332832	-1.00397099	8.15	0.0001
SP	0.1641138	113.968	0.63314077	-0.89363002	8.77	0.0001
MAIS	0.1372052	44.358	-0.05280010	-0.73445079	21.03	0.0001
DV	0.5935144	11.799	0.28671305	3.08033984	86.02	0.0001
AS	0.5325777	31.630	-0.32000233	-0.97429507	31.30	0.0001
FS	174.5309249	25.645	-0.08431215	0.11240616	35.09	0.0001
FL	323.7898483	58.132	0.32531790	0.77474718	12.76	0.0001
FOUT	398.8246251	67.423	0.65296256	1.15022621	9.50	0.0001
FIN	489.4146315	47.219	0.68155093	0.54382741	12.88	0.0001
FNL	326.4471039	54.425	-0.08996740	-0.44544653	13.63	0.0001
FNS	189.3616815	25.151	-0.18024290	0.28887244	35.78	0.0001
SP1	0.1479118	74.932	-0.56624120	-0.94330154	11.09	0.0001
SP2	0.1748308	76.027	-0.47857021	-0.83643684	10.02	0.0001
SPL	0.0877278	19.532	0.54060872	-0.83139432	28.96	0.0001

Tabel 2.

	ONDER	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	ZIT	SUB	RIB	STERNUM	TH	AB	SP	MAIS
ONDER	1.00000	0.26275	-0.29030	-0.25583	-0.16617	-0.24269	0.68322	-0.11607	-0.02598	0.41041	0.16955	0.36095	0.06242
	0.0000	0.0073	0.0029	0.0091	0.0934	0.0155	0.0001	0.2844	0.8859	0.0001	0.0987	0.0002	0.5657
	103	103	103	103	103	99	65	87	33	97	96	100	87
SEX	0.26275	1.00000	0.00323	-0.45255	-0.53249	-0.07555	0.12488	0.09104	-0.16552	0.16494	0.02398	0.04933	0.02789
	0.0073	0.0000	0.9742	0.0001	0.0001	0.4573	0.3216	0.4017	0.3573	0.1064	0.8166	0.6260	0.7976
	103	103	103	103	103	99	65	87	33	97	96	100	87
LEEFTIJD	-0.29030	0.00323	1.00000	0.09933	-0.18605	0.50803	-0.00690	0.57841	0.05966	0.38590	0.03510	-0.20422	0.26247
	0.0029	0.9742	0.0000	0.3181	0.0599	0.0001	0.9565	0.0001	0.7415	0.0001	0.7342	0.0415	0.0141
	103	103	103	103	103	99	65	87	33	97	96	100	87
GEWICHT	-0.25583	-0.45255	0.09933	1.00000	0.61713	-0.16927	-0.26290	0.02190	-0.18070	-0.02757	0.11726	0.18382	0.21498
	0.0091	0.0001	0.3181	0.0000	0.0001	0.0939	0.0344	0.8404	0.3143	0.7887	0.2552	0.0671	0.0455
	103	103	103	103	103	99	65	87	33	97	96	100	87
LENGTE	-0.16617	-0.53249	-0.18605	0.61713	1.00000	-0.23711	-0.10379	-0.31247	-0.16024	-0.16612	0.00296	0.20533	-0.01865
	0.0934	0.0001	0.0599	0.0001	0.0000	0.0181	0.4106	0.0032	0.3730	0.1039	0.9772	0.0404	0.8639
	103	103	103	103	103	99	65	87	33	97	96	100	87
ZIT	-0.24269	-0.07555	0.50803	-0.16927	-0.23711	1.00000	-0.00199	0.16793	-0.04701	0.05396	-0.11058	-0.52960	-0.18673
	0.0155	0.4573	0.0001	0.0939	0.0181	0.0000	0.9874	0.1291	0.8087	0.6074	0.2835	0.0001	0.0910
	99	99	99	99	99	99	65	83	29	93	96	96	83
SUB	0.68322	0.12488	-0.00690	-0.26290	-0.10379	-0.00199	1.00000	-0.17611	-0.23689	0.29130	0.19966	0.29733	0.05677
	0.0001	0.3216	0.9565	0.0344	0.4106	0.9874	0.0000	0.2261	0.2160	0.0252	0.1167	0.0162	0.6984
	65	65	65	65	65	65	65	49	29	59	63	65	49
RIB	-0.11607	0.09104	0.57841	0.02190	-0.31247	0.16793	-0.17611	1.00000	0.29139	0.62265	0.31620	0.05675	0.59480
	0.2844	0.4017	0.0001	0.8404	0.0032	0.1291	0.2261	0.0000	0.0999	0.0001	0.0043	0.6081	0.0001
	87	87	87	87	87	83	49	87	33	87	80	84	87
STERNUM	-0.02598	-0.16552	0.05966	-0.18070	-0.16024	-0.04701	-0.23689	0.29139	1.00000	0.38091	-0.04611	-0.12701	0.23578
	0.8859	0.3573	0.7415	0.3143	0.3730	0.8087	0.2160	0.0999	0.0000	0.0287	0.8123	0.4812	0.1865
	33	33	33	33	33	29	33	33	33	33	29	33	33
TH	0.41041	0.16494	0.38590	-0.02757	-0.16612	0.05396	0.29130	0.62265	0.38091	1.00000	0.24416	0.26423	0.58752
	0.0001	0.1064	0.0001	0.7887	0.1039	0.6074	0.0252	0.0001	0.0287	0.0000	0.0204	0.0101	0.0001
	97	97	97	97	97	93	59	33	33	97	90	94	87
AB	0.16955	0.02398	0.03510	0.11726	0.00296	-0.11058	0.19966	0.31620	-0.04611	0.24416	1.00000	0.34412	0.62912
	0.0987	0.8166	0.7342	0.2552	0.9772	0.2835	0.1167	0.0043	0.8123	0.0204	0.0000	0.0007	0.0001
	96	96	96	96	96	96	63	80	29	90	96	94	80
SP	0.36095	0.04933	-0.20422	0.18382	0.20533	-0.52960	0.29733	0.05675	-0.12701	0.26423	0.34412	1.00000	0.51200
	0.0002	0.6260	0.0415	0.0671	0.0404	0.0001	0.0162	0.6081	0.4812	0.0101	0.0007	0.0000	0.0001
	100	100	100	100	100	96	65	84	33	94	94	100	84
MAIS	0.06242	0.02789	0.26247	0.21498	-0.01865	-0.18673	0.05677	0.59480	0.23578	0.58752	0.62912	0.51200	1.00000
	0.5657	0.7976	0.0141	0.0455	0.8639	0.0910	0.6984	0.0001	0.1865	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
	87	87	87	87	87	83	49	87	33	87	80	84	87

Tabel 3. Correlatie tussen de kenmerken.



ONDER	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	ZIT	SUB	RIB	STERNUM	TH	AB	SP	MAIS
DV	0.01861 0.8520 103	0.07665 0.4416 103	-0.09236 0.3535 103	-0.19473 0.0487 103	0.19750 0.0501 99	0.02355 0.8523 65	0.42331 0.0001 87	0.42829 0.0129 33	0.09989 0.3303 97	0.36320 0.0003 96	-0.00886 0.9303 100	0.42098 0.0001 87
AS	0.23679 0.0189 98	0.14006 0.1690 98	-0.11985 0.2398 98	-0.24106 0.0168 98	-0.13670 0.1889 94	0.03585 0.7857 60	0.43098 0.0001 87	0.34791 0.0473 33	0.26168 0.0117 92	0.50983 0.0001 91	0.17077 0.0980 95	0.41029 0.0001 87
FS	0.15260 0.1738 81	-0.03545 0.7534 81	0.02642 0.8268 81	-0.24106 0.5843 81	-0.19249 0.0935 77	0.28237 0.0633 44	0.41033 0.0004 71	0.17902 0.3528 29	0.37346 0.0006 81	0.39686 0.0005 74	0.38381 0.0005 78	0.50379 0.0001 71
FL	-0.43770 0.0008 55	-0.16321 0.2338 55	-0.31268 0.0201 55	0.28852 0.0327 55	-0.38772 0.0034 55	-0.19222 0.1527 53	0.23253 0.1384 42	0.02927 0.8945 23	-0.23492 0.0937 52	0.36084 0.0079 53	0.13982 0.3086 55	0.62575 0.0001 42
FOUT	-0.67610 0.0001 41	-0.14652 0.3606 41	-0.24091 0.1292 41	0.25890 0.1022 41	-0.39195 0.0113 41	-0.34272 0.0304 40	0.29794 0.0922 33	0.02927 0.8945 23	-0.25202 0.1269 38	0.42660 0.0068 39	0.05149 0.7492 41	0.65037 0.0001 33
FIN	-0.41676 0.0103 37	-0.05814 0.7325 37	-0.17823 0.2912 37	0.03412 0.8411 37	-0.25896 0.1217 37	-0.31854 0.0583 36	0.52216 0.0037 29	0.04124 0.8630 20	0.05174 0.7713 34	0.25480 0.1396 35	0.07770 0.6476 37	0.53105 0.0030 29
FNL	-0.39579 0.0028 55	-0.08208 0.5514 55	-0.36801 0.0057 55	0.19091 0.1627 55	-0.38192 0.0040 55	-0.15921 0.2548 53	0.25323 0.1056 42	0.12279 0.5767 23	-0.21915 0.1185 52	0.33167 0.0153 53	0.13950 0.3097 55	0.61522 0.0001 42
FNS	0.30978 0.0049 81	0.19468 0.0816 81	-0.08468 0.4523 81	-0.23740 0.0328 81	-0.13552 0.2399 77	0.38472 0.0099 44	0.42119 0.0003 71	0.23869 0.2124 29	0.39309 0.0003 81	0.34539 0.0026 74	0.29543 0.0086 78	0.39641 0.0006 71
SP1	0.24205 0.0451 69	-0.01182 0.9232 69	0.08353 0.4950 69	0.10865 0.3742 69	-0.12902 0.3057 65	0.24433 0.1853 31	0.37266 0.0040 58	-0.28150 0.7185 4	0.34033 0.0063 63	0.60455 0.0001 62	0.35455 0.0035 66	0.37361 0.0039 58
SP2	0.33154 0.0110 58	0.19717 0.1379 58	0.20615 0.1205 58	0.06162 0.6459 58	-0.16117 0.2443 54	-0.21529 0.3620 20	0.43441 0.0007 58	-0.26457 0.7354 4	0.46601 0.0002 58	0.57839 0.0001 51	0.46606 0.0003 55	0.42425 0.0009 58
SPL	0.00000 1.0000 32	0.22163 0.2228 32	1.00000 0.0001 32	-0.18065 0.1386 32	0.00000 1.0000 32	0.00000 0.3225 32	0.79606 0.0001 32	0.00000 0.0000 0	0.74765 0.0001 32	0.27672 0.1318 31	0.49000 0.0070 29	0.57036 0.0007 32

Tabel 3.

	DV	AS	FS	FL	FOUT	FIN	FNL	FNS	SP1	SP2	SPL
ONDER	0.01861	0.23679	0.15260	-0.43770	-0.67610	-0.41676	-0.39579	0.30978	0.24205	0.33154	0.00000
	0.8520	0.0189	0.1738	0.0008	0.0001	0.0103	0.0028	0.0049	0.0451	0.0110	1.00000
	103	98	81	55	41	37	55	81	69	58	32
SEX	0.07665	0.14006	-0.03545	-0.16321	-0.14652	-0.05814	-0.08208	0.19468	-0.01182	0.19717	0.22163
	0.4416	0.1690	0.7534	0.2338	0.3606	0.7325	0.5514	0.0816	0.9232	0.1379	0.2228
	103	98	81	55	41	37	55	81	69	58	32
LEEF TIJD	0.07425	0.02642	-0.02470	-0.31268	-0.24091	-0.17823	-0.36801	-0.08468	0.08353	0.20615	1.00000
	0.4560	0.7962	0.8268	0.0201	0.1292	0.2912	0.0057	0.4523	0.4950	0.1205	0.0001
	103	98	81	55	41	37	55	81	69	58	32
GEWICHT	-0.09236	-0.11985	0.28259	0.48329	0.59041	0.22414	0.28154	-0.23740	0.25758	0.29291	0.26767
	0.3535	0.2398	0.0106	0.0002	0.0001	0.1823	0.0373	0.0328	0.0326	0.0257	0.1386
	103	98	81	55	41	37	55	81	69	58	32
LENGTE	-0.19473	-0.24106	0.06168	0.28852	0.25890	0.03412	0.19091	-0.26668	0.10865	0.06162	-0.18065
	0.0487	0.0168	0.5843	0.0327	0.1022	0.8411	0.1627	0.0161	0.3742	0.6459	0.3225
	103	98	81	55	41	37	55	81	69	58	32
ZIT	0.19750	-0.13670	-0.19249	-0.38772	-0.39195	-0.25896	-0.38192	-0.13552	-0.12902	-0.16117	0.00000
	0.0501	0.1889	0.0935	0.0034	0.0113	0.1217	0.0040	0.2399	0.3057	0.2443	1.00000
	99	94	77	55	41	37	55	77	65	54	32
SUB	0.02355	0.03585	0.28237	-0.19922	-0.34272	-0.31854	-0.15921	0.38472	0.24433	-0.21529	0
	0.8523	0.7857	0.0633	0.1527	0.0304	0.0583	0.2548	0.0099	0.1853	0.3620	0
	65	60	44	53	40	36	53	44	31	20	0
RIB	0.42331	0.43098	0.41033	0.23253	0.29794	0.52216	0.25323	0.42119	0.37266	0.43441	0.79606
	0.0001	0.0001	0.0004	0.1384	0.0922	0.0037	0.1056	0.0003	0.0040	0.0007	0.0001
	87	87	71	42	33	29	42	71	58	58	32
STERNUM	0.42829	0.34791	0.17902	0.02927	0.02927	0.04124	0.12279	0.23869	-0.28150	-0.26457	0
	0.0129	0.0473	0.3528	0.8945	0.8945	0.8630	0.5767	0.2124	0.7185	0.7354	0
	33	33	29	23	23	20	23	29	4	4	0
TH.	0.09989	0.26168	0.37346	-0.23492	-0.25202	0.05174	-0.21915	0.39309	0.34033	0.46601	0.74765
	0.3303	0.0117	0.0006	0.0937	0.1269	0.7713	0.1185	0.0003	0.0063	0.0002	0.0001
	97	92	81	52	38	34	52	81	63	58	32
AB	0.36320	0.50983	0.39686	0.36084	0.42660	0.25480	0.33167	0.34539	0.60455	0.57839	0.27672
	0.0003	0.0001	0.0005	0.0079	0.0068	0.1396	0.0153	0.0026	0.0001	0.0001	0.1318
	96	91	74	53	39	35	53	74	62	51	31
SP	-0.00886	0.17077	0.38381	0.13982	0.05149	0.07770	0.13950	0.29543	0.35455	0.46606	0.49000
	0.9303	0.0980	0.0005	0.3086	0.7492	0.6476	0.3097	0.0086	0.0035	0.0003	0.0070
	100	95	78	55	41	37	55	78	66	55	29
MAIS	0.42098	0.41029	0.50379	0.62575	0.65037	0.53105	0.61522	0.39641	0.37361	0.42425	0.57036
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0030	0.0001	0.0006	0.0039	0.0009	0.0007
	87	87	71	42	33	29	42	71	58	58	32

	DV	AS	FS	FL	FOUT	FIN	FNL	FNS	SP1	SP2	SPL
DV	1.00000 0.00000 103	0.44425 0.00001 98	0.49075 0.00001 81	0.18766 0.1701 55	0.23623 0.1370 41	0.26300 0.1158 37	0.18577 0.1745 55	0.48644 0.00001 81	0.27463 0.0224 69	0.30838 0.0185 58	0.00000 1.00000 32
AS	0.44425 0.00001 98	1.00000 0.00000 98	0.49534 0.00001 76	0.14951 0.3001 50	0.28706 0.0688 41	0.50636 0.0014 37	0.13745 0.3412 50	0.58863 0.00001 76	0.92028 0.00001 69	0.86484 0.00001 58	0.00000 1.00000 32
FS	0.49075 0.00001 81	0.49534 0.00001 76	1.00000 0.00000 81	0.51207 0.0005 42	0.48576 0.0023 37	0.55011 0.0009 33	0.48435 0.0012 42	0.85466 0.00001 81	0.66055 0.00001 51	0.67678 0.00001 46	0.33323 0.0624 32
FL	0.18766 0.1701 55	0.14951 0.3001 50	0.51207 0.0005 42	1.00000 0.0000 55	1.00000 0.0000 41	0.77447 0.0001 37	0.96734 0.0001 55	0.30549 0.0491 42	-0.07310 0.7171 27	0.61095 0.0055 19	0
FOUT	0.23623 0.1370 41	0.28706 0.0688 41	0.48576 0.0023 37	1.00000 0.0000 41	0.77447 0.0001 37	0.77447 0.0001 37	0.97551 0.0001 41	0.23574 0.1601 37	0.24672 0.3237 18	0.88046 0.0008 10	0
FIN	0.26300 0.1158 37	0.50636 0.0014 37	0.55011 0.0009 33	0.77447 0.0001 37	1.00000 0.0001 37	1.00000 0.0000 37	0.79216 0.0001 37	0.53626 0.0013 33	0.26259 0.3086 17	0.79464 0.0105 9	0
FNL	0.18577 0.1745 55	0.13745 0.3412 50	0.48435 0.0012 42	0.96734 0.0001 55	0.97551 0.0001 41	0.79216 0.0001 37	1.00000 0.0000 55	0.35765 0.0201 42	-0.21125 0.2902 27	0.32319 0.1771 19	0
FNS	0.48644 0.00001 81	0.58863 0.00001 76	0.85466 0.00001 81	0.30549 0.0491 42	0.23574 0.1601 37	0.53626 0.0013 33	0.35765 0.0201 42	1.00000 0.0000 81	0.41651 0.0024 51	0.54063 0.0001 46	0.18774 0.3035 32
SP1	0.27463 0.0224 69	0.92028 0.00001 69	0.66055 0.00001 51	-0.07310 0.7171 27	0.24672 0.3237 18	0.26259 0.3086 17	-0.21125 0.2902 27	0.41651 0.0024 51	1.00000 0.0000 69	0.94415 0.0001 58	0.26767 0.1386 32
SP2	0.30838 0.0185 58	0.86484 0.00001 58	0.67678 0.00001 46	0.61095 0.0055 19	0.88046 0.0008 10	0.79464 0.0105 9	0.32319 0.1771 19	0.54063 0.00001 46	0.94415 0.00001 58	1.00000 0.0000 58	0.55650 0.0009 32
SPL	0.00000 1.00000 32	0.00000 1.00000 32	0.33323 0.0624 32	0	0	0	0	0.18774 0.3035 32	0.26767 0.1386 32	0.55650 0.0009 32	1.00000 0.0000 32

	1	2	3	4
TOT	.18 (95)	.23 (95)	.34 (66)	.45 (55)
EXCL CROMACK	.16 (91)	.22 (91)	.35 (62)	.44 (51)
" PATRICK	.11 (85)	.19 (85)	.20 (56)	.11 (45)
" FAYON	.14 (66)	.34 (66)	-	-
" KALLIERIS	.27 (83)	.27 (83)	.39 (54)	.58 (43)
" SCHMIDT	.10 (66)	.23 (66)	.35 (37)	.51 (26)
" WALFISCH	.28 (84)	.34 (84)	.45 (55)	-

Celinhoud - R square en aantal cases.

- 1 = oorspronkelijke data
- 2 = AS = 20 bij Kallieris
- 3 = idem excl data Fayon
- 4 = idem excl data Fayon & Walfisch

Tabel 4. Regressie op SP met antropometrische kenmerken en AS bij verschillende samenstelling van de dataset.

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE SP

WARNING: 8 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE AS ENTERED R SQUARE = 0.24689913 C(P) = 7.89072003

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
1	41.34438222	41.34438222	20.98	0.0001
64	126.11016324	1.97047130		
65	167.45454545			

B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
-2.04149096				
0.22419926	0.04894530	41.34438222	20.98	0.0001

STEP 2 VARIABLE GEWICHT ENTERED R SQUARE = 0.33679294 C(P) = 1.54822131

DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
2	56.39750909	28.19875454	16.00	0.0001
63	111.05703637	1.76281010		
65	167.45454545			

B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
-4.80561579				
0.03529972	0.01207983	15.05312687	8.54	0.0048
0.24744492	0.04697290	48.91791164	27.75	0.0001

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

Tabel 5. Regressie op SP met antropometrische kenmerken en AS bij dataset excl. Fayon met AS = 20 g bij Kallieris.

## STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE SP

WARNING: 8 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE AS ENTERED R SQUARE = 0.25236772 C(P) = 19.65616667

REGRESSION	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
1	1	31.40372181	31.40372181	17.89	0.0001
ERROR	53	93.03264183	1.75533286		
TOTAL	54	124.43636364			

INTERCEPT	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
AS	-1.86480099	0.05238620	31.40372181	17.89	0.0001

STEP 2 VARIABLE GEWICHT ENTERED R SQUARE = 0.37089024 C(P) = 10.45500927

REGRESSION	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
2	2	46.15223298	23.07611649	15.33	0.0001
ERROR	52	78.28413065	1.50546405		
TOTAL	54	124.43636364			

INTERCEPT	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
GEWICHT	-5.01269784	0.01222013	14.74851118	9.80	0.0029
AS	0.03824853	0.04942604	38.87125489	25.82	0.0001

STEP 3 VARIABLE SEX ENTERED R SQUARE = 0.45531151 C(P) = 4.47664456

REGRESSION	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
3	3	56.65730822	18.88576941	14.21	0.0001
ERROR	51	67.77905542	1.32900109		
TOTAL	54	124.43636364			

INTERCEPT	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
SEX	-7.54996932	0.43665107	10.50507524	7.90	0.0070
GEWICHT	1.22764116	0.01363347	24.81960441	18.68	0.0001
AS	0.05891706	0.04708677	31.50763687	23.71	0.0001

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.1

Tabel 6. Regressie op SP met antropometrische kenmerken en AS bij dataset excl. Fayon en Walfisch met AS = 20 g bij Kallieris.

SPP	SP							TOTAL
	FREQUENCY PERCENT ROW PCT COL PCT	0	1	2	3	4	5	
0	9 12.68 81.82 39.13	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	2 2.82 18.18 9.52	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	11 15.49
1	6 8.45 100.00 26.09	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	6 8.45
2	6 8.45 20.69 26.09	1 1.41 3.45 50.00	7 9.86 24.14 46.67	12 16.90 41.38 57.14	2 2.82 6.90 50.00	1 1.41 3.45 16.67		29 40.85
3	2 2.82 8.33 8.70	1 1.41 4.17 50.00	8 11.27 33.33 53.33	7 9.86 29.17 33.33	2 2.82 8.33 50.00	4 5.63 16.67 66.67		24 33.80
4	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	1 1.41 100.00 16.67	1 1.41
TOTAL	23 32.39	2 2.82	15 21.13	21 29.58	4 5.63	6 8.45	71 100.00	

FREQUENCY MISSING = 3

Tabel 7. Verdeling naar SP (gemeten) en SPP (voorspeld) bij dataset excl. Fayon met AS = 20 g bij Kallieris.

SPP	SP							TOTAL
	0	1	2	3	4	5		
0	9 15.00 90.00 56.25	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	1 1.67 10.00 5.56	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	10 16.67	
1	4 6.67 100.00 25.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	4 6.67	
2	2 3.33 9.52 12.50	1 1.67 4.76 50.00	8 13.33 38.10 53.33	8 13.33 38.10 44.44	1 1.67 4.76 25.00	1 1.67 4.76 20.00	21 35.00	
3	1 1.67 4.76 6.25	1 1.67 4.76 50.00	6 10.00 28.57 40.00	7 11.67 33.33 38.89	3 5.00 14.29 75.00	3 5.00 14.29 60.00	21 35.00	
4	0 0.00 0.00 0.00	0 0.00 0.00 0.00	1 1.67 25.00 6.67	2 3.33 50.00 11.11	0 0.00 0.00 0.00	1 1.67 25.00 20.00	4 6.67	
TOTAL	16 26.67	2 3.33	15 25.00	18 30.00	4 6.67	5 8.33	60 100.00	

FREQUENCY MISSING = 3

Tabel 8. Verdeling naar SP (gemeten) en SPP (voorspeld) bij dataset excl. Fayon en Walfisch met AS = 20 g bij Kallieris.

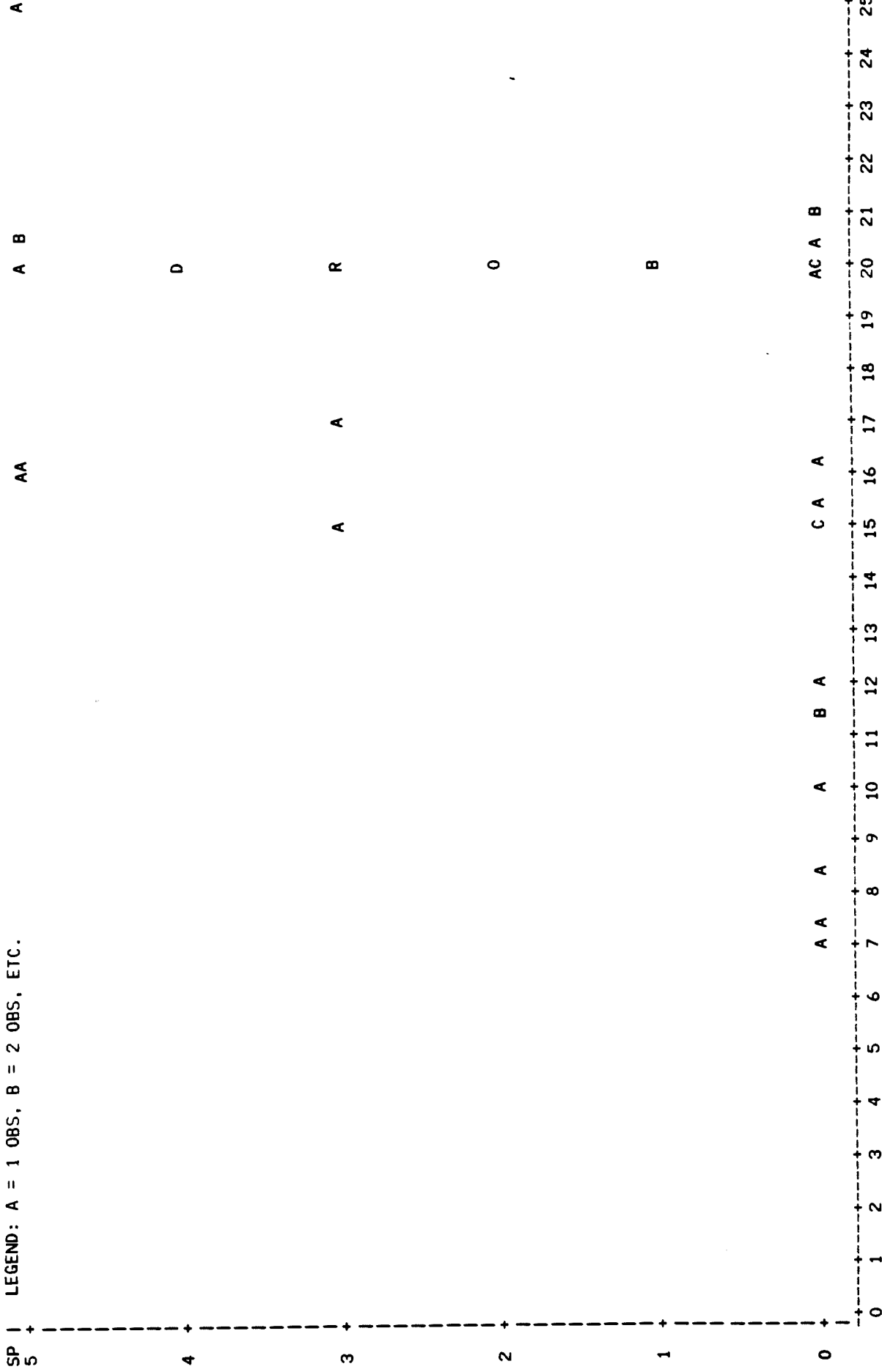
	1	2
Totaal	.24 (78) F G S L	
Cromack	.23 (74) F L S	.85 (4) F
Patric	.17 (68) F L S	.94 (10) G L A F
Fayon	.24 (53) F G S	.26 (25) F L
Schmidt	.38 (49) L F A	.24 (29) A
Leung	.25 (73) F G S L	.- (5)
Walfisch	.33 (73) G S F A	.- (5)

1 - Regressie op totale dataset minus 1 onderzoek  
2 - Regressie op afzonderlijke onderzoeken

Legenda : R sq , aantal cases , volgorde in regressie vergelijking  
( F=FNS , G=Gewicht , A=leeftijd , L=lengte , S=sex)

Tabel 9. Regressie op SP met antropometrische kenmerken en FNS.





AS

NOTE: 8 OBS HAD MISSING VALUES OR WERE OUT OF RANGE

Afbeelding 1. Relatie tussen SP (gemeten) en AS bij dataset excl. Fayon met AS = 20 g bij Kallieris.



SP | LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.

5 | AA A B

4 | D

3 | Q

2 | O

1 | B

0 | AB A

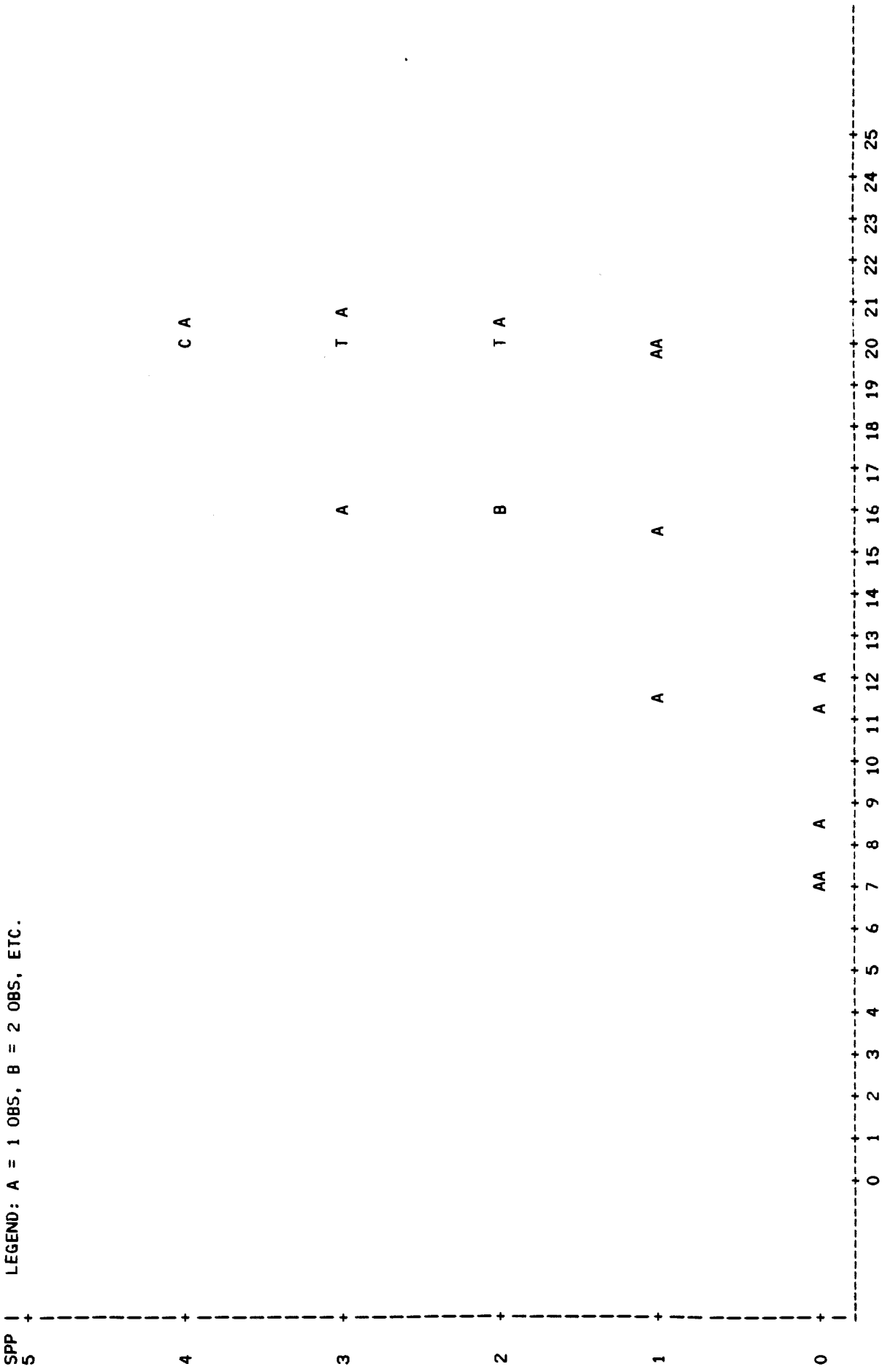
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25

AS

NOTE: 8 OBS HAD MISSING VALUES OR WERE OUT OF RANGE

Afbeelding 3. Relatie tussen SP (gemeten) en AS bij dataset excl. Fayon en Walfisch met AS = 20 g bij Kallieris.

LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.

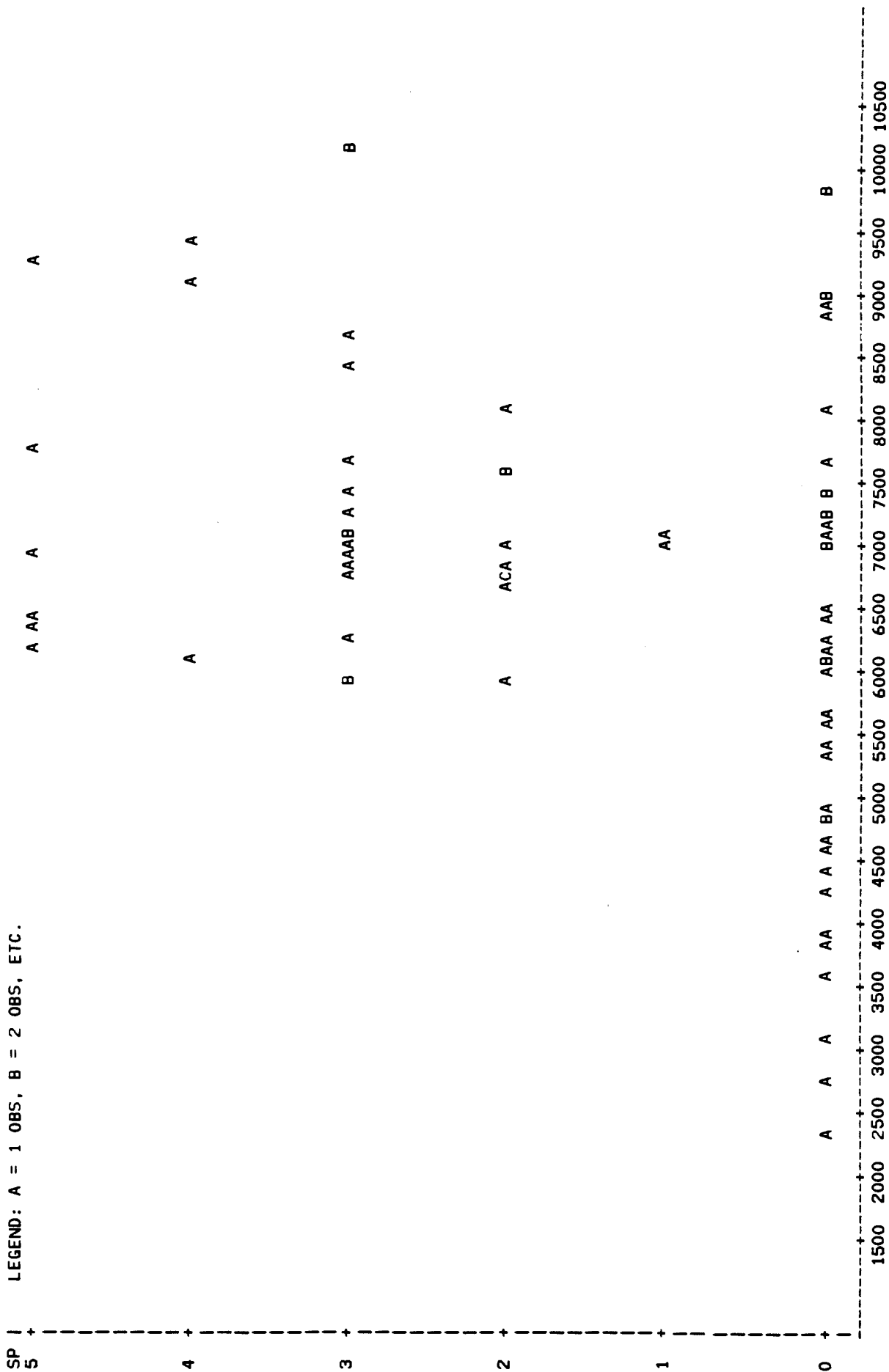


AS

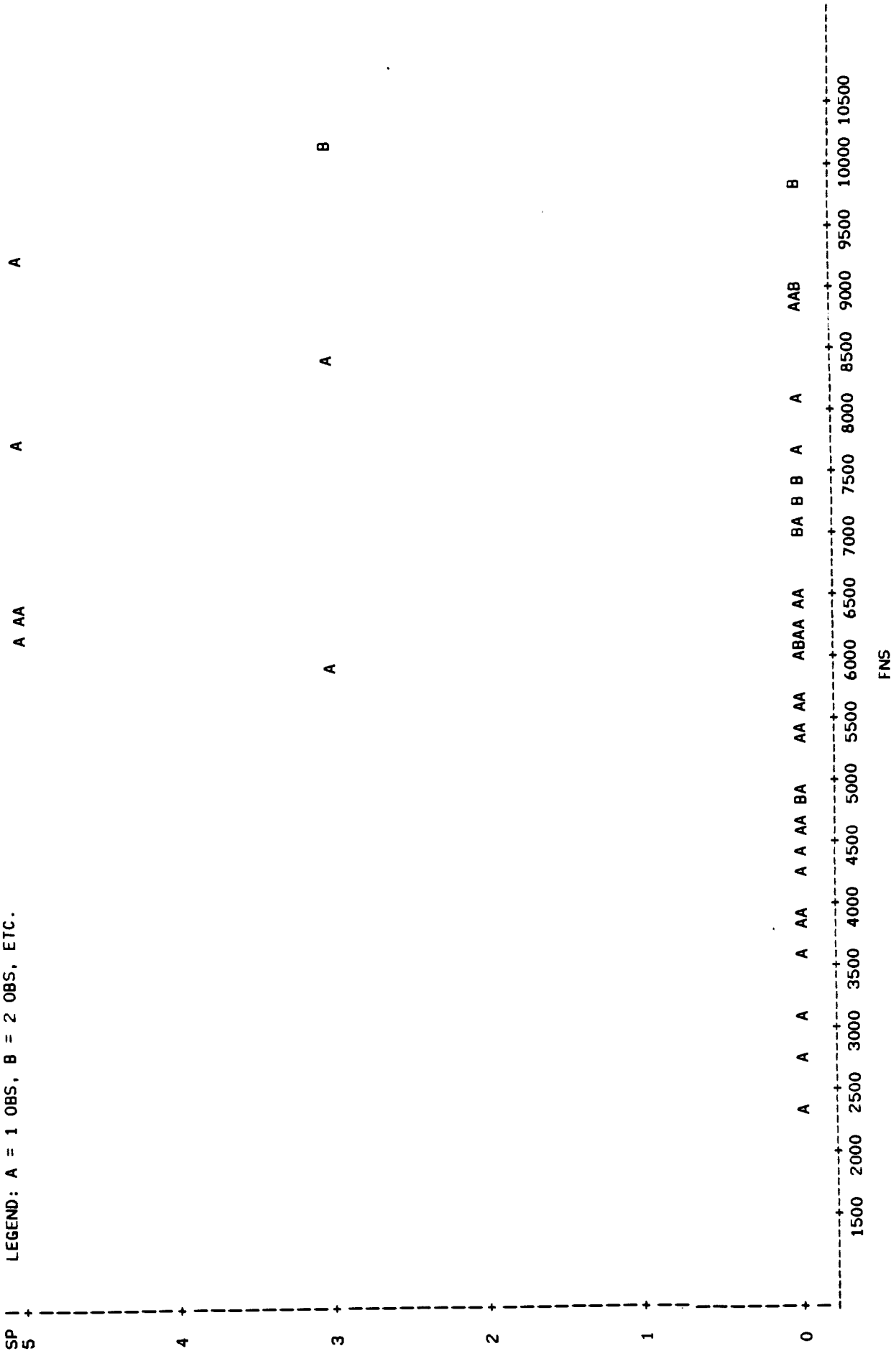
NOTE: 5 OBS HAD MISSING VALUES OR WERE OUT OF RANGE

Afbeelding 4. Relatie tussen SPP (voorspeld) en AS bij dataset excl. Payon en Walfisch met AS = 20 g bij Kallieris.

LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



NOTE: 1 OBS HAD MISSING VALUES OR WERE OUT OF RANGE

Afbeelding 6. Relatie tussen SP en FNS bij dataset excl. Schmidt.

III. BUIK- EN BEKKENLETSEL

APPENDIX IIIA. INTERNE LETSELS





### III. BUIK- EN BEKKENLETSEL

#### A. INTERNE LETSELS

##### 1. Inleiding

In de literatuur zijn vrijwel geen data te vinden die betrekking hebben op specifiek onderzoek naar abdominaal letsel. Wel zijn in het kader van experimenten met gordels gegevens beschikbaar over abdominaal letsel en met mechanische geweld daarbij.

##### 2. Bronnen

Het merendeel van de onderzoeken is reeds besproken in Appendix IIB en IIC. Het betreft hier onderzoeken waarbij gegevens over abdominaal letsel aanwezig is nl. Fayon et al. (1975); Kallieris et al. (1982a en b); Ramet & Cesari (1979); Schmidt et al. (1975); Leung et al. (1982) en Walfisch et al. (1979). Een overzicht van de gemeten kenmerken per onderzoek is te vinden in Tabel 1. Tabel 2 bevat de gemeten waarden en de verdelingen.

##### 3. Beschouwing

Abdominaal letsel kan op verschillende wijzen ontstaan. Als mechanisme worden genoemd:

- gevolg van (rib)fracturen of contact tussen ribben en organen;
- gevolg van vertraging sec;
- gevolg van contact met de gordel.

Dit laatste wordt dan voornamelijk veroorzaakt door onderuitschuiven: "submarining". Submarining geeft in het algemeen aanleiding tot ernstiger letsels aangezien de pelvis een beter, d.w.z. minder letselgevoelig lichaamsdeel is dan de buik. Submarining wordt vaak als oorzaak aangewezen van letsel aan de ruggesgraat (dorso lumbar spine). Dit type letsel zal hier niet besproken worden.

Ook wordt wel de zitplaats genoemd als een invloedsfactor. Dit heeft vooral betrekking op specifieke letsels veroorzaakt door het diagonale gedeelte van de driepuntsgordel die afhankelijk van de zitplaats van links naar rechts of omgekeerd over het bovenlichaam aanligt.

#### 4. Data

Zoals uit Tabel 1 blijkt, is er met name bij de geweldkenmerken weinig eenheid. Alleen  $\Delta V$  is in alle onderzoeken bekend. De inhoudelijke relevantie van  $\Delta V$  is echter gering, immers een  $\Delta V = 50$  gaat zowel samen met een  $\Delta A$  (gemiddelde vertraging) van 9 g als met 25 g.  $\Delta V$  is dan ook een onbruikbare maat. De door Leung opgegeven vertraging blijkt de maximale waarde te zijn. Dit is niet uit de tekst af te leiden, Walfisch geeft echter bij dezelfde kadavers lagere waarde op. De doublures zijn bij Leung verwijderd. Fayon geeft geen waarde voor de sledevertraging. Uit beginsnelheid en remweg is uitgaande van een éénparige vertraging een  $\Delta A$  te berekenen volgens:  $\Delta A = (0,5 * \Delta V^2) / (\text{remweg} * 9,8)$ . Kallieris geeft geen waarde voor de vertraging per case. In een grafiek wordt een gemiddelde waarde van 9,2 g vermeld. In zijn artikel noemt Schmidt een vertragingniveau tussen de 18 en 22 g. Gekozen is voor een  $\Delta A$  van 20 g voor al zijn cases.

Naast vertraging kan ook de trekkracht in het schootgedeelte van de gordel een voorspeller van letsel zijn. Deze kracht wordt op verschillende wijze gemeten. Aangenomen wordt dat de trekkracht in het schootgedeelte dezelfde kracht representeert als die welke is gemeten bij de verankering van het enkele gedeelte (FL en F-out). Leung geeft een gemiddelde (maximum tweede piek) die verondersteld wordt equivalent aan FL te zijn. Bij Fayon is in een aantal gevallen F-in wel bekend, maar F-out niet. De regressie van F-in op F-out geeft een redelijk krachtige relatie te zien tussen beide grootheden (Tabel 3). In voornoemde dataset is dan ook F-out uit F-in berekend volgens  $F\text{-out} = 0,478 F\text{-in} + 769,943$ .

Uit de aldus samengestelde FL is de genormaliseerde trekkracht (FN) berekend volgens  $FN = F\text{-out} * (75/\text{gewicht})^{2/3}$  (Eppinger, 1976). Aangenomen is dat alle trekkrachten de maximale zijn.

Indien geen nadere informatie over de zitplaats aanwezig is, is aangenomen dat het de bestuurderszitplaats betreft. Voorzover de data van Walfisch betrekking hebben op echte ongevallen worden deze niet in de volgende analyse meegenomen. Een overzicht van de verdeling van de kenmerken is opgenomen in Tabel 4.

## 5. Analyse

Uit de correlatiematrix blijkt dat er vrijwel geen (eerste orde) relatie aanwezig is tussen abdominaal letsel en antropometrische kenmerken (Tabel 5). Nu is o.a. bij thoraxletsels geconstateerd dat vooral leeftijd een hoge predictieve waarde heeft. Het uitpartialiseren van  $\Delta A$  doet de al zeer lage correlatie tussen leeftijd en de ernst van abdominale letsels (AIS-ab) nog iets afnemen. De correlatie tussen beide verbetert slechts marginaal als geselecteerd wordt op  $18 < \Delta A < 22$ . Alleen binnen de dataset van Schmidt is een lage correlatie tussen beide aan te tonen (zie Tabel 6c). Aangezien alle leeftijden in redelijke mate aanwezig zijn (Tabel 4) kan een beperkte spreiding geen verklaring vormen (bijv. alleen ouderen). Orgaanletsel is kennelijk minder gevoelig voor leeftijdsinvloeden dan botletsel. Ook de overige antropometrische kenmerken zijn zeer laag gecorreleerd met AIS-ab.

De drie geweldkenmerken  $\Delta V$ ,  $\Delta A$  en FN vertonen alle een zekere correlatie met AIS-ab.  $\Delta A$  springt er met 0,62 duidelijk uit. De regressie van  $\Delta A$  op AIS-ab geeft dan ook een redelijk resultaat ( $R^2 = 0,39$ , zie Tabel 7). De antropometrische kenmerken dragen niet significant bij. Een regressie met  $\Delta A$  en FN tezamen geeft een verbetering van  $R^2$  te zien (0,42), echter door het grote aantal 'missing cases' is dit gebaseerd op 51 van de 120 gevallen. Een combinatie van  $\Delta A$  en EK (kinetische energie =  $0,5 * \text{gewicht} * (\Delta V)^2$ ) levert geen enkele verbetering.

De regressie van  $\Delta A$  op AIS-ab per onderzoek levert de volgende resultaten op (Tabel 8). Bij Fayon, met de berekende  $\Delta A$ , een  $R^2$  van 0,35, bij Ramet is dat zelfs 0,78, terwijl Walfisch op 0,45 uitkomt. Leung valt af (geen  $\Delta A$ ), evenals Kallieris en Schmidt ( $\Delta A$  constant). De relatie tussen AIS-ab en  $\Delta A$  is redelijk stabiel. De datasets met constante vertraging laten echter zien dat een vrij grote spreiding van scores op AIS-ab aanwezig is die niet met behulp van de aanwezige kenmerken is te verklaren.

De regressielijn op AIS-ab met  $\Delta A$  is als volgt:

$$\text{AIS-P} = 0,18835784 * \Delta A - 1,86142004 \text{ af te ronden op hele aantallen en} \\ \text{AIS-P} \geq 0.$$

Tabel 9 geeft een kruistabel van de gemeten en voorspelde AIS-waarden.

Tabel 10 geeft de regressie van de afgeronde predictie op AIS-ab. Het verlies als gevolg van de afronding is vrij klein. De overeenkomst is redelijk, het-

geen gezien de goede correlatie verwacht mocht worden. Uit Afbeelding 1, een plot van AIS-ab tegen  $\Delta A$  blijkt echter dat een lineaire functie minder bevredigend is. Tot aan 20 g is op twee uitzonderingen na de AIS gelijk aan 0. Boven de 20 g komen de letsels. Een alternatief voor de regressie is te stellen dat beneden 20 g geen letsel optreedt. Voor boven de 20 g kan de verdeling van AIS-ab aangehouden worden. Gezien deze verdeling is haast sprake van een randomtoedeling (Afbeelding 2).

Het is dan ook niet verwonderlijk dat een regressie op AIS-ab met  $\Delta A$  en de antropometrische kenmerken voor  $\Delta A > 19$  g geen resultaat oplevert, het relatief hoge aantal cases ten spijt (Tabel 11).

Tot nu toe zijn alle cases te zamen genomen, ongeacht of er wel of geen sprake was van submarining (SUB). De correlatiematrix laat zien dat er enig verband is tussen SUB en AIS-ab ( $R = 0,34$ , Tabel 5). Een regressie op AIS-ab met  $\Delta A$  en SUB resulteert niet in een significante bijdrage van SUB. Dit is gebaseerd op de 74 cases waarvan bekend is of er al dan niet submarining optrad. De grove handeling om in alle gevallen waarin SUB onbekend is, deze de waarde 'geen submarining' toe te kennen, resulteert evenmin een significante bijdrage van SUB aan de regressie.

Uit de tabel SUB \* AIS-ab blijkt dat er enig verschil is in letselernst. De aantallen gewonden zijn echter vrij gering. Ook wanneer de AIS opgedeeld wordt in wel of niet gewond haalt het verschil geen significant niveau (Tabel 12 en 13). Uitpartialiseren van de correlatie tussen AIS-ab en SUB voor  $\Delta A$  laat zien dat de relatie tussen AIS-ab en SUB verklaart kan worden uit verschillen in de vertraging (Tabel 14). Het aantal cases waarin submarining optrad is echter te klein om via een uitvoerige analyse tot harde uitspraken te komen.

Zitplaats (ZIT) wordt geacht van invloed op het type abdominaal letsel te zijn. Aangezien dat een zaak is die via het AIS-systeem slechts versluierd tot uiting kan komen (omdat de karakteristieke letsels een verschillende AIS-code hebben) is dit verschijnsel hier niet nader onderzocht. Uit de correlatiematrix (Tabel 5) valt op te maken dat er geen relatie tussen AIS-ab en ZIT bestaat ( $R = -0,05$ ).

De predictie van abdominaal letsel volgens de regressievergelijking voorspelt AIS-ab uit  $\Delta A$  als volgt:

AIS	$\Delta A$ (g)
0	0-12
1	13-17
2	18-23
3	24-28
4	29-33
5	$\geq 34$

Wil er een ernstig letsel ontstaan (AIS = 3), dan is tenminste een vertraging van 24 g noodzakelijk. Het tweede criteria zegt dat beneden 20 g geen letsel optreedt, terwijl daarboven een bijna willekeurige toewijzing plaatsvindt. In beide gevallen wordt dus gesteld dat slechts bij zeer zware ongevallen abdominaal letsel zal optreden. De enige op dit moment beschikbare ijkingsmogelijkheid vormen de data van Walfisch over echte ongevallen. De beschrijving daarvan is echter uiterst summier. Aangenomen wordt dat de opgegeven waarden voor de vertraging berekend zijn op de wijze van  $\Delta V$ . In 11 gevallen is abdominaal letsel opgetreden, waarbij de  $\Delta A$  resp. 6, 12 en 13 g bedroeg. In vrijwel alle gevallen trad daarbij submarining op. De AIS-score ligt gegeven het vertragingniveau beduidend boven die welke op grond van beide ontwikkelde tolerantiecriteria verwacht mocht worden. Bij de laboratoriumproeven van Walfisch, waar in alle gevallen submarining optrad, is alleen boven de 20 g sprake van zwaar letsel. Een mogelijke verklaring is dat kadavers zich anders gedragen dan levende personen en in dit geval kennelijk een hogere tolerantie hebben. Voor zover bekend ontbrak een "bloeddruk" in deze proeven. De meetopstelling in een laboratorium kenmerkt zich door veel ondubbelzinniger condities dan bij een echt ongeval het geval is. De waarden van de vertraging bij 'echte' ongevallen zijn (vermoedelijk) berekend en kunnen te laag zijn uitgevallen. Ook kan de vertraging anders verlopen (niet-homogene voertuigconstructie vs. rimpelbuizen) waardoor bijvoorbeeld hoge piekbelastingen optreden die in de gemiddelde vertraging niet tot uiting komen.

## 6. Conclusies

Uit proeven met kadavers blijkt dat beneden een vertragingniveau van 20 g vrijwel geen abdominaal letsel optreedt. Boven deze waarde komen alle AIS-klassen voor (inclusief 0) zonder dat er sprake is van een duidelijke structuur.

Hoewel op eerste-ordeniveau een relatie tussen letselernst en submarining gesuggereerd wordt, blijkt deze relatie uit verschillen in vertragingsniveau te kunnen worden verklaard. Het aantal gevallen waarin letsel optrad is echter te gering om dit nader te kunnen analyseren.

De redelijk "brede" verdeling van de kadavers over de antropometrische kenmerken en het gegeven dat deze kenmerken geen invloed op de predictie van de ernst van het abdominale letsel hebben, leiden tot de conclusie dat de tolerantie voor dit soort letsel niet door deze kenmerken beïnvloed wordt.

De spaarzame gegevens over echte ongevallen wekken de indruk dat levende mensen mogelijkwijs een lagere tolerantie voor abdominaal letsel hebben dan kadavers.

	1	2	3	4	5	6
<u>Anthropometrie.</u>						
Geslacht	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Leeftijd	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Gewicht	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Lengte	Y	Y	Y	Y	Y	Y
<u>Preparatie.</u>						
Vasc. press.	Y		Y		Y	
Long press.	Y	Y	Y		Y	
Fresh/Embalmed	Y	Y	Y	Y	Y	
<u>Letsel.</u>						
Thorax	Y	Y	Y	Y		
Buik	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Ruggegraat	Y	Y	Y	Y	Y	Y
M-AIS	Y	Y	Y	Y		
AIS-jaar		76	76	80	76	80
Submarining	Y	Y			Y	Y
<u>Gordel.</u>						
F-schouder-boven	Y		Y	Y		Y
F-schouder-onder	Y					Y
F-enkel (out)	Y		Y		Y	Y
F-dubbel (in)	Y		Y		Y	Y
F-schoot		Y				Y
<u>Geweld.</u>						
dV/V-init	Y	Y	Y	Y	Y	Y
dA-slede (gem.)		Y	Y	Y	Y	

Tabel 1. Overzicht gemeten kenmerken per onderzoek.  
 1. Fayon et al. (1975)                      4. Schmidt et al. (1975)  
 2. Kallieris et al. (1982a + b)        5. Walfisch et al. (1979)  
 3. Ramet & Cesari (1979)                6. Leung et al. (1982)

**LEUNG**

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB	Amax
1			61	74	172	3	4	0		47.4		4200	5000			2	2	27.0
1	2434	1	61	74	172	3	4	0		47.4		4200	5000			2	2	27.0
1	2444	2	57	54	165	4	3	0		50.1		5000	2000			2	2	34.0
1	2454	1	56	62	157	3	1	0		49.8		5000	3250			2	2	22.0
1	2464	1	62	52	165	3	3	0		50.1		6600	6600			2	2	30.0
1	2474	1	42	58	163	3	4	0		50.5		8900	7650			2	2	30.0

**FAYON**

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB	
2	1	2	62	53	162	2	0	0	2	50.0	20.5	7800			9000	1	2	SLAGADER - SUB
2	2	1	52	71	175	2	4	3	4	50.0	20.5	9800			11200	1	2	SUB
2	3	1	60	70	170	2	0	0	2	48.0	13.5	4400			4700	1	1	
2	4	1	50	85	171	2	3	0	3	49.0	13.8	7000		5000		1	1	
2	5	1	57	60	167	4	0	0	4	59.0	21.1	6600		4700	7200	1	1	
2	6	2	60	55	146	2	0	0	2	58.0	21.4	4900			6200	2	1	
2	7	1	33	70	170	2	0	0	2	56.0	21.3	7100			9600	2	1	
2	8	1	53	70	161	2	4	0	4	65.0	27.7	6700			10000	2	1	
2	9	1	57	70	178	2	0	0	5	49.0	24.1	3450			9400	1	1	HEAD IMPACT
2	10	1	63	70	163	2	3	0	5	64.0	24.4	6700				1	1	
2	11	1	57	74	169	4	0	0	4	49.0	14.5	8800			8400	2	1	
2	12	2	43	60	152	2	3	0	3	64.0	21.8	8500			11200	2	1	
2	13	1	58	60	165	2	0	3	5	62.0	28.0					2	1	gordel gebroken
2	14	1	55	48	162	2	4	0	4	62.0	28.6	6700				2	1	
2	15	1	62	55	162	2	0	3	3	64.0	23.7					2	1	
2	16	1	57	62	162	2	3	0	3	63.5	20.6	6500		6300	8800	2	1	
2	18	1	61	63	167	2	0	2	5	48.0	18.1	18000		8500		1	1	gordel gebroken
2	19	1	62	95	171	2	0	0	4	47.5	18.9	11700		12000	15000	1	1	
2	25	2	66	56	166	4	0	3	4	50.0	12.1					2	1	
2	26	1	48	63	170	4	0	0	4	49.0	11.1	6300			6600	2	1	
2	27	1	53	70	175	2	0	0	2	45.0	9.9	5800		5400	7000	2	1	
2	30	1	61	52	157	2	0	0	4	49.0	21.5					2	1	
2	33	1	51	50	171	1	0	0	1	49.0	5.6	2100		2300	5500	2	1	
2	34	1	57	68	164	2	0	0	2	49.0	10.3	5200		2400		2	1	
2	35	2	59	60	158	2	0	0	2	50.0	10.6	3800		2000	4400	2	1	
2	40	1	60	86	186	1	0	0	1	48.5	10.6	4200		2600	6800	2	1	
2	41	1	60	50	174	2	0	0	2	50.0	11.6	3700		3700	6100	2	1	
2	44	1	53	66	174	2	0	0	2	50.0	10.1	5600			7400	2	1	
2	47	1	64	63	171	2	0	0	2	48.0	10.5	5500		1950		2	1	
2	53	1	46	63	165	1	0	0	1	43.0	16.2	4300				2	1	
2	54	1	34	60	178	0	0	0	0	48.6	10.1	4000		2550	4000	2	1	

**KALLIERIS**

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB	
3	H7911	1	25	64	170	2	0	2	2	50.0	9.2					1	1	
3	H7912	1	51	93	178	2	0	3	3	50.0	9.2		4900			1	2	
3	H7915	1	22	58	168	1	0	3	3	50.0	9.2		3700			1	2	
3	H7916	2	39	53	166	2	0	2	2	50.0	9.2		4600			1	2	
3	H7917	1	18	77	176	2	0	2	2	50.0	9.2		5600			1	2	
3	H7918	1	23	56	173	2	0	4	4	50.0	9.2					1	1	
3	H7919	1	51	75	170	2	0	3	3	50.0	9.2					1	2	
3	H8001	1	38	70	171	2	0	2	3	50.0	9.2		6000			1	1	
3	H8002	2	32	61	172	2	0	3	3	50.0	9.2		6300			1	1	
3	H8005	1	25	80	200	2	0	0	2	50.0	9.2		6600			1	1	
3	H8006	2	34	48	157	2	0	3	3	50.0	9.2		3700			1	1	
3	H8008	1	19	66	180	1	0	2	3	50.0	9.2		6000			1		

**RAMET**

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB	
4	1	1	65	68	170	0	0	0	0	24.0	8.1	2000		1500	2200	1	1	
4	2	2	72	54	162	3	0	0	3	23.9	6.9	1700		1600	2200	1	1	
4	3	2	71	47	153	2	0	0	2	24.4	9.8	4000		2480	3600	1	1	
4	4	1	58	56	156	1	0	0	1	33.6	7.5	2700		1900	3800	1	1	
4	5	1	69	70	170	4	0	0	4	36.2	9.5	6000		3890	5930	1	1	
4	6	1	70	78	171	0	0	0	0	33.7	9.9	6300		3110	8120	1	1	
4	7	2	66	54	169	4	0	0	1	42.5	14.9	7500		3110	10000	1	1	
4	8	1	71	83	174	2	3	0	3	41.5	17.0	7800		3470	3180	1	1	
4	9	2	70	46	152	1	0	0	1	42.1	13.4	5700		2620	6060	1	1	
4	10	2	74	46	150	4	3	0	4	48.0	22.2	7500		2980	7000	1	1	
4	11	1	68	69	170	5	3	0	5	46.9	20.2	4790		3230	9260	1	1	
4	12	2	59	57	160	4	3	0	4	48.6	19.6	8300		4090	9260	1	1	

Tabel 2. Verdeling van de kenmerken per onderzoek.



SCHMIDT/IRCOBI

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB
5	1	2	71	45	155	3	5	3	5	50.0	20.0	4805				1	1
5	2	1	65	87	186	4	3	4	4	50.0	20.0	6671				1	1
5	3	1	45	81	182	4	4	2	4	50.0	20.0	7063				1	1
5	4	2	65	69	155	4	3	3	4	50.0	20.0	5886				1	1
5	5	1	36	70	180	4	3	2	4	50.0	20.0	5690				1	1
5	6	1	39	76	175	4	3	5	5	50.0	20.0	7004				1	1
5	7	2	22	52	160	2	1	2	2	50.0	20.0	5248				1	1
5	8	1	14	58	166	0	1	2	2	50.0	20.0	5788				1	1
5	9	2	32	53	163	2	3	1	3	50.0	20.0	5562				1	1
5	10	1	29	69	175	2	2	1	2	50.0	20.0	6661				1	1
5	11	1	23	76	183	2	2	2	2	50.0	20.0	7220				1	1
5	12	1	16	68	182	1	1	1	1	50.0	20.0	5925				1	1
5	13	1	45	75	159	3	4	3	4	50.0	20.0	7446				1	1
5	14	2	15	44	168	1	5	3	5	50.0	20.0	5052				1	1
5	15	2	54	60	166	3	1	3	3	50.0	20.0	6033				1	1
5	16	1	20	76	178	2	1	3	3	50.0	20.0	7122				1	1
5	17	2	26	55	166	2	1	2	2	50.0	20.0	5484				1	1
5	18	2	22	48	163	0	1	1	0	50.0	20.0	5680				1	1
5	19	1	25	61	172	3	1	3	3	50.0	20.0	5925				1	1
5	20	2	26	54	156	2	3	3	3	50.0	20.0	5572				1	1
5	21	1	21	56	169	3	3	2	3	50.0	20.0	6259				1	1
5	22	1	20	67	173	2	4	3	4	50.0	20.0	5474				1	1
5	23	1	12	41	147	1	1	0	1	50.0	20.0	4807				1	1
5	24	1	45	62	164	3	2	3	3	50.0	20.0	6259				1	1
5	25	1	22	89	192	1	1	2	2	50.0	20.0	7534				1	1
5	26	2	55	66	164	4	1	4	4	50.0	20.0	8348				1	1
5	27	1	55	81	163	4	4	4	4	50.0	20.0	9879				1	1
5	28	2	53	57	159	3	0	3	3	50.0	20.0	7220				1	1
5	29	2	37	49	155	4	1	3	4	50.0	20.0	5798				1	1
5	30	1	22	71	182	2	0	2	2	50.0	20.0	7289				1	1
5	31	1	43	71	161	2	0	2	2	50.0	20.0	7819				1	1
5	32	1	49	82	178	4	3	2	4	50.0	20.0	7416				1	1

WALFISCH - ECHTE ONGEVALLEN

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB
6	2500		25				4			55.0	14.0					2	1
6	2552		31				4			65.0	18.0					1	1
6	759		52				4			55.0	12.0					1	2
6	2068		24				4			55.0						2	2
6	2269		52				4			40.0	11.0					1	2
6	2552		24				4			65.0	18.0					2	2
6	2725		23				4			60.0	10.0					2	2
6	3018		39				4									1	2
6	3235		22				4			65.0	17.0					1	2
6	3472		62				4			55.0						1	2
6	3499		53				4			40.0	11.0					2	2
6	3656		39				4			55.0	12.0					1	2
6	3631		20				4			50.0						2	2
6	3773		54				3			50.0						2	2
6	3956		33				4			30.0	8.0					1	2
6	3889		31				4			55.0	14.0					2	2
6	2769		44				0	3		40.0						2	2
6	2950		65				0	3		45.0	12.0					2	2
6	3726		48				0	2		45.0	6.0					1	2
6	3965		52				0	3		35.0	13.0					1	2

WALFISCH - CADAVERS

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	TH	AB	SP	MA	dV	dAs	FS	FL	F-out	F-in	ZIT	SUB
7	2	1	52	71	175		5			50.0	20.5					1	2
7	12	2	43	60	152		4			64.5	21.8					2	2
7	1274	1	57	41	159	4	0	3		50.0	15.4					2	2
7	1544	1	63	43	171	4	5	5		55.0	25.0			3800	9000	2	2
7	1822	1	57	62	176	3	0	3		52.0	17.4			6500	5000	2	2
7	1	2	62	53	162		0			50.0	20.5			4200	4200	2	2
7	6	2	60	55	146		0			58.0	21.5					1	2
7	34	1	57	68	164		0			49.0	10.3			2200	2200	2	2
7	124	1	61	52	162		0			66.0	15.8			2400	2400	2	2
7	1482	2	65	59	161	5	0	0		52.0	15.0			2800	2800	2	2
7	1484	1	62	67	172	3	0	0		52.0	15.0			2200	2500	2	2
														2600	2000	2	2

Geslacht 1=man , 2 = vrouw  
 Leeftijd in jaren  
 Gewicht in kg  
 Lengte in cm  
 THorax , ABdominaal , SPine en MAis - AIS-code  
 dV - beginsnelheid of delta V  
 dAs - gemiddelde sledevertruging in g (9.8)

FS - trekkracht in schoudergedeelte in N  
 FL - trekkracht in schootgedeelte in N  
 F-out - trekkracht enkele verankering in N  
 F-in - trekkracht gemeenschappelijke verankering in N  
 Zitplaats 1= Links , 2 = Rechts  
 Submarining 1= NEE , 2= JA

Tabel 2.

---

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE FOUT

WARNING: 91 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE FIN ENTERED R SQUARE = 0.50925842  
C(P) = 2.00000000

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	60687065.44100663	60687065.44101	28.02	0.0001
ERROR	27	58480458.69692441	2165942.91470		
TOTAL	28	119167524.13793103			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	796.94397701				
FIN	0.47802927	0.09030877	60687065.44101	28.02	0.0001

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

---

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE FOUT

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	FIN		1	0.5093	0.5093	2.00000

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	FIN		28.0188	0.0001

---

Tabel 3. Regressie van F-in op F-out.

VARIABLE	N	N MISSING	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE
ONDER	120	0	4.183333	1.77747	1.00000	7.0000
SEX	100	20	1.310000	0.46482	1.00000	2.0000
LEEF TIJD	120	0	46.350000	16.88401	12.00000	74.0000
GEWICHT	100	20	63.340000	11.99092	41.00000	95.0000
LENGTE	100	20	167.200000	9.76077	146.00000	200.0000
AB	119	1	1.638655	1.78378	0.00000	5.0000
DV	119	1	49.831092	7.61064	23.90000	66.0000
DA	109	11	16.019266	5.33784	5.60000	28.6000
FL	14	106	5135.714286	1557.78795	2000.00000	7650.0000
FOUT	32	88	3486.875000	2008.39277	1500.00000	12000.0000
FIN	39	81	6405.384615	3092.86687	2000.00000	15000.0000
ZIT	120	0	1.375000	0.48615	1.00000	2.0000
SUB	74	46	1.554054	0.50046	1.00000	2.0000
FN	56	64	4676.776598	1984.08387	1601.25129	10250.3734
ABPRED	109	11	1.155934	1.00542	-0.80662	3.5256

VARIABLE	RANGE	SUM	VARIANCE	UNCORRECTED SS	CORRECTED SS
ONDER	6.000000	502.00000	3.1594	2476.0	375.97
SEX	1.000000	131.00000	0.2161	193.0	21.39
LEEF TIJD	62.000000	5562.00000	285.0697	291722.0	33923.30
GEWICHT	54.000000	6334.00000	143.7822	415430.0	14234.44
LENGTE	54.000000	16720.00000	95.2727	2805016.0	9432.00
AB	5.000000	195.00000	3.1819	695.0	375.46
DV	42.100000	5929.90000	57.9218	302328.2	6834.77
DA	23.000000	1746.10000	28.4925	31048.4	3077.19
FL	5650.000000	71900.00000	2426703.2967	400805000.0	31547142.86
FOUT	10500.000000	111580.00000	4033641.5323	514108400.0	125042887.50
FIN	13000.000000	249810.00000	9565825.5061	1963630500.0	363501369.23
ZIT	1.000000	165.00000	0.2363	255.0	28.13
SUB	1.000000	115.00000	0.2505	197.0	18.28
FN	8649.122077	261899.48947	3936588.8126	1441357788.0	216512384.69
ABPRED	4.332230	125.99684	1.0109	254.8	109.17

VARIABLE	STD ERROR OF MEAN	C.V.	SKEWNESS	KURTOSIS	T	PR> T
ONDER	0.1622597	42.489	-0.13623044	-1.21981062	25.78	0.0001
SEX	0.0464823	35.483	0.83419912	-1.33114422	28.18	0.0001
LEEF TIJD	1.5412921	36.427	-0.38606306	-1.13975295	30.07	0.0001
GEWICHT	1.1790922	18.731	0.39450463	-0.27231386	52.82	0.0001
LENGTE	0.9760775	5.838	0.33025074	0.65829498	171.30	0.0001
AB	0.1635191	108.857	0.42465248	-1.52863881	10.02	0.0001
DV	0.6976661	15.273	-0.77880858	2.95792753	71.43	0.0001
DA	0.5112720	33.321	-0.13865487	-1.11681344	31.33	0.0001
FL	416.3363421	30.332	-0.43878265	-0.30671264	12.34	0.0001
FOUT	355.0370373	57.599	2.72294177	9.86891210	9.82	0.0001
FIN	495.2550626	48.285	0.46590963	-0.04899434	12.93	0.0001
ZIT	0.0443795	35.357	0.52295758	-1.75606741	30.98	0.0001
SUB	0.0581776	32.204	-0.22201682	-2.00567683	26.71	0.0001
FN	265.1343599	42.424	0.77315727	0.29756363	17.64	0.0001
ABPRED	0.0963021	86.979	-0.13865487	-1.11681344	12.00	0.0001

Tabel 4. Verdeling van de kenmerken van de onderzoeken.

	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	AB	OV	DA	FN	ZIT	SUB	ONDER
SEX	1.00000 0.0000 100	0.11906 0.2381 100	-0.50842 0.0001 100	-0.55926 0.0001 100	0.00000 1.0000 99	-0.04487 0.6576 100	0.10051 0.3325 95	-0.15772 0.2457 56	-0.12920 0.2002 100	0.12815 0.3558 54	0.17045 0.0900 100
LEEFTIJD	0.11906 0.2381 100	1.00000 0.0000 120	-0.01728 0.8645 100	-0.30459 0.0021 100	-0.15355 0.0955 119	-0.24001 0.0086 119	-0.04307 0.6566 109	-0.36899 0.0051 56	0.21730 0.0171 120	-0.10871 0.3565 74	-0.19032 0.0373 120
GEWICHT	-0.50842 0.0001 100	-0.01728 0.8645 100	1.00000 0.0000 100	0.64211 0.0001 100	0.04098 0.6871 99	-0.05207 0.6069 100	-0.08459 0.4151 95	0.02464 0.8570 56	-0.19137 0.0565 100	-0.24300 0.0766 54	-0.10163 0.3144 100
LENGTE	-0.55926 0.0001 100	-0.30459 0.0021 100	0.64211 0.0001 100	1.00000 0.0000 100	-0.03262 0.7486 99	-0.08808 0.3835 100	-0.22093 0.0314 95	0.14293 0.2933 56	-0.15975 0.1124 100	-0.12609 0.3636 54	-0.05045 0.6182 100
AB	0.00000 1.0000 99	-0.15355 0.0955 119	0.04098 0.6871 99	-0.03262 0.7486 99	1.00000 0.0000 119	0.29690 0.0011 118	0.44460 0.0001 108	0.37935 0.0039 56	-0.04624 0.6175 119	0.33889 0.0031 74	0.28661 0.0016 119
DV	-0.04487 0.6576 100	-0.24001 0.0086 119	-0.05207 0.6069 100	-0.08808 0.3835 100	0.29690 0.0011 118	1.00000 0.0000 119	0.51056 0.0001 109	0.39566 0.0025 56	0.29634 0.0011 119	-0.15092 0.2025 73	0.01189 0.8979 119
DA	0.10051 0.3325 95	-0.04307 0.6566 109	-0.08459 0.4151 95	-0.22093 0.0314 95	0.44460 0.0001 108	0.51056 0.0001 109	1.00000 0.0000 109	0.39405 0.0042 51	-0.03926 0.6852 109	-0.04783 0.7097 63	0.15551 0.1064 109
FN	-0.15772 0.2457 56	-0.36899 0.0051 56	0.02464 0.8570 56	0.14293 0.2933 56	0.37935 0.0039 56	0.39566 0.0025 56	0.39405 0.0042 51	1.00000 0.0000 56	-0.04867 0.7217 56	0.14735 0.3517 42	-0.22290 0.0987 56
ZIT	-0.12920 0.2002 100	0.21730 0.0171 120	-0.19137 0.0565 100	-0.15975 0.1124 100	-0.04624 0.6175 119	0.29634 0.0011 119	-0.03926 0.6852 109	-0.04867 0.7217 56	1.00000 0.0000 120	-0.10762 0.3614 74	-0.17748 0.0525 120
SUB	0.12815 0.3558 54	-0.10871 0.3565 74	-0.24300 0.0766 54	-0.12609 0.3636 54	0.33889 0.0031 74	-0.15092 0.2025 73	-0.04783 0.7097 63	0.14735 0.3517 42	-0.10762 0.3614 74	1.00000 0.0000 74	0.61781 0.0001 74
ONDER	0.17045 0.0900 100	-0.19032 0.0373 120	-0.10163 0.3144 100	-0.05045 0.6182 100	0.28661 0.0016 119	0.01189 0.8979 119	0.15551 0.1064 109	-0.22290 0.0987 56	-0.17748 0.0525 120	0.61781 0.0001 74	1.00000 0.0000 120

Tabel 5. Correlatie tussen de kenmerken.

---

 PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

108 OBSERVATIONS  
 2 VARIABLES  
 1 PARTIAL VARIABLES

## SIMPLE STATISTICS

	LEEFTIJD	AB	DA
MEAN	46.4722	1.49074	15.9824
ST DEV	17.0450	1.75880	5.3488

## PARTIAL CORRELATIONS

	LEEFTIJD	AB
LEEFTIJD	1.0000	-0.1623
AB	-0.1623	1.0000

	EIGENVALUE	DIFFERENCE	PROPORTION	CUMULATIVE
PRIN1	1.16231	0.324628	0.581157	0.58116
PRIN2	0.83769	.	0.418843	1.00000

## EIGENVECTORS

	PRIN1	PRIN2
LEEFTIJD	-.707107	0.707107
AB	0.707107	0.707107

---

Tabel 6A. Correlatie tussen leeftijd en AB (ernst abdominale letsels), uitgepartialiseerd voor dA.

---

VARIABLE	N	MEAN	STD DEV	SUM	MINIMUM	MAXIMUM
LEEFTIJD	47	41.59574	17.49368	1955.000	12.00000	71.00000
AB	46	2.00000	1.61933	92.000	0.00000	5.00000

PEARSON CORRELATION COEFFICIENTS  
/ PROB > |R| UNDER H<sub>0</sub>:RHO=0 / NUMBER OF OBSERVATIONS

	LEEFTIJD	AB
LEEFTIJD	1.00000 0.0000 47	0.03226 0.8314 46
AB	0.03226 0.8314 46	1.00000 0.0000 46

---

Tabel 6B. Correlatie tussen leeftijd en AB (ernst abdominale letsels) voor 18<dA<22g.

---

VARIABLE	N	MEAN	STD DEV	SUM	MINIMUM	MAXIMUM
LEEFTIJD	32	35.12500	16.71922	1124.000	12.00000	71.00000
AB	31	2.16129	1.46280	67.000	0.00000	5.00000

PEARSON CORRELATION COEFFICIENTS  
/ PROB > |R| UNDER H<sub>0</sub>:RHO=0 / NUMBER OF OBSERVATIONS

	LEEFTIJD	AB
LEEFTIJD	1.00000 0.0000 32	0.27672 0.1318 31
AB	0.27672 0.1318 31	1.00000 0.0000 31

---

Tabel 6C. Correlatie tussen leeftijd en AB (ernst abdominale letsels) volgens Schmidt et al. (1975).

---

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

WARNING: 26 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE DA ENTERED R SQUARE = 0.38621432  
C(P) = 0.12651052

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	96.31116944	96.31116944	57.89	0.0001
ERROR	92	153.06117098	1.66370838		
TOTAL	93	249.37234043			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-1.86142004				
DA	0.18835784	0.02475620	96.31116944	57.89	0.0001

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

---

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	DA		1	0.3862	0.3862	0.12651

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	DA		57.8895	0.0001

---

Tabel 7A. Regressie op AB met antropometrische kenmerken en dA.

---

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

WARNING: 69 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE DA ENTERED R SQUARE = 0.42470113  
C(P) = -0.84499864

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	41.33757651	41.33757651	36.17	0.0001
ERROR	49	55.99575682	1.14277055		
TOTAL	50	97.33333333			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-1.66491832				
DA	0.16672860	0.02772152	41.33757651	36.17	0.0001

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

---

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	DA		1	0.4247	0.4247	-0.84500

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	DA		36.1731	0.0001

---

Tabel 7B. Regressie op AB met antropometrische kenmerken, dA en FN.



ONDER=1

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE

ERROR: FOR DEPENDENT VARIABLE AB IN MODEL 1 ALL OBSERVATIONS HAVE 1 OR MORE MISSING VALUES.

ONDER=2

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

NOTE: SLENTY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE DA ENTERED R SQUARE = 0.35179134  
C(P) = 2.00000000

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	22.31362216	22.31362216	14.11	0.0009
ERROR	26	41.11494927	1.58134420		
TOTAL	27	63.42857143			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-1.55859924				
DA	0.14625033	0.03893364	22.31362216	14.11	0.0009

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	DA		1	0.3518	0.3518	2.00000

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	DA		14.1105	0.0009

ONDER=3

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

NOTE: SLENTY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

NO VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

Tabel 8. Regressie op AB met dA per onderzoek.

- |                                 |                                 |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Leung et al (1982)           | 5. Schmidt et al. (1975)        |
| 2. Fayon et al. (1975)          | 6. Walfisch et al. (1979)(ong.) |
| 3. Kallieris et al. (1982a + b) | 7. Idem (kadavers)              |
| 4. Ramet & Cesari (1979)        |                                 |

ORDER=4

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE DA ENTERED R SQUARE = 0.78572978  
C(P) = 2.00000000

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	18.85751480	18.85751480	36.67	0.0001
ERROR	10	5.14248520	0.51424852		
TOTAL	11	24.00000000			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-2.20335989				
DA	0.24176301	0.03992401	18.85751480	36.67	0.0001

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	DA		1	0.7857	0.7857	2.00000

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	DA		36.6700	0.0001

ORDER=5

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

WARNING: 1 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

NO VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

ORDER=6

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

WARNING: 6 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

NO VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

Tabel 8.

ORDER=7

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

NOTE: SLENTY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE DA-ENTERED.. R SQUARE.= 0.45611657  
C(P) = 2.00000000

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	21.97652563	21.97652563	7.55	0.0226
ERROR	9	26.20529255	2.91169917		
TOTAL	10	48.18181818			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-5.06843939				
DA	0.35193155	0.12810083	21.97652563	7.55	0.0226

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1. 1

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	DA		1	0.4561	0.4561	2.00000

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	DA		7.5477	0.0226

Tabel 8.

AB	ABPRED						TOTAL
FREQUENCY							
PERCENT							
ROW PCT							
COL PCT	-1	0	1	2	3	4	
0	3	29	11	11	1	0	55
	2.78	26.85	10.19	10.19	0.93	0.00	50.93
	5.45	52.73	20.00	20.00	1.82	0.00	
	100.00	82.86	68.75	22.45	25.00	0.00	
1	0	0	0	11	0	0	11
	0.00	0.00	0.00	10.19	0.00	0.00	10.19
	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	22.45	0.00	0.00	
2	0	0	0	3	0	0	3
	0.00	0.00	0.00	2.78	0.00	0.00	2.78
	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	6.12	0.00	0.00	
3	0	0	2	13	1	0	16
	0.00	0.00	1.85	12.04	0.93	0.00	14.81
	0.00	0.00	12.50	81.25	6.25	0.00	
	0.00	0.00	12.50	26.53	25.00	0.00	
4	0	6	3	8	1	1	19
	0.00	5.56	2.78	7.41	0.93	0.93	17.59
	0.00	31.58	15.79	42.11	5.26	5.26	
	0.00	17.14	18.75	16.33	25.00	100.00	
5	0	0	0	3	1	0	4
	0.00	0.00	0.00	2.78	0.93	0.00	3.70
	0.00	0.00	0.00	75.00	25.00	0.00	
	0.00	0.00	0.00	6.12	25.00	0.00	
TOTAL	3	35	16	49	4	1	108
	2.78	32.41	14.81	45.37	3.70	0.93	100.00

FREQUENCY MISSING = 12

Tabel 9. Relatie tussen AB (gemeten AIS) en ABPRED (voorspelde AIS).

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

WARNING: 12 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE ABPRED ENTERED R SQUARE = 0.19291316  
C(P) = 2.00000000

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	63.85247050	63.85247050	25.34	0.0001
ERROR	106	267.13827024	2.52017236		
TOTAL	107	330.99074074			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	0.62445896				
ABPRED	0.73668057	0.14635430	63.85247050	25.34	0.0001

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	ABPRED		1	0.1929	0.1929	2.00000

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	ABPRED		25.3365	0.0001

Tabel 10. Regressie op ABPRED met da

STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

WARNING: 1 OBSERVATIONS DELETED DUE TO MISSING VALUES.

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE DA ENTERED R SQUARE = 0.04233892  
C(P) = -0.26940170

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	5.73318775	5.73318775	2.17	0.1475
ERROR	49	129.67857695	2.64650157		
TOTAL	50	135.41176471			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-1.60234237				
DA	0.18105925	0.12301518	5.73318775	2.17	0.1475

BOUNDS ON CONDITION NUMBER: 1, 1

NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.

SUMMARY OF STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE AB

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	NUMBER IN	PARTIAL R**2	MODEL R**2	C(P)
1	DA		1	0.0423	0.0423	-0.26940

STEP	VARIABLE ENTERED	VARIABLE REMOVED	F	PROB>F
1	DA		2.1663	0.1475

Tabel 11. Regressie op dA met AB voor dA > 19 g.

AB	SUB		TOTAL
FREQUENCY			
PERCENT			
ROW PCT	1	2	
COL PCT			
0	25	18	43
	33.78	24.32	58.11
	58.14	41.86	
	75.76	43.90	
1	0	1	1
	0.00	1.35	1.35
	0.00	100.00	
	0.00	2.44	
2	0	0	0
	0.00	0.00	0.00
	0.00	0.00	
	0.00	0.00	
3	4	3	7
	5.41	4.05	9.46
	57.14	42.86	
	12.12	7.32	
4	4	17	21
	5.41	22.97	28.38
	19.05	80.95	
	12.12	41.46	
5	0	2	2
	0.00	2.70	2.70
	0.00	100.00	
	0.00	4.88	
TOTAL	33	41	74
	44.59	55.41	100.00

FREQUENCY MISSING = 46

STATISTICS FOR TABLE OF AB BY SUB

STATISTIC	DF	VALUE	PROB
CHI-SQUARE	4	11.601	0.021
LIKELIHOOD RATIO CHI-SQUARE	4	13.242	0.010
MANTEL-HAENSZEL CHI-SQUARE	1	8.961	0.003
PHI		0.396	
CONTINGENCY COEFFICIENT		0.368	
CRAMER'S V		0.396	

EFFECTIVE SAMPLE SIZE = 74

FREQUENCY MISSING = 46

WARNING: 38% OF THE DATA ARE MISSING.

WARNING: 60% OF THE CELLS HAVE EXPECTED COUNTS LESS THAN 5. CHI-SQUARE MAY NOT BE A VALID TEST.

Tabel 12. Relatie tussen AB en submarining.

ABKORT	SUB		TOTAL
	1	2	
FREQUENCY			
PERCENT			
ROW PCT			
COL PCT			
0	25	18	43
	33.78	24.32	58.11
	58.14	41.86	
	75.76	43.90	
1	8	23	31
	10.81	31.08	41.89
	25.81	74.19	
	24.24	56.10	
TOTAL	33	41	74
	44.59	55.41	100.00

FREQUENCY MISSING = 46

STATISTICS FOR TABLE OF ABKORT BY SUB

STATISTIC	DF	VALUE	PROB
CHI-SQUARE	1	7.622	0.006
LIKELIHOOD RATIO CHI-SQUARE	1	7.850	0.005
CONTINUITY ADJ. CHI-SQUARE	1	6.369	0.012
MANTEL-HAENSZEL CHI-SQUARE	1	7.519	0.006
FISHER'S EXACT TEST (1-TAIL)			0.005
(2-TAIL)			0.009
PHI		0.321	
CONTINGENCY COEFFICIENT		0.306	
CRAMER'S V		0.321	

EFFECTIVE SAMPLE SIZE = 74

FREQUENCY MISSING = 46

WARNING: 38% OF THE DATA ARE MISSING.

Tabel 13. Relatie tussen ABKORT (wel of niet gewond) en submarining.



---

 PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

63 OBSERVATIONS  
 2 VARIABLES  
 1 PARTIAL VARIABLES

## SIMPLE STATISTICS

	SUB	ABKORT	DA
MEAN	1.47619	0.333333	14.5873
ST DEV	0.50344	0.475191	5.6390

## PARTIAL CORRELATIONS

	SUB	ABKORT
SUB	1.0000	0.2388
ABKORT	0.2388	1.0000

	EIGENVALUE	DIFFERENCE	PROPORTION	CUMULATIVE
PRIN1	1.23881	0.477620	0.619405	0.61941
PRIN2	0.76119	.	0.380595	1.00000

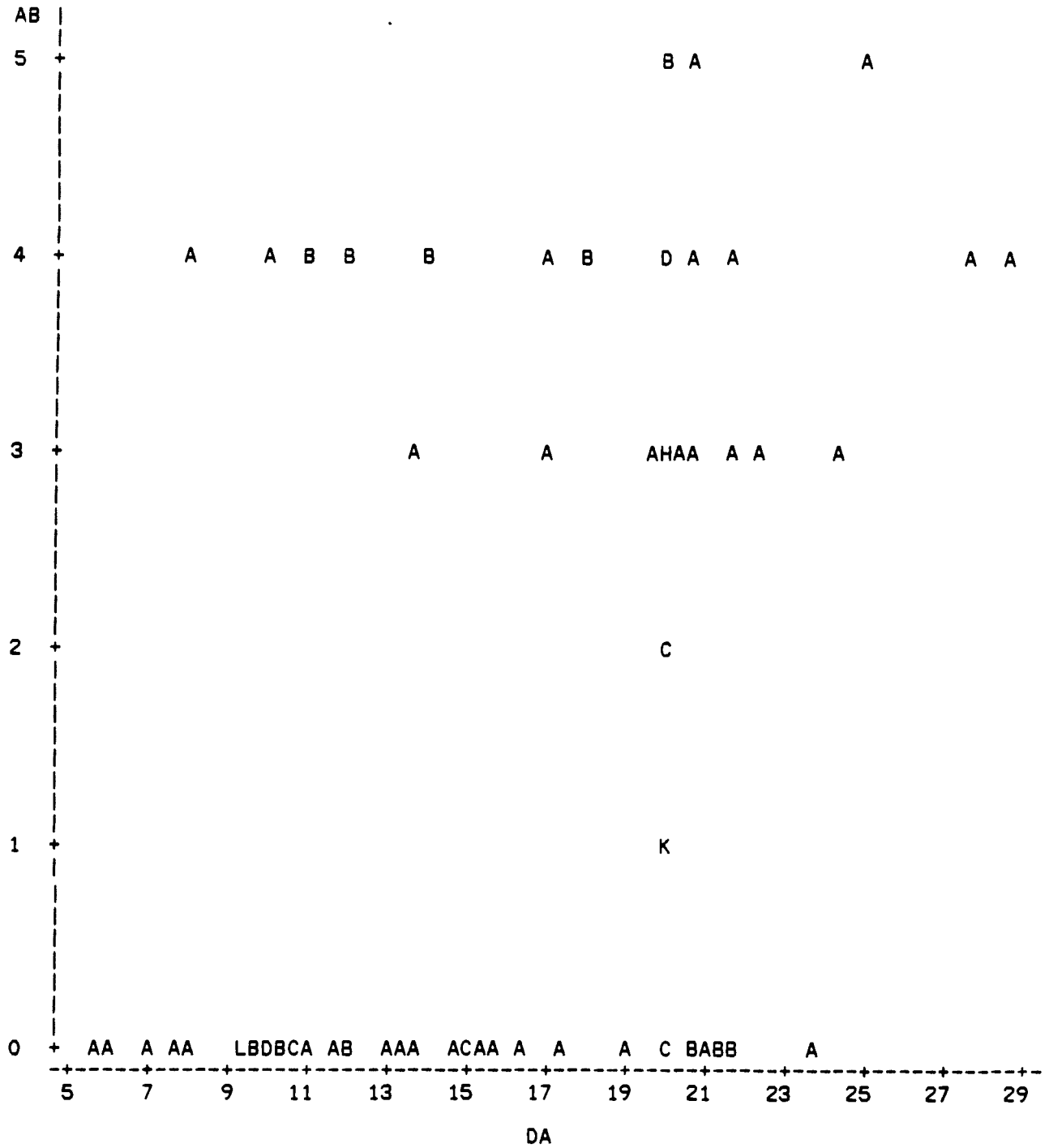
## EIGENVECTORS

	PRIN1	PRIN2
SUB	0.707107	-.707107
ABKORT	0.707107	0.707107

---

Tabel 14. Correlatie tussen ABKORT (wel of niet gewond) en submarining met dA uitgepartialiseerd.

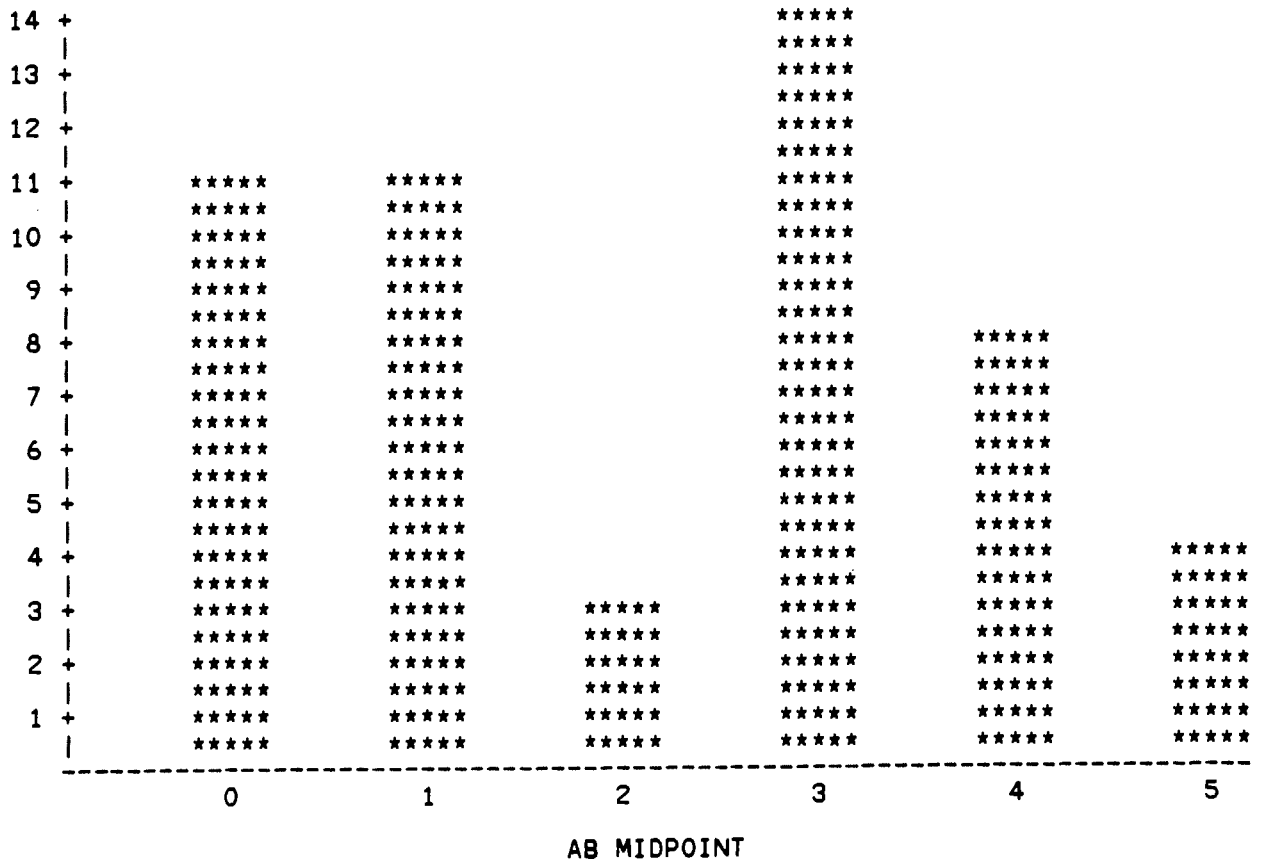
PLOT OF AB\*DA      LEGEND: A = 1 OBS, B = 2 OBS, ETC.



NOTE: 12 OBS HAD MISSING VALUES

Afbeelding 1. Relatie tussen AB en dA.

FREQUENCY BAR CHART  
FREQUENCY



Afbeelding 2. Verdeling AB voor  $dA > 19$  g.



IV. EXTREMITETEN EN BENIG BEKKEN

APPENDIX IVA. LATERAAL BEKKENLETSEL

APPENDIX IVB. DIJBEENBOTBREUK BIJ AXIALE BELASTING



#### IV. EXTREMITETEN EN BENIG BEKKEN

##### A. LATERAAL BEKKENLETSEL

###### 1. Bronnen

Nusholtz et al. (1982) belastten in zittende positie vrij hangend kadavers met behulp van een impactor gericht op het heupgewricht. De kadavers waren voorzien van een acceleratiemeter op de pelvis (rugzijde), de impactor was voorzien van een load-cell en een snelheidsmeter. Letseldetectie vond plaats middels röntgenopnamen. Per kadaver heeft één impact plaatsgevonden, een aantal kadavers was echter ook gebruikt bij axiale femurimpacts.

In het onderzoek van Cesari & Ramet (1982) werden op een stoel gezeten, verse kadavers met een op de heup gerichte impactor belast. De impactsnelheid werd stapsgewijs (5 km/u) verhoogd tot dat breuk optrad. Constatering hiervan vond plaats met behulp van röntgenopnamen. Er zijn zowel impactors met als zonder padding gebruikt. De impactors waren voorzien van een load-cell en een acceleratiemeter.

###### 2. Beschouwing

In beide onderzoeken wordt een redelijke mate van overeenkomst geconstateerd tussen de experimenteel verkregen en de in het veld geconstateerde letsels. In de praktijk zijn de fractures vaak bilateraal, in de experimenten meestal unilateraal.

De hogere leeftijd van de kadavers is vermoedelijk debet aan het optreden van fractures van de femurschacht. Deze komen echter in de praktijk minder voor. Ook sacro-iliac disjuncties komen bij de laboratoriumproeven vaker voor dan in het veld. Bij beide onderzoeken is geconstateerd dat het aanbrengen van padding de letselernst reduceert. Uit methodologisch oogpunt is het ongewenst om naast de variatie die nu eenmaal inherent is aan het materiaal, ook nog eens verschillende soorten padding en impactormassa's te gebruiken.

In STAPP 27 (1983) is een aantal onderzoeken beschreven met betrekking tot laterale impacts. De documentatie levert helaas geen bruikbare gegevens op (er ontbreken relevante kenmerken), maar is wel bruikbaar bij de evaluatie van deze experimenten.

Klaus & Kallieris (1983) plaatsten de kadavers in een Opel Kadett. Met een impactor werd het voertuig vervolgens in de flank getroffen. Bij een gemiddelde pelvisversnelling van 120 g werd bij één van de 15 kadavers een pelvisfractuur geconstateerd.

Cesari et al. (1983) gebruikten een VW Golf met een impact onder 60 graden. Bij één van de vier kadavers trad een pelvisfractuur op (151 g, 105 g 3 ms gemiddeld).

Saul et al. (1983) plaatsten kadavers haaks op de bewegingsrichting van een slede. Als 'opvang' diende een muur. Op basis van de maximum kracht uitgeoefend op de pelvis, alsmede het geringe aantal breuken dat daarbij optrad, concluderen zij dat het criterium van Cesari & Ramet (1982) aan de conservatieve kant is.

Cesari & Ramet bepaalden het traagheidsmoment van het bekken. Gedeeld door de afstand tussen zwaartepunt en de buitenkant van de pubic ramis correleert deze grootheid goed met de impact force.

Op grond van verschillen in bouw mag dan ook een verschil tussen mannen en vrouwen verwacht worden.

### 3. Analyse

De gegevens zijn weergegeven in Tabel 1, de verdelingen in Tabel 2. De correlatie tussen letsel (PEL) en de afzonderlijke kenmerken laat zien dat de relatie tussen letsel en geweld niet bijzonder groot is. Het meest opvallende zijn de negatieve correlaties met  $F_{max}$  en  $A_3$ , met andere woorden: hoe hoger de belasting des te geringer het letsel (Tabel 3). Dezelfde correlaties per onderzoek laten zien dat beide bronnen nogal verschillen in hun samenhang tussen letsel en kenmerken. Nu is dat niet verwonderlijk. Ten eerste zijn twee verschillende vormen van beproeving gecombineerd, nl. een enkele impact (Nusholtz) en een stapsgewijze verhoging van de belasting tot breuk optreedt (Cesari). Daarnaast zijn verschillende soorten padding gebruikt. Ondanks de genoemde stapsgewijze verhoging van de belasting komen er bij Cesari gevallen zonder letsel voor. In het verslag wordt dat niet verklaard. Gezien de hoge waarde van  $F_{max}$  zou het kunnen dat de grens van de proefstelling bereikt werd.



Een aantal selecties ligt voor de hand, nl. alleen onbeklede impactors, geen PEL = 0 bij Cesari, de combinatie van beide en dit per onderzoek en over de totale dataset.

De dataset is te klein (en de spreiding te groot) om een verantwoorde analyse te kunnen plegen.

Hooguit zijn de gemiddelde waarden voor Fmax en A3 als een indicatie te beschouwen, te meer daar met name bij Cesari een redelijke benadering van de breukgrens heeft plaatsgevonden.

Vooraf de Fmax is sterk gecorreleerd met het lichaamsgewicht. De relatie tussen Fmax en gewicht is (Tabel 4):

$$F_{\max} = 128,890 * \text{gewicht} - 392,518$$

waarbij Fmax in N en gewicht in kg en gegeven die kadavers waarbij letsel is opgetreden middels een onbeklede impactor.

#### 4. Conclusies

Gegeven de beperkte omvang van de datasets en de daarin aangebrachte spreiding ten gevolge van het toepassen van verschillende paddings, impactors etc. is een nadere analyse niet mogelijk.

Als grenswaarde voor laterale belasting van de heup kan aangehouden worden  $F_{\max} = 128,890 * \text{gewicht} - 392,518$ .

Deze relatie is vastgesteld binnen een kleine populatie van gevorderde leeftijd (gem. 68 jaar) zonder de overige antropometrische kenmerken te verdisconteren.

Nusholtz

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	PEL	Vimp	IM	Fmax	Fmax3	A3	IMP	PAD
180L095	4		63	106	178	0	5.1	56.0	10700		38		1
180L099	5		67	35	176	0	5.7	56.0	3200		50		1
180L104	6		89	66	169	2	5.8	56.0	5900		40		0
180L111	7		76	68	176	3	5.8	56.0	7600		100		0
180L116	8		76	92	174	0	5.7	56.0	7700		57		0
180L121	9		66	42	179	2	5.9	56.0	3300		110		0
180L12610			73	62	174	2	5.8	56.0	7400		135		0
180L13111			56	91	180	2	5.5	56.0	8500		135		0
180L13719			40	68	174	0	5.9	56.0	9200		48		0
182E00815			60	52	184	0	8.4	25.0	14000			190	2
182E02816			67	77	180	3	8.4	25.0	13000			190	3
182E04917			65	86	169	0	8.6	25.0	14000			206	4

Cesari

	NUM	S	LEEF	GEW	LEN	PEL	Vimp	IM	Fmax	Fmax3	A3	IMP	PAD
2	A	2	70	58	167	3	11.4	17.3	11140	8200		209	0
2	B	2	84	70	154	3	9.7	17.3	8120	6200		161	0
2	C	1	69	78	173	3	13.2	17.3	13780	12920		232	0
2	D	2	63	52	160	3	8.6	17.3	5240	4720	45	115	0
2	F	2	59	55	152	3	9.7	17.3	5610	4430	24	110	0
2	H	1	69	86	175	0	10.6	17.3	12690	10555		140	0
2	I	1	65	63	181	2	11.1	17.3	13240	8935	80	157	0
2	J	1	75	63	177	3	9.9	17.3	8270	6945	62	131	0
2	K	1	75	55	171	0	9.7	17.3	8280	6720	40	102	0
2	L	1	71	85	175	0	12.4	17.3	15550	12770	120	174	0
@ 2	M	1	68	62	165	2	6.1	17.3	4330	3780	32	79	0
2	N	1	54	86	184	3	11.4	17.3	10278	9580	72	163	0
2	O	1	70	79	160	3	11.7	17.3	6830	6670	53	151	0
2	R	1	80	82	180	2	14.1	17.3	12306	12080	95	177	0
2	S	1	79	64	164	3	12.3	17.3	7140	6890	65	143	0
2	T	2	79	44	144	3	9.6	17.3	4611	4445	33	107	0
2	V	1	61	50	162	3	7.7	17.3	5740	4880	40	75	0
2	W	1	85	68	170	2	8.3	17.3	7490	7165	56	98	0
2	X	2	54	56	162	3	14.0	17.3	7620	7220	52	172	5
2	Y	1	74	100	175	2	15.0	17.3	11130	10750	65	225	5
2	Z	1	67	58	167	3	14.4	17.3	9120	8760	79	180	5

Legenda.

NUM	Nummer	S	Geslacht
LEEF	Leeftijd	GEW	Gewicht
LEN	Lengte	PEL	AIS-pelvis
Vimp	Snelheid impactor (m/s)	IM	Impactor massa (kg)
Fmax	F maximaal (N)	Fmax3	F maximaal over 3 ms (N)
A3	Acceleratie max. 3 ms (g)	IMP	Impulse (N.s)

PAD Padding 0=geen , 1=2.5 ensolite 2=iedem + 1.3 styro.  
3= 0.5 styr. 4=2.5 enso + 2.5 styr.  
5= ...

@ = uitval.

Individuele letsels bekend , codering volgens AIS-80

Tabel 1. Data beproevingen lateraal bekkenletsels.

VARIABLE	N	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE	STD ERROR OF MEAN
OND	32	1.625000	0.491869	1.00000	2.0000	0.086951
SEX	20	1.300000	0.470162	1.00000	2.0000	0.105131
LEEFTIJD	32	68.781250	10.235089	40.00000	89.0000	1.809325
GEWICHT	32	68.656250	17.308602	35.00000	106.0000	3.059757
LENGTE	32	170.812500	9.556074	144.00000	184.0000	1.689291
PEL	32	1.906250	1.279097	0.00000	3.0000	0.226115
VIMP	32	9.418750	3.013244	5.10000	15.0000	0.532671
IM	32	28.906250	17.363773	17.30000	56.0000	3.069510
FMAX	32	9021.406250	3311.042511	3200.00000	15550.0000	585.315153
FMAX3	20	8041.750000	2693.299324	4430.00000	12920.0000	602.240037
A3	25	67.760000	31.586231	24.00000	135.0000	6.317246
IMP	23	156.869565	42.601008	75.00000	232.0000	8.882924
PAD	32	0.812500	1.654661	0.00000	5.0000	0.292506
FPRED	32	8457.790625	2231.078792	4119.50000	13271.4000	394.402736

Tabel 2. Verdelingen van de kenmerken.

	OND	SEX	LEEF TIJD	GEWICHT	LENGTE	PEL	VIMP	IM	FMAX	FMAX3	A3	IMP	PAD	FPRED
OND	1.00000	0.00000	0.17541	-0.08004	-0.43408	0.45504	0.79278	-0.87673	0.07441	0.00000	-0.27778	-0.35754	-0.04954	-0.08004
	0.0000	1.0000	0.3369	0.6632	0.0131	0.0089	0.0001	0.0001	0.6857	1.0000	0.1788	0.0939	0.7877	0.6632
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
SEX	0.00000	1.00000	-0.14756	-0.52640	-0.71601	0.40074	-0.23272	0.00000	-0.45976	-0.54180	-0.55733	-0.08545	0.03056	-0.52640
	1.0000	0.0000	0.5347	0.0171	0.0004	0.0099	0.3235	1.0000	0.0414	0.0136	0.0249	0.7202	0.8982	0.0171
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	16	16	20	20	20
LEEF TIJD	0.17541	-0.14756	1.00000	0.01650	-0.20030	0.15115	0.08894	-0.11158	-0.11665	0.06091	0.01903	-0.11145	-0.19488	0.01650
	0.3369	0.5347	0.0000	0.9286	0.2717	0.4089	0.6283	0.5432	0.5249	0.7986	0.9281	0.6127	0.2851	0.9286
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
GEWICHT	-0.08004	-0.52640	0.01650	1.00000	0.36293	-0.24191	0.11919	0.05770	0.57509	0.77283	0.22073	0.55647	0.11819	1.00000
	0.6632	0.0171	0.9286	0.0000	0.0412	0.1822	0.5159	0.7538	0.0006	0.0001	0.2890	0.0058	0.5194	0.0000
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
LENGTE	-0.43408	-0.71601	-0.20030	0.36293	1.00000	-0.41582	-0.16366	0.35194	0.47796	0.74399	0.56145	0.43469	0.03443	0.36293
	0.0131	0.0004	0.2717	0.0412	0.0000	0.0179	0.3708	0.0482	0.0057	0.0002	0.0035	0.0382	0.8516	0.0412
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
PEL	0.45504	0.40074	0.15115	-0.24191	-0.41582	1.00000	0.35032	1.00000	0.40156	0.67533	-0.03146	0.54284	0.38374	0.11919
	0.0089	0.0799	0.4089	0.1822	0.0179	0.0000	0.0493	0.0337	0.0945	0.0523	0.9453	0.6579	0.9629	0.1822
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
VIMP	0.79278	-0.23272	0.08894	0.11919	-0.16366	0.35032	1.00000	-0.81451	0.40156	0.67533	-0.03146	0.54284	0.38374	0.11919
	0.0001	0.3235	0.6283	0.5159	0.3708	0.0493	0.0000	0.0001	0.0227	0.0011	0.8813	0.0075	0.0301	0.5159
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
IM	-0.87673	0.00000	-0.11158	0.05770	0.35032	-0.37644	-0.81451	1.00000	-0.32397	0.00000	0.27778	0.35754	-0.17410	0.05770
	0.0001	1.0000	0.5432	0.7538	0.0482	0.0337	0.0001	0.0000	0.0705	1.0000	0.1788	0.0939	0.3406	0.7538
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
FMAX	0.07441	-0.45976	-0.11665	0.57509	0.47796	-0.30069	0.40156	-0.32397	1.00000	0.93616	0.34907	0.72653	0.24549	0.57509
	0.6857	0.0414	0.5249	0.0006	0.0057	0.0945	0.0227	0.0705	0.0000	0.0001	0.0872	0.0001	0.1756	0.0006
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
FMAX3	0.00000	-0.54180	0.06091	0.77283	0.74399	-0.43987	0.67533	0.00000	0.93616	1.00000	0.91476	0.73598	0.13894	0.77283
	1.0000	0.0136	0.7986	0.0001	0.0002	0.0523	0.0011	1.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0002	0.5591	0.0001
	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	16	20	20	20
A3	-0.27778	-0.55733	0.01903	0.22073	0.56145	-0.01447	-0.03146	0.27778	0.34907	0.91476	1.00000	0.64533	-0.06704	0.22073
	0.1788	0.0249	0.9281	0.2890	0.0035	0.9453	0.8813	0.1788	0.0872	0.0001	0.0000	0.0069	0.7502	0.2890
	25	16	25	25	25	25	25	25	25	16	25	16	25	25
IMP	-0.35754	-0.08545	-0.11145	0.55647	0.43469	-0.09754	0.54284	0.35754	0.72653	0.73598	0.64533	1.00000	0.50359	0.55647
	0.0939	0.7202	0.6127	0.0058	0.0382	0.6579	0.0075	0.0939	0.0001	0.0002	0.0069	0.0000	0.0143	0.0058
	23	20	23	23	23	23	23	23	23	20	16	23	23	23
PAD	-0.04954	0.03056	-0.19488	0.11819	0.03443	-0.00857	0.38374	-0.17410	0.24549	0.13894	-0.06704	0.50359	1.00000	0.11819
	0.7877	0.8982	0.2851	0.5194	0.8516	0.9629	0.0301	0.3406	0.1756	0.5591	0.7502	0.0143	0.0000	0.5194
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32
FPRED	-0.08004	-0.52640	0.01650	1.00000	0.36293	-0.24191	0.11919	0.05770	0.57509	0.77283	0.22073	0.55647	0.11819	1.00000
	0.6632	0.0171	0.9286	0.0000	0.0412	0.1822	0.5159	0.7538	0.0006	0.0001	0.2890	0.0058	0.5194	0.0000
	32	20	32	32	32	32	32	32	32	20	25	23	32	32

Tabel 3. Correlatie tussen de kenmerken.

---

 STEPWISE REGRESSION PROCEDURE FOR DEPENDENT VARIABLE FMAX

NOTE: SLENTRY AND SLSTAY HAVE BEEN SET TO .15 FOR THE STEPWISE TECHNIQUE.

STEP 1 VARIABLE GEWICHT ENTERED R SQUARE = 0.36052868 C(P) = 2.00000000

	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F	PROB>F
REGRESSION	1	55554637.09554745	55554637.09554745	9.58	0.0066
ERROR	17	98537507.85182096	5796323.99128359		
TOTAL	18	154092144.94736841			

	B VALUE	STD ERROR	TYPE II SS	F	PROB>F
INTERCEPT	-392.51816236				
GEWICHT	128.89028613	41.63287060	55554637.09554745	9.58	0.0066

---

 NO OTHER VARIABLES MET THE 0.1500 SIGNIFICANCE LEVEL FOR ENTRY INTO THE MODEL.
 

---

Tabel 4. Relatie tussen Fmax en gewicht bij onbeklede impactors en kadavers.



#### IV. EXTREMITETEN EN BENIG BEKKEN

##### B. DIJBEENBOTBREUK BIJ AXIALE BELASTING

###### 1. Inleiding

Reeds eerder is in het kader van het letselvoorspellend model gerapporteerd over femurletsel (Wismans, 1981a). De literatuurstudie naar buik- en bekkenletsel (Janssen, 1984) levert nog twee nieuwe onderzoeken op aangaande femurletsel. Reden genoeg om deze in de bestaande data te incorporeren en te analyseren.

###### 2. Data

Een overzicht van de gemeten kenmerken per onderzoek is te vinden in Tabel 1. Bij het onderzoek van Patric et al. (1965, 1967) zat het kadaver op een stoel op een slede. Afremmen van de slede doet het kadaver met knieën, borst en hoofd tegen impactors komen. Meting van de kracht vond plaats middels loadcellen op de impactors.

In Patric et al. (1967) ontbreekt ieder antropometrisch gegeven.

King et al. (1973) geven een kritische beschouwing over de data van Patric. Een aantal metingen beschouwen zij als niet relevant, waaronder een femurbreuk in het midden van de schacht, hetgeen in de klinische praktijk volgens hen nauwelijks voorkomt.

De krachtmeting van Patric kan niet registreren welke krachten via voet en onderbeen op de femur werden uitgeoefend, met andere woorden: de werkelijke breukkracht is groter dan die welke is gemeten.

Genoemd wordt het werk van McElhaney waarin op grond van proeven met stukjes femur een relatie tussen breuksterkte en pulsduur aangetoond werd.

In het onderzoek van Powell et al. (1975) zijn tevens de data van Powell et al. (1974) opgenomen. Het kadaver zat op een stoel met enige ruimte tussen de achterkant van het onderbeen en de voorkant van de stoel. Na een lichte statische belasting ter controle van de proefstelling (o.a. op axialiteit) werd middels stapsgewijze verhoging van de valhoogte de breuksterkte bepaald, tenzij voor die tijd de maximum valhoogte reeds bereikt werd.

Voor de kracht- en versnellingsmetingen zijn opnemers op de impactor geplaatst. Er zijn zowel impactors met als zonder padding gebruikt. Bij de gebruikte padding (styrofoam) lijkt er een lineaire relatie te bestaan tussen dikte van de padding en maximum kracht, resp. stijgtijd, waardoor variaties in padding geen invloed hebben op de (hoeveelheid) impuls. Het aandeel patellafracturen is groot, mogelijkkerwijs veroorzaakt door de onbektele impactor.

Bij Melvin et al. (1975) wordt de knie van een op een stoel gezeten kadaver geraakt door een pneumatisch aangedreven impactor. Tussen kadaver en stoel bevinden zich twee laagjes folie ter reducering van de frictie. De impactor is voorzien van een load-cell en een acceleratiemeter. Naast belastingen in A-P richting ook belastingen onder kleine hoeken. Geconstateerd wordt dat (breuk)kracht alleen niet voldoet als predictor, maar gezien moet worden in relatie tot de pulsduur.

Verse kadavers blijken sterker dan gebalsemde.

De beproevingsmethode van Kroell et al. (1976) is identiek aan die van Patric. Aangezien hun doelstelling was het vergelijken van de uitkomsten van proeven met kadavers en dummies, is niet gestreefd naar een breukgrensbepaling. Er zijn dan ook geen femurfracturen opgetreden.

De methodiek van Stalnaker et al. (1977) is identiek aan die van Melvin et al. (1975). Ten behoeve van het observeren van de kinematica werd al het weefsel rond het bovenbeen verwijderd.

Op basis van bestaand materiaal is door Viano (1977) een "Femur Injury Criterium" (FIC) ontwikkeld. In het gebied van 0 tot 20 ms is de toelaatbare belasting afhankelijk van de pulsduur, daarna is het een constante gebaseerd op statische beproevingen (Carothers et al., 1949: n = 5). De primaire pulsduur (PPD) is gedefiniëerd als de benadering van het piekvormige krachtverloop met behulp van een sinus. Dit criterium geeft de grens aan waaronder 65 tot 84% van de femora niet zal breken.

Helaas ontbreekt het aan differentiatie naar antropometrische kenmerken en is de steekproef waarop de statische belasting gebaseerd is wel erg klein.

Bij Viano et al. (1978) is een op een stoel gezeten kadaver beproefd met behulp van een impactor met relatief hoge massa voorzien van een load-cell en



een acceleratiemeter. Per been vond slechts één impact plaats gevolgd door röntgenopnamen en necropsie. Bij de necropsie werd opvallend veel letsel aan het bindweefsel geconstateerd, alsmede tibiaplateaufracturen.

Naast het uitvoeren van een epidemiologische studie werden door Brun-Cassan et al. (1982) 10 kadavers beproefd. Hiertoe werd een op een slede gemonteerde Renault 18-body gebruikt met impactors in het front voorzien van meetapparatuur.

Vrij opgehangen kadavers werden door Nusholtz et al. (1982) met een pneumatische impactor beproefd. De acceleratiemeter bevond zich op de pelvis (rugzijde).

De studie van Wismans (1981) noemt een aantal beproevingen uitgevoerd op losse femora.

Mather (1968) beproefde 88 verse femora op buiging. De statische beproeving gaf een gemiddelde breukenergie van 29 Nm met een st.div. van 10. Voor de dynamische beproeving zijn dat 43, resp. 19 Nm. Mather vond weinig relatie tussen leeftijd en de op deze wijze bepaalde breukenergie.

Martin & Atkinson (1977) bepaalden van een aantal femora het traagheidsmoment (buiging). Met behulp van buigsterkstegegevens ontleent aan Yamada werd vervolgens de breukkracht berekend. Bij mannen boven de 20 jaar blijft deze grootte redelijk constant, bij vrouwen is er een afname met de toename van de leeftijd.

Zowel Roberts & Pathak (1977) als Martens et al. (1980) voerden dynamische beproevingen op torsie uit (Tabel 2). Het blijkt dat naar leeftijd de beide sets weinig verschillen. Naar breukmoment zijn de verschillen behoorlijk. Een mogelijk verschil in pulsduur kan daar debet aan zijn.

De correlaties tussen breukmoment en leeftijd zijn zowel bij mannen als bij vrouwen in beide sets van gelijke gerichtheid en magnitude, maar alleen bij Martens et al. voor mannen significant. Bij torsiebelasting is er dus een tendens tot afname van de sterkte met toename van de leeftijd, terwijl de breuksterkte bij mannen hoger ligt dan bij vrouwen.

Cooke & Nagel (1969) onderzochten losse knieën. Hun conclusie is: impacts met hoge snelheid en geringe energie veroorzaken patellaletsels, impacts met lage snelheid en grote energie veroorzaken dieper letsel.

### 3. Discussie

Centraal staat het breukgrensprobleem. Ook hier zijn de twee verschillende opvattingen terug te vinden.

Ten eerste: Het stapsgewijs verhogen van de belasting (tot breuk) met als gevolg weefselbeschadiging en het risico van niet gedetecteerde botbeschadigingen die de resultaten van een volgende meting kunnen beïnvloeden. Langs deze weg komt men tot een (ruwe) benadering van de grenswaarde.

Ten tweede: Eén en niet meer dan één impact op een bepaalde locatie. Via deze methode wordt de eventuele invloed van eerdere beproevingen vermeden. Men heeft er echter geen zicht op in hoeverre de opgelegde belasting van de grenswaarde verwijderd is.

Bij dergelijke onderzoeken kan men, uitgaande van symmetrie en reproduceerbaarheid, via een beproeving van het andere been de schatting bijstellen.

Een additioneel probleem vormt soms de proefopstelling die in een aantal gevallen te beperkt bleek om een breukbelasting te kunnen opwekken.

Een tweede probleem is nog de vraag welke kenmerken relevant zijn bij de voorspelling van de breuksterkte.

Voor zover onderzoekers aandacht aan dit effect besteed hebben lijkt het onderscheid man en vrouw relevant.

Over de invloed van de leeftijd in relatie tot de breuksterkte van de femur bestaat geen eenduidigheid.

Op grond van berekeningen (traagheidsmoment, buigspanning) komen Martin & Atkinson (1977) tot de conclusie dat bij mannen na het twintigste levensjaar het toelaatbare buigmoment redelijk constant blijft, terwijl het bij vrouwen afneemt met het toenemen van de leeftijd. Mather vond geen significante relatie tussen leeftijd en breukenergie.

Zowel de torsieproeven van Roberts & Pathak (1977) als die van Martens et al. (1980) geven een (meestal niet significante) correlatie tussen leeftijd en torsiemoment. Enige invloed van de leeftijd mag verwacht worden. Gezien de hoge gemiddelde leeftijd en de relatief geringe spreiding in de ter beschikking staande data zal de invloed van de leeftijd gering zijn.

Een aan leeftijd gerelateerd effect als osteoporose heeft uiteraard wel een duidelijke invloed. Voorzover er indicaties zijn dat de botstructuur abnormaal is dienen deze cases niet meegenomen te worden. Er zijn aanwijzingen dat ook het balsemen van invloed is op de breuksterkte. Indien dit het geval is, is een beperking tot verse kadavers noodzakelijk.

Gewicht en lengte zullen beschouwd worden als globale indicatoren voor de constitutie.

Variaties in weefseldikte zijn te zien als variaties in paddingdikte.

Bij geweldskenmerken wordt in het algemeen de voorkeur gegeven aan belasting-criteria boven energiecriteriën.

De maximale kracht ( $F_{max}$ ) is de meest cruciale grootte. Uit onderzoek van o.a. McElhaney (op stukjes gebalsemde femora) blijkt dat bij compressie met constante snelheid de maximum toelaatbare drukkracht afhankelijk is van de compressiesnelheid. Aangezien bij een axiale belasting van een "compleet" bovenbeen ook effecten optreden als compressie van (eventuele) padding, weefsel en kniegewricht, buiging van de femur en verplaatsing van dit gehele systeem van gekoppelde massa's met bijbehorende inertiaerschijnselen, kan gesteld worden dat pulsduur een tweede relevante grootte is. Als maat voor de pulsduur lijkt de totale duur geschikt. Vandaar dat de "primary pulse duration" (PPD) gebruikt zal worden. Dit is de duur van de primaire puls gedefiniëerd door Viano et al. (1978) als een benadering met behulp van een sinus van de piek in het krachtsverloop. Aangezien de PPD-waarden voor de meeste onderzoeken aan Viano ontleent zijn is de definitie vrij eenduidig. Uitzonderingen vormen Melvin et al. (1975) en Brun-Cassan et al. (1982). Voor zover als na te gaan is lijken hun waarden vergelijkbaar gedefiniëerd. Met  $F_{max}$  en PPD en gegeven de redelijke symmetrie van stijgend en dalend gedeelte van de puls, is met deze twee grootheden de vorm van de puls redelijk bepaald, waarmee tevens effecten van paddingdikte, impactsnelheid, impactor-massa e.d. verdisconteerd zijn. Paddingdikte sec heeft met name invloed op patellafracturen. Ook impacts met hoge snelheid en geringe energie zouden meer patellaletsels veroorzaken.

Volgens King et al. (1973) komen breuken in het midden van de femur in de klinische praktijk niet voor. Het feit dat dit breuktype in diverse onderzoeken wel vaak voorkomen kan een indicatie zijn dat kadavers niet volledig representatief zijn voor levend organisme. Helaas ontbreekt het aan materiaal om King's observatie goed te kunnen verifiëren. In de epidemiologische studie van Brun-Cassan et al. worden schachtbreuken (zonder nadere plaatsaanduiding) genoemd. Vooralsnog lijkt het niet wenselijk dit type fractuur uit te sluiten.

Een apart probleem vormen de door Viano et al. geconstateerde letsels aan het kniegewricht (bindweefsel). Alleen al door het ontbreken van een necropsie is in andere onderzoeken geen informatie over dit letsel aanwezig. Dit letsel

lijkt gerelateerd aan de hoek tussen boven- en onderbeen. Viano et al. gebruikten een wat kleinere hoek waardoor de tibia als eerste geraakt werd met als gevolg een zware belasting van het bindweefsel.

Dit geeft aan dat alleen al de 'houding' van het kadaver van invloed kan zijn op de resultaten. Ook anderszins kan de proefopstelling van invloed zijn. Bij de beproevingen met een pendulum of een pneumatische impactor mag verwacht worden dat de load-cell de werkelijke krachten registreert. Bij sledeproeven als die van Patric is dat duidelijk niet het geval.

Ook blijkt de reproduceerbaarheid vaak een vrij brede marge te hebben.

#### 4. Selectie

Op grond van bovenstaande overwegingen ziet de eerste selectie er als volgt uit:

Patric: kadaver 1 weglaten (breuk op plaats van een schroef);

Powell: bruikbaar voor zover lichaamsgewicht niet relevant is;

Melvin: gevallen van osteoporose weglaten;

Kroell: alleen de drie voldoende gedocumenteerde cases gebruiken;

Stalnaker: kadavers met A(bnormaal) weglaten;

Viano: integraal, met uitzondering van 20901/1 (PPD is onbekend);

Brun-Cassan: integraal;

Nusholtz: niet bruikbaar (geslacht ontbreekt, krachten merendeel ver beneden breukgrens).

In Tabel 3 staat de complete dataset. Deze selectie resulteert in 87 van de 129 cases. De verdeling van de kenmerken en de correlatiematrix zijn gegeven in Tabel 4.

Uitgaande van de links-rechts symmetrie is bij alle kadavers die zowel links als rechts beproefd zijn de volgende selectie gemaakt:

- als geen femurbreuk: de meting met de hoogste Fmax als de pulsduur gelijk is of boven de 20 ms;
- als wel femurbreuk: de meting met de laagste Fmax als de pulsduur gelijk is of boven de 20 ms;
- breuk of geen breuk: beide.

In Tabel 3 zijn de metingen die volgens deze criteria zijn weggelaten aangegeven met een #. Van de 87 cases blijven er nog 56 over, waarvan de verdeling van de kenmerken en de correlatiematrix zijn gegeven in Tabel 5.

Uit Afbeelding 1 blijkt dat gebalsemde kadavers vaker met hoge PPD beproefd zijn, lagere Fmax te hebben. Dit laatste is in overeenstemming met wat uit de literatuur bekend is. PREP is dan ook significant gecorreleerd met zowel Fmax als PPD (Tabel 4). Een selectie op verse kadavers is dan ook geboden. Dit resulteert in een bestand van 36 cases. (Zie verder Tabel 6).

Uit Tabel 5 blijkt dat door deze selecties de correlaties tussen Fmax en PPD verbetert, terwijl de st.dev. vrij constant blijft.

## 5. Analyse

Door de uitgevoerde selectie is een relatief zuiver bestand gevormd. In Afbeelding 2 is de relatie tussen Fmax en PPD weergegeven met in de plot de wel of niet-femurbreukcode.

Uit deze afbeelding (en uit de correlatiematrix in Tabel 6 blijkt dat de verdeling over PPD vrij scheef is (meer breuken bij lage PPD) en redelijk gelijkmatig verdeeld over Fmax. Dit laatste is een gevolg van de grenswaardenadering.

Voorstelbaar is een verdeling van de belasting in drie zones nl. één van 0 tot een zekere waarde waarbij geen letsel optreedt, één vanaf een (andere) zekere waarde waarbij altijd breuk optreedt en een middengebied daartussen waarin met het stijgen van de belasting het aantal breuken gemiddeld toeneemt.

Gezien de data wordt de breuksterkte gekenmerkt door een grote mate aan variabiliteit.

Het heeft dan ook weinig zin om femurbreuk als criterium te hanteren, daar de uitkomst zal zijn dat Fmax er vrij weinig invloed op heeft en dat in bepaalde onderzoeken meer breuken zijn opgetreden dan in andere en dat bij deze onderzoeken een korte PPD gekozen werd. De aanname voor de analyse zal zijn dat ongeacht het wel of niet optreden van breuk, Fmax een redelijke maat voor de grenswaarde vormt.

Uitgaande van de metingen aan verse kadavers is een aantal nadere selecties denkbaar.

Een selectie op Man elimineert verschillen ten gevolge van geslacht. Een selectie op  $PPD < 21$  ms elimineert die waarnemingen die volgens Viano zich vergelijkbaar aan een statische belasting gedragen.

Een combinatie van Man en  $PPD < 21$  ms zou dan in principe het meest zuivere beeld opleveren.

In Tabel 8 zijn een aantal uitkomsten van deze selecties weergegeven.

De volledige resultaten van deze selecties zijn gegeven in de Tabellen 6 en 7.

Alhoewel de hellingshoeken en constanten verschillen vertonen zijn deze verschillen gezien de st.dev. niet zo relevant. Verdere analyse zal zich dan ook beperken tot de totale set.

In Tabel 9 zijn enige resultaten van de regressie op Fmax met "stepwise inclusion" weergegeven. Wederom blijkt de importantie van de pulsduur. Gewicht en lengte geven een redelijke verbetering. De toevoeging van leeftijd en geslacht is weinig relevant.

De regressielijn op Fmax met deze drie kenmerken ziet er als volgt uit:

$$F_{\max} = - 0,35 * PPD + 0,16 * \text{gewicht} + 0,14 * \text{lengte} - 18,09 \quad (\text{Tabel 10}).$$

Wegens onbekenden in lengte en gewicht is dit gebaseerd op 27 cases. De volledige output is te vinden in Tabel 11.

In Afbeelding 3 is deze regressielijn ingetekend. Voor gewicht en lengte zijn daarbij de gemiddelden gekozen.

Met deze drie kenmerken blijkt een redelijke predictie van Fmax mogelijk. Uiteraard is er geen specifieke reden om een lineaire techniek te gebruiken, sterker, bij biologisch materiaal pleit er veel voor om juist geen lineaire functies te hanteren. De vraag welke soort kromme dan wenselijk is, is helaas minder eenvoudig te beantwoorden.

Aangezien de consequentie van een rechte lijn is dat bij een bepaalde pulsduur de toelaatbare belasting gelijk nul is, lijkt een functie asymptotisch met de beide assen (plus een constante) de meest realistische. Een alternatief is een interval van bijv.  $3 \text{ ms} < PPD < 20 \text{ ms}$ .

De leeftijd blijkt van weinig invloed. Naast de aanwijzingen uit de literatuur dat bij femora van mannen (die in de dataset oververtegenwoordigd zijn) vrijwel geen leeftijdeffect te constateren valt, zal ook de beperking tot een vrij homogene groep (gemiddeld 63 jaar met st.dev. 11) hier mede debet aan zijn.

Geslacht heeft eveneens vrijwel geen predictieve waarde. Uit Tabel 12 blijkt dat in de verdeling over leeftijd, gewicht, lengte, Fmax en PPD weinig verschillen tussen mannen en vrouwen zijn.

Uit de kruistabel blijkt dat bij de vrouwen in meerderheid de femora gebroken zijn, bij mannen echter in minderheid.

Dit impliceert dat bij de vrouwen Fmax in meerderheid boven de grenswaarde

ligt en bij mannen daaronder, met name het effect van geslachtverschillen is hierdoor gecamoufleerd.

## 6. Conclusies

De beschikbare data omtrent experimenteel veroorzaakte femurbreuken vertoont een grote spreiding. Deze is deels natuurlijk, deels kunstmatig. Het 'natuurlijke' gedeelte is gelegen in het feit dat mensen verschillen in lichaamsbouw en daarmee in bestendigheid tegen mechanische belasting. Alleen al de grote verschillen in vorm van de doorsnede van de femur (Martin, 1977) spreekt wat dat betreft boekdelen. Gegeven de doelstellingen van het letselvoorspellend model wordt deze interindividuele variatie geacht gerepresenteerd te worden door globale persoonskenmerken (geslacht, leeftijd, gewicht, lengte).

Inherent aan het kadaveronderzoek is een populatie gekenmerkt door hoge gemiddelde leeftijd en een terminale ziekte. Verwacht mag worden dat dit van invloed is op de weerstand tegen mechanische belasting. Typische ouderdomsverschijnselen als osteoporose resulteren in conservatieve schattingen. In bovenstaande analyse zijn, voor zover bekend, deze gevallen niet meegenomen. Op zich is dit onjuist, aangezien deze verschijnselen kenmerkend zijn voor het oudere segment van de populatie, echter extrapolatie naar de totale populatie (bijv. verkeersdeelnemers) wordt zeer problematisch wanneer ook typische ouderdomsverschijnselen in de analyse doorwerken.

Het 'kunstmatige' wordt veroorzaakt door het experimentele protocol. Het is evident dat de toelaatbare axiale belasting van de femur niet los gezien mag worden van de primaire pulsduur over een interval bij benadering van  $0 < \text{PPD} < 20 \text{ ms}$ .

Ook het prepareren van het kadaver is van invloed. Aangezien balseming een (negatieve) invloed op de botsterkte heeft, dienen dergelijke onderzoeken zich te beperken tot experimenten met verse kadavers.

De bepaling van de toelaatbare belasting is een belangrijke bron van spreiding. In meerderheid kozen de onderzoekers voor één impact per femur. De consequentie is dat men in onbekende mate onder of boven de toelaatbare belasting is uitgekomen. Aangezien meestal zowel het linker- als het rechterbeen beproefd is, is uitgaande van symmetrie en reproduceerbaarheid, die meting verkozen die de minst onnauwkeurige benadering van de toelaatbare belasting is. Een probleem apart vormt de proefopstelling die in een aantal gevallen te beperkt bleek te om een afdoend grote belasting op te leggen. Binnen het ter beschikking staande materiaal zijn vrouwen sterk onderverte-

genwoordigd. Voorzover het kleine aantal toch conclusies toelaat, kan gesteld worden dat bij vrouwelijke kadavers in grote meerderheid de toelaatbare belasting overschat is, terwijl bij mannen het tegenovergestelde het geval is. Dit wordt als verklaring gezien voor het ontbreken van enige invloed van verschillen in geslacht op de toelaatbare belasting binnen deze dataset. De invloed van leeftijd is eveneens verwaarloosbaar. Dit kan verklaard worden uit de eenzijdige samenstelling van de populatie (oudere mannen), maar is ook in overeenstemming met de constatering van diverse onderzoekers dat de breuksterkte van femora bij mannen over een ruim leeftijdsgebied constant is.

Met opzet is gekozen voor het vaststellen van een breukgrens ( $F_{max}$ ) in plaats van een predictie van wel of niet femurbreuk. Gegeven de rond de breukgrens liggende belasting zal een predictie van de laatste opleveren dat er geen relatie is tussen het optreden van breuk en maximum kracht en de relatie tot primaire pulsduur bepaald wordt door het gegeven dat in onderzoeken met korte pulsduur (toevallig) meer breuken zijn opgetreden.

Patellaletsels zijn niet nader onderzocht. Er zijn duidelijke aanwijzingen dat patellabreuken gerelateerd zijn aan de mate van padding op de impactor. Aangezien de hoek tussen onder- en bovenbeen in de grootst mogelijke meerderheid der onderzoeken dezelfde is (90 of 110 graden, afhankelijk van of men naar de voorkant van de knie of naar het onderbeen kijkt), is geen nadere uitspraak over de invloed hiervan te doen.

De proeven van Viano (onderbeen onder 90 graden) waarbij de tibia geraakt werd, laat zien dat een dergelijke kleine wijziging in opstelling tot additionele letsels kan leiden, in het bijzonder tibiaplateafracturen en aan het bindweefsel van het kniegewricht.

De lineaire combinatie van PPD, gewicht en lengte resulteert in een correlatie met  $F_{max}$  van 0,7 ( $R^2 = 0,5$ ) met een st.dev. van 4,53. Met een eenvoudige combinatie van betrekkelijk weinig kenmerken is dus een acceptabel resultaat te bereiken.

Deze relatie is vastgesteld binnen een populatie van 27 cases, in meerderheid bestaande uit oudere mannen bij een primaire pulsduur voornamelijk tussen de 3 en 20 ms. Het is niet raadzaam de regressielijn buiten dit laatste interval te gebruiken.



	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Anthropometrie</b>								
Sex	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	-
Leeftijd	Y	Y	Y	-	Y	Y	Y	Y
Gewicht	Y	-	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Lengte	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Preparaat	B	B/V	V	B	V	V	V	V
Aantal metingen	20	15	16	8	13	8	19	30
Grenswaarde	S?	S	ES	E	E	E	E	E
<b>Belasting</b>								
Fmax	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Pulse	Y	-	-	-	-	-	Y	Y
Pulseduur	1)	1)	Y	1)	Y	Y	Y	Y
Beproeving	S	I	I	S	I	I	S	P

**Legenda.**

Preparaat - V=vers , B=balseming  
 Grenswaarde - S = Stapsgewijs , E = enkele impact.  
 Beproeving - S=slede , I=impactor

1) Niet bekend , komen wel voor in Viano 77

**Tabel 1. Overzicht van de gemeten kenmerken per onderzoek.**

1. Patric et al. (1965)	5. Stalnaker et al. (1977)
2. Powell et al. (1975)	6. Viano (1977)
3. Melvin et al. (1975)	7. Brun-Cassan et al. (1982)
4. Kroell et al. (1976)	8. Nusholtz et al. (1982)

	Leeftijd		Moment (Nm)		Correlatie	
	Aantal man	Aantal vrouw	Aantal man	Aantal vrouw	Significantie man	Significantie vrouw
Roberts	58.1 16	58.8 19	154.8 16	118.4 19	-0.25 0.17	-0.12 0.31
Martens	58.4 33	57.2 13	205.6 33	130.6 13	-0.31 0.04	-0.37 0.11
Totaal	58.3 49	58.2 32	189.0 49	123.4 32	-0.24 0.17	-0.19 0.31

**Tabel 2. Gemiddelde leeftijd, breukmoment en correlatie tussen de beproevingen op torsie.**

<u>Patric 65</u>										
	<u>Nummer</u>	<u>Sex</u>	<u>Lft</u>	<u>Gewicht</u>	<u>len.</u>	<u>F/E</u>	<u>Fmax</u>	<u>PPd *</u>	<u>F</u>	<u>P</u>
#	1	1	0	49.9	0	2	4.3	26.0	2	1
#	1	1	0	49.9	0	2	6.3	26.0	2	1
	2	1	75	68.0	0	2	6.8	26.0	2	1
#	2	1	75	68.0	0	2	7.2	26.0	1	1
#	3	1	64	93.0	0	2	6.8	26.0	1	1
	3	1	64	93.0	0	2	7.2	26.0	1	1
	4	1	62	72.6	175	2	7.5	26.0	2	1
#	4	1	62	72.6	175	2	7.5	26.0	2	1
	5	1	52	63.5	175	2	9.7	26.0	1	1
#	5	1	52	63.5	175	2	9.5	26.0	1	1
#	6	1	60	83.9	165	2	10.2	26.0	1	1
	6	1	60	83.9	165	2	10.2	26.0	2	1
#	7	1	71	72.6	185	2	8.6	26.0	1	1
	7	1	71	72.6	185	2	8.4	26.0	2	1
	8	1	60	77.1	174	2	12.7	26.0	1	2
#	8	1	60	77.1	174	2	7.9	26.0	1	1
#	9	1	59	88.4	173	2	17.4	26.0	1	2
	9	1	59	88.4	173	2	12.0	26.0	2	1
	10	1	75	72.6	168	2	10.9	26.0	2	1
	10	1	75	72.6	168	2	8.1	26.0	1	1

<u>Powell 75</u>										
	<u>Nummer</u>	<u>Sex</u>	<u>Lft</u>	<u>Gewicht</u>	<u>len.</u>	<u>F/E</u>	<u>Fmax</u>	<u>PPd *</u>	<u>F</u>	<u>P</u>
	1	1	58	0	173	2	11.6	13.5	2	1
	2	2	56	0	170	2	10.2	13.5	2	1
	3	1	58	0	178	2	12.5	13.6	1	2
#	3	1	58	0	178	2	10.9	13.6	1	2
#	4	2	76	0	155	2	9.0	13.5	2	1
	4	2	76	0	155	2	8.7	13.5	2	2
	5	2	28	0	165	2	10.8	13.6	1	2
#	5	2	28	0	165	2	10.2	13.6	1	2
#	6	1	48	0	183	1	7.9	15.0	1	2
	6	1	48	0	183	1	11.3	15.0	1	2
	7	1	79	0	174	2	10.4	13.5	2	2
#	7	1	79	0	174	2	10.8	13.5	2	2
#	8	1	68	0	180	1	13.2	15.0	1	2
	8	1	68	0	180	1	12.5	15.0	1	2
	9	1	76	0	176	2	7.0	13.5	2	2

<u>Melvin 75</u>										
	<u>Nummer</u>	<u>Sex</u>	<u>Lft</u>	<u>Gewicht</u>	<u>len.</u>	<u>F/E</u>	<u>Fmax</u>	<u>PPd</u>	<u>F</u>	<u>P</u>
#	V-1L	1	90	67.7	168	1	10.2	8.5	1	1
	V-1R	1	90	67.7	168	1	12.0	9.0	1	1
	V-2	1	57	60.3	0	1	17.8	9.5	1	1
#	V-3L	1	51	80.7	176	1	15.0	14.0	1	1
	V-3R	1	51	80.7	176	1	22.1	11.0	1	1
	V-4	2	85	58.1	0	1	19.6	8.0	2	0
	V-5	1	77	83.5	0	1	24.5	10.0	1	0
	M-3	1	62	0	0	1	16.9	14.0	1	0
	M-4	1	62	0	0	1	18.0	8.0	2	0
#	007	1	55	107.5	163	1	15.7	11.0	1	0
	009	1	55	107.5	163	1	24.5	11.0	1	0
	033	2	45	68.0	163	1	6.6	9.4	1	0
	034	2	45	68.0	163	1	15.6	16.9	2	0
	071	2	74	75.3	156	1	18.0	2.6	2	0
#	075	1	68	85.3	174	1	22.7	5.6	1	0
	077	1	68	85.3	174	1	20.9	6.0	2	0

Tabel 3. Verdelingen van de kenmerken per onderzoek.

Kroell 76		Sex	Lft	Gewicht	len.	F/E	Fmax	PPd *	F	P
Nummer										
	75EM	1	0	76.4	173	2	5.3	20.8	1	0
#	75EM	1	0	76.4	173	2	5.0	0	0	0
	76EM	1	0	70.5	176	2	7.3	19.4	1	0
#	76EM	1	0	70.5	176	2	8.5	0	0	0
#	77EM	1	0	71.8	171	2	7.7	0	0	0
#	77EM	1	0	71.8	171	2	8.0	0	0	0
	84EM	1	0	91.4	188	2	9.8	23.8	1	0
#	84EM	1	0	91.4	188	2	10.0	0	0	0

Stalnaker 77		Sex	Lft	Gewicht	len.	F/E	Fmax	PPd	F	P
Nummer										
#	1R690AR	2	54	99.6	170	1	13.5	3.8	2	2
	2R690AL	2	54	99.6	170	1	15.2	3.8	2	2
	3R693NL	2	51	75.6	153	1	13.4	4.4	2	2
#	4R693NL	2	51	75.6	153	1	13.4	3.1	2	2
#	7R709NL	1	73	69.9	172	1	25.8	3.1	2	2
	8R709N3	1	73	69.9	172	1	28.5	4.1	2	2
#	5L698NR	1	74	89.7	166	1	16.0	5.0	2	1
	6L698NL	1	74	89.7	166	1	15.4	5.0	2	1
#	9T703NR	1	61	53.2	183	1	5.3	11.9	1	1
	10T703NL	1	61	53.2	183	1	14.0	8.1	1	1
	11T703NR	1	61	53.2	183	1	13.8	10.3	1	1
	12T711AR	1	65	61.8	159	1	8.7	9.4	2	1
	13T711AL	1	65	61.8	159	1	9.3	6.3	2	1

Viano 78		Sex	Lft	Gewicht	len.	F/E	Fmax	PPd	F	P
Nummer										
	20869/R	2	79	60.0	150	1	5.9	17.0	2	1
	20881/L	1	69	75.0	171	1	7.8	26.0	1	1
	20896/L	1	58	73.0	173	1	5.9	30.0	1	1
	20901/L	2	39	54.0	162	1	6.3	0	1	1
#	20904/R	2	82	64.0	155	1	7.6	31.0	1	2
	20904/L	2	82	64.0	155	1	8.7	24.0	1	2
#	20922/R	2	55	64.0	169	1	6.9	27.0	1	1
	20922/L	2	55	64.0	169	1	7.3	29.0	1	1

Brun 82		Sex	Lft	Gewicht	len.	F/E	Fmax	PPd	F	P
Nummer										
	231	1	60	61.0	165	1	6.9	11.0	1	1
#	231	1	60	61.0	165	1	3.4	8.0	1	1
	232	1	57	49.0	163	1	7.5	18.0	1	1
#	232	1	57	49.0	163	1	3.8	8.0	1	1
#	233	1	56	63.0	173	1	7.8	9.0	1	2
	233	1	56	63.0	173	1	8.4	18.0	1	1
#	254	1	63	52.0	162	1	6.8	13.0	1	1
	254	1	63	52.0	162	1	7.7	17.0	1	1
	255	1	68	56.0	165	1	9.3	27.0	1	1
#	255	1	68	56.0	165	1	7.9	18.0	1	1
#	257	2	42	53.0	155	1	2.9	11.0	1	1
#	257	2	42	53.0	155	1	4.0	9.0	1	1
	258	1	42	69.0	164	1	8.4	13.0	1	1
#	258	1	42	69.0	164	1	7.2	11.0	1	1
	267	1	68	71.0	164	1	8.7	16.0	1	1
#	267	1	68	71.0	164	1	6.2	14.0	1	1
	268	1	62	66.0	172	1	6.2	17.0	1	1
	276	1	55	82.0	180	1	8.0	16.0	1	1
#	276	1	55	82.0	180	1	5.9	15.0	1	1

Tabel 3.

<u>Nusholtz</u>										
	Nummer	Sex	Lft	Gewicht	len.	F/E	Fmax	PPd	F	p
#	79A243L	0	52	0	0	1	3.7	11.0	1	1
#	79A244R	0	52	0	0	1	3.7	11.0	1	1
#	79A245L	0	52	0	0	1	5.7	12.0	1	1
#	79A246R	0	52	0	0	1	6.0	11.0	1	1
#	79A247L	0	52	0	0	1	20.0	3.0	1	1
#	79A248R	0	52	0	0	1	21.0	2.0	1	1
#	79L081	0	64	29.0	173	1	1.5	11.0	1	1
#	79L082	0	64	29.0	173	1	1.7	13.0	1	1
#	79L085	0	73	57.2	160	1	0.9	0	1	1
#	79L086	0	73	57.2	160	1	1.0	0	1	1
#	79L089	0	76	99.5	175	1	5.2	17.0	1	1
#	79L090	0	76	99.5	175	1	4.6	17.0	1	1
#	80L094	0	63	106.0	178	1	5.8	8.0	1	1
#	80L097	0	67	35.3	176	1	3.9	9.0	1	1
#	80L098	0	67	35.3	176	1	2.5	2.0	1	1
#	80L102	0	89	65.9	169	1	7.0	8.0	1	1
#	80L103	0	89	65.9	169	1	7.5	3.0	1	1
#	80L109	0	76	68.1	176	1	8.1	9.0	1	1
#	80L110	0	76	68.1	176	1	9.5	3.0	1	1
#	80L114	0	76	91.7	174	1	10.0	7.0	1	1
#	80L115	0	76	91.7	174	1	12.0	2.0	1	1
#	80L118	0	66	41.6	179	1	6.0	2.0	1	1
#	80L119	0	66	41.6	179	1	5.7	2.0	1	1
#	80L120	0	66	41.6	179	1	8.9	3.0	1	1
#	80L124	0	73	61.9	174	1	7.5	2.0	1	1
#	80L125	0	73	61.9	174	1	9.7	3.0	1	1
#	80L129	0	56	91.2	180	1	8.7	3.0	1	1
#	80L130	0	56	91.2	180	1	9.7	3.0	1	1
#	80L135	0	40	68.3	174	1	8.7	4.0	1	1
#	80L136	0	40	68.3	174	1	11.8	6.0	1	1

Legenda.

Sex - 1=man , 2=vrouw

F/E - 1=Fresh , 2=Embalmed

Fmax - kN

PPd - ms -Primary Pulseduration -  
significante gedeelte van de puls (Viano (77))

F - Femur - 1=geen fractuur , 2=fractuur

P - Patella - 1=geen fractuur , 2=fractuur

\* - Gegevens ontleent aan Viano (77)

0 - Onbekend

Tabel 3.

---

VARIABLE LEEFTIJD

MEAN	62.357	STD ERROR	1.343	STD DEV	12.310
VARIANCE	151.534	KURTOSIS	0.368	SKEWNESS	-0.209
RANGE	62.000	MINIMUM	28.000	MAXIMUM	90.000
SUM	5238.000				

VALID OBSERVATIONS - 84                      MISSING OBSERVATIONS - 3

---

VARIABLE GEWICHT

MEAN	71.276	STD ERROR	1.559	STD DEV	13.048
VARIANCE	170.240	KURTOSIS	0.240	SKEWNESS	0.523
RANGE	58.500	MINIMUM	49.000	MAXIMUM	107.500
SUM	4989.300				

VALID OBSERVATIONS - 70                      MISSING OBSERVATIONS - 17

---

VARIABLE LENGTE

MEAN	169.577	STD ERROR	0.990	STD DEV	8.745
VARIANCE	76.481	KURTOSIS	-0.504	SKEWNESS	-0.157
RANGE	38.000	MINIMUM	150.000	MAXIMUM	188.000
SUM	13227.000				

VALID OBSERVATIONS - 78                      MISSING OBSERVATIONS - 9

---

VARIABLE FMAX

MEAN	10.929	STD ERROR	0.575	STD DEV	5.368
VARIANCE	28.811	KURTOSIS	1.351	SKEWNESS	1.284
RANGE	25.600	MINIMUM	2.900	MAXIMUM	28.500
SUM	950.800				

VALID OBSERVATIONS - 87                      MISSING OBSERVATIONS - 0

---

VARIABLE PPD

MEAN	16.131	STD ERROR	0.825	STD DEV	7.693
VARIANCE	59.175	KURTOSIS	-1.119	SKEWNESS	0.219
RANGE	28.400	MINIMUM	2.600	MAXIMUM	31.000
SUM	1403.400				

VALID OBSERVATIONS - 87                      MISSING OBSERVATIONS - 0

---

Tabel 4. Verdelingen van de kenmerken en de correlatiematrix naar eerste selectie (N=87).

SEX					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	69	79.3	79.3	79.3
	2.	18	20.7	20.7	100.0
	TOTAL	87	100.0	100.0	
VALID CASES	87	MISSING CASES	0		
PREP					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	55	63.2	63.2	63.2
	2.	32	36.8	36.8	100.0
	TOTAL	87	100.0	100.0	
VALID CASES	87	MISSING CASES	0		
FEMUR					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	61	70.1	70.1	70.1
	2.	26	29.9	29.9	100.0
	TOTAL	87	100.0	100.0	
VALID CASES	87	MISSING CASES	0		
PATEL					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	52	59.8	71.2	71.2
	2.	21	24.1	28.8	100.0
	-32650.	14	16.1	MISSING	100.0
	TOTAL	87	100.0	100.0	
VALID CASES	73	MISSING CASES	14		

Tabel 4.

	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	PREP	FMAX	PPD	FEMUR	PATEL
SEX	1.0000 (.87) P=*****	-0.1670 (.84) P=0.064	-0.2382 (.70) P=0.024	-0.6319 (.78) P=0.000	-0.0954 (.87) P=0.190	-0.0953 (.87) P=0.190	-0.1123 (.87) P=0.150	0.2244 (.87) P=0.018	0.2285 (.73) P=0.026
LEEFTIJD	-0.1670 (.84) P=0.064	1.0000 (.84) P=*****	0.0231 (.67) P=0.426	-0.0218 (.75) P=0.427	0.0402 (.84) P=0.358	0.1526 (.84) P=0.083	0.0478 (.84) P=0.333	0.3193 (.84) P=0.002	-0.0139 (.73) P=0.454
GEWICHT	-0.2382 (.70) P=0.024	0.0231 (.67) P=0.426	1.0000 (.70) P=*****	0.1644 (.63) P=0.099	0.3006 (.70) P=0.006	0.4093 (.70) P=0.000	0.0672 (.70) P=0.290	0.1636 (.70) P=0.088	0.1029 (.58) P=0.221
LENGTE	-0.6319 (.78) P=0.000	-0.0218 (.75) P=0.427	0.1644 (.63) P=0.099	1.0000 (.78) P=*****	0.2517 (.78) P=0.013	0.1098 (.78) P=0.169	0.1974 (.78) P=0.042	-0.1853 (.78) P=0.052	0.0332 (.68) P=0.394
PREP	-0.0954 (.87) P=0.190	0.0402 (.84) P=0.358	0.3006 (.70) P=0.006	0.2517 (.78) P=0.013	1.0000 (.87) P=*****	-0.2082 (.87) P=0.026	0.5133 (.87) P=0.000	0.2310 (.87) P=0.016	0.1025 (.73) P=0.194
FMAX	-0.0953 (.87) P=0.190	0.1526 (.84) P=0.083	0.4093 (.70) P=0.000	0.1098 (.78) P=0.169	-0.2082 (.87) P=0.026	1.0000 (.87) P=*****	-0.4530 (.87) P=0.000	0.2699 (.87) P=0.006	0.3551 (.73) P=0.001
PPD	-0.1123 (.87) P=0.150	0.0478 (.84) P=0.333	0.0672 (.70) P=0.290	0.1974 (.78) P=0.042	0.5133 (.87) P=0.000	-0.4530 (.87) P=0.000	1.0000 (.87) P=*****	-0.1960 (.87) P=0.034	-0.2242 (.73) P=0.028
FEMUR	0.2244 (.87) P=0.018	0.3193 (.84) P=0.002	0.1636 (.70) P=0.088	-0.1853 (.78) P=0.052	0.2310 (.87) P=0.016	0.2699 (.87) P=0.006	-0.1960 (.87) P=0.034	1.0000 (.87) P=*****	0.1310 (.73) P=0.135
PATEL	0.2285 (.73) P=0.026	-0.0139 (.73) P=0.454	0.1029 (.58) P=0.221	0.0332 (.68) P=0.394	0.1025 (.73) P=0.194	0.3551 (.73) P=0.001	-0.2242 (.73) P=0.028	0.1310 (.73) P=0.135	1.0000 (.73) P=*****

(COEFFICIENT / (CASES) / SIGNIFICANCE) (A VALUE OF 99.0000 IS PRINTED IF A COEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED)  
 REGRESSION VARIABLES=PPD,FMAX  
 REGRESSION=FMAX WITH PPD(2)

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. FMAX

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 1.. PPD

	MULTIPLE R	R SQUARE	ADJUSTED R SQUARE	STANDARD ERROR	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
	0.45305	0.20525	0.19590	4.81318	REGRESSION	1.	508.56508	508.56508	21.95238
					RESIDUAL	85.	1969.17312	23.16674	

----- VARIABLES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
PPD	-0.3161229	-0.45305	0.06747	21.952
(CONSTANT)	16.02812			

Tabel 4.

VARIABLE LEEFTIJD					
MEAN	63.189	STD ERROR	1.608	STD DEV	11.703
VARIANCE	136.964	KURTOSIS	0.597	SKEWNESS	-0.216
RANGE	62.000	MINIMUM	28.000	MAXIMUM	90.000
SUM	3349.000				
VALID OBSERVATIONS -	53	MISSING OBSERVATIONS -			3
-----					
VARIABLE GEWICHT					
MEAN	71.707	STD ERROR	1.910	STD DEV	12.810
VARIANCE	164.098	KURTOSIS	0.377	SKEWNESS	0.637
RANGE	58.500	MINIMUM	49.000	MAXIMUM	107.500
SUM	3226.800				
VALID OBSERVATIONS -	45	MISSING OBSERVATIONS -			11
-----					
VARIABLE LENGTE					
MEAN	169.551	STD ERROR	1.239	STD DEV	8.670
VARIANCE	75.169	KURTOSIS	-0.303	SKEWNESS	-0.119
RANGE	38.000	MINIMUM	150.000	MAXIMUM	188.000
SUM	8308.000				
VALID OBSERVATIONS -	49	MISSING OBSERVATIONS -			7
-----					
VARIABLE FMAX					
MEAN	11.650	STD ERROR	0.709	STD DEV	5.302
VARIANCE	28.112	KURTOSIS	1.309	SKEWNESS	1.320
RANGE	23.200	MINIMUM	5.300	MAXIMUM	28.500
SUM	652.400				
VALID OBSERVATIONS -	56	MISSING OBSERVATIONS -			0
-----					
VARIABLE PPD					
MEAN	15.973	STD ERROR	1.027	STD DEV	7.683
VARIANCE	59.035	KURTOSIS	-1.127	SKEWNESS	0.181
RANGE	27.400	MINIMUM	2.600	MAXIMUM	30.000
SUM	894.500				
VALID OBSERVATIONS -	56	MISSING OBSERVATIONS -			0

Tabel 5. Verdelingen van de kenmerken en de correlatiematrix na selectie op grenswaarde (N=56).



---

SEX					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	44	78.6	78.6	78.6
	2.	12	21.4	21.4	100.0
	TOTAL	56	100.0	100.0	
VALID CASES	56	MISSING CASES	0		

---

PREP					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	36	64.3	64.3	64.3
	2.	20	35.7	35.7	100.0
	TOTAL	56	100.0	100.0	
VALID CASES	56	MISSING CASES	0		

---

FEMUR					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	33	58.9	58.9	58.9
	2.	23	41.1	41.1	100.0
	TOTAL	56	100.0	100.0	
VALID CASES	56	MISSING CASES	0		

---

PATEL					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	32	57.1	72.7	72.7
	2.	12	21.4	27.3	100.0
	-32650.	12	21.4	MISSING	100.0
	TOTAL	56	100.0	100.0	
VALID CASES	44	MISSING CASES	12		

---

Tabel 5.

	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	PREP	FMAX	PPD	FEMUR	PATEL
SEX	1.0000 ( 56) P=*****	-0.1099 ( 53) P=0.217	-0.0560 ( 45) P=0.358	-0.5475 ( 49) P=0.000	-0.1168 ( 56) P=0.196	0.0017 ( 56) P=0.495	-0.2056 ( 56) P=0.064	0.2717 ( 56) P=0.021	0.3729 ( 44) P=0.006
LEEFTIJD	-0.1099 ( 53) P=0.217	1.0000 ( 53) P=*****	-0.0949 ( 42) P=0.275	-0.1247 ( 46) P=0.204	0.0341 ( 53) P=0.404	0.0618 ( 53) P=0.330	0.0070 ( 53) P=0.480	0.2912 ( 53) P=0.017	-0.0185 ( 44) P=0.452
GEWICHT	-0.0560 ( 45) P=0.358	-0.0949 ( 42) P=0.275	1.0000 ( 45) P=*****	0.1636 ( 40) P=0.157	0.2725 ( 45) P=0.035	0.3248 ( 45) P=0.015	-0.0154 ( 45) P=0.460	0.1599 ( 45) P=0.147	0.2582 ( 35) P=0.067
LENGTE	-0.5475 ( 49) P=0.000	-0.1247 ( 46) P=0.204	0.1636 ( 40) P=0.157	1.0000 ( 49) P=*****	0.2915 ( 49) P=0.021	0.0632 ( 49) P=0.333	0.2137 ( 49) P=0.070	-0.2662 ( 49) P=0.032	0.0017 ( 41) P=0.496
PREP	-0.1168 ( 56) P=0.196	0.0341 ( 53) P=0.404	0.2725 ( 45) P=0.035	0.2915 ( 49) P=0.021	1.0000 ( 56) P=*****	-0.3255 ( 56) P=0.007	0.4857 ( 56) P=0.000	0.2110 ( 56) P=0.059	0.1429 ( 44) P=0.177
FMAX	0.0017 ( 56) P=0.495	0.0618 ( 53) P=0.330	0.3248 ( 45) P=0.015	0.0632 ( 49) P=0.333	-0.3255 ( 56) P=0.007	1.0000 ( 56) P=*****	-0.5719 ( 56) P=0.000	0.1675 ( 56) P=0.109	0.2956 ( 44) P=0.026
PPD	-0.2056 ( 56) P=0.064	0.0070 ( 53) P=0.480	-0.0154 ( 45) P=0.460	0.2137 ( 49) P=0.070	0.4857 ( 56) P=0.000	-0.5719 ( 56) P=0.000	1.0000 ( 56) P=*****	-0.2497 ( 56) P=0.032	-0.2861 ( 44) P=0.030
FEMUR	0.2717 ( 56) P=0.021	0.2912 ( 53) P=0.017	0.1599 ( 45) P=0.147	-0.2662 ( 49) P=0.032	0.2110 ( 56) P=0.059	0.1675 ( 56) P=0.109	-0.2497 ( 56) P=0.032	1.0000 ( 56) P=*****	0.1132 ( 44) P=0.232
PATEL	0.3729 ( 44) P=0.006	-0.0185 ( 44) P=0.452	0.2582 ( 35) P=0.067	0.0017 ( 41) P=0.496	0.1429 ( 44) P=0.177	0.2956 ( 44) P=0.026	-0.2861 ( 44) P=0.030	0.1132 ( 44) P=0.232	1.0000 ( 44) P=*****

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. FMAX

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 1.. PPD

	0.57187	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
MULTIPLE R	0.57187	REGRESSION	1.	505.65603	505.65603	26.24199
R SQUARE	0.32704	RESIDUAL	54.	1040.52419	19.26897	
ADJUSTED R SQUARE	0.31457					
STANDARD ERROR	4.38964					

----- VARIABLES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
PPD	-0.3946322	-0.57187	0.07704	26.242
(CONSTANT)	17.95354			

Tabel 5.

VARIABLE	N	N MISSING	MEAN	STANDARD DEVIATION	MINIMUM VALUE	MAXIMUM VALUE
SEX	36	0	1.2500000	0.4391550	1.0000000	2.0000000
LEEFTIJD	36	0	62.9166667	11.4051993	42.0000000	90.0000000
GEWICHT	36	0	61.7833333	25.5439397	0.0000000	107.5000000
LENGTE	36	0	144.3611111	59.3720246	0.0000000	183.0000000
PREP	36	0	1.0000000	0.0000000	1.0000000	1.0000000
FMAX	36	0	12.9250000	6.0901501	5.9000000	28.5000000
PPD	36	0	13.2166667	7.2305898	2.6000000	30.0000000
FEMUR	36	0	1.3333333	0.4780914	1.0000000	2.0000000
PATEL	36	0	0.9166667	0.6491753	0.0000000	2.0000000
FNORM	36	0	12.4555556	6.4573079	0.0000000	29.9000000
FPRED	36	0	-1.5167444	8.3610425	-22.9900000	5.9736000

VARIABLE	RANGE	SUM	VARIANCE	UNCORRECTED SS	CORRECTED SS
SEX	1.00000000	45.0000000	0.1928571	63.00000	6.75000
LEEFTIJD	48.00000000	2265.0000000	130.0785714	147059.00000	4552.75000
GEWICHT	107.50000000	2224.2000000	652.4928571	160255.74000	22837.25000
LENGTE	183.00000000	5197.0000000	3525.0373016	873621.00000	123376.30556
PREP	0.00000000	36.0000000	0.0000000	36.00000	0.00000
FMAX	22.60000000	465.3000000	37.0899286	7312.15000	1298.14750
PPD	27.40000000	475.8000000	52.2814286	8118.34000	1829.85000
FEMUR	1.00000000	48.0000000	0.2285714	72.00000	8.00000
PATEL	2.00000000	33.0000000	0.4214286	45.00000	14.75000
FNORM	29.90000000	448.4000000	41.6968254	7044.46000	1459.38889
FPRED	28.96360000	-54.6028000	69.9070323	2529.56462	2446.74613

VARIABLE	STD ERROR OF MEAN	C.V.	SKEWNESS	KURTOSIS	T	PR> T
SEX	0.07319251	35.132	1.20552362	-0.58229352	17.08	0.0001
LEEFTIJD	1.90086655	18.127	0.37918221	-0.12774516	33.10	0.0001
GEWICHT	4.25732329	41.344	-1.31941106	2.00752688	14.51	0.0001
LENGTE	9.89533743	41.127	-2.09361727	2.69981641	14.59	0.0001
PREP	0.00000000	0.000	.	.	.	.
FMAX	1.01502502	47.119	0.83429077	-0.16880305	12.73	0.0001
PPD	1.20509830	54.708	0.77023133	0.02711949	10.97	0.0001
FEMUR	0.07968191	35.857	0.73822944	-1.54411765	16.73	0.0001
PATEL	0.10819588	70.819	0.07832624	-0.48326515	8.47	0.0001
FNORM	1.07621798	51.843	0.52816018	0.41585149	11.57	0.0001
FPRED	1.39350709	-551.249	-1.74641063	1.86065594	-1.09	0.2838

**Tabel 6.** Verdelingen van de kenmerken en de correlatiematrix na verdere selectie op grenswaarde bij verse kadavers (N=36).

	SEX	LEEFTIJD	GEWICHT	LENGTE	PREP	FMAX	PPD	FEMUR	PATEL
SEX	1.0000 ( 36) P=*****	0.0214 ( 36) P=0.451	0.0368 ( 32) P=0.421	-0.5242 ( 31) P=0.001	99.0000 ( 36) P=*****	-0.0644 ( 36) P=0.355	-0.0346 ( 36) P=0.421	0.4082 ( 36) P=0.007	0.4332 ( 27) P=0.012
LEEFTIJD	0.0214 ( 36) P=0.451	1.0000 ( 36) P=*****	-0.1059 ( 32) P=0.282	-0.2222 ( 31) P=0.115	99.0000 ( 36) P=*****	0.1665 ( 36) P=0.166	-0.0795 ( 36) P=0.322	0.2096 ( 36) P=0.110	0.0000 ( 27) P=0.500
GEWICHT	0.0368 ( 32) P=0.421	-0.1059 ( 32) P=0.282	1.0000 ( 32) P=*****	0.0538 ( 29) P=0.391	99.0000 ( 32) P=*****	0.4736 ( 32) P=0.003	-0.2858 ( 32) P=0.056	0.2005 ( 32) P=0.136	0.3758 ( 25) P=0.032
LENGTE	-0.5242 ( 31) P=0.001	-0.2222 ( 31) P=0.115	0.0538 ( 29) P=0.391	1.0000 ( 31) P=*****	99.0000 ( 31) P=*****	0.1759 ( 31) P=0.172	0.0553 ( 31) P=0.384	-0.4298 ( 31) P=0.008	0.0273 ( 26) P=0.447
PREP	99.0000 ( 36) P=*****	99.0000 ( 36) P=*****	99.0000 ( 32) P=*****	99.0000 ( 31) P=*****	1.0000 ( 36) P=*****	99.0000 ( 36) P=*****	99.0000 ( 36) P=*****	99.0000 ( 36) P=*****	99.0000 ( 27) P=*****
FMAX	-0.0644 ( 36) P=0.355	0.1665 ( 36) P=0.166	0.4736 ( 32) P=0.003	0.1759 ( 31) P=0.172	99.0000 ( 36) P=*****	1.0000 ( 36) P=*****	-0.5773 ( 36) P=0.000	0.3277 ( 36) P=0.026	0.3926 ( 27) P=0.021
PPD	-0.0346 ( 36) P=0.421	-0.0795 ( 36) P=0.322	-0.2858 ( 32) P=0.056	0.0553 ( 31) P=0.384	99.0000 ( 36) P=*****	-0.5773 ( 36) P=0.000	1.0000 ( 36) P=*****	-0.5546 ( 36) P=0.000	-0.2411 ( 27) P=0.113
FEMUR	0.4082 ( 36) P=0.007	0.2096 ( 36) P=0.110	0.2005 ( 32) P=0.136	-0.4298 ( 31) P=0.008	99.0000 ( 36) P=*****	0.3277 ( 36) P=0.026	-0.5546 ( 36) P=0.000	1.0000 ( 36) P=*****	0.2936 ( 27) P=0.069
PATEL	0.4332 ( 27) P=0.012	0.0000 ( 27) P=0.500	0.3758 ( 25) P=0.032	0.0273 ( 26) P=0.447	99.0000 ( 27) P=*****	0.3926 ( 27) P=0.021	-0.2411 ( 27) P=0.113	0.2936 ( 27) P=0.069	1.0000 ( 27) P=*****

\*\*\*\*\* MULTIPLE REGRESSION \*\*\*\*\*

DEPENDENT VARIABLE.. FMAX

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 1.. PPD

	MULTIPLE R	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARE	0.57730	REGRESSION	1.	432.63872	432.63872	16.99545
ADJUSTED R SQUARE	0.33327	RESIDUAL	34.	865.50888	25.45614	
STANDARD ERROR	0.31366					
	5.04541					

----- VARIABLES IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F
PPD	-0.4862448	-0.57730	0.11795	16.995
(CONSTANT)	19.35154			

Tabel 6.

	Totaal	selekt.	vers	man
Correlatie R	0.45	0.57	0.58	0.59
signifcantie	0.000	0.000	0.000	0.001
Aantal	87	56	36	27
st. error	4.81	4.39	5.04	5.28

Tabel 7. Regressie van PPD op Fmax.

	totaal	20ms	Man	Man/20ms
Aantal	36	31	27	24
R	0.58	0.53	0.59	0.60
R <sup>2</sup>	0.33	0.28	0.35	0.36
st.err.	5.04	5.31	5.27	5.32
B	-0.49	-0.69	-0.58	-0.91
Constante	19.35	21.33	20.93	24.39

Tabel 8. Lineaire regressie van PPD op Fmax.

FMAX met .....

Kenmerk	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B
PPD	0.56997	0.32486	0.32486	-0.56997	-0.3462669
GEWICHT	0.67826	0.46004	0.13518	0.53020	0.1704309
LENGTE	0.70512	0.49720	0.03716	0.19475	0.1670039
LEEFTIJD	0.71532	0.51168	0.01449	0.04717	0.6876705E-01
SEX	0.71565	0.51216	0.00047	-0.05710	0.3486428
(CONSTANT)					-27.83195

Tabel 9. Multiple lineaire regressie op Fmax.

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
PPD	0.56997	0.32486	0.32486	-0.56997	-0.3514477	-0.45878
GEWICHT	0.67826	0.46004	0.13518	0.53020	0.1646945	0.37353
LENGTE	0.70512	0.49720	0.03716	0.19475	0.1397366	0.19340
(CONSTANT)						-18.08860

Tabel 10. Regressie op Fmax m.b.v. PPD, gewicht en lengte.

---

VARIABLE LEEFTIJD					
MEAN	62.778	STD ERROR	1.846	STD DEV	9.593
VARIANCE	92.026	KURTOSIS	1.695	SKEWNESS	0.506
RANGE	48.000	MINIMUM	42.000	MAXIMUM	90.000
SUM	1695.000				
VALID OBSERVATIONS -	27	MISSING OBSERVATIONS -			0
-----					
VARIABLE GEWICHT					
MEAN	69.200	STD ERROR	2.947	STD DEV	14.135
VARIANCE	199.809	KURTOSIS	0.908	SKEWNESS	0.874
RANGE	58.500	MINIMUM	49.000	MAXIMUM	107.500
SUM	1591.600				
VALID OBSERVATIONS -	23	MISSING OBSERVATIONS -			4
-----					
VARIABLE LENGTE					
MEAN	170.348	STD ERROR	1.621	STD DEV	7.773
VARIANCE	60.419	KURTOSIS	-1.090	SKEWNESS	0.312
RANGE	24.000	MINIMUM	159.000	MAXIMUM	183.000
SUM	3918.000				
VALID OBSERVATIONS -	23	MISSING OBSERVATIONS -			4
-----					
VARIABLE FMAX					
MEAN	13.148	STD ERROR	1.238	STD DEV	6.430
VARIANCE	41.350	KURTOSIS	-0.196	SKEWNESS	0.922
RANGE	22.600	MINIMUM	5.900	MAXIMUM	28.500
SUM	355.000				
VALID OBSERVATIONS -	27	MISSING OBSERVATIONS -			0
-----					
VARIABLE PPD					
MEAN	13.359	STD ERROR	1.260	STD DEV	6.549
VARIANCE	42.889	KURTOSIS	0.798	SKEWNESS	1.002
RANGE	25.900	MINIMUM	4.100	MAXIMUM	30.000
SUM	360.700				
VALID OBSERVATIONS -	27	MISSING OBSERVATIONS -			0

---

Tabel 11. Verdelingen van de kenmerken en de correlatiematrix na selectie op grenswaarde bij verse mannelijke kadavers (N=27).

---

FEMUR					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	21	77.8	77.8	77.8
	2.	6	22.2	22.2	100.0
	TOTAL	27	100.0	100.0	
VALID CASES	27	MISSING CASES	0		

---

PATEL					
CATEGORY LABEL	CODE	ABSOLUTE FREQ	RELATIVE FREQ (PCT)	ADJUSTED FREQ (PCT)	CUM FREQ (PCT)
	1.	19	70.4	86.4	86.4
	2.	3	11.1	13.6	100.0
	-32650.	5	18.5	MISSING	100.0
	TOTAL	27	100.0	100.0	
VALID CASES	22	MISSING CASES	5		

---

Tabel 11.

Tabel 11.

	SEX	LEEF TIJD	GEWICHT	LENGTE	PREP	FMAX	PPD	FEMUR	PATEL	FNORM
SEX	1.00000	-0.05438	-0.17613	-0.01661	-0.09537	-0.09527	-0.11226	0.22444	0.06998	-0.02099
	0.00000	0.61699	0.10270	0.87860	0.37960	0.38010	0.30060	0.03660	0.51950	0.84700
LEEF TIJD	-0.05438	1.00000	-0.03704	-0.20358	-0.14201	0.19406	-0.05398	0.31494	0.20258	0.21249
	0.61699	0.00000	0.73340	0.05860	0.18950	0.07170	0.61950	0.00300	0.05990	0.04820
GEWICHT	-0.17613	-0.03704	1.00000	-0.02446	-0.16650	0.12075	0.17700	-0.11772	-0.43690	0.19920
	0.10270	0.73340	0.00000	0.82210	0.12320	0.26520	0.10100	0.27750	0.00010	0.06430
LENGTE	-0.01661	-0.20358	-0.02446	1.00000	-0.01600	-0.16909	-0.01141	-0.05277	0.28429	0.03755
	0.87860	0.05860	0.82210	0.00000	0.88310	0.11740	0.91640	0.62740	0.00760	0.72990
PREP	-0.09537	-0.14201	-0.16650	-0.01600	1.00000	-0.20823	0.51333	0.23104	0.16766	-0.20024
	0.37960	0.18950	0.12320	0.88310	0.00000	0.05290	0.00010	0.03130	0.12060	0.06290
FMAX	-0.09527	0.19406	0.12075	-0.16909	-0.20823	1.00000	-0.45305	0.26986	-0.13831	0.84514
	0.38010	0.07170	0.26520	0.11740	0.05290	0.00000	0.00010	0.01150	0.20140	0.00010
PPD	-0.11226	-0.05398	0.17700	-0.01141	0.51333	-0.45305	1.00000	-0.19603	0.04702	-0.40816
	0.30060	0.61950	0.10100	0.91640	0.00010	0.00010	0.00000	0.06880	0.66540	0.00010
FEMUR	0.22444	0.31494	-0.11772	-0.05277	0.23104	0.26986	-0.19603	1.00000	0.03624	0.21758
	0.03660	0.00300	0.27750	0.62740	0.03130	0.01150	0.06880	0.00000	0.73890	0.04290
PATEL	0.06998	0.20258	-0.43690	0.28429	0.16766	-0.13831	0.04702	0.03624	1.00000	0.02955
	0.51950	0.05990	0.00010	0.00760	0.12060	0.20140	0.66540	0.73890	0.00000	0.78590
FNORM	-0.02099	0.21249	0.19920	0.03755	-0.20024	0.84514	-0.40816	0.21758	0.02955	1.00000
	0.84700	0.04820	0.06430	0.72990	0.06290	0.00010	0.00010	0.04290	0.78590	0.00000



(COEFFICIENT / (CASES) / SIGNIFICANCE) (A VALUE OF 99.0000 IS PRINTED IF A COEFFICIENT CANNOT BE COMPUTED)  
 REGRESSION VARIABLES=PPD,FMAX  
 REGRESSION=FMAX WITH PPD(2)

\*\*\*\*\* REGRESSION PROBLEM REQUIRES 112 BYTES WORKSPACE, NOT INCLUDING RESIDUALS \*\*\*\*\*

Subfiles processed: ALL

\*\*\*\*\* M U L T I P L E R E G R E S S I O N \*\*\*\*\* VARIABLE LIST 1  
 DEPENDENT VARIABLE... FMAX REGRESSION LIST 1

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 1.. PPD

MULTIPLE R	0.59308	ANALYSIS OF VARIANCE	DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F
R SQUARE	0.35174	REGRESSION	1.	378.15531	378.15531	13.56500
ADJUSTED R SQUARE	0.32581	RESIDUAL	25.	696.93209	27.87728	
STANDARD ERROR	5.27989					

----- VARIABLES IN THE EQUATION ----- VARIABLES NOT IN THE EQUATION -----

VARIABLE	B	BETA	STD ERROR B	F	VARIABLE	BETA IN	PARTIAL	TOLERANCE	F
PPD	-0.5823355	-0.59308	0.15811	13.565					
(CONSTANT)	20.92772								

MAXIMUM STEP REACHED

STATISTICS WHICH CANNOT BE COMPUTED ARE PRINTED AS ALL NINES.

\*\*\*\*\* M U L T I P L E R E G R E S S I O N \*\*\*\*\* VARIABLE LIST 1  
 DEPENDENT VARIABLE... FMAX REGRESSION LIST 1

SUMMARY TABLE

VARIABLE	MULTIPLE R	R SQUARE	RSQ CHANGE	SIMPLE R	B	BETA
PPD	0.59308	0.35174	0.35174	-0.59308	-0.5823355	-0.59308
(CONSTANT)					20.92772	
FINISH						

Tabel 11.

---

		FEMUR				
		COUNT	1. I	2. I	ROW TOTAL	
SEX	ROW PCT	I	I	I	I	
	COL PCT	I	I	I	I	
1.		16	5	21		
		76.2	23.8	72.4		
		84.2	50.0			
2.		3	5	8		
		37.5	62.5	27.6		
		15.8	50.0			
		19	10	29		
	COLUMN TOTAL	65.5	34.5	100.0		

---

## VARIABLE LEEFTIJD

## VROUW

MEAN	63.333	STD ERROR	5.475	STD DEV	16.424
VARIANCE	269.750	KURTOSIS	-2.081	SKEWNESS	0.223
RANGE	40.000	MINIMUM	45.000	MAXIMUM	85.000

## MAN

MEAN	62.905	STD ERROR	2.132	STD DEV	9.772
VARIANCE	95.490	KURTOSIS	2.350	SKEWNESS	0.617
RANGE	48.000	MINIMUM	42.000	MAXIMUM	90.000

---

## VARIABLE GEWICHT

## VROUW

MEAN	70.289	STD ERROR	4.177	STD DEV	12.532
VARIANCE	157.059	KURTOSIS	3.855	SKEWNESS	1.799
RANGE	41.500	MINIMUM	58.100	MAXIMUM	99.600

## MAN

MEAN	68.943	STD ERROR	3.128	STD DEV	14.337
VARIANCE	205.536	KURTOSIS	1.159	SKEWNESS	0.948
RANGE	58.500	MINIMUM	49.000	MAXIMUM	107.500

---

## VARIABLE LENGTE

## VROUW

MEAN	142.111	STD ERROR	17.915	STD DEV	53.746
VARIANCE	2888.611	KURTOSIS	8.573	SKEWNESS	-2.903
RANGE	170.000	MINIMUM	0.000	MAXIMUM	170.000

## MAN

MEAN	169.286	STD ERROR	1.583	STD DEV	7.254
VARIANCE	52.614	KURTOSIS	-0.639	SKEWNESS	0.491
RANGE	24.000	MINIMUM	159.000	MAXIMUM	183.000

---

Tabel 12. Verdeling over de kenmerken naar geslacht.

---

 VARIABLE FMAX

## VROUW

MEAN	12.256	STD ERROR	1.739	STD DEV	5.216
VARIANCE	27.210	KURTOSIS	-1.815	SKEWNESS	0.052
RANGE	13.700	MINIMUM	5.900	MAXIMUM	19.600

## MAN

MEAN	12.095	STD ERROR	1.431	STD DEV	6.557
VARIANCE	42.992	KURTOSIS	0.799	SKEWNESS	1.357
RANGE	22.600	MINIMUM	5.900	MAXIMUM	28.500

---

## VARIABLE PPD

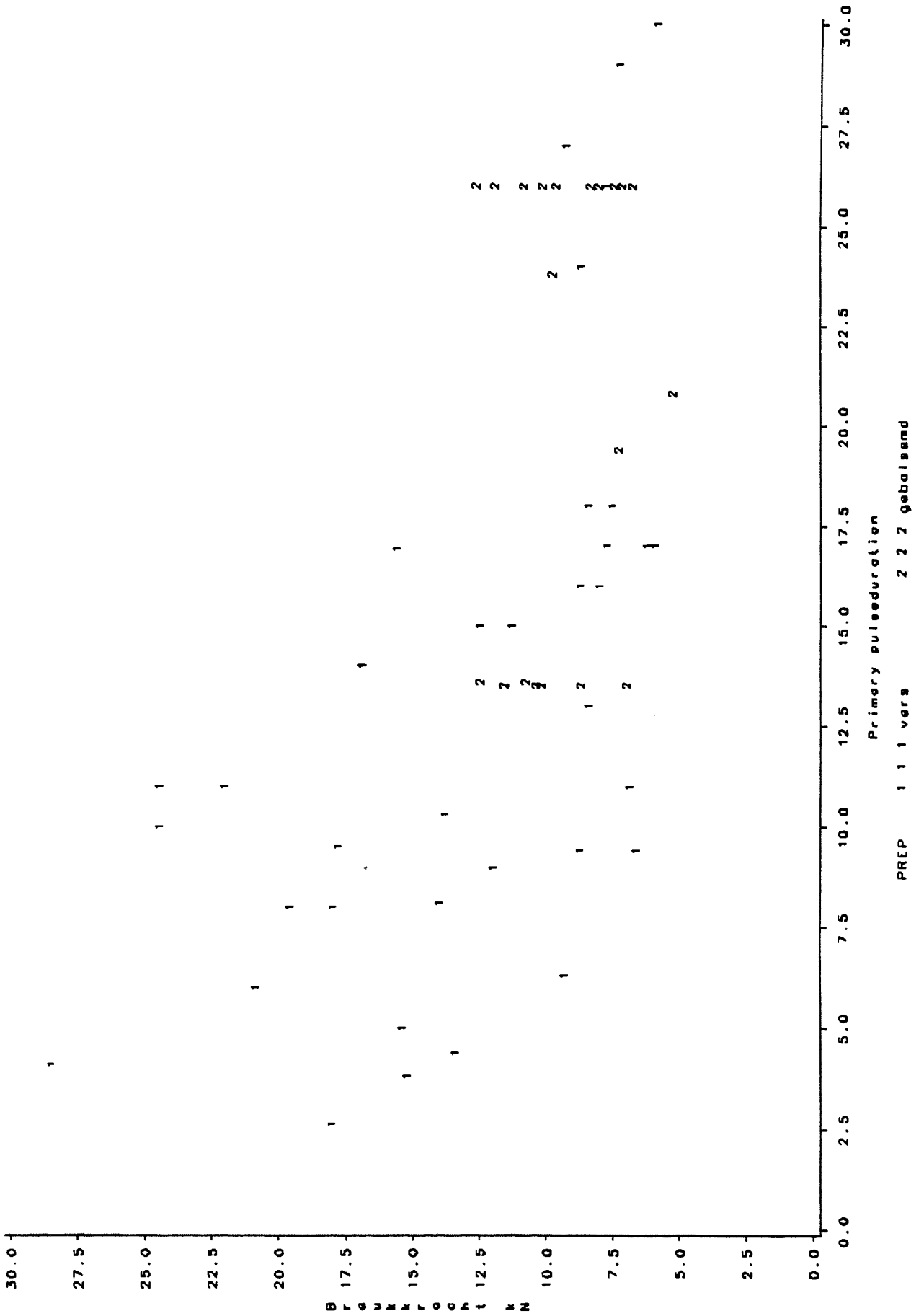
## VROUW

MEAN	12.789	STD ERROR	3.146	STD DEV	9.437
VARIANCE	89.066	KURTOSIS	-0.912	SKEWNESS	0.629
RANGE	26.400	MINIMUM	2.600	MAXIMUM	29.000

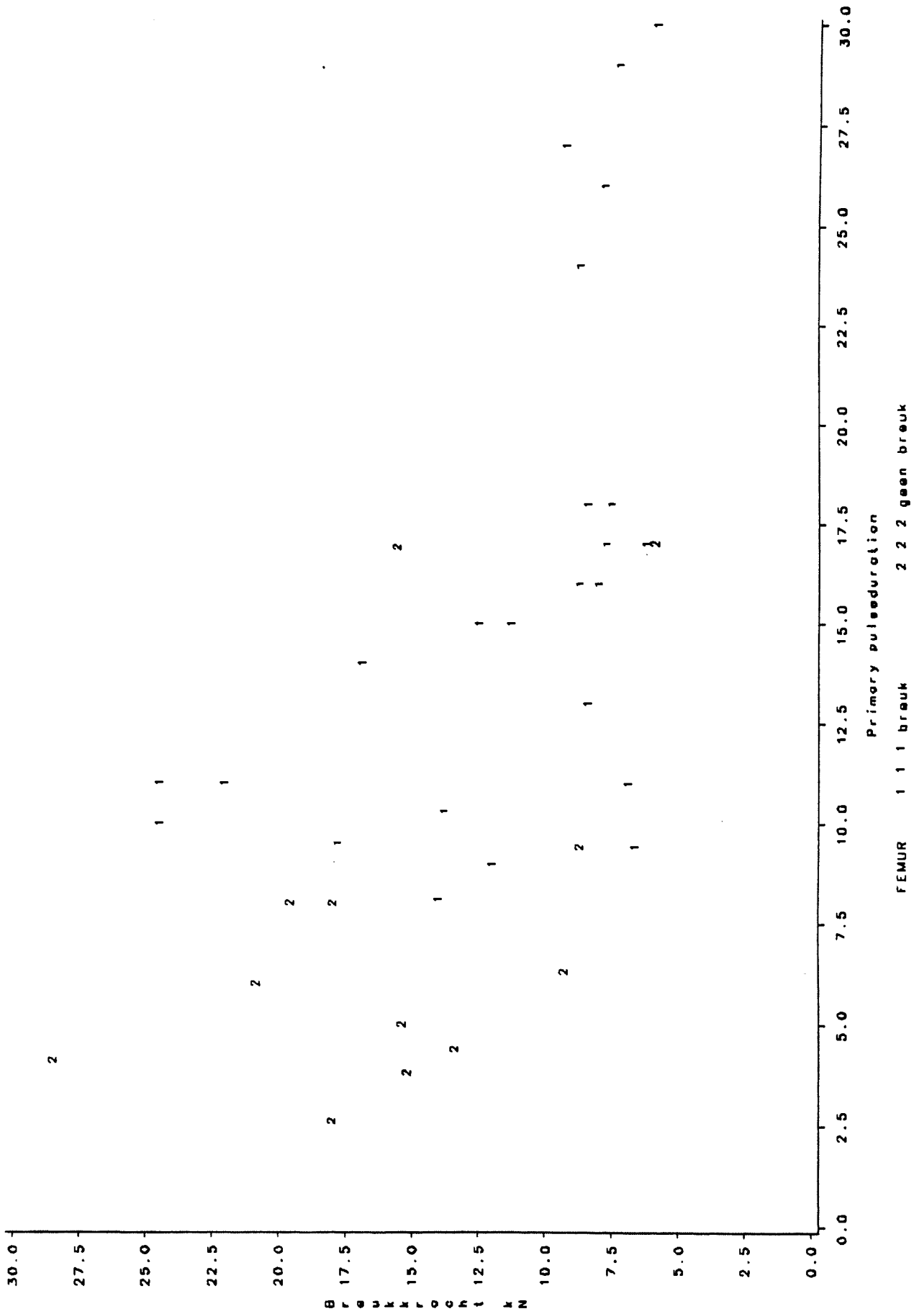
## MAN

MEAN	13.771	STD ERROR	1.582	STD DEV	7.249
VARIANCE	52.543	KURTOSIS	0.086	SKEWNESS	0.829
RANGE	25.900	MINIMUM	4.100	MAXIMUM	30.000

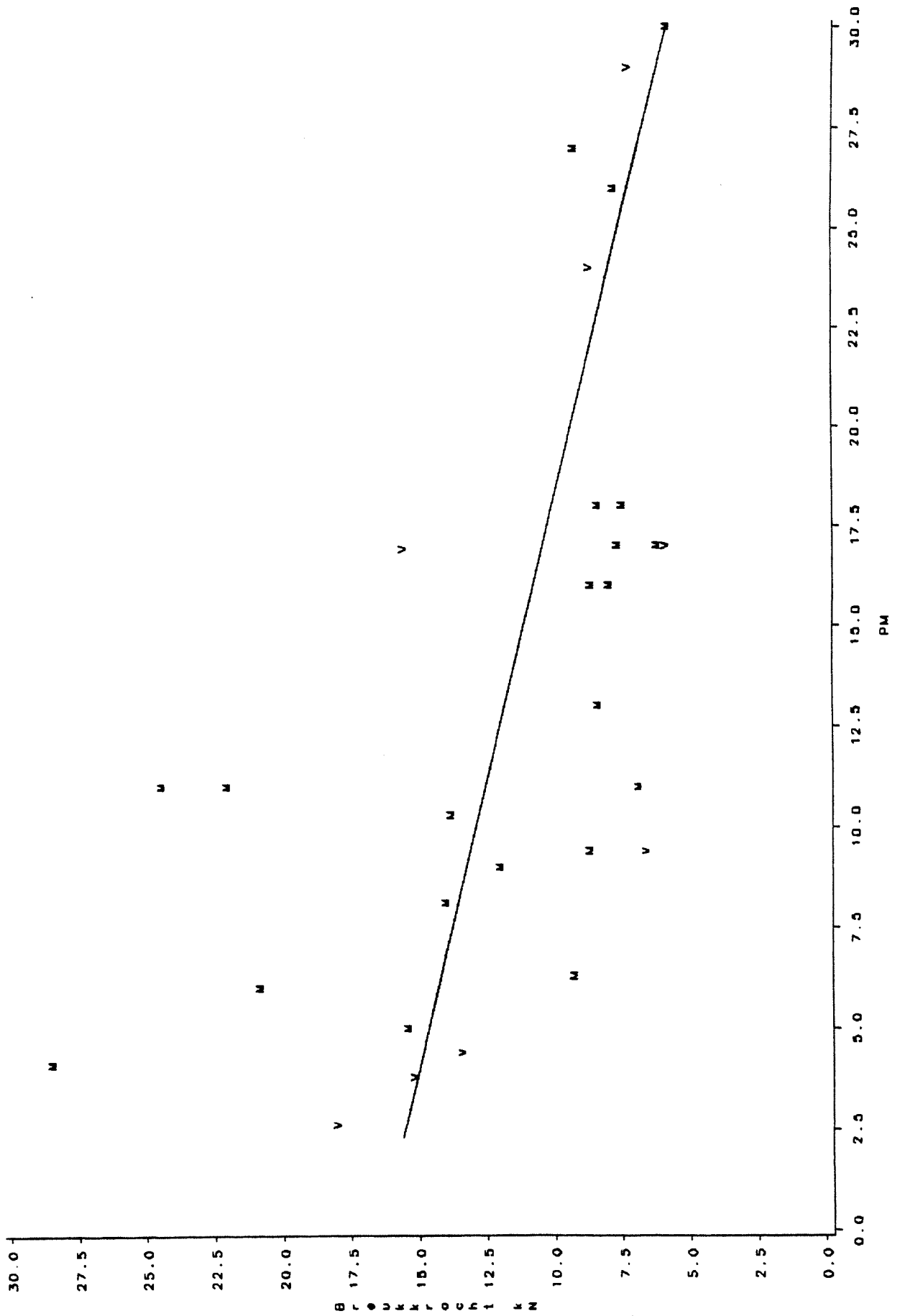
---



Afbeelding 1. Relatie tussen Fmax en PPD voor verse en gebalsemde kadavers (N=56).



Afbeelding 2. Relatie tussen Fmax en PPD naar wel of geen breuk (N=36).



Afbeelding 3. Relatie tussen Fmax en PPD van verse kadavers naar geslacht (N=29).

LITERATUUR

- A.A.A.M. (1980). The Abbreviated Injury Scale (AIS) 1980 revision. American Association for Automotive Medicine, 1980.
- Abel, J.M; Gennarelli, T.A. & Segawa, H. (1978). Incidence and severity of cerebral concussion in the rhesus monkey following sagittal plane angular acceleration. Stapp 22, pp. 33-54.
- Alem, N.M.; Bowman, B.M.; Melvin, J.W. & Benson, J.B. (1978). Whole-body human surrogate response to three-point harness restraint. Stapp 22, pp. 359-400.
- Bowman, B.M. & Robbins, D.M. (1972). Parameter study of biomechanical qualities in analytical neck models. Stapp 16, pp. 14-44.
- Brun-Cassan, F. et al. (1982). Determination of knee-femur-pelvis tolerance from the simulation of car frontal impacts. VII IRCOBI, Cologne, 1982, pp....
- Carothers, C.O.; Smith, F.C. & Calabrisi, P. (1949). The elasticity and strenght of some long bones of the human body. Project No. NM 001 056.02.13. Naval Medical Research Institute, Bethesda MD.
- Césari, D. & Ramet, M. (1979). Evaluation of human tolerance in frontal impacts. Stapp 23, pp. 873-914.
- Césari, D. & Ramet, M. (1982). Pelvic tolerance and protection criteria in side impact. Stapp 26, pp. 145-154.
- Césari, D.; Zac, R. & Johnson, A. (1983). Evaluation of side impact protection in barrier to car test. Stapp 27, pp. 399-406.
- Cromack, J.R. & Ziperman, H.H. (1975). Three-point belt induced injuries: A comparison between laboratory surrogates and real world accident victims. Stapp 19, pp. 1-24.
- Eppinger, R.H. (1976). Prediction of thoracic injury using measurable experimental parameters. NHTSA, 1976.
- Eppinger, R.H.; Augustyn, K. & Robbins, D.H. (1978). Development of a promising universal thoracic trauma prediction methodology. Stapp 25, pp. 219-268.
- Eppinger, R.H. & Chan, H.S. (1981). Thoracic injury prediction via digital convolution theory. Stapp 25, pp. 369-396.
- Ewing, C.L.; Thomas, D.J.; Lustick, L.; Muzzy, W.H.; Willems, G. & Majewski, P.L. (1976). The effect of duration, rate of onset and peak sled acceleration on the dynamic of the human head and neck. Stapp 20, pp. 1-42.
- Fayon, A.; Tarrière, C.; Walfisch, G.; Got, C. & Patel, A. (1975). Thorax of 3-points belt wearers during a crash (Experiments with cadavers). Stapp 19, pp. 195-224.
- Foret-Bruno, J.Y.; Hartemann, F.; Thomas, C.; Fayon, A.; Tarrière, C.; Got, C. & Patel, A. (1978). Correlation between thoracic lesions and force values measured at the shoulder of 92 belted occupants involved in real accidents. Stapp 22, pp. 269-293.

- Gennarelli, T.A.; Ommaya, A.K. & Thiboult, L.E. (1971). Comparison of translational and rotational head motions in experimental cerebral concussion. Stapp 15, pp. 797-803.
- Gennarelli, T.A.; Thiboult, L.E. & Ommaya, A.K. (1972). Pathophysiologic responses to rotational and translational accelerations of the head. Stapp 16, pp. 296-308.
- Hasselman, J. (1980). Drie-dimensionale dummielkarakteristieken ten behoeve van MADYMO-computersimulaties. Rapportnr. 700120002-H. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1980.
- Hasslegrave, C.M. & Hardy, R.N. (1979). Antropometric profile of the British car occupant. MIRA, Nuneaton, England, 1979.
- Heyer, T. (1983). Development of an injury prediction model; A study of feasibility on the basis of literature data. R-83-31. SWOV, Leidschendam, 1983.
- Hodgson, V.R.; Brinn, J.; Thomas, L.M. & Greenberg, S.W. (1970). Fracture behaviour of the skull frontal bone against cylindrical surfaces. Stapp 14, pp. 341-355.
- Hodgson, V.R. & Thomas, L.M. (1971a). Breaking strength of the human skull vs. impact surface curvature. Final report DOT-HS 800 583. Detroit, 1971.
- Hodgson, V.R. & Thomas, L.M. (1971b). Comparison of head acceleration injury indices in cadaver skull fracture. Stapp 15, pp. 190-206.
- Hodgson, V.R. & Thomas, L.M. (1972). Effect of long-duration impact on head. Stapp 16, pp. 292-295.
- Hodgson, V.R.; Thomas, L.M. & Prasad, P. (1970). Testing the validity and limitations of the severity index. Stapp 14, pp. 169-187.
- Janssen, ir. E.G. (1982a). Literatuurstudie Hoofdletsels I, ten behoeve van letselvoorspellend model van de SWOV. Rapportnr. 700160137-B. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1982.
- Janssen, ir. E.G. (1982b). Literatuurstudie Hoofdletsels II, ten behoeve van letselvoorspellend model van de SWOV. Rapportnr. 700160150-A. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1982.
- Janssen, ir. E.G. (1984). Literatuurstudie Buik- en bekkenletsels, ten behoeve van letselvoorspellend model van de SWOV. Rapportnr. 700560459. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1984.
- Kallieris, D.; Mattern, R.; Schmidt, G. & Klaus, G. (1982a). Comparison of three-point belt- and air bag-knee bolster systems; Injury criteria and injury severity at simulated frontal collisions. VII IRCOBI, Cologne, 1982, pp. 166-183.
- Kallieris, D.; Mellander, H.; Schmidt, G.; Barz, J. & Mattern, R. (1982b). Comparison between frontal impact tests with cadavers and dummies in a simulated true car restrained environment. Stapp 26, pp. 353-367.
- Khalil, T.B. & Viano, D.C. (1982). Critical issues in finite element modeling of head impact. Stapp 26, pp. 87-102.



- King, J.J.; Fan, W.R.S. & Vargovick, J. (1973). Femur load injury criteria; A realistic approach. Stapp 17, pp. 509-524.
- Klaus, G. & Kallieris, D. (1983). Side impact; A comparison between HSRI, APROD and HYBRID II dummies and cadavers. Stapp 27, pp. 365-381.
- Kroell, C.K.; Schneider, D.C. & Nahum, A.M. (1971). Impact tolerance and response of the human thorax. Stapp 15, pp. 84-134.
- Kroell, C.K.; Schneider, D.C. & Nahum, A.M. (1974). Impact tolerance and response of the human thorax II. Stapp 18, pp. 383-458.
- Kroell, C.K.; Schneider, D.C. & Nahum, A.M. (1976). Comparative knee impact response of Part 572 dummy and cadaver subjects. Stapp 20, pp. 583-606.
- Leung, Y.C.; Tarrière, C.; Lestrelin, D.; Got, C. Guillon, F.; Patel, A. & Hureau, J. (1982). Submarining injuries of 3 pt. belted occupants in frontal collisions; Description, mechanisms and protection. Stapp 26, pp. 173-206.
- Lobdell, T.E.; Kroell, C.K.; Schneider, D.C.; Hering, W.E. & Nahum, A.M. (1973). Impact response of the human thorax. Proc. GMR Symposium on Human impact response. Plenum Press, New York.
- Martin, R.B. & Atkinson, P.J. (1977). Age and sex-related changes in the structure and strenght of the human femoral shaft. J. Biomechanics, 1977, 10, pp. 223-231.
- Mather, B.S. (1968). Observations on the effects of static and impact loading in the human femur. J. Biomechanics, 1968, 1, pp. 331-335.
- Mattern, R.; Barz, J.; Schultz, F.; Kallieris, D. & Schmidt, G. (1979). Problems arising when using injury scales in the biomechanical investigation with special consideration of the age influence. IV IRCOBI, Göteborg, 1979, pp. 223-231.
- Melvin, J.W.; Stalnaker, R.L.; Alem, N.M.; Benson, J.B. & Mohan, D. (1975). Impact response and tolerance of the lower extremities. Stapp 19, pp. 543-560.
- Neathery, R.F. (1974). Analysis of chest impact response data and scaled performance recommendations. Stapp 18, pp. 459-494.
- Neathery, R.F.; Kroell, C.K. & Mertz, H.J. (1975). Prediction of thoracic injury from dummy responses. Stapp 19, pp. 295-316.
- Neathery, R.F. & Lobdell, T.E. (1973). Mechanical simulation of the human thorax under impact. Stapp 17, pp. 451-466.
- Nahum, A.M.; Gatts, J.D.; Gadd, C.W. & Danforth, J. (1968). Impact tolerance of the skull and face. Stapp 12, pp. 302-316.
- Nahum, A.M.; Schneider, D.C. & Kroell, C.K. (1970). Deflection of the human thorax under sternal impact. SAE 700400. 1970 International Automobile Safety Conf. Comp., pp. 797-807.
- Nahum, A.M.; Schneider, D.C. & Kroell, C.K. (1975). Cadaver skeletal response to blunt thoracic impact. Stapp 19, pp. 259-294.

- Nahum, A.M. & Smith, R.W. (1976). An experimental model for closed head impact injury. Stapp 20, pp. 783-814.
- Newman, J.A. (1980). Head injury criteria in automotive crash testing. Stapp 24, pp. 701-747.
- Nusholtz, G.S.; Alem, N.M. & Melvin, J.W. (1982). Impact response and injury of the pelvis. Stapp 26, pp. 103-144.
- Nusholtz, G.S.; Melvin, J.W. & Lux, P. (1983). The influence of impact energy and direction on thoracic response. Stapp 27, pp. 69-94.
- Ono, K.; Kikuchi, A.; Nakamura, M.; Kobayashi, H. & Nakamura, N. (1980). Human tolerance to sagittal impact reliable estimation deduced from experimental head injury using subhuman primates and human cadaver skulls. Stapp 24, pp. 101-160.
- Patric, L.M. & Levine, R.S. (1975). Injury to unembalmed belted cadavers in simulated collisions. Stapp 19, pp. 79-116.
- Patrick, L.M.; Kroell, C.K. & Mertz, H.J. (1965). Forces on the human body in simulated crashes. Stapp 9, pp. 237-260.
- Patrick, L.M.; Mertz, H.J. & Kroell, C.K. (1967). Cadaver knee, chest and head impact loads. Stapp 11, pp. 106-117.
- Peugeot/Renault (1982). Lateral dummy comparison testing. Final report EEC Phase IV, Contract F11. A.P.R., Paris, 1982.
- Powell, W.R.; Advani, S.H.; Clark, R.N.; Ojala, S.J. & Holt, D.J. (1974). Investigation of femur response to longitudinal impact. Stapp 18, pp. 539-556.
- Powell, W.R.; Ojala, S.J.; Advani, S.H. & Martin, R.B. (1975). Cadaver femur responses to longitudinal impacts. Stapp 19, pp. 561-580.
- Ramet, M. & Césari, D. (1979). Behaviour of restrained dummies and cadavers in frontal impacts. IV IRCOBI, Göteborg, 1979, pp. 210-222.
- Robbins, D.H.; Melvin, J.W. & Stalnaker, R.L. (1976). The prediction of thoracic impact injuries. Stapp 20, pp. 697-730.
- Roberts, S.B. & Pathak, S.K. Torsional behaviour of the human femur. (1977). III IRCOBI, Berlin, 1977, pp. 379-388.
- Saul, R.A.; Sullivan, L.K.; Marcus, J.H. & Morgan, R.M. (1983). Comparison off current antropomorphic test devices in a three-point belt restraint system. Stapp 27, pp. 445-462.
- Schimkat, H.; Weissner, R. & Schmidt, G. (1974). A comparison between Volkswagen automatic restraint and three-point automatic belt on the basis of dummy and cadaver tests. Stapp 18, pp. 293-302.
- Schmidt, G.; Kallieris, D.; Barz, J.; Mattern, R. & Klaiber, J. (1975). Neck and thorax tolerance levels of belt-protected occupants in head-on collisions. Stapp 19, pp. 225-258.

- Schneider, D.C. & Nahum, A.M. (1972). Impact studies of facial bones and skull. Stapp 16, pp. 186-203.
- Stalnaker, R.L.; McElhaney, J.H.; Roberts, V.L. & Trollope, M.L. (1973). Human torso response to blunt trauma. Proc. GMR Symposium on Human impact response. Plenum Press, New York.
- Stalnaker, R.L.; Melvin, J.W.; Nusholtz, G.S.; Alem, N.M. & Benson, J.B. (1977). Head impact response. Stapp 21, pp. 303-336.
- Stalnaker, R.L.; Nusholtz, G.S. & Melvin, J.W. (1977). Femur impact study. Report UM-HSRI-77-25.
- Stapp Car Crash Conferences Proceedings 1965, 1968-1984. Society of Automotive Engineering (Stapp 9, 12-28).
  - Stapp 9. Oct. 20-21, 1965. Un. of Minnesota, Minneapolis.
  - Stapp 12. Oct. 22-23, 1968. Detroit, Michigan.
  - Stapp 13. Dec. 2-4, 1969. Boston, Massachusetts.
  - Stapp 14. Nov. 17-18, 1970. Ann Arbor, Michigan.
  - Stapp 15. Nov. 17-19, 1971. Coronado, California.
  - Stapp 16. Nov. 8-10, 1972. Detroit, Michigan.
  - Stapp 17. Nov. 12-13, 1973. Oklahoma City, Oklahoma.
  - Stapp 18. Dec. 4-5, 1974. Ann Arbor, Michigan.
  - Stapp 19. Nov. 17-19, 1975. San Diego, California.
  - Stapp 20. Oct. 18-20, 1976. Dearborn, Michigan.
  - Stapp 21. Oct. 19-21, 1977. New Orleans, Louisiana.
  - Stapp 22. Oct. 24-26, 1978. Ann Arbor, Michigan.
  - Stapp 23. Oct. 17-19, 1979. San Diego, California.
  - Stapp 24. Oct. 15-17, 1980. Troy, Michigan.
  - Stapp 25. Sept. 28-30, 1981. San Francisco, California.
  - Stapp 26. Oct. 20-21, 1982. Ann Arbor, Michigan.
  - Stapp 27. Oct. 17-19, 1983. San Diego, California.
  - Stapp 28. Nov. 6-7, 1984. Chicago, Illinois.
- Viano, D.C. (1977). Considerations for a femur injury criterion. Stapp 21, pp. 443-474.
- Viano, D.C. et al. (1978). Bolster impacts to the knee and tibia of human cadavers and an anthropomorphic dummy. Stapp 22, pp. 401-428.
- Walfisch, G.; Fayon, A.; Leung, Y.C.; Tarrière, C.; Got, G. & Patel, A. (1979). Synthesis of abdominal injuries in frontal collisions with belt-wearing cadavers compared with injuries sustained by real-life accident victims. Problems of simulation with dummies and protection criteria. IV IRCOBI, Göteborg, 1979, pp. 151-164.
- Walfisch, G.; Fayon, A.; Tarrière, C.; Chamouard, F.; Guillon, F.; Got, C.; Patel, A. & Hureau, J. (1981). Human head tolerance to impact: Influence of the jerk on the occurrence of brain injuries. VI IRCOBI, Salon de Provence, 1981, pp. 286-296.
- Walsch, M.J. & Kelleher, B.J. (1978). Evaluation of air cushion and belt restraint systems in identical crash situations using dummies and cadavers. Stapp 22, pp. 293-340.
- Ward, C.; Chan, M. & Nahum, A. (1980). Intracranial pressure; A brain injury criterion. Stapp 24, pp. 161-186.

- Wismans, J.S.H.M. (1981a). Literatuurstudie Femurbreuken, ten behoeve van letselvoorspellend model van de SWOV. Rapportnr. 700160127-A. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1981.
- Wismans, dr.ir. J.S.H.M. (1981b). Literatuurstudie Frontale borstletsels, ten behoeve van letselvoorspellend model van de SWOV. Rapportnr. 700160127-B. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1981.
- Wismans, dr.ir. J.S.H.M. (1982). Literatuurstudie Zijdelingse borstletsels, ten behoeve van letselvoorspellend model van de SWOV. Rapportnr. 700160137-A. Instituut voor Wegtransportmiddelen TNO, Delft, 1982.
- Yamada, H. (1973). Strenghts of biological materials, 1973.