Die hematologiese profiel van persone werksaam by 'n koolteeraanleg van 'n petrochemiese fabriek.

DEUR:

AE Snyman

Skripsie ter gedeeltelike voldoening van die vereistes vir die graad M.Sc. Fisiologie (Beroepshigiëne) in die Vakgroep Fisiologie in die Skool vir Fisiologie, Voeding en Verbruikerswetenskappe aan die PU vir CHO.

STUDIELEIER: **Dr. FC Eloff**
MEDELEIER: **Mnr. PJ Laubscher**
HULPLEIER: **Mev. L Malan**

POTCHEFSTROOM
2000

Potchefstroomse Universiteit
vir Christelike Hoër Onderwys

BEDANKINGS

Ek wil graag die Hemelse Vader bedank vir die talente en vermoëns wat Hy aan my geskenk het sodat ek hierdie studie kon voltooi. Graag bedank ek ook die volgende persone vir hul individuele bydraes:

- *My studieleier, Dr. FC Eloff, medeleier, Mnr. PJ Laubscher en hulpleier, Mev. L Malan, vir hul leiding, hulp en ondersteuning.*
- *SASOL Sintetiese Brandstowwe te Secunda vir alle bydraes en onkostes deur hulle aangegaan ten einde hierdie projek te laat realiseer. Ek wil veral die volgende persone bedank:*
    - *Personeel by die Mediese Stasie, veral Dr. Willie Labuschagné en Suster Carine du Plooy;*
    - *Bedryfsfisioloog Johan Hyman;*
    - *Johan Fritz, Seksieleier by die Koolteeraanleg, wat ook die werknemers by die Koolteeraanleg aangemoedig het om vrywillig aan die projek deel te neem;*
    - *Werknemers by die Koolteeraanleg;*
    - *Personeel by die Beroepshigiëne afdeling, veral Mnre. Jacques Hurter, Thokozani Mdluli en Mev. Dalene Locke.*
- *Denel Naschem wat hul direkleesapparaat gratis aan my beskikbaar gestel het.*
- *Die personeel van die Ferdinand Postma Biblioteek, PU vir CHO, vir hul hulp tydens die literatuursoektog. Ek wil veral Mevv. Louise Vos en Anrieëtte Pretorius uitsonder.*
- *Personeel by Vakgroep Fisiologie, en veral Prof. NT Malan vir voortdurende goeie raad en hulp.*
- *Prof. Faans Steyn - van die PUK se Statistiese Konsultasiediens - se vriendelike hulp.*
- *Die Suid-Afrikaanse Bloedoortappingsdienste vir hul hulp met die bloedmonsterneming te Lydenburg.*
- *Deelnemende proefpersone van Lydenburg.*
- *Personeel, en veral Dr. Dan Steenkamp, van Du Buisson Laboratorium te Trichardt, se goeie raad.*
- *Die vriendelike personeel van die Geografie afdeling van die PU vir CHO se hulp met die landkaarte.*
- *Mev. Netta Schutte, vir haar presiese taalversorging.*
- *Me. Bronn vir die taalversorging van die Engelse opsomming.*
- *My pa en boetie by EJFS-Drukkers vir die druk en bind van die boeke.*
- *My ouers, familie en vriende in die studentehuis vir hul voortdurende belangstelling en ondersteuning.*
- *Paul-Jaco, vir sy bystand en begrip wat dit moontlik gemaak het om die studie te voltooi.*

OPSOMMING

AGTERGROND: Suurstof is 'n vereiste vir lewe. Sodra enige faktor die liggaam se verbruik daarvan belemmer, reageer die liggaam met verskeie terugkoppelingsisteme ten einde lewe te behou. 'n Liggaam wat vir lang tydperke aan effens verlaagde suurstofkonsentrasies blootgestel is, sal reageer deur 'n toename in die aantal rooibloedselle (Guyton & Hall, 2000:497). Sodra 'n groep mense dus 'n verhoogde aantal rooibloedselle toon in vergelyking met 'n normaalgroep, kan 'n moontlike oorsaak wees dat die eersgenoemde groep se liggame op onvoldoende suurstof-voorsiening aan die weefsel reageer. Die doel van hierdie studie was om te bepaal of werkers by 'n koolteeraanleg versteurde hematologiese waardes toon en indien wel, of dit deur vlugtige organiese verbindings veroorsaak word.

METODE: 'n Groep van 20 blanke, manlike persone werksaam by 'n koolteeraanleg van 'n petrochemiese fabriek is as Eksperimentele groep gebruik. 'n Kontrole groep van 20 blanke, manlike persone woonagtig in 'n dorp wat ver vanaf enige petrochemiese fabrieke geleë is en wat op dieselfde hoogte bo seevlak is, is afgepaar vanaf die Eksperimentele groep. Afparing is uitgevoer op grond van ouderdom, rookgewoonte, alkoholgebruik, oefengewoonte, tydperk wat die persoon in die omgewing woon asook vitamien- en ysteraanvullings. Volbloedtellings (VBT) van beide groepe proefpersone is uitgevoer, waar die vorige jaar se VBT-resultate van die Eksperimentele proefpersone ook versamel is. Blootstelling van die Eksperimentele groep aan vlugtige organiese verbindings (VOV's) is m.b.v. G.A.B.I.E.-plaatjies gedurende die jaarlikse afskakeling van die fabriek bepaal. Suurstof-, koolstofdioksied- en koolstofmonoksiedkonsentrasies is in die omgewings van beide proefgroepe bepaal. Metereologiese data van die Eksperimentele omgewing tydens proefneming is ook versamel.

RESULTATE: Die Kontrole groep se gemiddelde hematologiese parameters - soos verkry vanaf hul VBT - was binne die normaalgrense. Die Eksperimentele groep het statisties hoogs betekenisvolle ($p \leq 0{,}001$) verskille getoon ten opsigte van die rooibloedseltelling (RBS), hemoglobien (Hb) en hematokrit (Hkt) van die Kontrole groep, waar die Eksperimentele groep se waardes betekenisvol hoër as dié van die Kontrole groep was. Die gemiddelde korpuskulêre volume (GKV), gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (GKH) en gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie (GKHK) van die Eksperimentele groep het betekenisvol ($p \leq 0{,}05$) laer geword oor die tydperk van een jaar. Verder was die Eksperimentele groep aan 14 verskillende VOV's blootgestel, waar alle blootstelling onder die drempels daarvoor voorgeskryf was - volgens die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993).

- *Blootstelling aan n-heksaan en tolueen het nietemin sterk negatiewe korrelasies met die RBS getoon.*
- *Xileen het 'n negatiewe korrelasie met die GKV getoon en 'n positiewe korrelasie met die GKH.*

- 3-metielpentaan het 'n positiewe korrelasie met die RBS getoon.

Die suurstof-, koolstofdioksied- en koolstofmonoksiedkonsentrasies was by beide omgewings onder die voorgeskrewe drempels.

BESPREKING: Aangesien die Kontrole groep wel as 'n normaalgroep beskou kan word, kan bewys word dat die Eksperimentele groep wel hematologiese afwykings toon aangesien hul RBS, Hkt en Hb waardes betekenisvol hoër was as dié van die Kontrole groep. Wanneer hierdie afwykings in verband gebring word met hul blootstelling aan VOV's, toon korrelasies aan dat verskeie VOV's verbande met RBS toon. 'n Aantal VOV's, soos benseen, is daarvoor bekend om beenmurgskade aan te rig en hiperplasie te veroorsaak. Aangesien die suurstof-, koolstofdioksied- en koolstofmonoksiedkonsentrasies dieselfde in beide omgewings is, en daar vir hoogte bo seevlak, lewensgewoontes en persoonlike inligting gekompenseer is m.b.v. die Kontrolegroep, wil dit voorkom asof 'n aantal VOV's sinergisties saamwerk om die beenmurg te beskadig. Die liggaam probeer moontlik hiervoor kompenseer deur meer rooibloedselle te vervaardig (Guyton & Hall, 2000:385) vanwaar die verhoogde RBS, Hkt en Hb.

GEVOLGTREKKING: Die gevolgtrekking kan gemaak word dat werknemers by die Koolteeraanleg wel 'n verhoogde RBS, Hkt en Hb toon. Blootstelling aan verskeie VOV's veroorsaak moontlik beskadiging van die beenmurg. Hiperplasie van die oorblywende beenmurg ontstaan moontlik in 'n poging om aan die aanvraag na rooibloedselle in die liggaam te beantwoord wat sodoende die rooibloedseltelling tot 'n te hoë vlak laat styg. Hoewel blootstelling aan die VOV's volkome aan die wet voldoen omdat dit ver onder die voorgeskrewe drempels is, blyk dit tog dat langtermyn lae vlak blootstelling die oorsaak is. Werknemers se dalende GKV, GKH en GKHK is moontlik 'n aanduiding dat 'n tipe anemie besig is om te ontwikkel. Voordat enige definitiewe uitspraak egter gemaak kan word, moet verdere navorsing omtrent werknemers se eritropoïetienvlakke, leukosiete, trombosiete en beenmurgfunksie uitgevoer word. 'n Longitudinale studie waar van proefdiernavorsing gebruik gemaak word behoort meer lig op die onderwerp te plaas.

ABSTRACT

BACKGROUND: Oxygen is essential for life. If any factor inhibits the body's usage of oxygen, the body will react with a variety of feedback systems to retain life. When a person stays in an area with a slightly lower oxygen concentration for a long period, his body will react with an increase in the amount of erythrocytes (Guyton & Hall, 2000:497). When a group of people shows an increased amount of erythrocytes when compared to a normal group, it could be that the first group's bodies have reacted to an insufficient oxygen supply to the tissues. The purpose of this study is to investigate if workers at a coal tar plant have disturbed haematological values and should that be the case, if it is caused by volatile organic compounds.

METHOD: A group of 20 white males working at a coal tar plant of a petrochemical factory was used as Experimental group. A Control group of 20 white males living in a town which is remote from any petrochemical factory and which is on the same height above sea level as the Experimental environment, was paired to the Experimental group. Pairing of subjects was done on grounds of age, smoking habits, drinking habits, exercising habits, the period the person stayed in the area and usage of vitamin and iron supplements. Complete blood counts (CBC) of both groups were done, where the previous year's CBC results of the Experimental group were also gathered. Exposure of the Experimental group to volatile organic compounds (VOC) was monitored by using G.A.B.I.E. badges during the annual shut down of the factory. Oxygen, carbon dioxide and carbon monoxide concentrations were determined in both environments. The meteorological data of the Experimental environment were gathered on the days of VOC monitoring.

RESULTS: The mean haematological parameters - from the CBC - of the Control group were normal. The Experimental group showed highly significant ($p \leq 0,001$) differences in red blood cell count (RBC), haemoglobin (Hb) and haematocrit (Hct) when compared to the Control group, where the values of the Experimental group were higher than that of the Control group. The mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular haemoglobin (MCH) and mean corpuscular haemoglobin concentration (MCHC) of the Experimental group diminished significantly ($p \leq 0,05$) over a period of one year. The Experimental group was exposed to 14 different VOC's and all the exposure levels were far below the exposure limits from the Hazardous Chemical Substances Regulations (1995) in the Occupational Health and Safety Act (85/1993).

- *Exposure to n-hexane and toluene showed strong negative correlations with the RBC.*
- *Xylene showed a negative correlation with the MCV and a positive correlation with the MCH.*
- *3-methylpentane showed a positive correlation with the RBC.*

The oxygen, carbon dioxide and carbon monoxide concentrations of both environments were well below the prescribed limits.

DISCUSSION: The Control group represented a normal group which means it can be proved that the Experimental group showed haematological disturbances because their RBC, Hct and Hb values were significantly higher than those of the Control group. When these disturbances were connected to the exposure to VOC's, correlations showed that VOC's had a close connection with RBC. A number of VOC's, like benzene, is known for its ability to cause damage to the bone marrow and to cause hyperplasia. Considering that the oxygen, carbon dioxide and carbon monoxide concentrations were the same in both environments, and that height above sea level, habits and personal information with the Control group were compensated for, it seems as if a number of VOC's act synergistically to damage the bone marrow of the Experimental group. The body tries to compensate by producing more erythrocytes (Guyton & Hall, 2000:385) which is the cause of the high RBC, Hct and Hb.

CONCLUSION: Workers of the Coal tar plant showed an elevated RBC, Hct and Hb. Exposure to a variety of VOC's could possibly cause destruction of the bone marrow which in turn caused hyperplasia of the remaining bone marrow, thereby attempting to supply the demand for red blood cells in the body and thereby causing the red blood cell count to raise. Although the exposure to VOC's complies entirely to the law, the effect of long-term low level exposure may be the cause of the disturbed erythrocyte parameters. The lowering of MCV, MCH and MCHC of workers is probably an indication that a type of anaemia is beginning to develop. But further research is necessary before any definite utterance can be made. Research concerning the erythropoietin levels, leukocytes, platelets and bone marrow function of these workers should be conducted. A longitudinal study where animals are used as experimental subjects should throw some light on the subject.

INHOUDSOPGAWE

HOOFSTUK 1 INLEIDING 2

1.1 ALGEMENE INLEIDING 2
1.2 MOTIVERING VIR STUDIE 3
1.3 DOELSTELLING 4
1.4 HIPOTESE 4
1.5 LITERATUURSTUDIE 4
1.5.1 Die SASOL-proses 4
1.5.2 Die Koolteeraanleg 6
1.5.3 Koolteerpikvlugstowwe 8
1.5.4 Vlugtige organiese verbindings 11
1.5.5 Hematologie 19
1.5.6 Eritrosiete/Rooibloedselle 20

2. HOOFSTUK 2 METODE 41

2.1 EKSPERIMENTELE PROEFPERSONE 41
2.2 PROTOKOL 41
2.2.1 Eksperimentele groep 41
2.2.2 Kontrole groep 42
2.3 VOLBLOEDTELLING BEPALINGS 43
2.4 METING VAN BLOOTSTELLING AAN VLUGTIGE ORGANIESE VERBINDINGS 43
2.5 METING VAN ANDER GASKONSENTRASIES 44
2.6 METEREOLOGIESE DATA 44
2.7 STATISTIESE VERWERKINGS 45

3. HOOFSTUK 3 RESULTATE 47

3.1 INLEIDING 47
3.2 KONTROLE GROEP 47
3.2.1 Verwantskappe tussen veranderlikes 48
3.3 EKSPERIMENTELE GROEP 49
3.3.1 Verwantskappe tussen veranderlikes 50
3.3.2 Verskille tussen veranderlikes 52
3.4 VERGELYKING TUSSEN KONTROLE EN EKSPERIMENTELE GROEPE 53
3.4.1 Tydperk wat in die gebied gewoon/gewerk word 55
3.4.2 Gebruik van vitamiene en/of yster aanvullings 55
3.4.3 Rooibloedseltelling (RBS-telling) 56
3.4.4 Hemoglobien 56
3.4.5 Hematokrit 57
3.4.6 Rooibloedsel distribusie wydte 57
3.5 RESULTATE VAN BLOOTSTELLING AAN VLUGTIGE ORGANIESE VERBINDINGS (VOV'S) BY DIE EKSPERIMENTELE GROEP 58
3.5.1 Resultate van proefpersone se tydbeswaarde gemiddelde (TBG) blootstelling aan afsonderlike VOV's 58
3.5.2 Vergelyking tussen blootstelling aan verskillende VOV's en rooibloedsel parameters 62
3.5.3 Verskille in gasblootstelling tydens skofte 65
3.6 RESULTATE VAN O_2, CO_2 EN CO METINGS 66
3.6.1 Lydenburg 66
3.6.2 By die Koolteeraanleg in Secunda 66
3.7 METEREOLOGIESE DATA 67

4. HOOFSTUK 4 BESPREKING 69

4.1 INLEIDEND 69
4.2 KONTROLEGROEP, LYDENBURG 70
4.2.1 Waardes wat nie binne die normale grense val nie 70
4.2.2 Korrelasies tussen hematologiese faktore en persoonlike inligting 71
4.3 EKSPERIMENTELE GROEP, SECUNDA 72
4.3.1 Korrelasies tussen die hematologiese faktore, persoonlike inligting en lewensgewoontes 74
4.3.2 Verskille tussen die hematologiese veranderlikes van 1999 en 2000 75
4.4 VERGELYKING TUSSEN DIE KONTROLE EN EKSPERIMENTELE GROEPE 75
4.4.1 Ooreenstemming van persoonlike-, biografiese inligting en lewensgewoontes 76
4.4.2 Vergelyking tussen hematologiese parameters 77
4.5 DIE EKSPERIMENTELE GROEP SE BLOOTSTELLING AAN VLUGTIGE ORGANIESE VERBINDINGS 79
4.5.1 Betekenisvolle korrelasies van Skof 1 80
4.5.2 Betekenisvolle korrelasies van Skof 2 81
4.5.3 Betekenisvolle korrelasies van Skof 3 82
4.6 O_2, CO_2 EN CO KONSENTRASIES 82
4.7 METEREOLOGIESE DATA 83

5. HOOFSTUK 5 GEVOLGTREKKING 85

5.1 BEVINDINGE 85
5.2 SLOTSOM 91

6. BIBLIOGRAFIE 93

BYLAE A I

LYS VAN FIGURE

Figuur 1.1 Funksie van die eritropoiëtien meganisme om die produksie van eritrosiete te versnel wanneer verskeie faktore weefseloksiginering laat afneem 23
Figuur 3.1 'n Voorstelling van die statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$) wat tussen hematologiese parameters en persoonlike inligting van die Kontrole groep voorkom ($n = 20$). 49
Figuur 3.2 'n Voorstelling van die hematologiese parameters, persoonlike inligting en lewensgewoontes van die Eksperimentele groep waar statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$). Met 1999 hematologiese data: $n = 17$ en 2000 hematologiese data: $n = 20$. 51
Figuur 3.3 'n Voorstelling van die verskille wat tussen 1999 en 2000 se hematologiese parameters van die Eksperimentele groep voorkom ($n = 17$). Waar statisties betekenisvolle verskille (*) ($p \leq 0,05$). 52
Figuur 3.4 'n Voorstelling van die verskille in persoonlike inligting, lewensgewoontes en hematologiese waardes wat tussen die Kontrole en Eksperimentele groep voorkom ($= p \leq 0,05$ en ** $= p \leq 0,001$) ($n = 20$).* 54
Figuur 3.5 Die gemiddelde tye wat die Kontrole en Eksperimentele proefpersone in hul dorpe woon 55
Figuur 3.6 Die gemiddelde gebruik van vitamien en/of yster aanvullings deur die Kontrole en Eksperimentele groepe 55
Figuur 3.7 Die gemiddelde rooibloedseltellings van die Kontrole en Eksperimentele groepe 56
Figuur 3.8 Die gemiddelde hemoglobienwaardes van die Kontrole en Eksperimentele groepe 56
Figuur 3.9 Die gemiddelde hematokritwaardes van die Kontrole en Eksperimentele groepe 57
Figuur 3.10 Die gemiddelde rooibloedsel distribusie wydtes van die Kontrole en Eksperimentele groepe 57
Figuur 3.11 'n Aanduiding van die gemiddelde blootstelling aan afsonderlike VOV's deur die Eksperimentele groep 61
Figuur 3.12 'n Aanduiding van die persentasie Eksperimentele proefpersone blootgestel aan afsonderlike VOV's per skof 61
Figuur 3.13 Korrelasie tussen die RBS-telling en blootstelling aan n-heksaan van Skof 1 62
Figuur 3.14 Korrelasie tussen RBS-telling en blootstelling aan tolueen van Skof 1 63
Figuur 3.15 Korrelasie tussen GKV en blootstelling aan xileen van Skof 1 63
Figuur 3.16 Korrelasie tussen RBS-telling en blootstelling aan 3-metielpentaan van Skof 1 64
Figuur 3.17 Korrelasie tussen GKH en blootstelling aan xileen van Skof 2 65
Figuur 5.1 Interpretasie van moontlike gebeure na blootstelling aan sekere gevaarlike chemiese substansies 90

LYS VAN TABELLE

Tabel 1.1 TBG-BBd van koolteerpikvlugstowwe 11
Tabel 1.2 VOV's en gesondheid 13
Tabel 1.3 Normale eritrosietwaardes op verskillende ouderdomme 30
Tabel 3.1 Die gemiddelde persoonlike inligting, lewensgewoontes en hematologiese waardes asook standaard afwykings van die Kontrole groep 48
Tabel 3.2 Die gemiddelde persoonlike inligting, lewensgewoontes en hematologiese waardes asook standaard afwykings van die Eksperimentele groep 50
Tabel 3.3 Werknemers se TBG blootstelling aan verskillende VOV's 59
Tabel 3.4 Opsomming van die aantal proefpersone wat aan 'n VOV blootgestel word, asook die gemiddelde vlak van blootstelling per substansie 60
Tabel 3.5 Gaskonsentrasies soos gemeet in Lydenburg omgewing 66
Tabel 3.6 Gaskonsentrasies soos gemeet in die Koolteeraanleg te Secunda 67
Tabel 3.7 Metereologiese data van 3 en 4 September 2000 67

LYS VAN AFKORTINGS

ACGIH	– American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc.
BBd-Ad	– Beroepsbloostellingsdrempel – Aanbevole drempel
BBd-Bd	– Beroepsblootstellingsdrempel – Beheerdrempel
CBC	– Complete Blood Count
dl	– desiliter
dpm	– dele per miljoen
fl	– femtoliter
g/dl	– gram per desiliter
GCS	– Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansie (1995)
GKH	– Gemiddelde Korpuskulêre Hemoglobien
GKHK	– Gemiddelde Korpuskulêre Hemoglobien Konsentrasie
GKV	– Gemiddelde Korpuskulêre Volume
Hb	– Hemoglobien
Hct	– Haematocrit
Hkt	– Hematokrit
MCH	– Mean Corpuscular Haemoglobin
MCHC	– Mean Corpuscular Haemoglobin Concentration
MCV	– Mean Corpuscular Volume
NIOSH	– National Institute of Occupational Safety and Health
OSHA	– Occupational Safety and Health Administration
pg	– pikogram
RBS	– Rooibloedsel(telling)
RDW	– Rooibloedselvolume Distribusie Wydte
REL	– Recommended Exposure Limit
STEL	– Short Term Exposure Limit
TBG	– tydbeswaarde gemiddeld
TLV	– Theshold Limit Value
VBT	– volbloedtelling
VOC	– volatile organic compounds
VOV	– vlugtige organiese verbindings

1. HOOFSTUK 1 INLEIDING 2

1.1 ALGEMENE INLEIDING 2
1.2 MOTIVERING VIR STUDIE 3
1.3 DOELSTELLING 4
1.4 HIPOTESE 4
1.5 LITERATUURSTUDIE 4
1.5.1 Die SASOL-proses 4
1.5.2 Die Koolteeraanleg 6
1.5.3 Koolteerpikvlugstowwe 8
1.5.4 Vlugtige organiese verbindings 11
1.5.5 Hematologie 19
1.5.6 Eritrosiete/Rooibloedselle 20

1. HOOFSTUK 1 Inleiding

1.1 Algemene inleiding

Suurstof is 'n vereiste vir lewe. Sodra enige faktor die liggaam se verbruik daarvan belemmer, bepaal Godingestelde liggaamsfunksies dat daar met verskeie terugkoppelingsisteme gereageer word - ten einde *lewe* te behou.

Die voorsiening van suurstof aan die liggaamselle kan verhinder word deurdat die omgewingskonsentrasie daarvan abnormaal laag daal. Andersins kan 'n gevaarlike substituut, byvoorbeeld vlugtige organiese verbindings, suurstof in die omgewingslug verplaas. Óf beide gevalle kan plaasvind om 'n potensiërende effek te hê en gesamentlik daartoe lei dat liggaamselle nie voldoende suurstof ontvang om met normale liggaamsprosesse voort te gaan nie.

Volgens Olishifski (1988:19) veroorsaak atmosfere waarin daar 'n suurstoftekort is 'n onvermoë om te beweeg en 'n semi-bewuste vrees omtrent die naderende dood. Wanneer in 'n area met te min suurstof inbeweeg word, toon 'n individu gewoonlik geen waarskuwingsimptome nie, maar verloor onmiddellik sy bewussyn. Hy kan later ook nie die insident herroep nie. Daar kan geensins op 'n mens se sintuie staatgemaak word om te waarsku dat die omgewingslug 'n tekort aan suurstof bevat nie.

Andersins kan die omgewingslug wel die normale persentasie suurstof bevat, maar 'n interne faktor verhoed dat dit aan die liggaamselle voorsien word wat daartoe lei dat hipoksie ontstaan. Hierdie faktore kan insluit: hipoventilasie, pulmonêre siekte, onvoldoende suurstoftransport deur die bloed na die weefsel wanneer koolstofmonoksied byvoorbeeld aan hemoglobien se suurstofbindingsplek bind, of 'n onvoldoende suurstofverbruik deur die weefsel (Guyton & Hall, 2000:490).

Hoe dit ook al sy, die liggaam ontvang nie die nodige suurstof nie. As die graad daarvan ernstig is, kan seldood intree, maar in minder ernstige gevalle sal terugkoppelingsisteme van die liggaam dit kan teëwerk. Nietemin kan verswakte mentale aktiwiteit, wat somtyds tot 'n koma lei, ontstaan met 'n gepaardgaande verswakte werkskapasiteit van die spiere (Guyton & Hall, 2000:490).

Indien 'n liggaam vir lang tydperke aan effens verlaagde suurstofkonsentrasies blootgestel word, pas die liggaam daarby aan deur (1) 'n kragtige toename in pulmonêre ventilasie, (2) 'n toename in die aantal rooibloedselle, (3) 'n toename in die diffusie kapasiteit van die longe, (4) 'n toename in die vaskularisasie van die weefsels, en (5) 'n verhoogde vermoë van liggaamselle om suurstof te verbruik (Guyton & Hall, 2000:497).

Sodra 'n groep mense dus 'n verhoogde aantal rooibloedselle toon in vergelyking met 'n normaalgroep, kan 'n moontlike oorsaak wees dat die eersgenoemde groep se liggame op onvoldoende suurstofvoorsiening aan die weefsel reageer. Ten einde die oorsaak van onvoldoende suurstofvoorsiening vas te stel, moet aandag geskenk word aan omgewingsfaktore en interne faktore wat 'n invloed op suurstofvoorsiening kan hê.

1.2 Motivering vir studie

Personeel van die Mediese Stasie te Sasol Sintetiese Brandstowwe (SSB), Secunda, moet toesien dat alle werknemers jaarliks 'n mediese ondersoek ondergaan. Tydens só 'n mediese ondersoek word daar onder andere 'n bloedmonster geneem wat vir 'n volbloedtelling na 'n laboratorium gestuur word.

Tydens 1999 is daar waargeneem dat werknemers by die Koolteeraanleg 'n effense abnormaliteit in hul rooibloedselparameters toon. Die geneeskundige by die Mediese Stasie het opgemerk dat veral werknemers van die Koolteeraanleg oor die algemeen 'n verhoogde hematokrit toon. Agtien produksiewerkers by die Koolteeraanleg het in 1999 'n gemiddelde hematokritwaarde van 0,5051 getoon, waar die normaalgrense vir mans aangedui word as tussen 0,40 tot 0,45 (Sherwood, 2000:369; Guyton & Hall, 2000:266; Vander *et al.*, 1998:373; West, 1990:138). Hierdie werknemers word aan verskeie gevaarlike chemiese substansies blootgestel, maar die presiese oorsaak van die probleem is onbekend. In hierdie studie is daar gepoog om te bepaal of daar werklik 'n probleem bestaan, en indien wel, wat die moontlike oorsaak daarvan kan wees.

1.3 Doelstelling

Om te bepaal of werkers by 'n koolteeraanleg van 'n petrochemiese fabriek versteurde hematologiese waardes toon en indien wel, of dit deur vlugtige organiese verbindings veroorsaak word.

1.4 Hipotese

Die hipotese word gestel dat:

- langtermyn blootstelling aan sekere vlugtige organiese verbindings daartoe lei dat die volgende hematologiese afwykings by Koolteeraanlegwerkers ontstaan:
  - verhoogde rooibloedseltelling en hematokrit; en
  - verhoogde hemoglobienwaardes.
- Koolteeraanlegwerkers se verhoogde rooibloedselparameters betekenisvol sal verskil van 'n normaalgroep, wat nie blootstelling aan vlugtige organiese verbindings ervaar nie.

1.5 Literatuurstudie

1.5.1 Die SASOL-proses

Die SASOL-proses bestaan uit drie fases en word in dele A, B en C bespreek:

A. *Olie-vanuit-Steenkool Proses*

Hierdie proses word in al die bestaande werkende fasiliteite in Suid-Afrika gebruik. Huidiglik word 150 000 vate sintetiese brandstowwe per dag geproduseer en 'n totaal van 700 miljoen vate is in oormaat geproduseer sedert die ontstaan van Sasol Sintetiese Brandstowwe in die vroeë 1980's (Sasol, 2000b).

Sasol gebruik rou materiaal tot eie voordeel deur dit te verwerk na finale produkte om sodoende ekstra waarde daaraan toe te voeg. Jaarliks voeg Sasol Sintetiese Brandstowwe (SSB) ekstra waarde toe aan meer as 40 miljoen ton laegraadse steenkool wat nie uitgevoer kan word of andersins gebruik kan word nie. Dit is Sasol se strategie om al hoe meer van die kosbare chemikalieë in produkstrome te herwin en weer te plaas in nasionale en internasionale chemiese markte. Die waarde van laegraadse steenkool word dus sodoende gemaksimaliseer (Sasol, 2000b).

Die olie-vanuit-steenkool proses (A) kan as volg uiteengesit word:

Die Sasol proses (Sasol, 2000a) begin in die gasaanleg waar steenkool onder hoë druk en teen 'n hoë temperatuur, in die teenwoordigheid van stoom en suurstof na gas omgeskakel word. Na afkoeling voorsien die gas se kondensasieproses byprodukte soos tere, olies en pik. Ander byprodukte soos stikstofverbindings, swawel en fenole word herwin as ammoniak, swawel, kresole en fenol respektiewelik. Die pik word verwerk na kooks in die anode kooksaanleg. Die gesuiwerde gas is dan beskikbaar vir omskakeling deur middel van óf die Sasol gevorderde Synthol (C) óf "Slurry" Fase (B) reaktor tegnologie.

Nadat suiwering plaasgevind het, word die gesintetiseerde gas na die Fischer-Tropsch eenheid in Secunda gestuur. Hierna word die gesintetiseerde gas gestuur na die Sasol Gevorderde Synthol reaktors. Hier reageer die waterstof en koolstofmonoksied onder druk in die teenwoordigheid van 'n vloeibare ysterbasis katalis om 'n breë spektrum koolwaterstowwe in die C1-C20 reeks te vorm. Groot voordeel word hier verkry, omdat kosbare chemiese komponente tegelykertyd saam met sintetiese olie vervaardig word. Geoksigineerde koolwaterstowwe en reaksiewater word ook geproduseer in hierdie proses. Die koolwaterstowwe wat in hierdie reaktors gevorm word, word afgekoel in 'n reeks stappe binne 'n produkherwinningsaanleg, totdat die meeste komponente na vloeistowwe omgeskakel is.

By die Sasol Chemiese Industrieë fabriek in Sasolburg, word die gesintetiseerde gas vanaf die gasaanleg omgeskakel binne die Sasol "Slurry" Fase reaktor. In hierdie Fischer-Tropsch omskakelingsproses reageer die gesintetiseerde gas teen 'n laer temperatuur as binne die Synthol reaktors om koolwaterstowwe te produseer wat hoofsaaklik in die distillaat en wasreeks val.

Koolwaterstofryke fraksies en metaanryke gas word van mekaar geskei deur gebruik te maak van die verskille in kookpunte. Sommige van die metaanryke gas (C1) word verkoop as pyplyn brandstofgas, waar die res gestuur word na 'n gasvormingseenheid waar dit teruggeskakel word na die gesintetiseerde gas deur gebruik te maak van voorverhitte suurstof en hoë hitte stoom. Daarna word dit teruggestuur na die Synthol reaktors. Die C2 ryke stroom word verdeel in etileen en etaan. Die etaan word deur hoë temperature omgeskakel na etileen wat dan gesuiwer word. Propileen afkomstig vanaf die ligte koolwaterstofgasse, word gesuiwer en dan gebruik in die vervaardiging van polipropileen. Propileen word ook saam met ammoniak gebruik om akrilonitriel te vorm wat gebruik word om akrielvesels te vorm. Na koolwaterstowwe in die C4 en C20 reeks word verwys as die "heavy cut" of "oil stream". Hierbinne kom ook groot hoeveelheid olefiene in die C5 tot C8 reeks voor. Alfa Olefiene, Penteen (C5) en Hekseen (C6), word herwin deur die tegnologie te gebruik wat deur Sasol se Sastech afdeling ontwikkel is, waar die langer ketting olefiene (C7-C8) na die brandstof poel gestuur word. Die grootste hoeveelheid van hierdie "oil stream" word gestuur na 'n raffinadery, waar vloeibare petroleum gas, propaan, butaan, brandstof olie, verligtingsparaffien, petrol, diesel en asfalt vervaardig word deur gebruik te maak van 'n unieke samestelling van essensiële tegnieke. By die Natref Raffinadery word ru-olie verwerk om petrol, diesel, vloeibare petroleumgas, paraffien en asfalt te produseer. Geoksigineerde stowwe vanaf die wateragtige stroom vanaf die Sasol Gevorderde Synthol proses word geskei en in die chemiese aanleg gesuiwer om hoër alkohole, asynsuur, ketone, metiel etiel ketone en metiel isobutiel ketone te produseer.

↓

Behalwe vir harde was, kerswas en Fischer-Tropsch was, kan hoë kwaliteit diesel ook in hierdie proses vervaardig word. Residuele gas vanaf die lae temperatuur Fischer-Tropsch proses in Sasolburg, word verkoop as brandstofgas, terwyl die ligter koolwaterstowwe hidrobehandeling ontvang om suiwer keroseen en parafienfraksies te vervaardig. Ammoniak word ook geproduseer, wat dan verkoop kan word of wat gebruik kan word om plofstowwe en kunsmis te vervaardig (Sasol, 2000a).

B. "Slurry" Fase Distilleringsproses (Gas-na-Vloeistowwe)

Sasol Sintetiese Brandstowwe bemark die Sasol "Slurry" Fase Distilleringsproses vir die produksie van hoë kwaliteit diesel vanaf natuurlike gas (Sasol, 2000a).

C. Gevorderde Synthol Tegnologie

Hierdie proses is deur Sasol ontwikkel om gesintetiseerde gas te verwerk tot gasbrandstowwe en ligte olefiene. Hierdie tegnologie kan gebruik word om vloeibare brandstowwe en chemikalieë vanaf natuurlike gas te vorm op 'n soortgelyke manier as die Sasol "Slurry" Fase Distilleringsproses (Sasol, 2000a).

1.5.2 Die Koolteeraanleg

Kooltere, wasolies en pik, wat kondenseer as byprodukte tydens die steenkool-na-gasomskakelingsproses, word verder verwerk in die Koolteeraanleg. Die Koolteeraanleg word verdeel in eenhede 39, 75, 76, 77 en 81. Wasolies en pikolies word voorsien vanaf Eenheid 77 na stoortenks by Eenheid 39 waarvandaan dit gelei word na reaktors om kooks te vorm. Die gevaarlikste chemiese substansies wat voorkom in die prosesse is ***koolteerpikvlugstowwe*** ("coal tar pitch volatiles") en ***vlugtige organiese verbindings*** ("volatile organic compounds"). Die kooks wat gevorm is, word dan verder verwerk by Eenhede 71 en 81 en versprei deur middel van spoorweë vanaf die silo's by Eenheid 76 (Mitchell, 1999:1).

By die koolteerpiktenks in Eenheid 39 word daar gevaarlike dampe vrygestel wat tot omgewings- en gesondheidsgevare lei. Daar is reeds bewys dat longkanker 'n gevolg is van blootstelling aan ***koolteerpikvlugstowwe (KTPV)***. Met 'n gevaarlike chemiese substansie ondersoek wat by die Koolteeraanleg van Secunda uitgevoer is, is bevind dat die tydbeswaarde gemiddelde beroepsblootstellingsdrempel (TBG-BBd) vir koolteerpikvlugstowwe oorskry is by die tenk-dipstasie (Mitchell, 1991:1).

Blootstelling aan koolteerpikvlugstofmis is erg onaangenaam en affekteer die vel, oë en veroorsaak respiratoriese irritasie en 'n brandsensasie. Hoewel die tenkuitlate relatief hoog is, kan die mis met tye deur die aanleg versprei en daartoe lei dat werknemers kla van die onaangename effekte daarvan. Die kondensasie van vog lei tot die ontstaan van klein partikels wat die grootste gesondheidsgevare inhou (Mitchell, 1999:1).

Vanuit waarnemings van die uitlaatdampe asook vanaf kennis van pikeienskappe en die storingsproses, kan die gevolgtrekking gemaak word dat die dampe 'n vorm van gekondenseerde mis is. Partikelgroottes in 'n dispersie wat ontstaan vanaf die kondensasie van die dampe is gewoonlik baie klein, en wissel vanaf 0,1 tot 30 µm (Mitchell, 1999:1).

Die neerlegging van partikels kleiner as 50 µm vind moeilik plaas. Dit kan slegs plaasvind in stilstaande lug, wat uiters min sal voorkom. Daaruit kan afgelei word dat bykans al die misvrystellings luggedraagd sal bly. Fyn partikels waarvan die groottes wissel vanaf 0,2 tot 2,0 µm voorsien die grootste gesondheidsrisiko wanneer dit die liggaam binnedring en neerlegging in die longe plaasvind (Mitchell, 1999:2).
KTPV bevat fenol asook fenolverbindings, polisikliese aromatiese koolwaterstowwe soos benso(a)pireen, bensantraseen asook ander koolwaterstowwe. In die literatuur is bevind dat benso(a)pireen en groot polisikliese koolwaterstowwe karsinogeniese stowwe is (Mitchell, 1999:2).

Vlugtige organiese verbindings wat voorkom sluit onder andere in benseen, n-heptaan, n-heksaan, n-oktaan, Stoddard oplosmiddel, tolueen en xileen. By die nafta monsternemingspunt kan daar 'n opbou van hierdie vlugtige organiese koolwaterstowwe plaasvind (Mitchell, 1999:2).

1.5.2.1 Afskakeling van die fabriek

SSB voer jaarliks gedurende Septembermaand 'n totale afskakeling van die hele fabriek uit waartydens alle prosesse vir 'n tydperk gestaak word. Tydens hierdie periode (2-16 September 2000) word herstelwerk verrig aan areas waaraan daar nie tydens normale werkende toestande aandag gegee kan word nie. Dit is ook tydens hierdie tydperk wat werknemers soms hul hoogste blootstelling aan gevaarlike chemiese substansies kan ervaar.

By Eenheid 39 van die Koolteeraanleg word die stoortenks, asook die res van die aanleg leeg- en skoongemaak vir die jaarlikse sanitêre inspeksies. Voordat inspeksies gedoen word, word stoom gebruik om alle gasse en olierigheid uit die sisteem te suiwer. Die inhoud van die sisteem word dus deur die stomingsproses in die atmosfeer vrygestel. Daarna word sandspuiting of glasspuiting gebruik om dele skoon te maak, afhangende van die oppervlak waarmee gewerk word. Sekere toerusting word met behandelde water skoongemaak, sodat daar geen neerslae gevorm word nie. Gedurende hierdie tydperk is werknemers kontinu by die prosesse betrokke.

Waar die dertig produksiewerkers van hierdie aanleg normaalweg 8 uur skofte werk, moet daar tydens die afskakelingsperiode 12 uur skofte gewerk word om te verseker dat al die nodige werk tydens die periode afgehandel word. Werknemers wat vir die Ondersteuningsgroep van Eenheid 39 werk, werk normaalweg slegs dagskof, maar moet ook tydens hierdie periode 12 uur skofte inwerk.

Die gevolgtrekking kan gemaak word dat werknemers se hoogste moontlike blootstelling aan gevaarlike chemiese substansies tydens hierdie afskakelingstydperk plaasvind.

1.5.3 Koolteerpikvlugstowwe

Die *Occupational Safety and Health Administration (OSHA) definieer* die term *koolteerpikvlugstowwe* as die saamgesmelte polisikliese koolwaterstowwe wat verdamp vanuit die distillasie-oorblyfsels van steenkool, petrol, hout en ander organiese stowwe. Die koolteerpikvlugstowwe wat verder bespreek sal word is dié wat betrokke is by die afbrekende distillasie van steenkool, asook die produksie en gebruik van koolteer en koolteerpik (Reeve, 1988:712).

Fisies kan koolteerpik gewoonlik as 'n dik, swart of donkerbruin vloeistof of semi-vastestof met 'n rokerige reuk beskryf word. Ander benamings vir koolteerpik-vlugstowwe sluit in koolteerpik, pik olie of kreosiet (OSHA, 2000).

Die *chemiese* samestelling van koolteerpik is kompleks en kan varieer. Die hoeveelheid stowwe waaruit koolteerpik bestaan word op duisende geskat. As gevolg van die variasie in bronmateriale en produksieprosesse, insluitende verskillende temperature en tye van verkoling, is geen twee kooltere of pik chemies identies nie. Oor die algemeen

bestaan sowat 80 % van die totale hoeveelheid koolstof in kooltere in aromatiese vorm. Vlugtige dampe, genoem koolteerpikvlugstowwe, word vrygestel wanneer koolteer, koolteerpik, of produkte daarvan, verhit word. Koolteerpikvlugstowwe bevat polisikliese koolwaterstowwe met 'n lae molekulêre gewig soos naftaleen, fluoreen, antraseen, akridien en fenantreen, asook hoë molekulêre gewig polisikliese koolwaterstowwe, insluitende bekende karsinogene soos benso(a)pireen, benso(a)antraseen, benso(j)fluorantreen, kriseen en dibens(a,b)antraseen. Ander alifatiese en heterosikliese koolwaterstowwe is ook teenwoordig, wat die verdere karsinogeniese potensiaal van ander stowwe teenwoordig in koolteerpikvlugstowwe, kan versterk (Reeve, 1988:712).

Industriële prosesse waartydens blootstelling aan koolteerpikvlugstowwe tipies plaasvind is onder andere metallurgiese kooksproduksie, chemiese- en teerherwinning vanaf kooks byprodukte en steenkool gasproduksie, aluminium produksie, pypbestryking van koolteeremaljes ter voorkoming van roes, en ook in die dak- en plavei-industrieë (Reeve, 1988:713).

Metallurgiese *kooks* word geproduseer deur die verhitting van bitumineuse steenkool (d.w.s. steenkool met 'n gemiddelde hardheid) tot temperature wat wissel van 1 100 °C tot 1 400 °C in die afwesigheid van suurstof vir 'n tydperk van 18 uur of langer. Elke kooksoond het 'n aantal openinge aan die bokant met verwyderbare deure aan beide kante. Steenkool word deur die boonste openinge in die oond gelaai. Nadat verkooksing voltooi is, word die deure aan kante van die oonde verwyder en die kooks word uitgeforseer op 'n oppervlak waar dit met water gespuit en sodoende geblus word. Gedurende hierdie kooksproses verdamp 'n groot hoeveelheid van die steenkoolmassa. Werkers met die grootste blootstelling aan hierdie dampe is dié wat werksaam is by die bokante van die kooksoonde, maar werkers wat aan die kante van die oonde werk en wat by die blus van die kooks teenwoordig is, ervaar ook blootstelling (Reeve, 1988:713).

Kooksoondgasse word gekondenseer en deur pype vervoer na 'n byproduk-herwinningsaanleg waar koolteer, olies en chemikalieë herwin word vanaf die gekondenseerde kooksoonddampe. Koolteerpik is die residu vanaf die fraksionele distillasie van koolteer (Reeve, 1988:713). Koolteerpikvlugstowwe verdamp dan vanaf die oppervlak van warm koolteer gedurende die teerprosesserende verwerkings. Die

dampe bly in die lug hang, veral in geslote areas en dit reageer nie met ander materiale nie (Friedman, 1994).

Vroeg in die 1900's is die *gesondheidseffekte* van koolteerpikvlugstowwe aangetoon deurdat werkers wat aan koolteerpikvlugstowwe blootgestel was en gewerk het sonder om beskermende toerusting te gebruik long-, blaas-, vel- en nierkanker ontwikkel het. Daar is getoon dat langtermynblootstelling aan hoë vlakke van koolteerpikvlugstowwe longkanker risiko's kan verhoog, maar geen komponent van koolteerpikvlugstowwe kon uitgesonder word as die enkele sondebok nie. Tog is benso(a)pireen een van die bekende karsinogene en word daarom gebruik as "vingerafdruk" vir die teenwoordigheid van skadelike chemikalieë (Friedman, 1994).

Koolteerpikvlugstowwe kan die vel en asemhalingskanale irriteer. Chroniese brongitis kan ook ontwikkel as gevolg van kontak (Friedman, 1994). Ander skadelike gesondheidseffekte sluit in duiseligheid, kortasemheid, bloeding en seerheid van die neus, irritasie en diffuse eriteem van die blootgestelde vel, fototoksiese keratokonjunktivitis, brandsensasie en pruritus, swelling, rooiheid en pyn van aangetaste deel – veral by mukusmembrane van die mond, neus en oë – follikulitis, hoes, tagipnee, aptytverlies, naarheid, braking, diarree, en voortplantingseffekte. Met volgehoue blootstelling kan velpigmentasie verander en ernstige uitslag kan voorkom (Toxnet databases, 1994; OSHA, 2000; Reeve, 1988:714). Langtermyn blootstelling van 365 dae of langer kan velskade soos blaasvorming en vervelling veroorsaak (ATSDR, 1997). Keratokantomas (pikfratte) kom ook na langtermyn blootstelling voor en sommige daarvan kan ontwikkel om skubagtige selkarsinome te vorm (Reeve, 1988:714). Koolteer is fototoksies en verander fotosinteties in sonlig (UVA). Daarom kan velkontak in die teenwoordigheid van sonlig 'n irritasie met gepaardgaande rooiheid van die vel veroorsaak wat ooreenkom met ernstige sonbrand. Waar koolteerpikvlugstowwe as gasse teenwoordig is, kan dit irritasie van die oë veroorsaak wanneer daar sonlig teenwoordig is. Wetenskaplike bewyse toon dat direkte oogkontak met koolteer tot tydelike of permanente oogskade kan lei (Friedman, 1994).

Dit is belangrik om daarop te let dat die toksisiteitseffekte van blootstelling bepaal word deur die dosis, konsentrasie, meganisme van aksie, pH, duur, wyse van blootstelling, persoonlike gewoontes en die teenwoordigheid van ander chemikalieë. Gewoonlik is hierdie faktore belangriker as die volume van die substansie. Behalwe vir die irriterende

effek, kan 'n substansie ook 'n sistemiese effek tot gevolg hê. (Toxnet databases, 1994; ATSDR, 1997).

Persoonlike beskerming kan die skadelike effekte van koolteerpikvlugstowwe omtrent heeltemal uitskakel. Respirators voorsien in die beste beskerming teen hierdie dampe en daarom word voorgestel dat werkers dit dra in alle areas van potensiële blootstelling. Ander beskermende toerusting sluit spesiale klere, handskoene en gesigsbeskermers in. Dis ook belangrik dat werkers korrekte persoonlike higiëne moet toepas tydens die uittrek van beskermende klere en dat hulle sal stort aan die einde van 'n skof of voordat daar geëet, gedrink of gerook word. Werkers word ook nie toegelaat om binne die werksarea te eet of te rook nie (Friedman, 1994).

Blootstelling aan koolteerpikvlugstowwe mag nie die *voorgeskrewe toelaatbare drempels* daarvoor oorskry nie. Tabel 1.1 (p. 11) stel die tydbeswaarde gemiddelde (TBG) beroepsblootstellingsdrempels (BBd) van OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), NIOSH (*National Institute for Occupational Safety and Health*), ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) en die aanbevole drempel van die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) voor.

Tabel 1.1 TBG-BBd van koolteerpikvlugstowwe (OSHA, 2000 en Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

Substansie	OSHA PEL	NIOSH REL	ACGIH TLV	GCS BBd-Ad
Koolteerpikvlugstowwe	0,2 mg/m^3 (benseen oplosbare fraksie)	0,1 mg/m^3 (siklo-heksaan onttrekbare fraksie)	0,2 mg/m^3 (benseen oplosbare fraksie)	0,14 mg/m^3 (as siklo-heksaan oplosbaar)

1.5.4 Vlugtige organiese verbindings

Definisie: Vlugtige organiese verbindings (VOV's) is essensiële komponente in alle natuurlike en sintetiese materiale, vanaf petrol tot blomme en water tot wyn (Wallace, 1995:1).

Die *gebruike* van hierdie veelsydige verbindings is onopnoembaar in getal, maar sluit brandstowwe en oplosmiddels in. VOV's bestaan normaalweg as vlugstowwe of vloeistowwe by kamertemperatuur, maar kan ook in die vorm van vastestowwe wees,

byvoorbeeld naftaleen wat in motbolle gebruik word (Wallace, 1995:1). VOV's, insluitende alifatiese, aromatiese en gechlorineerde koolwaterstowwe, alkohole, eters, esters en ketone, het 'n wye reeks gebruike in die industrie. VOV's kan gebruik word as brandstowwe, oplosmiddels, gom, ink, pestisiedes en kan ook gebruik word vir die sintese van ander chemikalieë (De Mik, 1995:268).

'n Kompliserende faktor wanneer beroepsblootstelling ondersoek word, is die *gemengde blootstelling* van werknemers aan verskeie verbindings. In industrieë word verskillende oplosmiddels gelyktydig gebruik, soos tolueen, xileen, alkohole, ketone en aldehiede. Sekere oplosmiddels is self mengsels en bestaan uit honderde verbindings. Aangesien baie oplosmiddels algemene sowel as spesifieke toksiese effekte het, is dit moeilik om dosis-respons verwantskappe te beskryf wanneer menigvuldige blootstelling plaasvind (De Mik, 1995:270). Verder het navorsing getoon dat blootstelling aan 'n mengsel van VOV's 'n meer betekenisvolle potensiële menslike irritant is as individuele verbindings. Verder kan so 'n VOV-mengsel gesondheidseffekte veroorsaak wat individuele verbindings nie sal veroorsaak nie (Etkin, 1996:119).

Die *gesondheidseffekte* van VOV blootstelling via ingeasemde lug, asook deur velkontak en kontak deur mukusmembrane hang af van die tipes en konsentrasies VOV's in die lug asook individuele karakteristieke van die werknemer, soos ouderdom, algemene gesondheid, geslag en sensitiwiteit daarvoor (Etkin, 1996:81). As gevolg van die vlugtige karakter van VOV's is die hoof *blootstellingsroete* in die industrie gewoonlik via die respiratoriese kanaal, hoewel absorpsie deur die vel ook in sommige gevalle kan plaasvind (De Mik, 1995:269).

Mølhave (1990:16) onderskei tussen die gesondheidseffekte van VOV's as: **(A)** die effekte mees algemeen as gevolg van blootstelling aan 'n VOV-*groep*, en **(B)** die effekte algemeen aan 'n *spesifieke verbinding*.

Volgens Mølhave (1990:17) se navorsing, het VOV's as 'n *groep* **(A)** meestal die volgende effekte op mense:

- *Akute effekte*, soos oppervlakreaksies in weefsel tydens blootstelling aan lug, d.i. die mukusmembrane in die oë, neus en lugweë, asook die vel op die gesig, nek en hande;

- *Subakute effekte*, insluitende hoofpyne, lomerigheid, verswakkende persoonlike effekte wat met senuwees verband hou (byvoorbeeld veranderinge in veltemperatuur en pyn), en swak inflammatoriese reaksies (byvoorbeeld dilatasie van perifere bloedvate).
- *Chroniese effekte* wat veroorsaak word deur absorpsie en metabolisme van sekere VOV's. Sulke effekte kan sistemies, geneties of immunologies wees, maar blootstelling daaraan is ongereeld, omdat die blootstellingsvlakke daaraan laag is oor die langtermyn.

Gegrond vanaf bewyse uit navorsing, het Mølhave (1990:17) tabel 1.2 (p. 13) opgestel:

Tabel 1.2 VOV's en gesondheid
(Mølhave (1990:17))

Totale Konsentrasie	Irritasie en Ongemak	Blootstellingsone
<0,20 mg/m^3	Geen irritasie of ongemak	Gemaklikheidsone
0,20 – 3,0 mg/m^3	Irritasie en ongemak moontlik indien met ander blootstellings reageer.	Multifaktoriale blootstellingsone
3,0 – 25,0 mg/m^3	Blootstellingseffek en moontlike hoof-pyn indien met ander blootstellings reageer.	Ongemaklikheidsone
>25 mg/m^3	Bykomende neurotoksiese effekte bo en behalwe hoofpyn, mag voorkom.	Toksiese sone

In die multifaktoriale blootstellingsone speel faktore soos temperatuur, stof, ouderdom, geslag en rookgewoontes van blootgestelde persone, 'n belangrike rol (Mølhave 1990:17).

Gesondheidseffekte van *spesifieke verbindings* **(B)** wat veral in koolteeraanlegte waargeneem is, is die volgende:

1.5.4.1 Benseen [C_6H_6]

- *Bronne* is hoofsaaklik koolteer nafta, en word ook gebruik om ander chemikalieë te vervaardig. Dit het 'n aangename reuk en neem 'n tyd voordat respiratoriese irritasies veroorsaak word.
- *Akute* blootstelling kan duiseligheid en lighoofdigheid veroorsaak, omdat dit die senuweestelsel onderdruk. Hoër vlakke kan tot konvulsies lei en die dood veroorsaak. Blootstelling kan die neus en keel irriteer en kan slegte

spysvertering veroorsaak wat tot braking lei. 'n Ongereëlde hartslag kan deur benseen veroorsaak word en dit kan fatale gevolge hê (Etkin, 1996:353; Kilian, 1988:1006).

- Tydens *chroniese* blootstelling veroorsaak benseen die volgende *hematologiese effekte*: dit het 'n toksiese uitwerking op die beenmurg en rooibloedselle, witbloedselle en bloedplaatjies is die hoofelemente wat deur benseen geaffekteer word. Met benseenvergiftiging kan daar 'n abnormale verlaging in retikulosietreaksies wees as gevolg van die onderdrukking van eritropoïese. Normochromiese en normositiese patrone word normaalweg waargeneem met ontwikkelende aplastiese anemie, maar 'n verhoging in die gemiddelde korpuskulêre volume (GKV) kan 'n waardevolle vroeë aanduiding wees. Omdat benseen deur die lewer gemetaboliseer en deur die niere uitgeskei word, kan hierdie organe ook aangetas word. Bewyse is verkry dat benseen 'n menslike karsinogeen is, en dat dit leukemie kan veroorsaak (Etkin, 1996:353; Kilian, 1988:1006).
- *Sinonieme* vir benseen is: bensol, steenkool nafta, fenielhidried en sikloheksatrien.
- **Drempels**:
  - Die waardes wat in die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) gespesifiseer word, word in hierdie studie gebruik. Waardes van ander instansies word ook ter verwysing aangedui.
  - GCS BBd-Bd (Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) se Beroepsblootstellingsdrempel - Beheerdrempel): 5 dpm (16 mg/m^3) TBG.
  - NIOSH REL: 0,1 dpm (0,325 mg/m^3) TBG; en 1 dpm (3,25 mg/m^3) Plafondrempel.

(Etkin, 1996:353; Kilian, 1988:1006; Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

1.5.4.2 n-Heptaan [$CH_3(CH_2)_5CH_3$]

- n-Heptaan is 'n lid van 'n homoloë reeks alifatiese koolwaterstowwe. *Bronne:* Heptaan, word saam met pentaan, heksaan en oktaan vervaardig vanaf ru-petrol deur katalitiese kraking, termiese kraking, hidro-kraking en katalitiese hervorming. Beroepe waar werknemers daaraan blootgestel word sluit onder

andere werkers in by petrochemiese prosesse, petrol distillasie, petrol raffinadery en sintetiese chemikalieë produksie (Etkin, 1996:377; Smith & Zenz, 1988:717).

- *Gesondheidseffekte*: blootstelling kan lighoofdigheid, duiseligheid, gevoelloosheid en dronkheid veroorsaak. n-Heptaan kan die respiratoriese en sentrale senuweestelsel aantas. Velblootstelling vir een uur het gelei tot die ontwikkeling van irritasie wat deur eriteem, hiperemia, swelling en pigmentasie gekenmerk word. Na vyf ure ontwikkel blase op die vel (Etkin, 1996:377; Smith & Zenz, 1988:717).
- *Sinonieme* is: heptaan, normale-heptaan.
- **Drempels**:
  - Die waardes wat in die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) gespesifiseer word, word in hierdie studie gebruik. Waardes van ander instansies word ook ter verwysing aangedui.
  - GCS BBd-Ad (Beroepsblootstellingsdrempel – Aanbevole drempel): 400 dpm (1 600 mg/m^3) TBG; 500 dpm (2 000 mg/m^3) Korttermyn-blootstellingsdrempel.
  - NIOSH REL: 85 dpm (350 mg/m^3) TBG; 440 dpm (1 800 mg/m^3) Korttermynblootstellingsdrempel vir 15 minute.

(Etkin, 1996:377; Smith & Zenz, 1988:717; Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

1.5.4.3 n-Heksaan [C_6H_{14}]

- n-Heksaan is 'n lid van 'n homoloë reeks alifatiese koolwaterstowwe. *Bronne:* Heksaan, word saam met pentaan, heptaan en oktaan vervaardig vanaf ru-petrol deur katalitiese kraking, termiese kraking, hidro-kraking en katalitiese hervorming. Beroepe waar werknemers daaraan blootgestel word sluit onder andere werkers in by petrochemiese prosesse, petrol distillasie, petrol raffinadery en sintetiese chemikalieë produksie. Heksaan en pentaan is die hoofbestanddele van petroleum eter (Etkin, 1996:378; Smith & Zenz, 1988:757).
- *Gesondheidseffekte*: Irriteer normaalweg die neus en oë. Veroorsaak moegheid, aptytverlies, spierswakheid, parestesie, irriteerbaarheid, slapeloosheid, gewigsverlies, lighoofdigheid, en dit affekteer ook die respiratoriese - en sentrale senuweestelsel. Navorsing het getoon dat beroepsblootstelling aan heksaan lei

tot die ontwikkeling van polineuropatie. Velblootstelling vir een uur het gelei tot die ontwikkeling van irritasie wat deur eriteem, hiperemia, swelling en pigmentasie gekenmerk word. Na vyf ure het blase op die vel ontwikkel (Etkin, 1996:378; Smith & Zenz, 1988:757).

- *Sinonieme* vir n-Heksaan is: heksaan, heksielhidried, normale-heksaan.
- **Drempels**:
    - Die waardes wat in die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) gespesifiseer word, word in hierdie studie gebruik. Waardes van ander instansies word ook ter verwysing aangedui.
    - GCS BBd-Ad: 20 dpm (70 mg/m^3) TBG.
    - NIOSH REL: 50 dpm (179 mg/m^3) TBG.

(Etkin, 1996:378; Smith & Zenz, 1988:757; Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

1.5.4.4 n-Oktaan [$CH_3(CH_2)_6CH_3$]

- n-Oktaan is 'n lid van 'n homoloë reeks alifatiese koolwaterstowwe. *Bronne:* Oktaan, word saam met pentaan, heksaan en heptaan vervaardig vanaf ru-petrol deur katalitiese kraking, termiese kraking, hidro-kraking en katalitiese hervorming. Beroepe waar werknemers daaraan blootgestel word sluit onder andere werkers in by petrochemiese prosesse, petrol distillasie, petrol raffinadery en sintetiese chemikalieë produksie (Etkin, 1996:389; Smith & Zenz, 1988:717).
- *Gesondheidseffekte*: n-Oktaan irriteer die boonste en onderste respiratoriese kanale. Hoë konsentrasies kan epileptiese aanvalle veroorsaak maande nadat blootstelling plaasgevind het (Etkin, 1996:389; Smith & Zenz, 1988:717).
- *Sinonieme* vir n-Oktaan is: Oktaan.
- **Drempels**:
    - Die waardes wat in die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) gespesifiseer word, word in hierdie studie gebruik. Waardes van ander instansies word ook ter verwysing aangedui.
    - GCS BBd-Ad: 300 dpm (1 450 mg/m^3) TBG; 375 dpm (1 800 mg/m^3) Korttermynblootstellingsdrempel.

- NIOSH REL: 75 dpm (350 mg/m^3) TBG; 385 dpm (1 800 mg/m^3) Plafon-waarde vir 'n maksimum van 15 minute.

(Etkin, 1996:389; Smith & Zenz, 1988:717; Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

1.5.4.5 Stoddard Oplosmiddel

- Hierdie oplosmiddel is 'n mengsel van koolwaterstowwe, veral C9 tot C11, wat 'n kookpunt het tussen 160° en 210° C. Chemies bestaan Stoddard oplosmiddel uit 'n mengsel van 30-50 % reguit en vertakte ketting paraffiene, 30-40 % naftene en 10-20 % aromatiese koolwaterstowwe. Dit word in die industrie gebruik as 'n droë skoonmaakmiddel (Smith & Zenz, 1988:756; Zenz, 1988:1155).
- *Gesondheidseffekte*: follikulêre dermatitis is waargeneem na twee weke van dermale blootstelling aan vloeibare Stoddard oplosmiddel. Naarheid, obstruktiewe geelsug en subakute geel atrofie van die lewer kan ook voorkom. Aplastiese anemie is ook al aangemeld na dermale blootstelling aan vloeibare Stoddard oplosmiddel. Verder veroorsaak dit ook hoofpyn, oog-, neus- en keelirritasies met gepaardgaande duiseligheid (Smith & Zenz, 1988:756; Zenz, 1988:1155).
- *Sinonieme* vir Stoddard oplosmiddel is: Minerale spiritus.
- **Drempels**:
  - ACGIH TLV: 100 dpm (525 mg/m^3) TBG; 200 dpm (1 050 mg/m^3) Korttermynblootstellingsdrempel.

(Smith & Zenz, 1988:756; Zenz, 1988:1155)

1.5.4.6 Tolueen [$C_6H_5CH_3$]

- Tolueen is 'n helder, kleurlose vloeistof, met 'n benseenagtige reuk. *Bronne:* Vandag word tolueen primêr verkry vanuit petroleum en petrochemiese prosesse. Ongeveer 70 % tolueen wat geproduseer word, word omgeskakel na benseen (Etkin, 1996:397; DeLeon *et al.*, 1988:1008).
- *Gesondheidseffekte*: Blootstelling kan die neus, keel en oë irriteer. Hoë vlakke kan duiseligheid, lighoofdigheid, bewusteloosheid en die dood veroorsaak. Herhaalde blootstelling kan die *beenmurg* beskadig en dus 'n lae bloedseltelling veroorsaak. Skade kan ook aan die lewer en niere aangerig word. Vertraagde reflekse, konsentrasie probleme en hoofpyne is ook algemeen. Mutasies kan in

lewende selle veroorsaak word, wat tot kanker aanleiding kan gee. Herhaalde blootstellings kan hoofpyne, aptytverlies, naarheid en breinskade veroorsaak (Etkin, 1996:397; DeLeon *et al.*, 1988:1008).

- *Sinonieme* vir tolueen is: metielbenseen, fenielmetaan, toluol, metielbensol.
- **Drempels**:
  - Die waardes wat in die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) gespesifiseer word, word in hierdie studie gebruik. Waardes van ander instansies word ook ter verwysing aangedui.
  - GCS BBd-Ad: 50 dpm (188 mg/m^3) TBG; 150 dpm (560 mg/m^3) Korttermyn-blootstellingsdrempel.
  - NIOSH REL: 100 dpm (375 mg/m^3) TBG; 150 dpm (560 mg/m^3) Korttermyn-blootstellingsdrempel.

(Etkin, 1996:397; DeLeon *et al.*, 1988:1008; Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

1.5.4.7 Xileen [$C_6H_4(CH_3)_2$]

- Xileen is 'n hoogs vlambare, helder, kleurlose vloeistof met 'n soet, skerp reuk. *Bronne:* Kommersieel word xileen vervaardig vanaf die distillasie van petrol ru-olie of koolteer (Etkin, 1996:406; DeLeon, 1988:1011).
- *Gesondheidseffekte*: Xileen kan die oë, neus en keel irriteer. Dit is 'n vel irritant wat eriteem, droogheid, ontvetting, 'n brandsensasie, blase en dermatitis veroorsaak. Hoë vlakke kan die sentrale senuweestelsel aantas om duiseligheid, bewusteloosheid en die dood tot gevolg te hê. Probleme met geheue en konsentrasie kan ook ervaar word. Herhaaldelike blootstelling kan die beenmurg beskadig om 'n lae bloedseltelling te gee. (Dit vind plaas a.g.v. benseenkontaminasie in xileen.) Xileen kan ook die oogoppervlak beskadig, en korneale brande asook konjunktivitis veroorsaak. Hoofpyne, naarheid en braking, moegheid en slegte spysvertering kan ook veroorsaak word. Deur xileen in te asem of in te sluk kan omkeerbare hepatiese en renale toksisiteit veroorsaak word, asook abdominale pyn, chemiese pneumonitis, pulmonêre edeem en bloeding (Etkin, 1996:406; DeLeon, 1988:1011).
- *Sinonieme* vir xileen is: dimetielbenseen, meta-xileen, *m*-xylol.

- **Drempels**:
  - Die waardes wat in die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993) gespesifiseer word, word in hierdie studie gebruik. Waardes van ander instansies word ook ter verwysing aangedui.
  - GCS BBd-Ad: 100 dpm (435 mg/m^3) TBG; 150 dpm (650 mg/m^3) Korttermyn-blootstellingsdrempel.
  - NIOSH REL: 100 dpm (434 mg/m^3) TBG; 150 dpm (651 mg/m^3) Korttermyn-blootstellingsdrempel.

(Etkin, 1996:406; DeLeon, 1988:1011; Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995) in die Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid (85/1993))

1.5.5 Hematologie

Ten einde by die doel van hierdie studie te hou, naamlik om te bepaal of vlugtige organiese verbindings versteurde *hematologiese* waardes veroorsaak, word hier nou aandag gegee aan die hematologiese stelsel.

Bloed is 'n kombinasie van vloeistof, selle en selagtige partikels wat deur die arteries, kapillêre en vene beweeg om suurstof en essensiële nutriënte aan weefsels te lewer en koolstofdioksied en ander afvalprodukte te verwyder (Merck, 1999a).

1.5.5.1 Sellulêre komponente

Die sellulêre komponente van bloed bestaan uit rooibloedselle, witbloedselle en bloedplaatjies, waarvan almal in die plasma gesuspendeer is. *Rooibloedselle* (eritrosiete) is die grootste in getal van die drie sellulêre komponente, en beslaan bykans die helfte van die bloed se volume. *Witbloedselle* (leukosiete) is kleiner in getal, met 'n verhouding van ongeveer 1 witbloedsel vir elke 660 rooibloedselle. Daar bestaan sowat vyf hooftipes witbloedselle wat saamwerk om die liggaam se hoofmeganismes te vorm wat infeksies teenwerk, insluitende die produksie van antiliggame (Merck, 1999a). *Bloedplaatjies* (trombosiete) word gevorm vanuit megakariosiete in die beenmurg en dit is kleiner as rooi- of witbloedselle (Guyton & Hall, 2000:419). As deel van die bloed se beskermende meganisme om bloeding te stop, vergader trombosiete by 'n bloeiende area, waar dit geaktiveer word. Sodra die trombosiete geaktiveer is, word dit taai en versamel om 'n prop te vorm wat die bloedvat help seël en sodoende die bloeding te stop (Merck, 1999a).

1.5.5.2 Vloeistofkomponente

Meer as die helfte van bloed bestaan uit 'n vloeistof (plasma), wat hoofsaaklik water is waarin soute en proteïene opgelos is. Die hoofproteïen in plasma is albumien en die ander proteïene is antilliggame (immunoglobuliene) en stollingsproteïene. Plasma bevat ook hormone, elektroliete, vette, suikers, minerale en vitamiene. Hieruit kan dus afgelei word dat plasma ook 'n groter funksie het as om net bloedselle te vervoer. Dit voorsien 'n reservoir van water vir die liggaam, voorkom die platval en verstopping van bloedvate en help om die bloeddruk en sirkulasie reg deur die liggaam te handhaaf. Nog belangriker is die antiliggame in die plasma wat die liggaam aktief teen vreemde stowwe soos virusse, bakterieë, fungi en kankerselle verdedig, terwyl stollingsproteïene bloeding beheer. Afgesien van hormoontransport en die regulering van hormooneffekte, verkoel en verhit plasma die liggaam wanneer nodig (Merck, 1999a).

1.5.6 Eritrosiete/Rooibloedselle

1.5.6.1 Funksie van eritrosiete

Die hooffunksie van rooibloedselle, ook bekend as eritrosiete, is om suurstof gebind aan hemoglobien te vervoer. Hemoglobien verbind met suurstof in die longe en dra dit vanaf die longe na die liggaamsweefsel. Rooibloedselle het egter ook ander funksies. Dit bevat 'n groot hoeveelheid koolsuuranhidrase (H_2CO_3) wat die reaksie tussen koolstof-dioksied en water kataliseer en die tempo van hierdie omkeerbare reaksie duisend-voudig versnel. Die snelheid van hierdie reaksie maak dit moontlik vir die water in bloed om met groot hoeveelhede koolstofdioksied te reageer en dit sodoende te vervoer vanaf die weefsels na die longe in die vorm van die bikarbonaatioon (HCO_3^-). Verder is die hemoglobien in die eritrosiet ook 'n kragtige suur-basis buffer, wat veroorsaak dat rooibloedselle verantwoordelik is vir die meeste bufferingskrag van al die bloedkomponente (Guyton & Hall, 2000:382).

1.5.6.2 Samestelling van eritrosiete

1.5.6.2.1 Vorm en grootte van eritrosiete

Normale eritrosiete is bikonkawe skywe met 'n gemiddelde deursnee van ongeveer 7,8 µm. Die dikste punt van die bikonkawe skyf is sowat 2,5 µm en in die middel is die dikte 1 µm of minder. Die gemiddelde volume van die rooibloedsel is 90 tot 95 μm^3 (Guyton & Hall, 2000:382). Hierdie vorm en relatiewe klein grootte voorsien aan 'n eritrosiet 'n groot oppervlak tot volume verhouding, sodat suurstof en koolstofdioksied vinnig in en uit die binnekant van die sel kan diffundeer (Vander *et al.*, 1998:374). Die

vorm van 'n eritrosiet kan tot 'n groot mate verander soos die sel deur die kapillêre bloedvate beweeg. 'n Rooibloedsel is eintlik 'n "sak" wat kan vervorm soos die omstandighede vereis. Verder het 'n normale eritrosiet 'n groot oormaat selmembraan vir die hoeveelheid materiaal binne die sel, daarom sal vervorming nie die membraan oormatig rek nie en vervolgens ook nie die sel skeur nie (Guyton & Hall, 2000:382).

1.5.6.2.2 Konsentrasie eritrosiete in die bloed

Die motivering vir hierdie studie, naamlik dat verhoogde hematokritwaardes by werknemers waargeneem is, lei noodwendig daartoe dat daar aan die konsentrasie eritrosiete in die bloed aandag geskenk moet word.

In normale mans, is die gemiddelde aantal rooibloedselle per mm^3 5,200,000 ($\pm$ 300,000) (Guyton & Hall, 2000:382). Daar bestaan 'n aantal faktore wat die hoeveelheid rooibloedselle kan beïnvloed en dit word in 1.5.6.5.1 (p. 30) bespreek.

1.5.6.2.3 Hoeveelheid hemoglobien in eritrosiete

Rooibloedselle beskik oor die vermoë om hemoglobien in die selvloeistof te konsentreer tot ongeveer 34 g/dℓ van die selle. Dié konsentrasie styg nooit bokant hierdie waarde nie, omdat dit 'n metaboliese grens van die sel se hemoglobienvormingsmeganisme is. In normale mense is die persentasie hemoglobien omtrent altyd naby die maksimum vlak in elke sel. In normale mans is die gemiddelde hoeveelheid hemoglobien in elke afsonderlike sel gemiddeld 16 g/dℓ. Wanneer hemoglobienvorming egter onvoldoende in die beenmurg plaasvind, kan die persentasie hemoglobien in die selle val tot ver onder hierdie vlak, en die volume van die eritrosiet kan afneem as gevolg van die tekort aan hemoglobien wat die sel moet vul (Guyton & Hall, 2000:382).

1.5.6.3 Produksie van eritrosiete

1.5.6.3.1 Areas van die liggaam wat eritrosiete produseer

Tydens die eerste paar weke van die embrioniese lewe word primitiewe kernbevattende rooibloedselle deur die *dooiersak* geproduseer. Gedurende die middelste periode van swangerskap is die *lewer* die hooforgaan wat rooibloedselle produseer, hoewel groot getalle eritrosiete ook deur die *milt* en *limfknope* vervaardig word. Gedurende die laaste maand van swangerskap en na geboorte, word eritrosiete slegs deur die *beenmurg*, en volgens Vander *et al.* (1998:375) spesifiek die "rooi" beenmurg, vervaardig (Guyton & Hall, 2000:382).

Die beenmurg van al die bene produseer rooibloedselle totdat 'n persoon 5 jaar oud is, maar die murg van die langbene, behalwe vir die proksimale dele van die humeri en tibiae, word vetterig en produseer geen rooibloedselle meer na die ouderdom van 20 jaar nie. Ná hierdie ouderdom word die meeste rooibloedselle vervaardig in die murg van membraanagtige bene, soos die vertebrae, sternum, ribbe en ilia. Selfs in hierdie bene neem die murg se produktiwiteit af met 'n toename in ouderdom (Guyton & Hall, 2000:383).

1.5.6.3.2 Stadia van eritrosiet differensiasie

In die beenmurg kom selle voor genaamd *pluripotensiële hemapoïetiese stamselle* (PHSS) waaruit al die selle in sirkulerende bloed vervaardig word. Die eerste sel wat as deel van die rooibloedselreeks geïdentifiseer kan word, is die *proëritroblast*. Onder geskikte stimulasie word groot hoeveelhede van hierdie selle gevorm vanaf die *kolonie vormende eenheid-eritrosiet* (KVE-E) *stamselle* (Guyton & Hall, 2000:384).

Sodra die proëritroblast gevorm is, verdeel dit 'n aantal kere om uiteindelik groot hoeveelhede volwasse rooibloedselle te vorm. Die eerste generasie selle word die *basofiel eritroblaste* genoem, omdat hulle met basiese kleurstowwe kleur – op hierdie stadium het die sel slegs klein hoeveelhede hemoglobien geakkumuleer. In die daaropvolgende generasies word die selle met hemoglobien gevul tot 'n konsentrasie van ongeveer 34 %, die nukleus verklein in so 'n mate sodat die finale oorblyfsel deur die sel uitgeskei word. Op hierdie stadium word die sel 'n *retikulosiet* genoem omdat dit steeds 'n klein hoeveelheid basofiliese materiaal bevat, wat bestaan uit oorblyfsels van die Golgi apparaat, mitochondria en 'n paar ander sitoplasmiese organelle. Gedurende hierdie retikulosiet stadium beweeg die selle vanaf die beenmurg tot binne die bloed kapillêre deur middel van diapedese (Guyton & Hall, 2000:384).

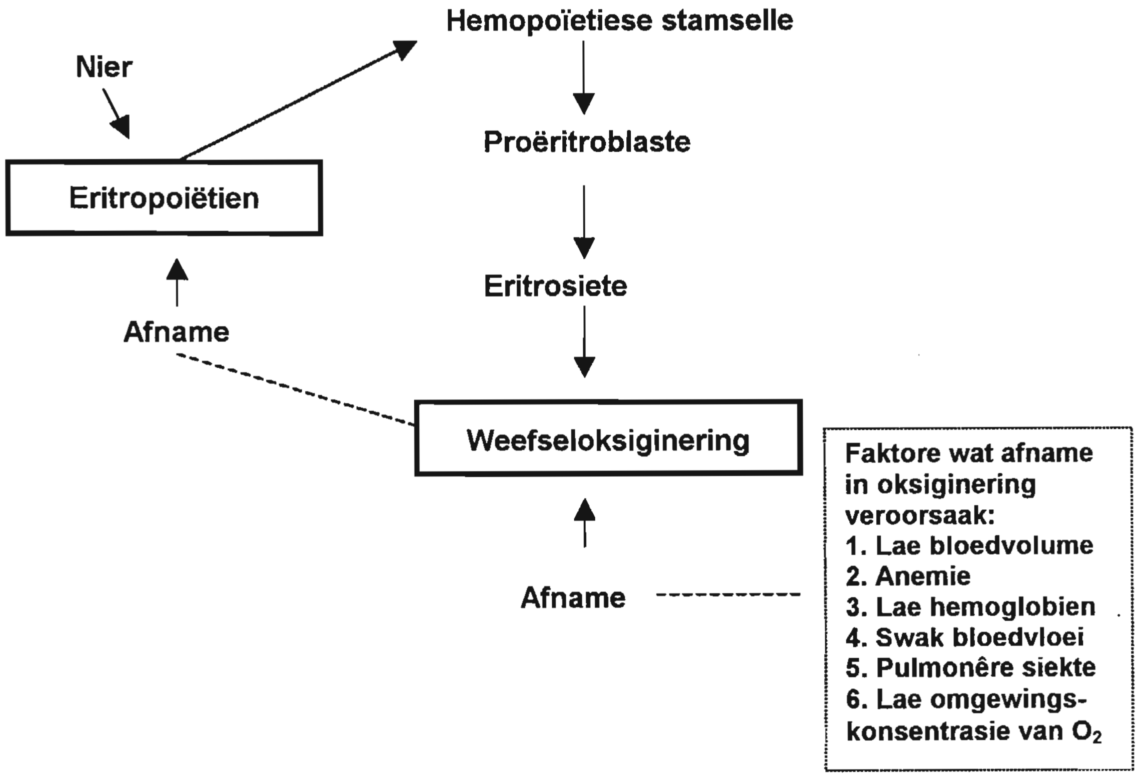
Die oorblywende basofiliese materiaal in die retikulosiet verdwyn normaalweg binne 1 tot 2 dae en die sel is dan 'n *volwasse eritrosiet*. As gevolg van die kort lewensduur van die retikulosiete, is die konsentrasie daarvan tussen al die eritrosiete normaalweg minder as 1 % (Guyton & Hall, 2000:384).

1.5.6.3.3 Die funksie van eritropoiëtien om eritrosietproduksie te stimuleer, en die vorming daarvan in reaksie tot hipoksie

Die belangrikste faktor wat eritrosietproduksie stimuleer is 'n sirkulerende hormoon genaamd *eritropoiëtien*, 'n glikoproteïen met 'n molekulêre gewig van sowat 34,000. In die afwesigheid van hierdie hormoon, het hipoksie 'n klein of geen effek om eritrosietproduksie te stimuleer nie. Maar wanneer die eritropoiëtiensisteem korrek funksioneer, veroorsaak hipoksie 'n kragtige toename in eritropoiëtienproduksie en die eritropoiëtien veroorsaak weer eritrosietproduksie totdat die hipoksie herstel is (Guyton & Hall, 2000:385).

1.5.6.3.4 Regulering van eritrosietproduksie – Rol van eritropoiëtien

Die totale massa van die rooibloedselle in die sirkulerende bloed word binne noue grense beheer sodat daar altyd 'n geskikte aantal eritrosiete beskikbaar is om in voldoende weefseloksiginering te voorsien asook om te verseker dat die selle nie só konsentreer dat bloedvloei belemmer word nie. Hierdie beheermeganisme word opgesom in figuur 1.1 (p. 23) (Guyton & Hall, 2000:384).



Figuur 1.1 Funksie van die eritropoiëtien meganisme om die produksie van eritrosiete te versnel wanneer verskeie faktore weefsel oksiginering laat afneem (aangepas vanuit Guyton & Hall, 2000:385)

Eritropoiëtien het 'n halfleeftyd van ongeveer 5 uur in die sirkulasie en daarna word dit hoofsaaklik in die lewer afgebreek. Omdat hierdie hormoon so 'n kort halfleeftyd het, beteken dit dat die hormoon reeds uit die bloedstroom verwyder is teen die tyd dat die eritrosietreaksie wat daardeur aan die gang gesit is, waargeneem word. Die rede hiervoor is die lang tyd wat eritrosiete neem om volwassenheid te bereik, naamlik ongeveer 4 dae (Grey & Meyer, 1988:23.5).

Behalwe eritropoiëtien het sekere ander faktore ook 'n invloed op die tempo van eritropoiëse. Glukokortikoïede, tiroksien en testosteroon (Vander *et al.*, 1998:378) kan ook eritropoiëse stimuleer. Verskeie vitamiene stimuleer ook eritropoiëse – vitamien B_{12} is trouens die sterkste bekende eritropoiëtiese faktor. Behalwe hierdie faktore wat proliferasie en differensiasie beheer, neem daar ook 'n verskeidenheid ander chemiese stowwe deel aan die konstruksie en energiemetabolisme van eritrosiete. Rofweg kan die stowwe wat by eritropoiëse betrokke is in twee groepe verdeel word:

1) dié wat 'n integrale deel van die chemiese struktuur van die eritrosiet uitmaak, byvoorbeeld lipiede, proteïene, yster en porfirien; en
2) dié wat die chemiese reaksies wat tot die vorming van eritrosiete lei beheer, maar nie deel van die chemiese struktuur van die sel uitmaak nie, byvoorbeeld eritropoiëtien, vitamien B_{12} (sianokobalamien), foliensuur (pteroïelglutamiensuur), vitamien B_6 (piridoksien), vitamien C (askorbiensuur) en koper. (Grey & Meyer, 1988:23.5)

Die liggaam sintetiseer sommige van die stowwe wat vir produksie en metabolisme van eritrosiete nodig is self, terwyl ander as sodanig ingeneem moet word, byvoorbeeld vitamien B_{12}, foliensuur en yster. 'n Tekort aan hierdie stowwe sal mettertyd eritropoiëse ontwrig en tot anemie lei (Grey & Meyer, 1988:23.5).

1.5.6.3.5 Rol van die niere in die vorming van eritropoiëtien

Normaalweg word sowat 90 % van alle eritropoiëtien in die niere vervaardig, die res word hoofsaaklik deur die lewer gevorm. Met tye kan hipoksie in ander dele van die liggaam, maar nie in die niere nie, stimulering van eritropoiëtiensekresie veroorsaak. Norepinefrien en epinefrien en sekere prostaglandiene kan ook eritropoiëtienproduksie veroorsaak (Guyton & Hall, 2000:385).

1.5.6.3.6 *Die uitwerking van eritropoiëtien op eritrogenese*

Wanneer 'n mens in 'n lae suurstof atmosfeer geplaas word, word eritropoiëtien binne minute tot ure gevorm, en bereik maksimum produksie binne 24 uur. Tog word daar omtrent geen nuwe eritrosiete in die sirkulerende bloed waargeneem nie tot ongeveer 5 dae later. Hieruit kan afgelei word dat die belangrike funksie van eritropoiëtien is om die produksie van proëritroblaste van die hemopoïetiese stamselle in die beenmurg te stimuleer. Sodra die proëritroblaste gevorm is, veroorsaak eritropoiëtien dat hierdie selle vinniger deur die verskillende eritroblastiese stadia beweeg as normaalweg, en die produksie van nuwe selle word versnel. Hierdie versnellende produksie van selle gaan voort vir so lank as wat die persoon in die lae suurstof omgewing verkeer of totdat genoeg eritrosiete gevorm is om voldoende hoeveelhede suurstof aan die weefsel te voorsien. Teen hierdie tyd verlaag die tempo van eritropoiëtienproduksie tot 'n vlak waar die benodigde hoeveelheid eritrosiete gehandhaaf sal word, maar wat nie tot 'n oormaat sal lei nie (Guyton & Hall, 2000:385).

Die manlike geslagshormoon, testosteroon, stimuleer ook die vrystelling van eritropoiëtien, wat die moontlike rede is waarom mans 'n hoër hemoglobienkonsentrasie as vroue het (Vander *et al.*, 1998:378).

In die afwesigheid van eritropoiëtien word min eritrosiete deur die beenmurg gevorm. Maar na die ander uiterste, wanneer groot hoeveelhede eritropoiëtien gevorm word, en daar voldoende yster en ander nutriënte beskikbaar is, kan die tempo van eritrosietproduksie styg tot selfs tien of meer keer die normaal. Dus kan gesê word dat die eritropoiëtien beheermeganisme vir eritrosietproduksie 'n kragtige meganisme is (Guyton & Hall, 2000:385).

1.5.6.3.7 *Weefseloksiginering as basiese beheerder van eritrosietproduksie*

Enige toestand wat die hoeveelheid suurstof wat na die weefsels vervoer word, verminder, verhoog ook die tempo van eritrosietproduksie. Dus, wanneer 'n persoon ernstig *anemies* word as gevolg van byvoorbeeld bloeding, begin die beenmurg onmiddellik om groot hoeveelhede eritrosiete te vervaardig. Só kan beskadiging van groot dele van die beenmurg - deur veral x-straal terapie - hiperplasie van die oorblywende beenmurg veroorsaak omdat die ooblywende beenmurg probeer om steeds in die liggaam se eise vir eritrosiete te voorsien (Guyton & Hall, 2000:385).

By vlakke wat baie hoog bo seespieël is, waar die hoeveelheid *suurstof in die lug tot 'n groot mate verlaag* is, word te min suurstof na die weefsels vervoer en word eritrosietproduksie ook gestimuleer. Dit is nie die konsentrasie eritrosiete in die bloed wat die tempo van eritrosietproduksie beheer nie, maar die funksionele vermoë van die selle om suurstof na die weefsels te vervoer in verhouding tot die weefseleise vir suurstof (Guyton & Hall, 2000:385).

Verskeie *siektetoestande* van die sirkulasie wat verlaagde bloedvloei deur perifere bloedvate veroorsaak, en veral dié wat veroorsaak dat suurstofabsorpsie nie in die bloed plaasvind wanneer die bloed deur die longe beweeg nie, kan ook 'n toename in die tempo van eritrosietproduksie veroorsaak. Dit kom veral voor tydens langtermyn hartversaking en verskeie tipes longsiektes, omdat die weefselhipoksie wat as gevolg van hierdie toestande ontstaan die tempo van eritrosietproduksie versnel, met 'n ooreenstemmende toename in hematokrit en toename in die totale bloedvolume (Guyton & Hall, 2000:385).

1.5.6.3.8 Volwassewording van eritrosiete – vereistes vir Vitamien B_{12} en Foliensuur

Voortdurende vervanging van eritrosiete is nodig aangesien die leeftydperk daarvan slegs 120 dae is. Om hierdie rede is die selle van die beenmurg onder dié selle in die liggaam wat die vinnigste groei. Daarom word die volwassewording en tempo van produksie van hierdie selle ernstig geaffekteer deur 'n persoon se voedingstatus (Guyton & Hall, 2000:386).

Wat veral belangrik vir die finale volwassewording van die rooibloedselle is, is die twee vitamiene, *Vitamien B_{12}* en *Foliensuur*. Beide is essensieel vir die sintese van DNA omdat elk op verskillende maniere benodig word vir die vorming van timidien trifosfaat, een van die essensiële boublokke van DNA. 'n Tekort aan hierdie vitamienes kan dus só veroorsaak dat volwassewording nie tydens die proses van eritropoiëse voorkom nie (Guyton & Hall, 2000:386).

1.5.6.3.9 Ystermetabolisme

Yster is belangrik vir die vorming van hemoglobien, mioglobien en ander stowwe soos sitochrome. Die totale ysterinhoud van die liggaam is ongeveer 4-5 gram, waarvan ongeveer 65 % in die vorm van hemoglobien is (Guyton & Hall, 2000:387).

1.5.6.4 Afbraak van eritrosiete

Nadat eritrosiete deur die beenmurg gelewer is, sirkuleer dit gemiddeld 120 dae voordat dit vernietig word, wat beteken dat omtrent 1 % van die liggaam se eritrosiete daagliks vernietig en vervang moet word. Dit beteken dat 250 biljoen selle per dag afgebreek word (Vander *et al.,* 1998:376). Hoewel volwasse rooibloedselle nie 'n nukleus, mitochondria of endoplasmiese retikulum besit nie, het dit nietemin sitoplasmiese ensieme wat oor die vermoë beskik om glukose te metaboliseer en klein hoeveelhede adenosien trifosfaat (ATP) en ook veral 'n verlaagde vorm van nikotinamied-adenien dinukleotied fosfaat (NADPH) te vorm. Die NADPH verrig die volgende funksies:

1) behou die buigbaarheid van die selmembraan;
2) behou membraantransport van ione;
3) hou die yster afkomstig vanaf die hemoglobien in die yster-II-vorm, eerder as die yster-III-vorm (voorkom sodoende dat methemoglobien gevorm word, wat nie suurstof kan dra nie);
4) voorkom oksidase van proteïene in die eritrosiet.

(Guyton & Hall, 2000:389)

Hierdie metaboliese sisteme van die eritrosiet word progressief minder aktief met tyd, en die selle word al hoe swakker. Wanneer die selmembraan verswak het, skeur dit gewoonlik wanneer dit deur 'n nou area in die sirkulasie beweeg. 'n Groot hoeveelheid eritrosiete breek in die milt waar dit deur die rooi pulpa geforseer word. Die spasies tussen die strukturele trabekulae van die rooi pulpa waardeur die meeste van die selle moet beweeg is slegs 3 µm wyd, in vergelyking met die 8 µm deursnee van die eritrosiet. Wanneer die milt verwyder word, styg die aantal abnormale en ou eritrosiete in die sirkulerende bloed dramaties (Guyton & Hall, 2000:389).

1.5.6.5 Volbloedtelling

In enige studie waar aandag aan hematologiese afwykings geskenk word, word die volbloedtelling as 'n uiters belangrike analise beskou. Daarom is die volbloedtelling in hierdie studie ook van groot waarde.

'n Volbloedtelling is 'n bloedtoets wat uitgevoer word om te bepaal of die beenmurg normaal funksioneer. 'n Volbloedtelling beskryf die aantal, tipe en vorm van elke bloedsel. Die telling self word gewoonlik deur 'n masjien, genaamd 'n Coulter teller uitgevoer wat 'n aantal toetse outomaties op 'n bloedmonster uitvoer. Van die toetse wat

uitgevoer word is: die rooibloedseltelling, die totale hemoglobien konsentrasie en die hematokrit (wat die aantal rooibloedselle bepaal). Wanneer hierdie toetse 'n lae waarde gee dui dit op anemie of 'n oormaat liggaamsvloeistof. Hoë waardes kan weer dui op polisitemie of dehidrasie (VH, 1998).

- **Rooibloedseltelling (RBS-telling)**

Hierdie toets dui op die aantal rooibloedselle in 'n enkele mikroliter bloed (VH, 1998).

Normale waardes by seevlak wissel afhangende van ouderdom en word as 5,4 (± 0,8) x 10^{12} per liter (of miljoen/$\mu\ell$) vir mans aangedui (Merck, 1999:854).

- **Totale hemoglobien konsentrasie**

Hierdie toets meet die gram hemoglobien in 'n desiliter (100 ml) bloed, wat kan help om die ernstigheidsgraad van anemie of polisitemie aan te dui (VH, 1998).

Normale waardes is 16 (± 2) g/dℓ vir mans (Merck, 1999:854).

- **Hematokrit/Haematocrit**

Volgens Brink (1988:189) word *hematokrit* (gepakte rooibloedselvolume) gedefinieer as die bepaling van die relatiewe verhouding van eritrosiete tot plasma in bloed nadat sentrifugale skeiding van bloed uitgevoer is. In die praktyk word hematokrit gewoonlik bepaal deur bloed in 'n kapillêre buis, wat met heparien behandel is, op te suig en die een ent van die buis met klei of 'n vlam te verseël. Die buis word dan teen 'n hoë spoed in 'n spesiale sentrifugeerapparaat uitgeswaai. Omdat die eritrosiete die swaarste is, sak dit eerste uit, gevolg deur die leukosiete en die trombosiete. Hierdie verhouding word dan direk met 'n mikrohematokritleser afgelees (Meyer & Grey, 1988:21.1).

Die hematokritwaardes wat as die *normale grense* vir manlike persone aangedui word, wissel tussen 0,40 tot 0,45 (Sherwood, 2000:369; Guyton & Hall, 2000:266; Vander *et al.*, 1998:373; West, 1990:138).

- **Eritrosietindekse**

Daar bestaan drie indekse wat die grootte van rooibloedselle meet en die hoeveelheid hemoglobien in elke sel bepaal:

- ***Gemiddelde korpuskulêre volume*** *(GKV):* meet die volume van rooibloedselle (VH, 1998). Word bereken vanuit:

  $$\frac{Hematokrit\ (\ell\ per\ \ell) \times 1000}{RBS - telling\ (\times 10^{12}\ per\ \ell)}$$

  uitgedruk in $10^{-15}\ \ell$, of femtoliter (fℓ) (Walter & Israel, 1979:601)).

  Normale waardes word aangedui as 80 – 96 fℓ (Walter & Israel, 1979:602).

- ***Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien*** *(GKH):* meet die hoeveelheid hemoglobien in 'n gemiddelde sel (VH, 1998). Word bereken vanuit:

  $$\frac{Hemoglobien\ (g\ per\ \ell)}{RBS - telling\ (\times 10^{12}\ per\ \ell)}$$

  uitgedruk in 10^{-12}g, of pikogram (pg) (Walter & Israel, 1979:601).

  Normale waardes word aangedui as 27 tot 31 pg (Walter & Israel, 1979:602).

- ***Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie*** *(GKHK):* meet die konsentrasie hemoglobien in die rooibloedselle (VH, 1998). Word bereken vanuit:

  $$\frac{Hemoglobien\ (g\ per\ d\ell)}{Hematokrit\ (\ell\ per\ \ell)}$$

  uitgedruk in gram hemoglobien per desiliter hematokrit (g per dℓ) (Walter & Israel, 1979:601).

  Normale waardes word aangedui as 32 tot 36 g per dℓ (Walter & Israel, 1979:602).

❍ Rooibloedsel volume distribusie wydte (RDW)

RDW is 'n meting wat die variasie in grootte vanaf die grootste tot die kleinste rooibloedsel wat getel is, aandui. Hoë RDW's is aanduiders van verskillende tipes anemie (Texas HealthWorks, 2000).

Normale waardes aangedui vir RDW is 11,0 – 14,0 % (UVa Health System, 2000).

1.5.6.5.1 *Faktore wat hematokrit beïnvloed*

- Hematokritwaardes van *manlike* en *vroulike* persone verskil. Die rede hiervoor is dat manlike persone 'n hoër hemoglobienkonsentrasie as vroue toon, en dit word moontlik deur die manlike geslagshormoon, testosteroon, veroorsaak (Vander *et al.*, 1998:378). Die gemiddelde man het sowat 700,000 meer eritrosiete per mm^3 as die gemiddelde vrou (Guyton & Hall, 2000:924).

- Die effek van *ouderdom* op hematokrit word in tabel 1.3 (p. 30) aangedui:

Tabel 1.3 Normale eritrosietwaardes op verskillende ouderdomme (Morehead, 1965:1553; Guyton & Hall, 2000:266)

Ouderdom	Hematokrit
1 dag	0,54 ± 0,10
1 jaar	0,35
6-10 jaar	0,37
11-15 jaar	0,39
Volwasse man	0,40

Vanuit die literatuur blyk dit asof hematokritwaardes van persone vanaf 16 jarige ouderdom redelik dieselfde bly, mits ander faktore soos hoogte bo seevlak konstant bly. Ouderdomverwante veranderinge in die perifere bloed sluit die volgende in: (1) Gemiddelde waardes van hemoglobien en hematokrit verlaag effens met toename in ouderdom, maar bly binne die normale grense vir 'n volwasse man. (2) Gemiddelde korpuskulêre volume (GKV) neem effens toe met toenemende ouderdom, maar rooibloedselmorfologie verander nie betekenisvol nie. (3) Die osmotiese breekbaarheid van eritrosiete neem toe met toenemende ouderdom, maar die normale sirkulerende RBS-leeftyd word nie verminder nie (Freedman & Weintraub, 1990:644).

- Sodra *hoogtes bo seevlak* bereik word wat hoër as 2 300 m is as waaraan die liggaam gewoond is, ondergaan die liggaam vinnige en stadige fisiologiese aanpassings om te kompenseer vir die dunner lug en laer alveolêre suurstofdruk. Na 'n week verminder die plasmavolume met sowat 8 %, waar die konsentrasies eritrosiete en hemoglobien met 4 en 10 % respektiewelik, styg. By 'n hoogte van 4 300 m bo seevlak verminder die plasmavolume met 16-25 %, waar die

hematokrit met 6 % styg en die hemoglobienkonsentrasie met 20 % styg. Die toename in eritrosietmassa vind plaas as gevolg van die werking van eritropoiëtien wat binne 15 uur na styging vrygestel word. In daaropvolgende weke sal die produksie van eritrosiete in die murg van die langbene bly toeneem en op daardie vlak bly vir so lank as wat die persoon op dié spesifieke hoogte bo seevlak verkeer. Persone wat in 1973 lede van die Mount Everest ekspedisie was, het 'n 66 % toename in hematokrit getoon as gevolg van akklimatisasie by 6 500 m. Dit is moontlik die limiet vir 'n voordelige styging in eritrosiet-konsentrasie. Enige verdere toename in die gepakte selvolume sal die bloed se viskositeit laat toeneem en moontlik suurstofdiffusie en bloedvloei in die liggaam beperk (McArdle *et al.*, 1996:536).

- Na aanleiding van hierdie feite kan afgelei word dat die *tydperk* wat 'n persoon in 'n gebied woonagtig is, ook sy hematokrit sal beïnvloed. In 'n studie waarin die liggaamsaanpassings met hoogte bo seevlakveranderinge ondersoek is, is bevind dat hematologiese veranderinge (toename in eritrosiete en hematokrit) vir 'n maand konstant gebly het nadat daar gedaal is vanaf die hoë hoogte bo seevlak. Die hematokrit het eers na normaal teruggekeer twee maande nadat daar gedaal is (Savourey *et al.*, 1996:529).

- *Siektetoestande* wat met bloedsirkulasie verband hou en wat aanleiding gee tot 'n afname in bloedvloei deur die perifere bloedvate, en veral dié siektes wat suurstofabsorbsie deur die bloed in die longe verhinder, kan die tempo van eritrosietproduksie laat toeneem. Dit is veral sigbaar in langtermynhartversaking en verskeie longsiektes omdat weefselhipoksie wat as gevolg van hierdie toestande ontstaan, eritrosietproduksie stimuleer, met 'n resulterende toename in hematokrit en totale bloedvolume (Guyton & Hall, 2000:385). Verder kan verskillende tipes medikasie vir siektetoestande eritropoiëse beïnvloed wat tot 'n toe- of afname in hematokrit kan aanleiding gee. Ander siektetoestande soos anemie of polisitemie is ook toestande waartydens die hematokrit aangetas word (sien par. 1.4.6.7.1, p. 34 en par. 1.4.6.7.2, p. 34).

- Die *lugbesoedeling* wat deur 'n steenkoolkragstasie veroorsaak word – insluitende SO_2, NO_x en partikels - kan betekenisvolle afnames in die hematokritwaardes van muise, naamlik *Mus musculus* en *Apodemus sylvaticus*

veroorsaak. 'n Negatiewe korrelasie is tussen hematokritvlakke en besoedeling getoon (Gorriz *et al.*, 1996:153). Soortgelyke resultate by 'n steenkoolkragstasie is verkry met voëltipes wat aan die *Passeriformes* klas behoort (Llacuna *et al.*, 1996:148).

- *Oefening* kan die hematokrit ook op verskillende wyses beïnvloed. Navorsing wat gefokus het op die invloed van harde oefening op die liggaam se ysterstatus het die term "sport anemie" ontwikkel, wat gebruik word om verlagings in hemoglobienvlakke te beskryf wat tot kliniese anemie neig. Daar word beweer dat atlete wat baie hard oefen, veral langafstandatlete, 'n ystertekort ontwikkel as gevolg van ysterverliese in sweet, of hemoglobienverliese in uriene as gevolg van die afbraak van eritrosiete met hoë liggaamstemperature, hoë miltaktiwiteit en hoë sirkulasietempo asook meganiese trauma wat veroorsaak word deur die harde kontak wat die voetoppervlakke met die grond maak tydens draf. Tog het eksperimente getoon dat daar 'n aanvanklike daling in hematokrit is met die aanvang van strawwe oefening, maar dat die liggaam na 'n paar weke daarvoor kompenseer. Wanneer nadere ondersoek ingestel word, blyk dit dat die waargenome afnames voorkom as gevolg van die drastiese toename in plasmavolume. (McArdle *et al.*, 1996:56). Verder kan daar ook beweer word dat veral atlete wat aerobies oefen 'n effens hoër hematokrit behoort te hê as aanpassing van die liggaam om aan die voortdurende suurstofeise wat met oefening gepaard gaan, te voldoen.

- In 'n studie deur Vriz en medewerkers (1997:127) is suksesvol aangedui dat die *rookgewoonte* veroorsaak dat hematokritte betekenisvol hoër is by rokers as nie-rokers in beide geslagte. Volgens Ernst (1995:435) veroorsaak chroniese blootstelling aan sigaretrook nie net 'n styging in hematokrit nie, maar verander dit ook die vloeikwaliteit van eritrosiete en verhoog beide die plasma viskositeit en fibrinogeenvlakke. Al hierdie gevolge van sigaretrook lei tot 'n betekenisvolle verswakking van die vloeieienskappe van bloed, soos deur die kragtige toename in heelbloedviskositeit waargeneem kan word.

- Daar is gevind dat *seisoenale veranderinge* hematokrit sodanig beïnvloed dat die hematokritwaardes van gesonde persone laer in die somers- as in die wintersmaande is, terwyl plasmavolume 'n styging van 5,5 % toon. In die geval

van rokers is gevind dat daar geen verandering in plasmavolume tydens seisoensveranderinge waargeneem is nie, maar dat hematokritvlakke tydens somermaande tóégeneem het (Kristal-Boneh *et al.*, 1997:177).

- Die gebruik van *supplemente* soos byvoorbeeld vitamien B_{12} as die sterkste bekende eritropoiëtiese faktor kan tot normale eritropoiëse aanleiding gee. Saam met vitamien B_{12} is daar ook foliensuur, vitamien B_6, vitamien C en koper wat beheer uitoefen oor die vorming van eritrosiete. Dít maak egter nie deel uit van die chemiese struktuur van eritrosiete nie. Lipiede, proteïene, yster en porfirien maak wel deel uit van die eritrosietstruktuur (Grey & Meyer, 1988:23.5). Wanneer daar 'n tekort aan enige van hierdie stowwe in die liggaam ontstaan, sal eritropoiëse daardeur benadeel word en in 'n afname in hematokrit resulteer.

- Psigiese of emosionele *stres* kan die hematokritwaarde, bloeddruk en ander faktore verhoog – dit word ook genoem *stres polisitemie* of *Gaisböck se sindroom* (Patterson *et al.*, 1996:527; Merck, 1999:897). Ofskoon Patterson en medewerkers hierdie resultate bevind het, is daar tog ook getoon dat skoktoepassing die hematokritwaarde verlaag. Waar die normale hematokritwaarde vir mans 0,45 is, is bevind dat tydens trauma sonder skok die hematokritwaarde daal tot 0,42, met ligte skok 0,38 en tydens ernstige skok daal die hematokrit tot 0,31 in groepe van sowat 20 proefpersone (Altman & Dittmer, 1961:200). Dit kan moontlik verklaar word deur die stelling dat stres oor die langtermyn moontlik 'n toename in hematokrit veroorsaak, waar korttermyn skoktoepassing tot 'n daling sal lei.

1.5.6.6 Viskositeit

Die vloeitraagheid of viskositeit van plasma wissel in fisiologiese omstandighede van 1,1 tot 1,3 mPa, d.i. 'n viskositeit wat 60-90 % groter is as dié van gedistilleerde water. By 37° C is bloed vier tot vyf keer meer vloeitraag as water. Sodra bloed afgekoel word, word dit geleidelik meer vloeitraag totdat dit by 0° C twee tot drie keer "taaier" is as by 37° C. Die bloedselle en plasmaproteïene is hoofsaaklik vir die viskositeit verantwoordelik en dra min of meer ewe veel daartoe by. Namate die hematokrit toeneem, neem die viskositeit toe en omgekeerd. By polisitemie moet die hart aansienlik harder werk om doeltreffende sirkulasie te handhaaf. Om hierdie selfde rede verrig die hart minder arbeid tydens anemiese toestande; die totale arbeidsomset per tydseenheid

neem egter nogtans toe, aangesien die hipoksie wat met anemie gepaard gaan die frekwensie van hartkontraksie verhoog (Meyer & Grey, 1988:21.2).

1.5.6.7 Eritrosietverwante siektetoestande

1.5.6.7.1 Anemie

Anemie kan gedefinieer word as 'n afname in die vermoë van die bloed om suurstof te vervoer as gevolg van:

1) 'n afname in die totale aantal eritrosiete – waarvan elke eritrosiet oor 'n normale hoeveelheid hemoglobien beskik;
2) 'n verminderde konsentrasie hemoglobien per eritrosiet;
3) 'n kombinasie van bogenoemde.

(Vander *et al.*, 1998:378)

Die *hoofoorsake* van anemie is die volgende:

1) voedingstekorte van yster, vitamien B_{12}, of foliensuur (*dishemopoïetiese anemie*, insluitende *ystertekort anemie* en *pernisieuse anemie*);
2) onvermoë van die beenmurg om voldoende hoeveelhede eritrosiete te produseer as gevolg van toksiese stowwe of kanker (*aplastiese anemie*);
3) bloedverlies wat lei tot ystertekorte (*akute post-bloeding anemie*);
4) onvoldoende sekresie van eritropoiëtien tydens niersiektes;
5) oormatige afbraak van eritrosiete deur die makrofage sisteem, veral in die milt (*hemolitiese anemie* insluitende *sekelsel anemie).*

(Vander *et al.*, 1998:378; Govan *et al.*, 1981:510)

1.5.6.7.2 Polisitemie

'n Toestand wat net die teenoorgestelde is van anemie, naamlik waar daar meer eritrosiete is as normaalweg, word *polisitemie* genoem (Vander *et al*, 1998:379). Wanneer herhaalde hematokritvlakke 0,52 by mans oorskry, moet die eritrosietmassa en plasmavolume gemeet word om die werklike oorsaak daarvan te bepaal (Besa & Woermann, 2000). Wanneer mans 'n hematokritwaarde van hoër as 0,54 toon, moet dit ondersoek word vir Polisitemie vera (Merck, 1999:896).

1) **Primêr: Polisitemie vera (Eritremie/Eritrositemie)**

   Polisitemie vera staan ook as Osler-Vaquez se siekte bekend. Hierdie siektetoestand, wat gekenmerk word aan 'n rooibloedseltelling van 7 tot 8

miljoen en 'n hematokrit van 0,60 tot 0,70, word veroorsaak deur 'n geenafwyking wat in die hemositoblastiese sellyn wat eritrosiete produseer, plaasvind. Die blastselle stop nie om eritrosiete te vervaardig wanneer daar alreeds te veel eritrosiete teenwoordig is nie. Dit veroorsaak 'n oormaat eritrosiete, maar gaan ook gewoonlik met 'n oormaat leukosiete en trombosiete gepaard.

In Polisitemie vera styg die hematokrit, maar die totale bloedvolume neem ook toe tot selfs dubbel as normaal. Dit veroorsaak dat die hele vaskulêre stelsel oorlaai word, sodat vele kapillêre verstop word deur viskose bloed, omdat die viskositeit van die bloed tydens hierdie siektetoestand soms toeneem vanaf 3 keer die viskositeit van water tot 10 keer water se viskositeit (Guyton & Hall, 2000:390).

Omdat die hematokrit 'n verhouding is van die aantal sirkulerende eritrosiete per eenheidsvolume van heelbloed, kan 'n verhoogde hematokrit ook veroorsaak word deur 'n verlaagde plasmavolume. Daarom moet 'n diagnose van werklike eritrositose gebaseer word op 'n verhoogde eritrosietmassa (Merck, 1999:897).

2) Relatiewe (onegte) polisitemie (Eritrositose)

In die geval van relatiewe polisitemie is die eritrosietmassa normaal en die verhoogde hematokrit word veroorsaak deur 'n verlaging in plasmavolume. Sodra eritrositose dus waargeneem word, moet die oorsaak ondersoek word. Oorsake vir relatiewe polisitemie kan insluit stres polisitemie, oftewel Gaisböck se sindroom. 'n Ander oorsaak kan die hemokonsentrasie wees, dit is die toestand waarin die verhouding van bloedselvolume tot plasmavolume in die bloedstroom verhoog word as gevolg van plasmaverlies, soos byvoorbeeld in brandwonde, dehidrasie, diarree en met die gebruik van diuretika (Merck, 1999:897).

3) Sekondêre polisitemie (Sekondêre Eritrositose)

Sekondêre polisitemie kan gedefinieer word as 'n absolute toename in eritrosietmassa wat deur 'n verhoogde stimulasie van rooiselproduksie veroorsaak word. Dit is dus in kontras met Polisitemie vera wat gekarakteriseer word deur die beenmurg wat 'n inherente verhoogde prolifererende aktiwiteit toon (Besa & Woermann, 2000).

Verhoogde eritroïede stimulasie kom as gevolg van die volgende voor (Besa & Woermann, 2000):

- Fisiologiese response as gevolg van algemene of gelokaliseerde weefsel **hipoksie**.
  - *Algemene* onvoldoende weefseloksiginering of hipoksie kan voorkom as gevolg van:

    'n Afname in die omgewings suurstofkonsentrasie, soos in die geval van mense wat op hoë hoogtes bo seevlak woonagtig is. Dit lei tot kompenserende eritrositose as 'n fisiologiese respons op hipoksie.

    Chroniese obstruktiewe pulmonêre siekte, gewoonlik as gevolg van 'n groot hoeveelheid ventilasie in swak gasuitruilings-eenhede (hoë ventilasie tot lae perfusie verhoudings in die alveoli).

    Alveolêre hipoventilasie as gevolg van periodiese asemhaling of morbiede obesiteit (Pickwickian Sindroom).

    Kardiovaskulêre siektes wat met 'n regter na linker bloedverskuiwing geassosieer word (A-V misvormings), wat veneuse bloed in die arteriële stelsel meng om lae suurstofvlakke aan die weefsel te lewer.

    Hemoglobien abnormaliteite wat geassosieer word met 'n hoë suurstof affiniteit en kongenitale defekte wat lei tot geoksideerde of methemoglobien. Hierdie toestande is gewoonlik oorerflik.

    Blootstelling aan koolstofmonoksied deur sigaretrook of werksomgewingtoestande. Karboksihemoglobien het 'n sterk affiniteit vir suurstof.

- Verswakte perfusie van die niere, wat kan lei tot stimulasie van eritropoiëtien produksie vind gewoonlik plaas as gevolg van *lokale* renale hipoksie in die afwesigheid van sistemiese hipoksie. Die volgende toestande word ingesluit:

  Arteriosklerotiese vernouing van renale arteries of weefselverwerping van 'n oorgeplante nier.

  Aneurismes wat die aorta en renale bloedvate kan affekteer en lei tot nierinfarksie en hipoksie.

  Fokale glomerulonefritis is ook al met sekondêre polisitemie geassosieer, hoewel die meganisme van eritropoiëtien stimulasie in hierdie geval onbekend is.

  Polisitemie na 'n nieroorplanting is nie 'n vreemde verskynsel nie. Die meganisme(s) wat hiervoor verantwoordelik is, is nog nie duidelik uitgeklaar nie.
  (Besa & Woermann, 2000)

- **Ongeskikte stimulasie van eritropoiëtienproduksie** kan in die volgende toestande waargeneem word (Besa & Woermann, 2000):
  - Goedaardige renale letsels soos hidronefrose en siste kan eritropoiëtienproduksie stimuleer, moontlik as gevolg van aangepaste renale bloedvloei deur kompressie of vaskonstriksie-meganismes.
  - Goed- en kwaadaardige gewasse wat eritropoiëtien sekreteer is al in renale karsinomas, serebellêre hemangioblastomas, adrenale karsinomas, adrenale adenomas, hepatomas en uteriene leiomiome waargeneem.
  - Geïnduseerde eritrositemie wat deur kompeterende atlete uitgevoer word deurdat rooibloedselle weer tot die liggaam toegevoeg word ("blood doping") om 'n voordeel bo hul teëstanders te verkry. Outoloë bloedoortappings word gedoen of saamgevoegde eritropoiëtien word toegedien. Daar was al 'n aantal sterftes as gevolg van oormatige bloedtoevoeging.

- Onwettige gebruik van androgene steroïede om spiere en krag te ontwikkel kan ook lei tot verhoogde eritrosietmassa deur stimulering van endogene serum eritropoiëtienvlakke.
  (Besa & Woermann, 2000)

Die *simptome* wat as gevolg van hierdie siektetoestande ontstaan sluit in klagtes soos swakheid, hoofpyn, lighoofdigheid, visuele versteurings, moegheid, verwardheid en dispnee. Die oorsake hiervoor is gewoonlik aangetaste sirkulasie van die sentrale senuweestelsel, verhoogde bloedvolume en hiperviskositeit. Die gesig en retinale vene kan rooi voorkom. In meer ernstige gevalle kan beroerte en gevoelloosheid voorkom. Familiële hemoglobinopatie en kongenitale hartsiektes kan ook oorsake van hierdie siektetoestande wees (Besa & Woermann, 2000; Merck, 1999:896).

Splenomegalie en hepatomegalie kom slegs in die geval van Polisitemie vera voor. Laasgenoemde pasiënte kan ook maagsere, trombose, Budd-Chiari sindroom of beenpyn toon. Jeukerigheid kan ook voorkom, veral na 'n warm bad. Uiteindelik sal eritroïede aktiwiteit in die murg afneem om onvolwasse leukosiet- en eritrosietvoorlopers in perifere bloed te lewer. Morfologies abnormale selle ontwikkel, waarvan die getalle voortdurend toeneem. Die beenmurg toon verhoogde retikulien en ontwikkelende splenomegalie wat deur ekstramedullêre hematopoïese veroorsaak word, kan voorkom. Gedurende hierdie fase kan anemie en trombositopenie ontwikkel. Abnormale bloedplaatjiefunksie lei gereeld tot bloedstollingsprobleme (Merck, 1999:896).

Die uitwerking van polisitemie op die vaskulêre stelsel:

As gevolg van die kragtige toename in viskositeit van die bloed tydens polisitemie is die bloedvloei deur die bloedvate soms stadig. Hierdie toename in viskositeit *verlaag* die tempo van veneuse terugvoer na die hart, maar aan die ander kant word polisitemie gekenmerk aan 'n verhoogde bloedvolume wat die veneuse terugvoer *verhoog*. Om hierdie redes is die kardiale omset in polisitemie naby die normaal omdat hierdie faktore mekaar neutraliseer (Guyton & Hall, 2000:390).

Die arteriële druk is normaal by die meeste mense met polisitemie, hoewel sowat 'n derde aan hoë bloeddruk ly. Dit beteken dat die bloeddrukregulerende meganismes

deur die hoë viskositeit geaktiveer word om die perifere weerstand te laat toeneem, en dus die arteriële bloeddruk te laat toeneem (Guyton & Hall, 2000:390).

Die velkleur hang in 'n groot mate af van die hoeveelheid bloed wat in die subpapillêre veneuse pleksus voorkom. In Polisitemie vera is die hoeveelheid bloed in hierdie pleksus grootliks verhoog. Omdat die bloed stadig deur die velkapillêre beweeg voordat dit die veneuse pleksus binnegaan, word 'n groter as normale hoeveelheid hemoglobien gedeoksigineer voordat die bloed die pleksus binnegaan. Die blou kleur van die gedeoksigineerde hemoglobien oortref die rooi kleur van die geoksigineerde hemoglobien. Daarom word 'n persoon met Polisitemie vera gekenmerk aan 'n blosende gelaatskleur (pletora) met 'n blouerige (sianotiese) skynsel van die vel (Guyton & Hall, 2000:391).

2. HOOFSTUK 2 METODE 41

2.1 EKSPERIMENTELE PROEFPERSONE 41
2.2 PROTOKOL 41
2.2.1 Eksperimentele groep 41
2.2.2 Kontrole groep 42
2.3 VOLBLOEDTELLING BEPALINGS 43
2.4 METING VAN BLOOTSTELLING AAN VLUGTIGE ORGANIESE VERBINDINGS 43
2.5 METING VAN ANDER GASKONSENTRASIES 44
2.6 METEREOLOGIESE DATA 44
2.7 STATISTIESE VERWERKINGS 45

2. HOOFSTUK 2 Metode

2.1 Eksperimentele proefpersone

Om te bepaal of werkers by 'n koolteeraanleg versteurde hematologiese waardes toon, was dit nodig om van twee groepe proefpersone gebruik te maak.

Die proefpersone is in twee groepe verdeel:

- ***Eksperimentele groep:*** 20 manlike persone werksaam by 'n koolteeraanleg van 'n petrochemiese fabriek, Sasol (SSB) Secunda;
- ***Kontrole groep:*** 20 manlike persone woonagtig in Lydenburg.

'n Totaal van 20 proefpersone is per groep gekies, nadat daar vooraf, op grond van bestaande kennis omtrent die rooibloedselparameter normaalwaardes, besluit is op 'n variasie in data van 5 %. Aanvanklik is sowat 30 proefpersone per groep gekies sodat afparing in 'n latere stadium moontlik gemaak kon word, waar byvoorbeeld proefpersone met te hoë ouderdomme uitgelaat kon word. 'n Minimum van 20 proefpersone is voorgestel en op grond van die feit dat die groepe met mekaar afgepaar is kon betroubaarheid omtrent die resultate verseker word. Afparing het op ewekansige wyse geskied.

Om hoogte bo seevlak, wat die hematologiese beeld kan beïnvloed, uit te skakel, is die Kontrole groep in 'n gebied gekies wat basies op dieselfde hoogte bo seevlak is as die Eksperimentele groep in Secunda.

Al die proefpersone wat in die studie gebruik is, was blanke manspersone tussen die ouderdom van 17 en 49 jaar. Die proefpersone het nie aan uitgesproke siektes soos kardiovaskulêre, respiratoriese en psigiatriese siektes gely nie (sien Bylae A, p. i).

2.2 Protokol

2.2.1 Eksperimentele groep

In samewerking met die Mediese Stasie en Beroepshigiëne afdeling van SSB is inligting omtrent die Eksperimentele proefpersone ingewin. Mediese lêers van proefpersone is met hul goedkeuring voorsien, waarin die uitslae van hul jaarlikse mediese ondersoeke ingesluit is. Die jaarlikse mediese ondersoeke van werkers van die Koolteeraanleg het tydens Augustus en September 2000 plaasgevind, en sluit 'n volbloedtelling in.

Proefpersone van hierdie groep het in drie afsonderlike skofte gewerk. Die *eerste skof*, waartydens **7** proefpersone gewerk het, was die skof waartydens die stoom-skoonmaakproses hoofsaaklik plaasgevind het en waartydens die hoogste blootstelling aan dampe vermoed is. Die *tweede skof*, waartydens **3** proefpersone gewerk het, is die stoomskoonmaakproses voortgesit, maar nie teen so 'n hoë tempo soos tydens die eerste skof nie. Tydens die *derde skof* het **10** proefpersone gewerk en was die skoonmaakproses byna voltooi.

Tydens afskakeling van die fabriek in September, is 'n passiewe monsternemings-apparaat wat geaktiveerde koolstof bevat, naamlik die G.A.B.I.E. plaatjies, gebruik om werknemers se blootstelling aan vlugtige organiese verbindings te meet. Proefpersone is vooraf vertroud gemaak met die eksperimentele prosedure en in kennis gestel dat hulle die plaatjies vir die volle duur van 'n 12 uur skof moet dra.

Om te bepaal of versteurde hematologiese waardes 'n verband toon met ander persoonlike faktore, het die proefpersone 'n vraelys ingevul. Voor die toetsafnemings is die proefpersoon gevra om die vraelys (sien Bylae A, p. i) te voltooi. Inligting rakende die proefpersoon is hierin verlang, o.a. ouderdom, rookgewoontes, drinkgewoontes, siektetoestande en oefengewoontes.

2.2.2 Kontrole groep

Lydenburg is ver vanaf enige petrochemiese fabrieke geleë en daarom sal dieselfde mate van blootstelling aan koolteerpikvlugstowwe en vlugtige organiese verbindings nie hier ervaar word nie. Verder is Lydenburg op ongeveer dieselfde hoogte bo seevlak geleë as die eksperimentele omgewing, naamlik Secunda.

Die Suid-Afrikaanse Bloedoortappingsdienste het tydens 'n bloedskenkingsessie op 6 September 2000 in Lydenburg hulp verleen om 4 ml bloedmonsters in EDTA-buisies by die Kontrole groep in te samel. Nadat al die proefpersone se bloedmonsters versamel is, is dit geneem na 'n patologiese laboratorium in Trichardt, buite Secunda, vir 'n volbloedtelling. Dit is dieselfde laboratorium wat die Eksperimentele groep, vanaf Sasol, se volbloedtellingbepalings hanteer het.

Na 'n mondelinge verduideliking van die projek, is aan die proefpersoon ook 'n skriftelike verduideliking gegee en is die proefpersoon gevra om 'n vraelys te voltooi.

Dieselfde vraelys wat deur die Eksperimentele groep voltooi is, is ook deur hierdie groep voltooi (sien Bylae A, p. i).

2.3 *Volbloedtelling bepalings*

Die Eksperimentele en Kontrole groepe se bloedmonsters is na dieselfde patologiese laboratorium gestuur vir 'n volbloedtelling bepaling. Só 'n bloedtelling het die volgende ingesluit:

- Hemoglobien bepaling (g/dℓ);
- Rooiseltelling ($10^{12}/\ell$);
- Hematokrit (%);
- Gemiddelde korpuskulêre volume (fℓ);
- Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (pg);
- Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie (g/dℓ); en
- Rooibloedsel distribusie wydte (%).

Die bloedtelling het ook 'n witsel differensiasietelling en plaatjietelling ingesluit.

2.4 *Meting van blootstelling aan vlugtige organiese verbindings*

Om te bepaal of versteurde hematologiese waardes 'n verband hou met blootstelling aan vlugtige organiese verbindings, was dit nodig om proefpersone se blootstelling te bepaal.

Die G.A.B.I.E. plaatjies van *Arelco* wat gebruik is, is 'n passiewe monsternemings-apparaat wat geaktiveerde koolstof bevat. Hierdie plaatjie werk op die prinsiep van diffusie, en word gedra gedurende 'n werkskof om 'n geïntegreerde gemiddelde blootstelling aan waargenome gasse weer te gee. Hierdie waardes kan dan met vasgestelde standaarde vergelyk word, byvoorbeeld dié van NIOSH (Wallace, 1995:2). G.A.B.I.E. plaatjies is in staat om ongeveer 70 verskillende vlugtige organiese verbindings waar te neem.

Nadat proefneming plaasgevind het, is die plaatjies deur 'n eksterne laboratorium geanaliseer ten einde te bepaal watter VOV's waargeneem is, en wat die konsentrasies daarvan was.

2.5 *Meting van ander gaskonsentrasies*

Meting van suurstofkonsentrasies

Suurstofkonsentrasies (%) in Eenheid 39 van die Koolteeraanleg (SSB in Secunda), asook in Lydenburg is gemeet met dieselfde apparaat, naamlik die Oldham OXYGENOMETRE Type OX 11.

Meting van koolstofmonoksiedkonsentrasies

Koolstofmonoksiedkonsentrasies is in dieselfde areas as die suurstofkonsentrasies gemeet. Die *Oldham MX21 Multigas detector* is in Secunda en Lydenburg gebruik en druk die CO konsentrasies uit in dele per miljoen (dpm).

Meting van koolstofdioksiedkonsentrasies

Koolstofdioksiedkonsentrasies (%) is in dieselfde areas as bogenoemde twee gasse gemeet. Die *Dräger Multiwarn* meter is gebruik om die CO_2 konsentrasies te bepaal.

Die O_2, CO en CO_2 konsentrasies in die aanleg is tydens verskillende skofte gemeet op 5 afsonderlike punte, naamlik

- binne die beheerkamer;
- by die brandstofgas afdeling;
- by die tenk dreineringspunt;
- by die chemikalieë-tenk wat roes teenwerk; en
- onder die oonde.

Die gaskonsentrasies is in die Lydenburg omgewing op 2 punte gemeet, naamlik

- by die stadsaal, waar die bloedmonsters geneem is; en
- 10 km buite Lydenburg.

2.6 *Metereologiese data*

Die volgende metereologiese data van Sondag, 3 September 2000 en Maandag, 4 September 2000 is vanaf die Sasol weerstasie verkry:

- gemiddelde humiditeit (%);
- gemiddelde windspoed (m/s);
- gemiddelde temperatuur (° C);
- gemiddelde windrigting (°); en
- reënval (mm).

2.7 Statistiese verwerkings

- Die rou toetsdata is ingelees in die Microsoft Office 2000 sigbladprogram, *Microsoft Excel*, waarmee verdere verwerking van data gedoen is.
- *Statistica w/5.0*, 'n statistiese sigbladprogram, is vir verdere analisering van data gebruik. Hier is gebruik gemaak van Afhanklike en Onafhanklike T-Toetse om statisties betekenisvolle verskille tussen twee groepe te bepaal, die Pearson korrelasie koëffisiënt is gebruik om verbande tussen veranderlikes aan te dui en eenrigting variansie analises (ANOVA, Tukey toets) om betekenisvolle verskille tussen meer as twee groepe aan te dui. Verder is die program ook gebruik om die gemiddelde, minimum- en maksimum waardes te bereken. Resultate is as statisties betekenisvol beskou wanneer die p-waarde $\leq$ 0,05 was en statisties hoogs betekenisvol waar die p-waarde $\leq$ 0,001 was.
- Beide bogenoemde programme is ook gebruik vir die samestelling van grafieke. Die woordverwerkingsprogram, *Microsoft Word 2000*, is gebruik vir die teksverwerking en die ontwikkeling van figure en skemas.

3. HOOFSTUK 3 RESULTATE 47

3.1 INLEIDING 47
3.2 KONTROLE GROEP 47
3.2.1 Verwantskappe tussen veranderlikes 48
3.3 EKSPERIMENTELE GROEP 49
3.3.1 Verwantskappe tussen veranderlikes 50
3.3.2 Verskille tussen veranderlikes 52
3.4 VERGELYKING TUSSEN KONTROLE EN EKSPERIMENTELE GROEPE 53
3.4.1 Tydperk wat in die gebied gewoon/gewerk word 55
3.4.2 Gebruik van vitamiene en/of yster aanvullings 55
3.4.3 Rooibloedseltelling (RBS-telling) 56
3.4.4 Hemoglobien 56
3.4.5 Hematokrit 57
3.4.6 Rooibloedsel distribusie wydte 57
3.5 RESULTATE VAN BLOOTSTELLING AAN VLUGTIGE ORGANIESE VERBINDINGS (VOV'S) BY DIE EKSPERIMENTELE GROEP 58
3.5.1 Resultate van proefpersone se tydbeswaarde gemiddelde (TBG) blootstelling aan afsonderlike VOV's 58
3.5.2 Vergelyking tussen blootstelling aan verskillende VOV's en rooibloedsel parameters 62
3.5.3 Verskille in gasblootstelling tydens skofte 65
3.6 RESULTATE VAN O_2, CO_2 EN CO METINGS 66
3.6.1 Lydenburg 66
3.6.2 By die Koolteeraanleg in Secunda 66
3.7 METEREOLOGIESE DATA 67

3. HOOFSTUK 3 Resultate

3.1 Inleiding

Daar word nou verdere aandag aan die volgende bepaalde veranderlikes gegee:

- *Persoonlike inligting:*
  - Ouderdom;
  - Of die persoon aan enige kardiovaskulêre of respiratoriese siektetoestande ly;
  - Tyd wat die persoon al in die area woon en/of werk;
  - Aanvullings: vitamiene en yster;
- *Lewensgewoontes:*
  - Rookgewoonte: aantal sigarette per dag;
  - Alkoholgebruik: aantal drankies per week;
  - Oefengewoontes: aantal oefensessies per week;
- *Hematologiese parameters:*
  - Rooibloedseltelling (RBS);
  - Hemoglobien (HB);
  - Hematokrit (HKT);
  - Gemiddelde korpuskulêre volume (GKV);
  - Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (GKH);
  - Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie (GKHK);
  - Rooibloedsel distribusie wydte (RDW).

Die afsonderlike proefgroepe is bestudeer gevolg deur 'n vergelyking tussen die groepe. Ten einde die moontlikheid van hematologiese afwykings te bestudeer is daar gekonsentreer op bloedparameters.

3.2 Kontrole groep

Die *aantal proefpersone*, die *gemiddelde waardes* en die *standaardafwyking* wat vir elke veranderlike van hierdie groep Lydenburg proefpersone verkry is, word in tabel 3.1 (p. 48) getoon.

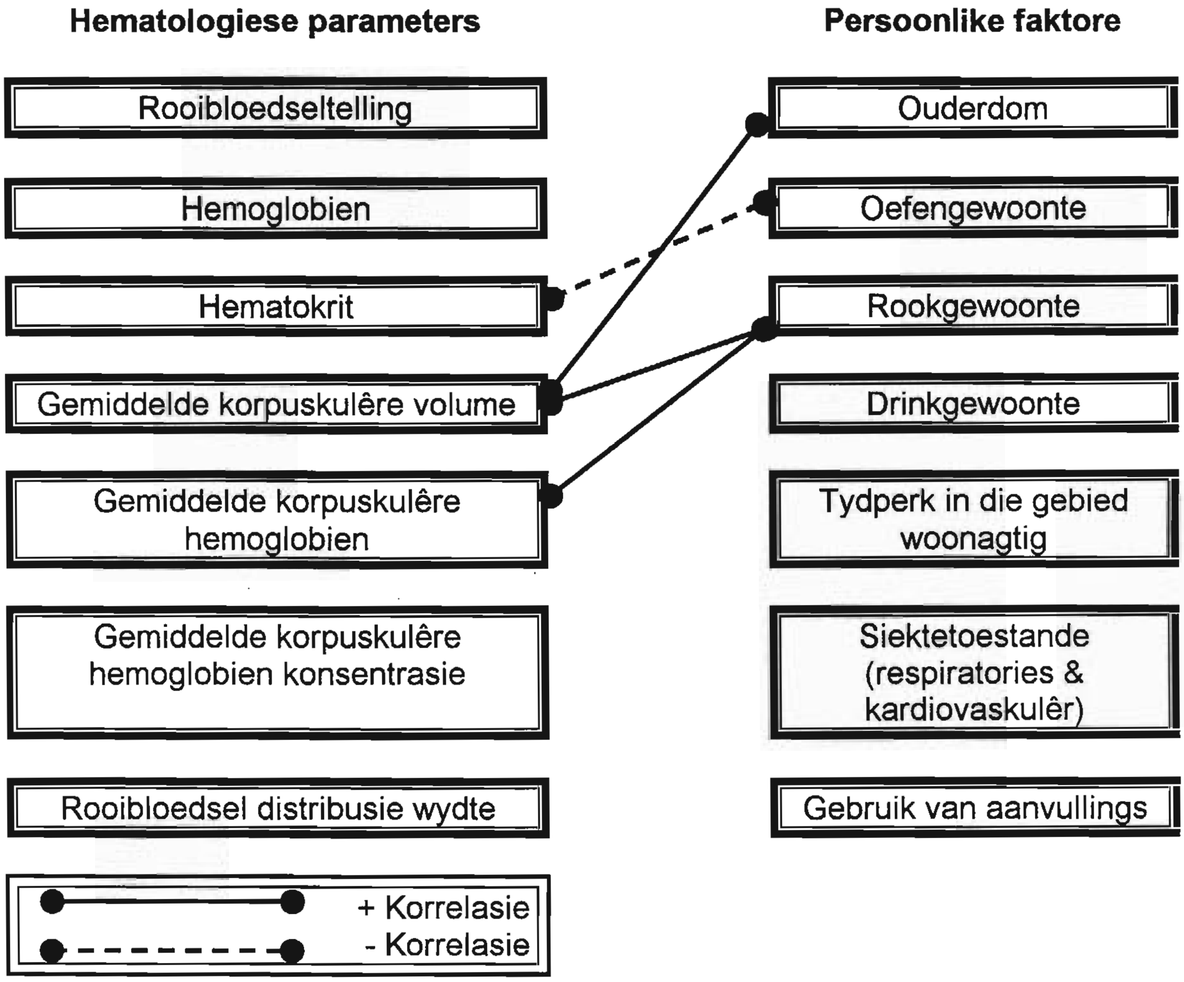
Tabel 3.1 Die gemiddelde persoonlike inligting, lewensgewoontes en hematologiese waardes asook standaardafwykings van die Kontrole groep

Veranderlike	Aantal proefpersone	Gemiddeld	Standaard-afwyking
Ouderdom (jaar)	20	32,40	9,43
Rookgewoonte (sigarette per dag)	20	10,60	12,85
Alkoholverbruik (drankies per week)	20	2,90	5,88
Tydperk woon/werk in gebied (jaar)	20	13,53	13,57
Siektetoestande	20	0,10	0,31
Oefengewoonte (sessies per week)	20	2,10	2,43
Gebruik van aanvullings	20	0,38	0,48
Rooibloedseltelling (x $10^{12}/\ell$)	20	4,75	0,66
Hemoglobien (g/dℓ)	20	14,03	1,86
Hematokrit (%)	20	42,28	5,41
Gemiddelde korpuskulêre volume (fℓ)	20	89,57	8,23
Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (pg)	20	29,75	3,08
Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie (g per dℓ)	20	33,19	1,04
Rooibloedsel distribusie wydte (%)	20	14,30*	2,62

* Die waardes wat nie binne die normaalgrense val nie, word met 'n * aangedui.

3.2.1 Verwantskappe tussen veranderlikes

Figuur 3.1 (p. 49) toon die statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$) wat tussen die *hematologiese faktore*, *persoonlike inligting* en *lewensgewoontes* rakende die proefpersone binne hierdie groep voorgekom het. Die korrelasies wat hier aangedui word is 'n negatiewe verhouding tussen hematokrit en oefening (-0,45), en positiewe korrelasies tussen GKV en ouderdom (+0,47), GKV en rookgewoonte (+0,61) asook tussen GKH en rookgewoonte (+0,57).



Figuur 3.1 'n Voorstelling van die statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$) wat tussen hematologiese parameters en persoonlike inligting van die Kontrole groep voorkom ($n = 20$).

3.3 Eksperimentele groep

Die *aantal proefpersone*, die *gemiddelde waardes* en die *standaardafwyking* wat vir elke veranderlike van die Eksperimentele proefpersone verkry is, word in tabel 3.2 (p. 50) getoon.

Tabel 3.2 Die gemiddelde persoonlike inligting, lewensgewoontes en hematologiese waardes asook standaardafwykings van die Eksperimentele groep

Veranderlike	Aantal proefpersone	Gemiddeld	Standaard-afwyking
Ouderdom (jaar)	20	28,50	6,22
Rookgewoonte (sigarette per dag)	20	9,80	9,16
Alkoholverbruik (drankies per week)	20	2,68	3,73
Tydperk woon/werk in gebied (jaar)	20	4,53	2,38
Siektetoestande	20	0	0
Oefengewoonte (sessies per week)	20	1,35	1,84
Gebruik van aanvullings	20	0,05	0,22
Rooibloedseltelling 1999 (x $10^{12}/\ell$)	17	5,42	0,39
Rooibloedseltelling 2000 (x $10^{12}/\ell$)	20	5,57	0,29
Hemoglobien 1999 (g/dℓ)	17	16,86	0,64
Hemoglobien 2000 (g/dℓ)	20	16,83	1,06
Hematokrit 1999 (%)	17	50,37*	1,67
Hematokrit 2000 (%)	20	50,87*	2,73
Gemiddelde korpuskulêre volume 1999 (fℓ)	17	93,16	4,70
Gemiddelde korpuskulêre volume 2000 (fℓ)	20	91,38	4,56
Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien 1999 (pg)	17	31,17*	1,69
Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien 2000 (pg)	20	30,20	1,67
Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie 1999 (g per dℓ)	17	33,44	0,62
Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie 2000 (g per dℓ)	20	33,05	0,80
Rooibloedsel distribusie wydte 1999 (%)	14	12,54	0,84
Rooibloedsel distribusie wydte 2000 (%)	20	12,73	0,88

* Die waardes wat nie binne die normaalgrense val nie, word met 'n * aangedui.

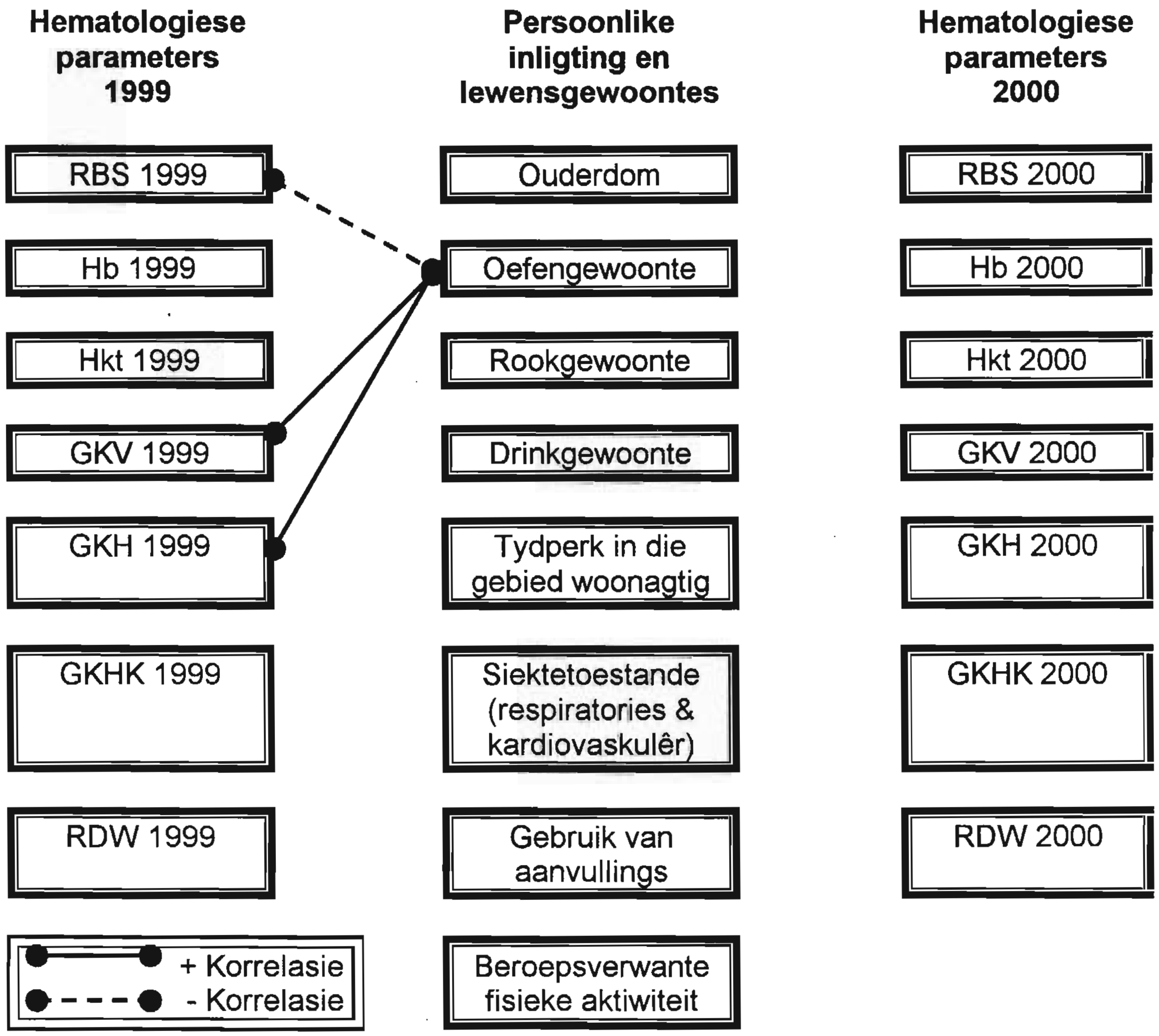
3.3.1 Verwantskappe tussen veranderlikes

Figuur 3.2 (p. 51) toon die statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0{,}05$) tussen:

- die 1999 hematologiese resultate t.o.v. persoonlike inligting en lewensgewoontes; asook
- die 2000 hematologiese resultate t.o.v. persoonlike inligting en lewensgewoontes.

Daar was egter geen betekenisvolle korrelasies tussen die 2000 hematologiese resultate en persoonlike inligting en lewensgewoontes nie, hoewel daar wel by die 1999 resultate betekenisvolle korrelasies voorgekom het. Dit was die volgende:

- 'n negatiewe korrelasie (-0,56) tussen RBS en oefengewoonte;
- 'n positiewe korrelasie (+0,55) tussen GKV en oefengewoonte; en
- 'n positiewe korrelasie (+0,50) tussen GKH en oefengewoonte.



***Sleutel*:**

RBS:	Rooibloedseltelling	GKH:	Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien
Hb:	Hemoglobien	RDW:	Rooibloedsel distribusie wydte
Hkt:	Hematokrit	GKHK:	Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie
GKV:	Gemiddelde korpuskulêre volume		

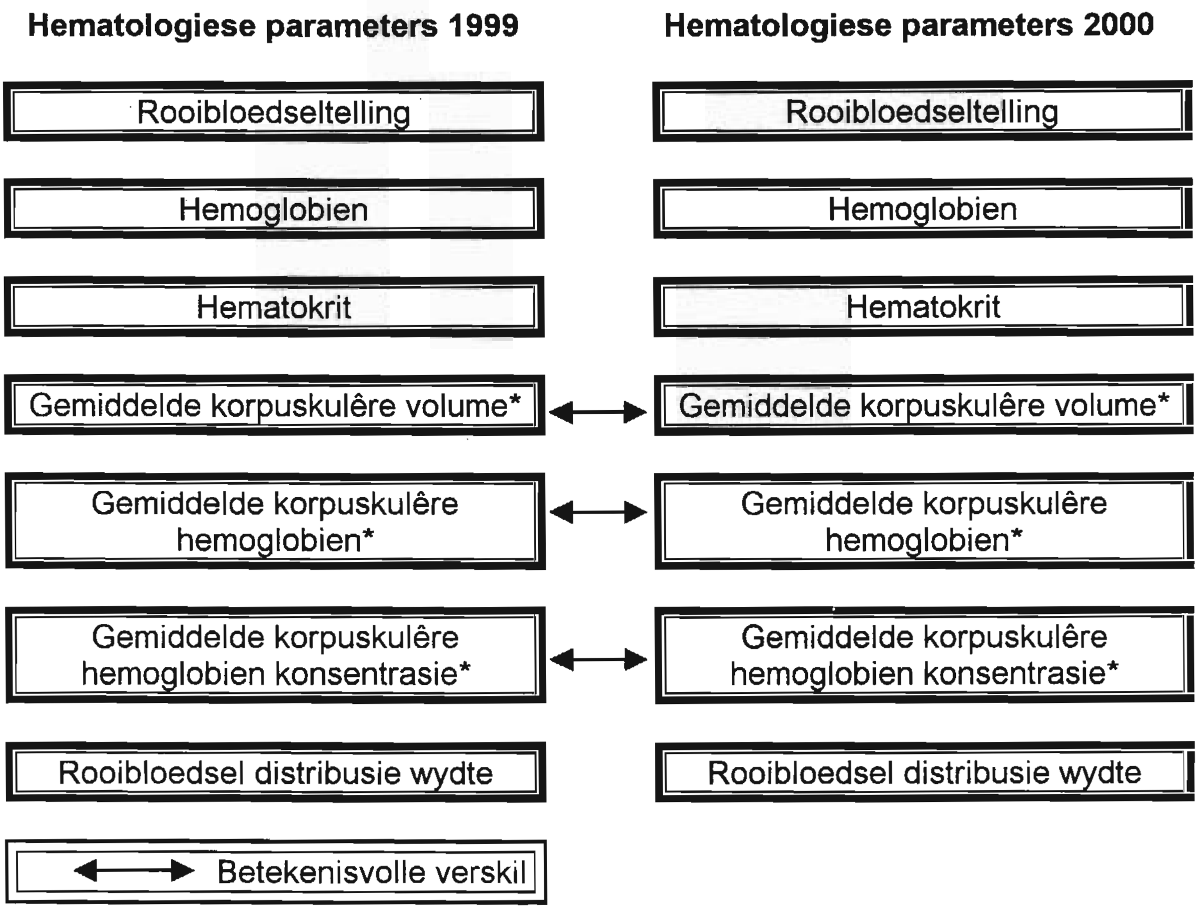
Figuur 3.2 'n Voorstelling van die hematologiese parameters, persoonlike inligting en lewensgewoontes van die Eksperimentele groep waar statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0{,}05$). Met 1999 hematologiese data: n = 17 en 2000 hematologiese data: n = 20.

3.3.2 Verskille tussen veranderlikes

Tussen die 1999 en 2000 hematologiese resultate van die Eksperimentele groep proefpersone in Secunda, het daar die volgende statisties betekenisvolle verskille voorgekom ($p \leq 0,05$):

- GKV;
- GKH; en
- GKHK.

Hierdie verskille word ook in figuur 3.3 (p. 52) aangetoon (en die oorspronklike waardes word in tabel 3.2, p. 50 aangetoon).



Figuur 3.3 'n Voorstelling van die verskille wat tussen 1999 en 2000 se hematologiese parameters van die Eksperimentele groep voorkom (n = 17). Waar statisties betekenisvolle verskille (*) ($p \leq 0,05$).

3.4 Vergelyking tussen Kontrole en Eksperimentele groepe

Tussen die veranderlikes van hierdie twee groepe bestaan daar die volgende betekenisvolle verskille (*: $p \leq 0{,}05$; **: $p \leq 0{,}001$) (figuur 3.4, p. 54):

- Tyd wat daar in die gebied gewoon/gewerk word*;
- Gebruik van vitamiene en/of yster aanvullings*;
- Rooibloedseltelling**;
- Hemoglobien**;
- Hematokrit**;
- Rooibloedsel distribusie wydte**.

Kontrole groep		Eksperimentele groep
Ouderdom		Ouderdom
Oefengewoonte		Oefengewoonte
Rookgewoonte		Rookgewoonte
Drinkgewoonte		Drinkgewoonte
Siektetoestande		Siektetoestande
Tydperk in die gebied woonagtig*	←→	Tydperk in die gebied woonagtig*
Gebruik van aanvullings*	←→	Gebruik van aanvullings*
RBS**	←→	RBS**
Hb**	←→	Hb**
Hkt**	←→	Hkt**
GKV		GKV
GKH		GKH
GKHK		GKHK
RDW*	←→	RDW*

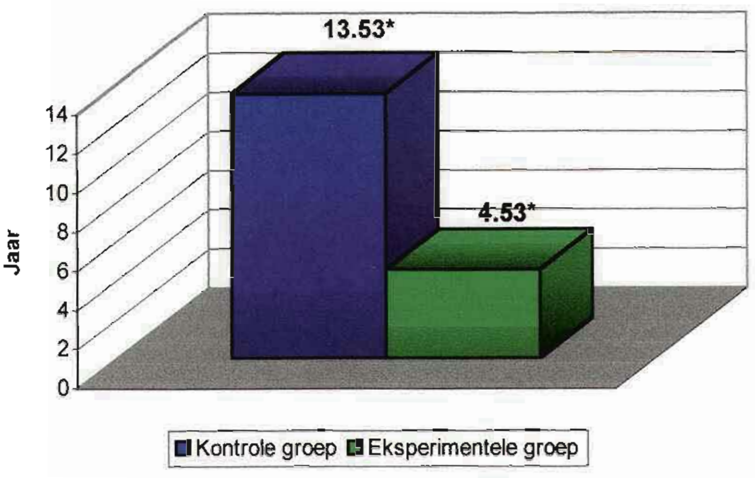
←→ Betekenisvolle verskil

Sleutel:

RBS:	Rooibloedseltelling	GKH:	Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien
Hb:	Hemoglobien	RDW:	Rooibloedsel distribusie wydte
Hkt:	Hematokrit	GKHK:	Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie
GKV:	Gemiddelde korpuskulêre volume		

Figuur 3.4 'n Voorstelling van die verskille in persoonlike inligting, lewensgewoontes en hematologiese waardes wat tussen die Kontrole en Eksperimentele groep voorkom (* = p ≤ 0,05 en ** = p ≤ 0,001) (n = 20).

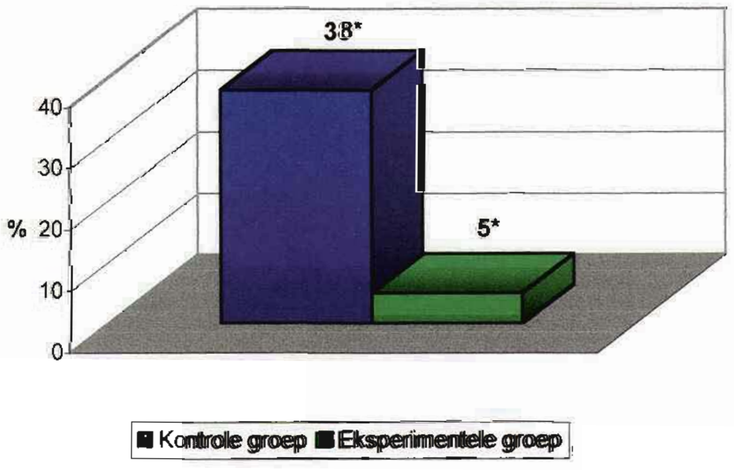
3.4.1 Tydperk wat in die gebied gewoon/gewerk word



Figuur 3.5 Die gemiddelde tye wat die Kontrole en Eksperimentele proefpersone in hul dorpe woon (* = p ≤ 0,05) (n = 20).

Proefpersone van die Kontrole groep in Lydenburg se gemiddelde tyd wat hulle al daar woonagtig is, naamlik 13,53 ± 13,57 jaar, is betekenisvol (p ≤ 0,05) meer as die 4,53 ± 2,37 jaar wat die Eksperimentele groep al in Secunda woon (sien figuur 3.5, p. 55).

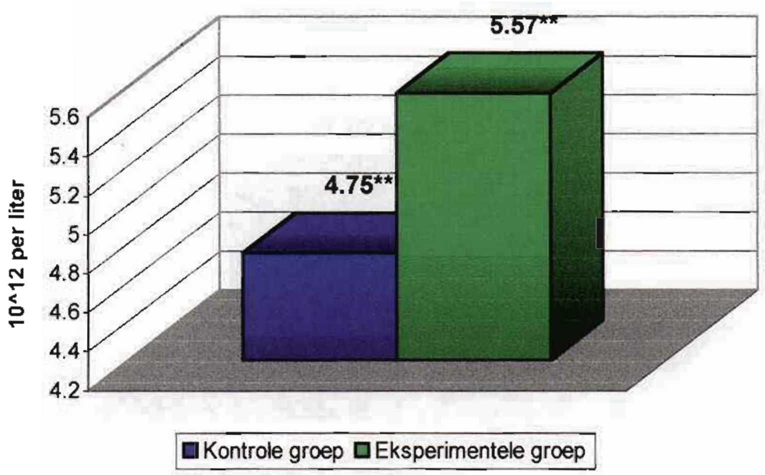
3.4.2 Gebruik van vitamiene en/of yster aanvullings



Figuur 3.6 Die gemiddelde gebruik van vitamien en/of yster aanvullings deur die Kontrole en Eksperimentele groepe (* = p ≤ 0,05) (n = 20).

Die Kontrole groep se proefpersone het betekenisvol (p ≤ 0,05) meer vitamien- en/of yster aanvullings as die Eksperimentele groep gebruik, naamlik 38 ± 48 % teenoor 5 ± 22 % (sien figuur 3.6, p. 55).

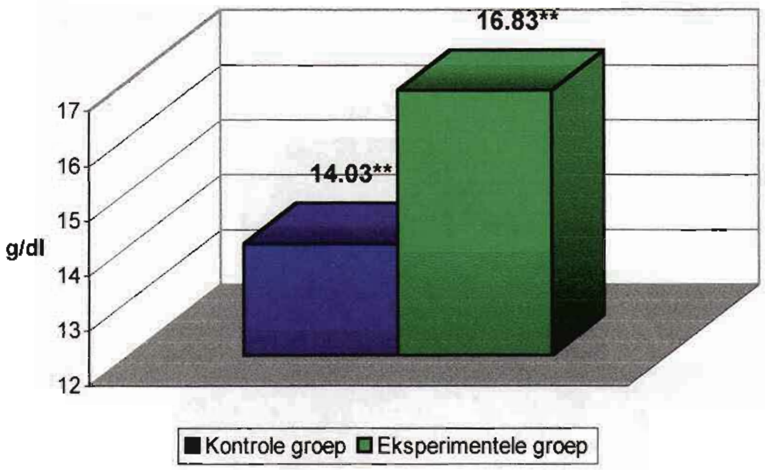
3.4.3 Rooibloedseltelling (RBS-telling)



Figuur 3.7 Die gemiddelde rooibloedseltellings van die Kontrole en Eksperimentele groepe ($** = p \leq 0,001$) ($n = 20$).

In figuur 3.7 (p. 56) kan die verskil tussen die RBS-telling van die twee groepe duidelik gesien word. Die Eksperimentele groep van Secunda se RBS van 5,57 ± 0,29 x 10^{12} is betekenisvol ($p \leq 0,001$) hoër as die Kontrole groep (4,57 ± 0,66 x 10^{12}) se RBS-telling.

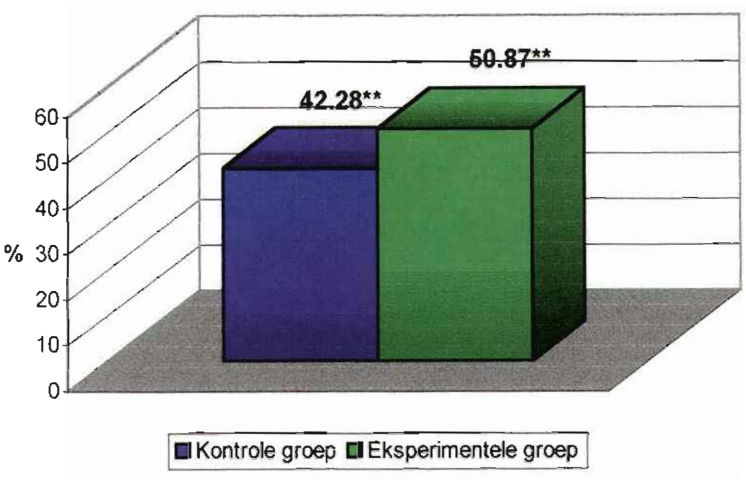
3.4.4 Hemoglobien



Figuur 3.8 Die gemiddelde hemoglobienwaardes van die Kontrole en Eksperimentele groepe ($** = p \leq 0,001$) ($n = 20$).

Dieselfde tendens kan gesien word in die hemoglobienwaardes naamlik dat die hemoglobienwaardes van die Eksperimentele groep (16,83 ± 1,06 g/dℓ) statisties betekenisvol ($p \leq 0,001$) hoër is as dié van die Kontrole groep (14,03 ± 1,86 g/dℓ) (sien figuur 3.8, p. 56).

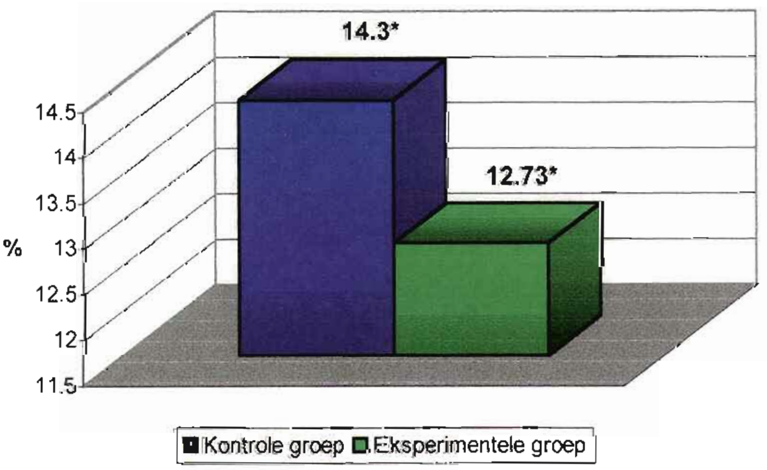
3.4.5 Hematokrit



Figuur 3.9 Die gemiddelde hematokritwaardes van die Kontrole en Eksperimentele groepe ($** = p \leq 0{,}001$) ($n = 20$).

Tussen die hematokritwaardes van die twee groepe is daar ook hoogs statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}001$). Die Eksperimentele groep (50,87 ± 2,73 %) se hematokrit is veel hoër as die Kontrole groep se waarde (42,28 ± 5,41 %) (sien figuur 3.9, p. 57).

3.4.6 Rooibloedsel distribusie wydte



Figuur 3.10 Die gemiddelde rooibloedsel distribusie wydtes van die Kontrole en Eksperimentele groepe ($* = p \leq 0{,}05$) ($n = 20$).

Die Kontrole groep se RDW (14,30 ± 2,62 %) is statisties betekenisvol ($p \leq 0{,}05$) hoër as dié van die Eksperimentele groep (12,73 ± 0,88 %) (sien figuur 3.10, p. 57).

Werkers van die Eksperimentele groep het in 3 skofte gewerk. Naamlik **Skof 1** (05:30 – 17:30): waartydens 7 proefpersone gewerk het, **Skof 2** (17:30 – 06:30): waartydens 3 proefpersone gewerk het en **Skof 3** (06:30 – 18:30): waartydens 10 proefpersone gewerk het. As die hele Eksperimentele groep nou in 3 groepe verdeel word – wat elk 'n skof verteenwoordig – en elke groep word met die Kontrole groep vergelyk, word die volgende verkry:

- **Rooibloedseltelling:** statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) tussen Skof 1 en Skof 3 respektiewelik, met die Kontrole groep, maar nie tussen Skof 2 en die Kontrole groep nie.
- **Hemoglobien:** statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) tussen die afsonderlike drie skofte en die Kontrole groep;
- **Hematokrit:** statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) tussen die afsonderlike drie skofte en die Kontrole groep;
- **GKV:** geen statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) nie;
- **GKH:** geen statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) nie;
- **GKHK:** geen statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) nie; en
- **RDW:** geen statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0{,}05$) nie.

Hierdie resultate kom dus baie ooreen met die resultate wanneer die Eksperimentele groep as geheel met die Kontrole groep vergelyk word (sien figuur 3.4, p. 54).

3.5 Resultate van blootstelling aan vlugtige organiese verbindings (VOV's) by die Eksperimentele groep

3.5.1 Resultate van proefpersone se tydbeswaarde gemiddelde (TBG) blootstelling aan afsonderlike VOV's

Werknemers se tydbeswaarde gemiddelde blootstelling aan verskillende vlugtige organiese verbindings word in tabel 3.3 (p. 59) aangetoon. 'n Verdere opsomming daarvan, wat die gemiddelde blootstelling aan 'n substansie, asook die standaardafwykings weergee, word in tabel 3.4 (p. 60) getoon.

Tabel 3.3 Werknemers se TBG blootstelling aan verskillende VOV's

Proefpersoon nr.	n-Heksaan (dpm)	Tolueen (dpm)	Xileen (dpm)	n-Heptaan (dpm)	Benseen (dpm)	Etielbenseen (dpm)	1,2,3 Trimetiel-benseen (dpm)	1,2,4 Trimetiel-benseen (dpm)	1,3,5 Trimetiel-benseen (dpm)	Asetoon (dpm)	2-Metielpentaan (dpm)	3-Metielpentaan (dpm)	Tri-chloroetileen (dpm)
Groepleiers													
1□	0,724	0,891	0,593	0,533	0,300	0,138	0,199	0,049	0,000	0,417	0,667	0,179	0,063
2⌘	0,000	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3□	0,000	0,000	0,000	0,000	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,748	0,000	0,000
4⌘	0,026	0,133	0,068	0,000	0,000	0,016	0,073	0,025	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000
Senior Proses Kontroleerders													
5□	0,266	0,451	0,329	0,197	0,120	0,070	0,115	0,041	0,046	0,000	0,072	0,000	0,000
6■	0,099	0,144	0,116	0,078	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7□	0,125	0,356	0,198	0,163	0,130	0,034	0,051	0,000	0,000	0,000	0,715	0,223	0,000
14* ⌘	0,022	0,035	0,155	0,002	0,020	0,000	0,118	0,030	0,027	0,000	0,000	0,000	0,110
Proses Kontroleerders													
8□	0,658	0,546	0,359	0,420	0,219	0,093	0,088	0,050	0,033	0,165	0,047	0,059	0,077
9■	0,197	0,105	0,034	0,044	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10□	0,076	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,940	0,434	0,000
11⌘	0,057	0,048	0,038	0,000	0,022	0,009	0,037	0,011	0,021	0,000	0,021	0,000	0,000
15⌘	0,019	0,055	0,046	0,015	0,024	0,010	0,239	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000
Boormanne													
12□	0,766	0,945	0,041	0,579	0,252	0,133	0,147	0,046	0,000	0,311	0,089	0,130	0,000
13■	0,070	0,123	0,100	0,057	0,073	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Afdeling Instandhouding													
16⌘	0,045	0,294	0,265	0,000	0,000	0,069	0,298	0,060	0,000	0,000	0,500	0,100	0,000
17⌘	0,040	0,278	0,308	0,057	0,000	0,067	0,273	0,061	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
18⌘	0,000	0,112	0,062	0,000	0,000	0,000	0,077	0,074	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
19⌘	0,166	0,150	0,202	0,000	0,139	0,054	0,000	0,051	0,000	0,000	2,593	0,804	0,000
20⌘	0,000	0,155	0,252	0,000	0,000	0,047	0,310	0,111	0,040	0,000	0,584	0,129	0,245
BBd	20	50	100	400	5	100	25	25	25	750	500	500	50

* Proefpersoon 14, is die enigste wat blootstelling aan *tetra chloroetileen* getoon het, nl. 0.232 dpm (BBD = 50 dpm)

Sleutel:

□	Skof 1: Sondag, Dagskof [05:30 – 17:30]	**7 proefpersone**
■	Skof 2: Sondag, Nagskof [17:30 – 06:30]	**3 proefpersone**
⌘	Skof 3: Maandag, Dagskof [06:30 – 18:30]	**10 proefpersone**
BBD	8 uur tydbeswaarde beroepsblootstellingsdrempels volgens die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995)	

Wanneer op elke afsonderlike skof gekonsentreer word, word waargeneem dat die totale blootstellingshoeveelhede per skof per geval betekenisvol ($p \leq 0{,}05$) van mekaar verskil:

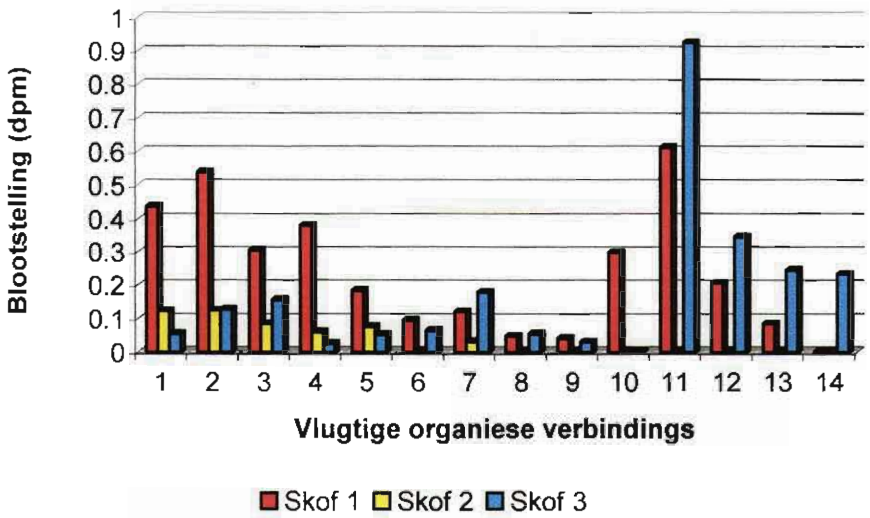
- Skof 1 en 2 se hoeveelheid blootstelling verskil betekenisvol van mekaar ($p = 0{,}0007$);
- Skof 2 en 3 verskil nie betekenisvol nie; en
- Skof 1 en 3 verskil nie betekenisvol nie.

Tabel 3.4 Opsomming van die aantal proefpersone wat aan 'n VOV blootgestel word, asook die gemiddelde vlak van blootstelling per substansie

VOV*	Aantal proefpersone blootgestel	Gemiddelde blootstelling	Minimum	Maksimum	Standaard-afwyking
n-Heksaan	16	0,210	0,019	0,766	0,261
Tolueen	19	0,256	0,003	0,945	0,276
Xileen	17	0,186	0,034	0,593	0,152
n-Heptaan	11	0,195	0,002	0,579	0,214
Benseen	12	0,121	0,020	0,300	0,093
Etielbenseen	12	0,062	0,009	0,138	0,043
1,2,3-Trimetielbenseen	14	0,147	0,030	0,310	0,099
1,2,4-Trimetielbenseen	12	0,051	0,011	0,111	0,026
1,3,5-Trimetielbenseen	7	0,032	0,021	0,046	0,008
Asetoon	3	0,298	0,165	0,417	0,127
2-Metielpentaan	11	0,725	0,021	2,593	0,826
3-Metielpentaan	8	0,257	0,059	0,804	0,249
Trichloroetileen	4	0,124	0,063	0,245	0,083
Tetrachloroetileen	1	0,232	0,232	0,232	-

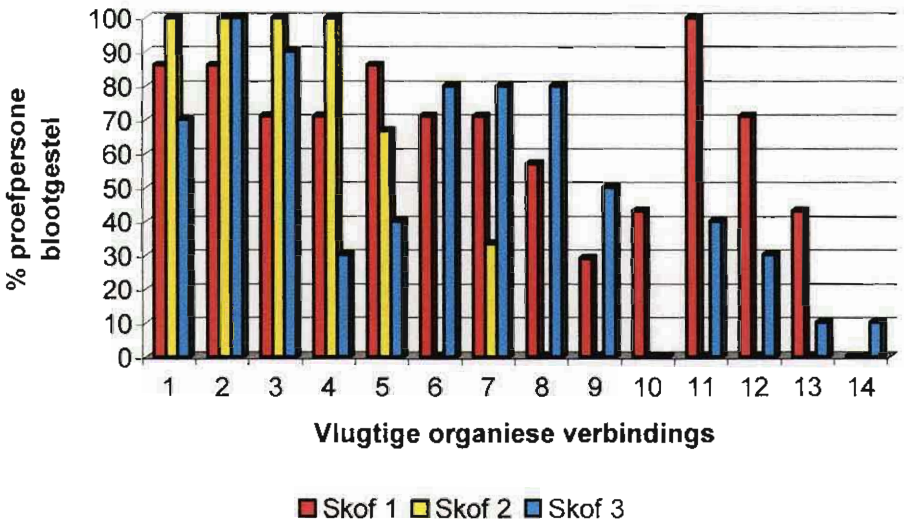
* Alle waardes word weergegee in dele per miljoen (dpm).

In figuur 3.11 (p. 61) word die gemiddelde blootstellingshoeveelheid (in dpm) van die drie afsonderlike skofte met mekaar vergelyk. Figuur 3.12 (p. 61) toon weer die aantal proefpersone (%) wat per skof aan 'n spesifieke gevaarlike chemiese substansie blootgestel is.



Waar (drempel in hakies):	
1 = n-heksaan (20 dpm)	8 = 1,2,4-trimetielbenseen (25 dpm)
2 = tolueen (50 dpm)	9 = 1,3,5-trimetielbenseen (25 dpm)
3 = xileen (100 dpm)	10 = asetoon (750 dpm)
4 = n-heptaan (400 dpm)	11 = 2-metielpentaan (500 dpm)
5 = benseen (5 dpm)	12 = 3-metielpentaan (500 dpm)
6 = etielbenseen (100 dpm)	13 = trichloro etileen (50 dpm)
7 = 1,2,3-trimetielbenseen (25 dpm)	14 = tetrachloro etileen (50 dpm)

Figuur 3.11 'n Aanduiding van die gemiddelde blootstelling aan afsonderlike VOV's deur die Eksperimentele groep



Waar:	
1 = n-heksaan	8 = 1,2,4-trimetielbenseen
2 = tolueen	9 = 1,3,5-trimetielbenseen
3 = xileen	10 = asetoon
4 = n-heptaan	11 = 2-metielpentaan
5 = benseen	12 = 3-metielpentaan
6 = etielbenseen	13 = trichloro etileen
7 = 1,2,3-trimetielbenseen	14 = tetrachloro etileen

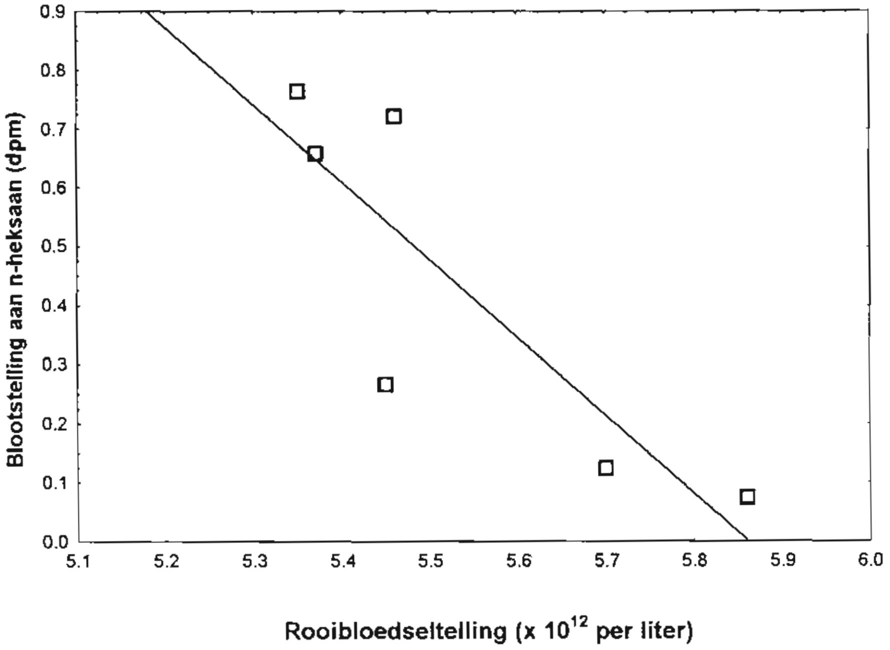
Figuur 3.12 'n Aanduiding van die persentasie Eksperimentele proefpersone blootgestel aan afsonderlike VOV's per skof

3.5.2 Vergelyking tussen blootstelling aan verskillende VOV's en rooibloedsel parameters

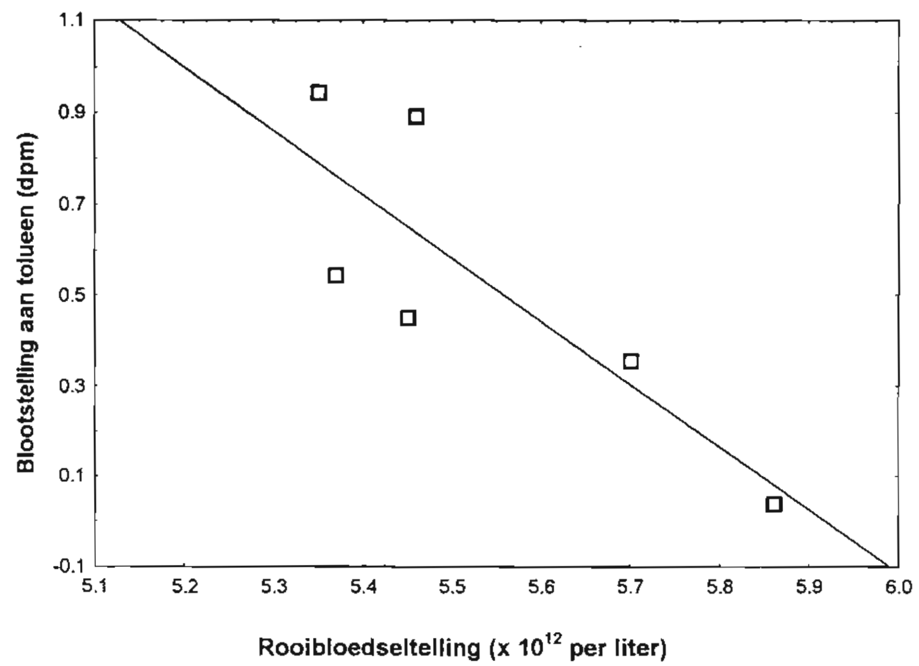
Daar het geen statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0{,}05$) tussen enige van die hematologiese parameters en vlugtige organiese verbindings van die totale Eksperimentele groep proefpersone voorgekom nie. Wanneer daar egter op die proefpersone van die afsonderlike skofte gekonsentreer word, word die volgende waargeneem:

3.5.2.1 Skof 1: Korrelasies tussen veranderlikes

- Hoewel slegs 6 proefpersone tydens hierdie skof aan **n-heksaan** blootgestel is, het die blootstelling van hierdie proefpersone 'n statisties betekenisvolle negatiewe korrelasie ($p \leq 0{,}05$) (–0,85) met die rooibloedseltelling getoon (sien figuur 3.13, p. 62).

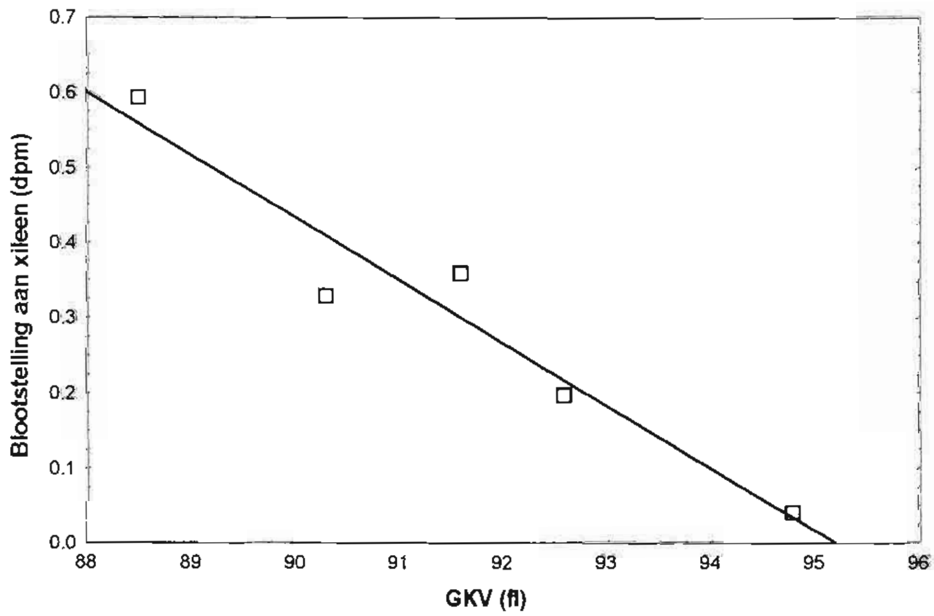


Figuur 3.13 Korrelasie tussen die RBS-telling en blootstelling aan n-heksaan van Skof 1



Figuur 3.14 Korrelasie tussen RBS-telling en blootstelling aan tolueen van Skof 1

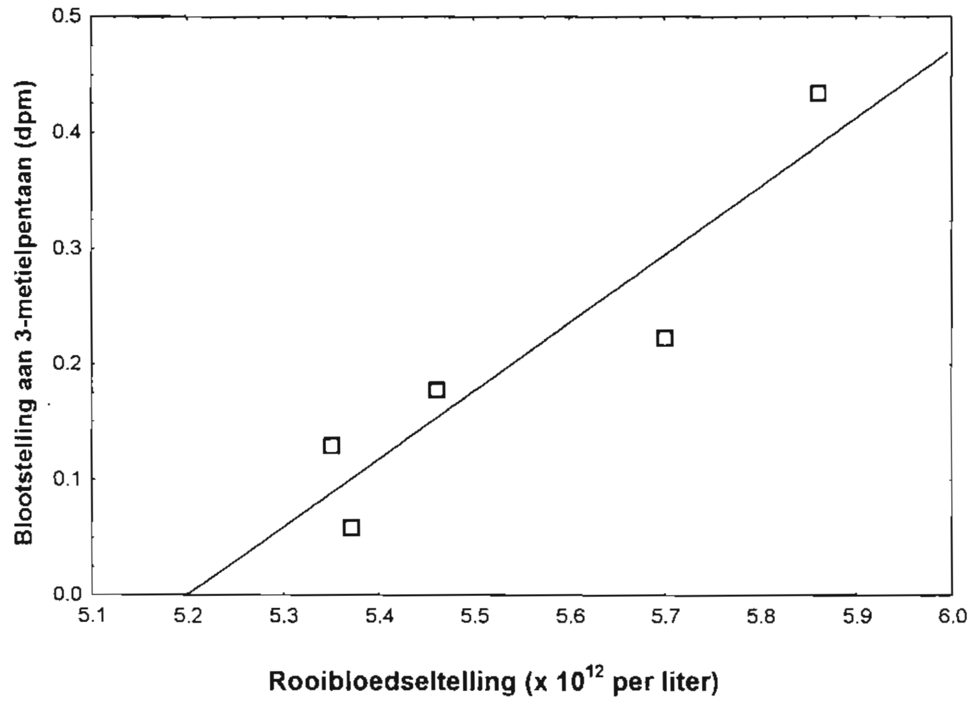
- Die blootstellingswaardes van die proefpersone wat tydens die eerste skof gewerk het, het ook 'n statisties betekenisvolle korrelasie ($p \leq 0,05$) tussen rooibloedseltelling en tolueen blootstelling getoon (-0,85) (sien figuur 3.14, p. 63).



Figuur 3.15 Korrelasie tussen GKV en blootstelling aan xileen van Skof 1

- 'n Negatiewe betekenisvolle korrelasie is tussen gemiddelde korpuskulêre volume (GKV) en xileen blootstelling van Skof 1 proefpersone verkry (-0,97) (figuur 3.15, p. 63).

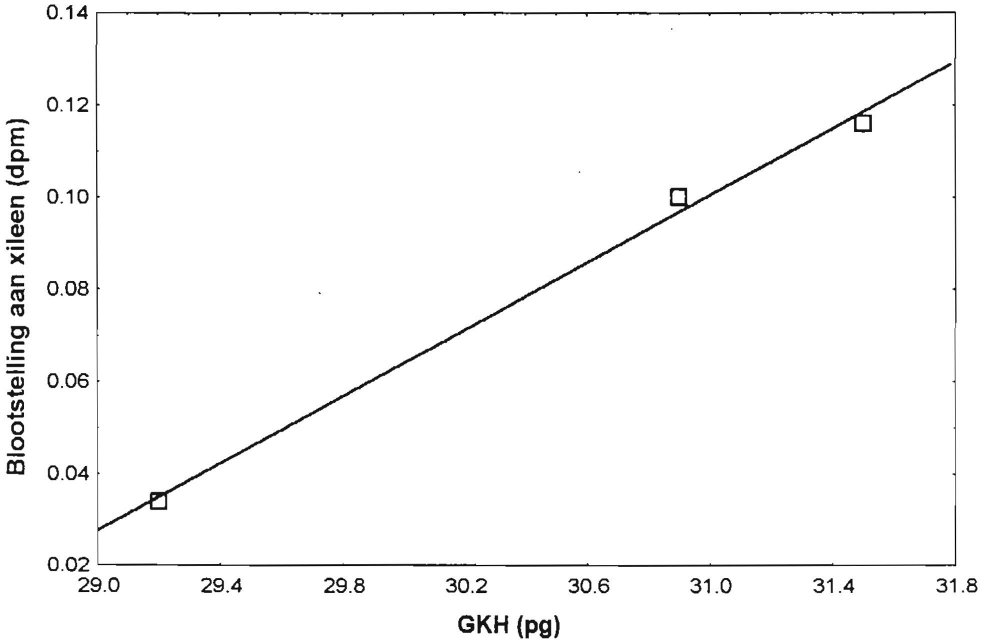
- Tussen die rooibloedseltelling en blootstelling aan 3-metielpentaan van Skof 1 het daar 'n betekenisvolle positiewe korrelasie ($p \leq 0,05$) van +0,93 voorgekom. Dit word in figuur 3.16 (p. 64) voorgestel.



Figuur 3.16 Korrelasie tussen RBS-telling en blootstelling aan 3-metielpentaan van Skof 1

3.5.2.2 Skof 2: Korrelasies tussen veranderlikes

- Die 3 proefpersone wat tydens hierdie skof gewerk het, het een statisties betekenisvolle korrelasie ($p \leq 0,05$) getoon, naamlik 'n positiewe verwantskap (1,00) tussen gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (GKH) en xileen blootstelling (figuur 3.17, p. 65).



Figuur 3.17 Korrelasie tussen GKH en blootstelling aan xileen van Skof 2

3.5.2.3 Skof 3: Korrelasies tussen veranderlikes

Proefpersone wat tydens hierdie skof gewerk het, het geen betekenisvolle korrelasies tussen enige hematologiese parameters en blootstelling aan vlugtige organiese verbindings getoon nie.

3.5.3 Verskille in gasblootstelling tydens skofte

Proefpersone wat tydens verskillende skofte gewerk het, het 'n verskillende mate van blootstelling aan VOV's ervaar omdat die stoomskoonmaakproses tydens die skofte telkens in 'n verskillende fase was. Wanneer elke gas waaraan proefpersone tydens afsonderlike skofte blootgestel is nou met mekaar vergelyk word, word bevind dat daar vir die meeste gasse geen betekenisvolle verskille voorgekom het nie. Dit het gewoonlik voorgekom omdat die aantal proefpersone wat aan sekere gasse blootgestel is, te min was vir betekenisvolle, betroubare analises.

3.5.3.1 n-Heksaan

Statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0,05$) het tussen:

- Skof 1 en Skof 2 voorgekom;
- asook tussen Skof 1 en Skof 3, waar die blootstelling van Skof 1 telkens hoër was.

3.5.3.2 Tolueen

Statisties betekenisvolle verskille ($p \leq 0,05$) het tussen:

- Skof 1 en Skof 2 voorgekom;
- asook tussen Skof 1 en Skof 3, waar die blootstelling van Skof 1 telkens hoër was.

3.6 *Resultate van O_2, CO_2 en CO metings*

3.6.1 *Lydenburg*

Die gaskonsentrasies soos dit in Lydenburg gemeet is, word in tabel 3.5 (p. 66) aangedui.

Tabel 3.5 Gaskonsentrasies soos gemeet in Lydenburg omgewing

Beskrywing van area	O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (dpm)
Gemeet by die Stadsaal	21,4	0,05	1
10 km buite Lydenburg (in 'n suid-westelike rigting)	21,4	0,06	5
***BBD-Drempelwaarde**		**5000 dpm**	**50 dpm**

*BBD = 8 uur tydbeswaarde beroepsblootstellingsdrempels volgens die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995)

3.6.2 *By die Koolteeraanleg in Secunda*

Die gaskonsentrasies, soos dit op verskeie gebiede in die Koolteeraanleg gedurende afskakeling van die aanleg gemeet is, word in tabel 3.6 (p. 67) aangedui. Die eerste reeks metings is geneem op Sondagoggend (08:00 – 08:30), 3 September 2000, waartydens die aanleg m.b.v. stoom skoongemaak is. Die tweede reeks metings is op Maandagoggend (09:30-10:00), 4 September geneem. Gedurende hierdie tweede reeks metings was die skoonmaakproses al redelik voltooi.

Tabel 3.6 Gaskonsentrasies soos gemeet in die Koolteeraanleg te Secunda

Beskrywing van area	O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (dpm)
EENHEID 39 **Reeks 1**			
In beheerkamer, lessenaar van Groepleier	21,0	0,09	4
Die brandstofgas afdeling	21,1	0,04	1
Tenk dreineringspunt	21,1	0,04	28*
Chemikalieë tenk	21,1	0,04	12
Onder die oonde	21,1	0,04	18
Reeks 2			
In beheerkamer, lessenaar van Groepleier	21,0	0,08	4
Die brandstofgas afdeling	21,1	0,04	0
Tenk dreineringspunt	21,1	0,05	1
Chemikalieë tenk	21,1	0,04	1
Onder die oonde	21,1	0,04	1
***BBd-Drempelwaarde**		**5000 dpm**	**50 dpm**

* Die CO lesing by die tenk dreineringspunt was vir 'n oomblik 45 dpm.
BBd = 8 uur tydbeswaarde beroepsblootstellingsdrempels volgens die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies (1995)

3.7 Metereologiese data

Die metereologiese data, wat deur die Sasol weerstasie gemeet is op Sondag, 3 September en Maandag, 4 September 2000, word in tabel 3.7 (p. 67) weergegee:

Tabel 3.7 Metereologiese data van 3 en 4 September 2000

Sondag, 3 September 2000	**Lesing**
Gemiddelde humiditeit	30,72 %
Gemiddelde windspoed	15,80 km/h
Gemiddelde temperatuur	18,51 ° C
Gemiddelde windrigting	Suid-Wes
Gemiddelde reënval	0 mm
Maandag, 4 September 2000	
Gemiddelde humiditeit	28,62 %
Gemiddelde windspoed	7,27 km/h
Gemiddelde temperatuur	16,26 ° C
Gemiddelde windrigting	Suid-Wes
Gemiddelde reënval	0 mm

4. HOOFSTUK 4 BESPREKING 69

4.1 INLEIDEND 69
4.2 KONTROLEGROEP, LYDENBURG 70
4.2.1 Waardes wat nie binne die normale grense val nie 70
4.2.2 Korrelasies tussen hematologiese faktore en persoonlike inligting 71
4.3 EKSPERIMENTELE GROEP, SECUNDA 72
4.3.1 Korrelasies tussen die hematologiese faktore, persoonlike inligting en lewensgewoontes 74
4.3.2 Verskille tussen die hematologiese veranderlikes van 1999 en 2000 75
4.4 VERGELYKING TUSSEN DIE KONTROLE EN EKSPERIMENTELE GROEPE 75
4.4.1 Ooreenstemming van persoonlike-, biografiese inligting en lewensgewoontes 76
4.4.2 Vergelyking tussen hematologiese parameters 77
4.5 DIE EKSPERIMENTELE GROEP SE BLOOTSTELLING AAN VLUGTIGE ORGANIESE VERBINDINGS 79
4.5.1 Betekenisvolle korrelasies van Skof 1 80
4.5.2 Betekenisvolle korrelasies van Skof 2 81
4.5.3 Betekenisvolle korrelasies van Skof 3 82
4.6 O_2, CO_2 EN CO KONSENTRASIES 82
4.7 METEREOLOGIESE DATA 83

4. HOOFSTUK 4 Bespreking

4.1 Inleidend

Weefseloksiginering kan deur 'n groot aantal faktore beïnvloed word. Hierdie faktore kan insluit: hoë hoogtes bo seevlak, siektetoestande soos chroniese obstruktiewe pulmonêre siekte, afnames in die suurstofkonsentrasie van die omgewing en siektetoestande waar kardiovaskulêre probleme of hemoglobienafwykings voorkom (Besa & Woermann, 2000). 'n Ander groep faktore wat 'n invloed op weefsel-oksiginering kan hê is blootstelling aan omgewingstoksiene, soos benseen of koolstofmonoksied (Intelihealth, 2000). Inaggenome hierdie genoemde faktore, het dié studie ten doel om te bepaal of persone wat aan vlugtige organiese verbindings blootgestel word, wel – in reaksie op onvoldoende weefseloksiginering – versteurde hematologiese waardes toon.

Die groepe proefpersone wat in hierdie studie betrek is, was 'n groep van 20 blanke manspersone wat in 'n koolteeraanleg van 'n petrochemiese fabriek in Secunda werk, en wat die Eksperimentele groep gevorm het. 'n Kontrole groep is gevorm uit 20 blanke manspersone wat ewekansig met die Eksperimentele groep afgepaar is, en wat in die Lydenburg omgewing woonagtig is.

In die interpretering van die resultate moet daar ag geslaan word op faktore wat die resultate van die studie kon beïnvloed. Die feit dat die proefpersone vraelyste moes invul, kan veroorsaak dat die akkuraatheid van die antwoorde bevraagteken kan word aangesien vraelyste subjektief is. Hoewel proefpersone gerus gestel is dat alle inligting anoniem hanteer sal word, is die akkuraatheid van antwoorde nietemin 'n kwelling. Ofskoon daar voortdurende toesig oor die Eksperimentele proefpersone was tydens hul werkskofte, kan hulle volle samewerking met die dra van die VOV-plaatjies steeds bevraagteken word. Die proefpersone was egter druk besig tydens afskakeling van die fabriek, en verder kan die feit dat die plaatjies van só aard is dat dit 'n werker nie in sy werkverrigting hinder nie, moontlik bydra dat hulle gedurende hul werkskofte normaal met hul aktiwiteite voortgegaan het. Vanuit die metereologiese data in tabel 3.7 (p. 67) word getoon dat die windspoed gedurende die twee dae van meting afsonderlik 15,80 km/h en 7,27 km/h was. Omdat dele van die fabriek uit oop areas bestaan, kan die wind maklik daardeur beweeg en toksiese gasse wegvoer, wat veroorsaak dat dit nie deur die plaatjies opgeneem kan word nie.

Die resultate toon dat die statistiese variasie van 5 % wat voor die proefneming bepaal is, wel suksesvol was omdat die standaardafwykings van die rooibloedselparameters binne 'n standaardafwyking van 5 % was. Die groottes van die proefgroepe in die studie is dus korrek gekies.

4.2 Kontrolegroep, Lydenburg

Lydenburg, 'n dorp wat in die noordelike dele van Mpumalanga geleë is, se sentrale dorpsarea is op 'n hoogte van 1 387 m bokant seevlak (Suid-Afrika, 1988). Dié dorp is egter in 'n laagte van 'n bergagtige area geleë, wat beteken dat die gholfbaan reeds op 1 416 m bo seevlak is en die koppe rondom die dorp 1 659 m bokant seevlak is. Verder is die afstand tussen Lydenburg en Dullstroom slegs 43 km, waar Dullstroom die hoogste dorpie in die noordelike dele van die land is op 2 010 m (Suid-Afrika, 1988).

Die afstand tussen Lydenburg en Secunda is ongeveer 250 km. Die windrigting te Secunda was vanaf 31 Augustus 2000 tot 7 September 2000 in 'n suid-westelike rigting teen 'n gemiddelde spoed van 12,2 km/uur wat 'n moontlike aanduiding van die algemene windrigting is. Aangesien Lydenburg noord-oos t.o.v. Secunda geleë is, behoort fabrieksvrystellings van Sasol moontlik nie 'n direkte invloed op die inwoners van Lydenburg te hê nie. Verder kom geen ander soortgelyke industrieë in Lydenburg-omgewing voor nie.

Omdat die hematokritwaardes wat as die *normale grense* vir manlike persone aangedui word, wissel tussen 40 % tot 45 % (Sherwood, 2000:369; Guyton & Hall, 2000:266; Vander *et al.*, 1998:373; West, 1990:138), kan hierdie groep proefpersone wél as 'n groep beskou word wat die normale verteenwoordig, omdat hulle gemiddelde hematokritwaarde 42,28 ± 5,41 % was (sien tabel 3.1, p. 48).

4.2.1 Waardes wat nie binne die normale grense val nie

Wanneer daar na die gemiddelde waardes van die gemete veranderlikes in hierdie groep gekyk word (sien tabel 3.1, p. 48), word gesien dat die enigste veranderlike wat nié binne die normaalgrense val nie, die rooibloedsel distribusie wydte is. Die RDW is 'n numeriese uitdrukking wat die graad van anisositose (ongelyke grootte van die rooibloedliggaampies) uitdruk (Uthman, 1995). Die normale waardes wat daarvoor aangedui word is 11,0 – 14,0 % (UVa Health System, 2000), waar hierdie proefgroep se

waarde 14,30 ± 2,62 % was. Hoewel die waarde effens hoër as die normaalgrens is, kan dit vir die doeleindes van hierdie studie as naby genoeg aan die normaal beskou word.

4.2.2 Korrelasies tussen hematologiese faktore en persoonlike inligting

Binne hierdie groep het daar vier statistiese betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$) tussen *hematologiese faktore, persoonlike inligting* en *lewensgewoontes* rakende die proefpersone, voorgekom (sien figuur 3.1, p. 49) Geeneen van hierdie korrelasies het binne die Eksperimentele groep voorgekom nie.

Negatiewe korrelasie tussen hematokrit en oefengewoonte

Hoewel 'n mens sou verwag dat daar 'n positiewe korrelasie tussen die twee faktore moet bestaan omdat die liggaam 'n hoër suurstofvoorsiening moet hê wanneer geoefen word, bewys McArdle en medewerkers (1996:56) dat veral wanneer daar aan aktiwiteite deelgeneem word wat uithouvermoë vereis – soos dit ook by hierdie groep proefpersone die geval was – daar in werklikheid 'n afbraak van rooibloedselle kan plaasvind. Daar word gestel dat oefening 'n verlies aan hemoglobien deur die uriene veroorsaak én dat rooibloedselle afgebreek word vanweë die verhoogde liggaamstemperatuur, milt aktiwiteit, sirkulasietempo en ook die meganiese trauma wat veroorsaak word deur die voeteval wanneer op 'n harde oppervlak gedraf word. Om hierdie moontlikheid verder te staaf, is daar data wat toon dat suboptimale hemoglobienkonsentrasie en hematokrit meer by langafstand atlete voorkom. Maar wanneer daar egter nadere ondersoek ingestel word, blyk dit dat die waargenome afnames voorkom as gevolg van die drastiese toename in plasmavolume. As voorbeeld kan genoem word dat binne 4 dae van submaksimale oefening die plasmavolume met 20 % sal toeneem, maar die rooibloedselvolume bly onveranderd. Gevolglik sal die totale hemoglobien, wat in werklikheid met oefening toeneem, se konsentrasie in die plasma afneem. Ten spyte van hierdie oënskynlike verdunning van hemoglobien, sal aerobiese kapasiteit en werkverrigting toeneem wanneer geoefen word (McArdle *et al.*, 1996:57).

Positiewe korrelasie tussen die GKV en ouderdom

Volgens Freedman en Weintraub (1990:644) sal die gemiddelde korpuskulêre volume (GKV) van rooibloedselle effens toeneem met toenemende ouderdom hoewel die rooibloedsel morfologie nie betekenisvol verander nie. Dieselfde resultaat word ook gevind in 'n studie van Kondo en medewerkers (1993:98) wat 'n betekenisvolle

assosiasie tussen 'n toename in ouderdom en toename in GKV verkry het. Dit kan moontlik die positiewe korrelasie verklaar wat ook in hierdie studie verkry is.

Positiewe korrelasie tussen die GKV en rookgewoonte

Gereelde rokers se gemiddelde korpuskulêre volume (GKV) was betekenisvol hoër as dié van nie-rokers in 'n studie waar van 429 gesonde manlike werkers gebruik gemaak is (Kondo *et al.*, 1993:98). Só het Rosello en medewerkers (1990:368) in 'n studie waar van 507 gesonde individue gebruik gemaak is, bevind dat daar 'n positiewe korrelasie tussen die rookgewoonte en GKV bestaan. Aubin en medewerkers (1998:638) het ook bevind dat die aantal jare wat 'n persoon rook 'n positiewe korrelasie met die GKV toon, en dat die toename van GKV met rookgewoonte 'n moontlike gevolg is van koolstofmonoksied inaseming wat tot hipoksie kan aanleiding gee. Die resultate van die genoemde studies is in ooreenstemming met die resultate van hierdie studie.

Positiewe korrelasie tussen GKH en rookgewoonte

Twee afsonderlike studies het getoon dat 'n toename in gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (GKH) met rookgewoonte gepaard gaan (Rosello *et al.*, 1990:368; Kondo *et al.*, 1993:98), soos ook in hierdie studie waargeneem is. Die gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie (GKHK) en die aantal rooibloedselle is egter nie met rook geassosieer nie (Rosello *et al.*, 1990:368).

4.3 Eksperimentele groep, Secunda

Secunda is 'n dorp wat in die sentrale tot suidelike dele van Mpumalanga, Suid-Afrika, geleë is op 'n hoogte van 1 616 m bokant seevlak (Suid-Afrika, 1995). Die Koolteeraanleg is geposisioneer naby die grens aan die westekant van die fabriek. Areas binne die fabriek verskil ten opsigte van lugbewegingsmoontlikhede, hoewel daar by die meeste dele wel voortdurend omgewingslug, soos wind, deurbeweeg.

Produksie- en instandhoudingswerkers van hierdie aanleg werk normaalweg 8-uur skofte binne die fabriek self, asook binne beheerkamers. Eksperimentele proefneming het egter plaasgevind gedurende die jaarlikse afsluiting van die fabriek, wat geduur het vanaf 2 tot 16 September 2000. Dit het beteken dat die werkers 12-uur skofte gewerk het.

Die skofte waarin hierdie groep proefpersone gewerk het, kan soos volg geklassifiseer word:

- *Sondag, Dagskof [05:30 – 17:30]*: Uit die groep van 20 proefpersone, het **sewe** gedurende hierdie skof gewerk. Aangesien die grootste gedeelte van die stoomskoonmaakproses in hierdie tyd plaasgevind het, het hierdie groep proefpersone ook die meeste blootstelling aan gasse ervaar omdat die gasse deur die stoom in die omgewing vrygestel is. Die proefpersone van hierdie groep wat nie aan so 'n groot verskeidenheid gasse blootgestel is nie, het die meeste van hulle tyd in die beheerkamer spandeer.
- *Sondag, Nagskof [17:30 – 06:30]*: Slegs **drie** proefpersone het tydens hierdie skof gewerk, omdat daar meer instandhouding tydens die skof plaasvind. Hoewel hul gasblootstelling laer was as dié van die eerste groep, het hulle skof ook gedurende die stoomskoonmaakproses plaasgevind.
- *Maandag, Dagskof [06:30 – 18:30]*: **Tien** proefpersone het gedurende die skof gewerk. Die skoonmaakproses het gedurende hierdie skof tot 'n einde gekom, wat beteken dat die proefpersone wat tydens die skof gewerk het nie sulke hoë blootstellings aan die gasse ervaar het nie.

Die groep proefpersone het bestaan uit werkers wat verskillende poste beklee, wat ook 'n invloed het op hul rondbeweging in die aanleg, en dus hul direkte blootstelling aan dampe bepaal. Die groep van 20 werknemers het bestaan uit:

- *4 Skofleiers*: Skofleiers koördineer die werk wat deur die werknemers onder hulle uitgevoer word. Hulle moet sorg dat alles reg verloop, en beweeg nie so gereeld deur die aanleg soos die ander nie. Wanneer skofleiers nie in die aanleg beweeg nie, is hulle in die beheerkamer wat ongeveer 100 m vanaf die aanleg is. Dus kan gesê word dat hulle direkte blootstelling aan dampe dalk in 'n mindere mate as die ander werkers plaasvind, maar dat hulle tóg 'n groot mate van blootstelling kan ervaar.
- *4 Senior proseskontroleerders (SPK's):* Die SPK's beheer die gebeure wat tydens afskakeling van die fabriek plaasvind, onder die toesig van die skofleiers. Normaalweg beweeg hulle ook relatief min in die aanleg, maar moet voortdurend toesig hou oor die werknemers wat onder hulle werk. Tydens afskakeling van die fabriek, het hulle egter meer as normaalweg in die aanleg rondbeweeg.

- *5 Proseskontroleerders (PK's):* PK's werk fisies in die aanleg. Die skoonmaak van die torings, stoming en herstel van beskadigde of stukkende instrumente en materiaal gedurende die afskakeling van die aanleg, is hulle verantwoordelikheid. Hulle werk dus omtrent vir die totale duur van hulle skof binne die aanleg.
- *2 Boormanne:* Die werk van die boormanne is bykans dieselfde as dié van die PK's. Hulle beweeg ook vir bykans die hele duur van hul skof in die aanleg rond, en het bystandsverantwoordelikhede.
- *5 Werknemers van Instandhouding en instrumente:* Hierdie werknemers se plig is om toe te sien dat die apparaat en strukture in die aanleg in volkome werkende toestand is. Ofskoon hulle normaalweg nie vir 'n hele skof in die aanleg rondbeweeg nie, het hulle gedurende die afskakeling van die fabriek heelwat meer tyd binne die aanleg spandeer.

4.3.1 Korrelasies tussen die hematologiese faktore, persoonlike inligting en lewensgewoontes

Binne die Eksperimentele groep het daar géén statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$) tussen die *hematologiese faktore, persoonlike inligting* en *lewensgewoontes* van die proefpersone voorgekom met betrekking tot die 2000 hematologiese data nie. Die betekenisvolle korrelasies wat wél voorgekom het, was tussen die *hematologiese faktore* van 1999 se data met die *lewensgewoontes* van die proefpersone (sien figuur 3.2, p. 51). Geen soortgelyke korrelasies het binne die Kontrole groep voorgekom nie.

Negatiewe korrelasie tussen RBS-telling en oefengewoonte

Hierdie verwantskap is die enigste korrelasie wat binne die Eksperimentele groep voorgekom het, wat effens met 'n korrelasie wat binne die Kontrole groep voorgekom het, ooreenstem. Dit is naamlik die *negatiewe korrelasie tussen hematokrit en oefengewoonte* wat daar voorgekom het (sien paragraaf 4.2.2, p. 71).

Die negatiewe korrelasie wat tussen rooibloedseltelling en oefengewoonte voorkom, kom ooreen met die bevindinge van McArdle en medewerkers (1996:57) wat toon dat RBS-telling na een week se oefening drasties daal, maar weer styg om na agt weke se oefening 'n stabiele toestand te bereik, wat steeds effens laer as die aanvanklike RBS-telling voor oefening was.

Positiewe korrelasie tussen GKV en oefengewoonte

In 'n studie waar die reaksie van rooibloedselle en plasmavolume op langtermyn oefening bestudeer is, het die proefpersone vyf tot ses keer per week geoefen vir 'n tydperk van 8 weke. Daar is bevind dat die gemiddelde korpuskulêre volume van rooibloedselle met 1,7 % toegeneem het, om sodoende te bewys dat daar wel 'n positiewe verwantskap tussen GKV en oefengewoonte bestaan (Green *et al.*, 1991:1810). Die oefengewoonte van die Eksperimentele proefpersone is dus 'n moontlike oorsaak van die ooreenkomstige hoë GKV.

Positiewe korrelasie tussen GKH en oefengewoonte

Gemiddelde korpuskulêre hemoglobien (GKH) van 26 proefpersone in 'n studie van Branch en medewerkers (1997:788) het tesame met die gemiddelde hemoglobien konsentrasie (GKHK) 'n betekenisvolle toename getoon met gereelde uithouvermoë oefeninge. Só het die studie van Green en medewerkers (1991:1810) ook getoon dat GKH met 2,3 % toegeneem het waar die proefpersone vir 8 weke lank, vyf tot ses keer per week geoefen het. Dit kom dus ook met die resultate van hierdie studie ooreen.

4.3.2 Verskille tussen die hematologiese veranderlikes van 1999 en 2000

Tussen die waardes van die hematologiese parameters van 1999 en 2000 het daar betekenisvolle verskille tussen *GKV, GKH* en *GKHK* voorgekom (sien figuur 3.3, p. 52). In al drie gevalle het die waardes betekenisvol *laer* geword oor die tydperk van een jaar, hoewel die ander hematologiese parameters nie betekenisvolle verskille getoon het nie.

Dus kan daar hieruit afgelei word dat die gemiddelde rooibloedselvolume betekenisvol kleiner geword het. Daarmee het 'n afname in die hoeveelheid hemoglobien, asook 'n afname in die konsentrasie hemoglobien van die rooibloedselle voorgekom. Die aantal rooibloedselle, asook die persentasie rooibloedselle in die plasma het nie *betekenisvol* verander nie, hoewel beide vermeerder het. Hierdie vermeerdering in die aantal eritrosiete is moontlik 'n verduideliking hoekom die hemoglobienwaardes relatief konstant gebly het – al het GKH en GKHK afgeneem.

4.4 Vergelyking tussen die Kontrole en Eksperimentele groepe

Deur 'n vergelyking tussen die Kontrole en Eksperimentele groep te tref wil 'n antwoord op die vrae verkry word, naamlik *kan die Kontrole groep wél as die normaalwaarde*

beskou word? Indien dit wel die geval is *verskil die Eksperimentele groep só betekenisvol van die Kontrole groep dat die hematologiese waardes van die Eksperimentele groep wél as afwykend beskou kan word?*

Ten einde antwoorde op hierdie vrae te kry is al die parameters wat by beide groepe verkry is met mekaar vergelyk. In paragraaf 4.2 (p. 70) word dit duidelik gemaak dat sowat ál die hematologiese waardes van die Kontrole groep ooreenstem met die normale waardes wat deur betroubare bronne voorgeskryf is. Dus kan die hematologiese waardes as verwysings-raamwerk vir die waardes van die Eksperimentele groep gebruik word.

4.4.1 Ooreenstemming van persoonlike-, biografiese inligting en lewensgewoontes

Die vraag bly egter of al die persoonlike-, biografiese en lewensgewoontes van beide groepe ooreenstemmend is. Hierdie inligting is belangrik omdat dit (soos beskryf in par. 1.5.6.5.1, p. 30) die hematologiese parameters, en in hierdie geval met spesifieke verwysing na die hematokrit, kan beïnvloed.

Wanneer aan al die ingesamelde inligting van die Kontrole en Eksperimentele groepe aandag gegee word, blyk die volgende (figuur 3.4, p. 54):

- dat hulle ouderdomme bykans dieselfde is en nie betekenisvol van mekaar verskil nie;
- beide groepe slegs uit blanke, manlike persone bestaan;
- dat hulle oefen-, rook- en drinkgewoontes nie betekenisvol van mekaar verskil nie;
- dat beide groepe nie aan enige ernstige siektetoestande ly nie, en dat medikasie wat wel gebruik word, minimaal is;
- die hoogte bo seevlak van beide gebiede was basies in dieselfde vlak, naamlik Secunda wat 1 616 m bo seevlak is (Suid-Afrika, 1995), met Lydenburg wat in 'n bergagtige streek wissel tussen 1 387 m en 1 659 m bo seevlak (Suid-Afrika, 1988);
- wat wél betekenisvol van mekaar verskil het is *die tydperk wat die persone in die gebied woon en/of werk*. McArdle en medewerkers (1996:538) toon dat 'n persoon se hematokrit binne twee weke aanpas by hoogtes van 2 300 m bo seevlak. Daarna sal vir elke 610 m toename in hoogte 'n ekstra week nodig wees vir aanpassing by daardie vlak. Persone wat op 'n hoogte van 4 267 m hematologies moes akklimatiseer het binne 30 tot 60 dae 'n relatiewe

stabilisering in hematokrit getoon (McArdle *et al.*, 1996:537). Die groepe proefpersone in hierdie studie het beide vir veel langer tye in die gebiede gewoon. Die minimum tyd wat enige persoon in 'n gebied gewoon het, was 'n proefpersoon in Lydenburg wat vir 7 maande daar gebly het, hoewel die gemiddelde tyd wat proefpersone in Lydenburg bly 13,53 jaar is. Die proefpersone in Secunda se gemiddelde woontyd is 4,53 jaar. Hoewel hierdie waardes dus betekenisvol van mekaar verskil, is dit nie in hierdie studie van belang nie omdat die minimum tydperk vir akklimatisasie net sowat twee maande is.

- *'n verdere betekenisvolle verskil bestaan tussen die hoeveelheid vitamien en/of ysteraanvullings wat deur die proefgroepe gebruik is.* Hoewel veral yster en vitamien B_{12} 'n belangrike rol in eritropoïese speel, behoort dit nie in hierdie geval van soveel belang te wees nie. Die Kontrole groep het in die geval betekenisvol méér aanvullings as die Eksperimentele groep gebruik, hoewel daar vanuit die resultate getoon is dat die Eksperimentele groep se hematokrit betekenisvol hoër as die Kontrole groep se waarde is.

Wat dus die belangrikste is, is die feit dat die proefgroepe op grond van persoonlike-, biografiese en lewensgewoontes oor die algemeen, en wat die belangrikste faktore aanbetref, ooreenstem.

4.4.2 Vergelyking tussen hematologiese parameters

Aangesien die proefgroepe as identies ten opsigte van persoonlike faktore en lewensgewoontes beskou kan word, en op grond van die feit dat die Kontrole groep se hematologiese waardes as *normaal* beskou kan word, behoort die verskille wat in die hematologiese parameters tussen die groepe voorkom, 'n aanduiding van moontlike afwykings te wees.

Die gemiddelde rooibloedseltelling (figuur 3.7, p. 56), gemiddelde hemoglobienwaarde (figuur 3.8, p. 56) en gemiddelde hematokrit (figuur 3.9, p. 57) van die Eksperimentele groep was betekenisvol ($p \leq 0,001$) hoër as die Kontrole groep se waarde. Tog was daar geen verskille tussen die GKV, GKH en GKHK nie (figuur 3.4, p. 54). Die Kontrole groep se RDW was egter betekenisvol ($p \leq 0,05$) hoër as dié van die Eksperimentele groep (figuur 3.10, p. 57).

Die Eksperimentele groep se RDW was binne die voorgeskrewe normale grense, en 'n moontlikheid vir die betekenisvolle verskil met die Kontrole groep, kan verklaar word deur die feit dat die Kontrole groep se RDW effens bokant die boonste grens van voorgeskrewe normaalwaardes vir RDW val (sien paragraaf 4.2.1, p. 70).

Uit die resultate kan afgelei word dat die werknemers by die Koolteeraanleg betekenisvol meer rooibloedselle het as die mense in Lydenburg. Die groter aantal eritrosiete en hoër hematokrit verklaar dan ook die hoër hemoglobienwaarde, maar die feit dat die GKV, GKH en GKHK nie betekenisvol verskil nie toon dat die volume van die rooibloedselle, asook die hoeveelheid en konsentrasie hemoglobien van die eritrosiete relatief eenders is.

GKV, GKH en GKHK het geen betekenisvolle verskille tussen die twee groepe getoon nie. Ook nie wanneer die 1999 óf 2000 hematologiese waardes van die Eksperimentele groep met die Kontrole groep vergelyk word nie. Hoewel die Eksperimentele groep dus 'n statisties betekenisvolle ($p \leq 0,05$) daling met betrekking tot GKV, GKH en GKHK vanaf 1999 tot 2000 (figuur 3.3, p. 52) getoon het, blyk dit dat beide jare se waardes geen betekenisvolle verskille met die Kontrole groep toon nie. Dus kan afgelei word dat die eritrosietvolume, hoeveelheid hemoglobien per eritrosiet en konsentrasie hemoglobien van die eritrosiet *op hierdie oomblik* nie as afwykend by die Eksperimentele groep beskou kan word nie, maar dat die *aantal* eritrosiete afwykend is. Die betekenisvolle verlaging wat in GKV, GKH en GKHK oor 'n jaar plaasgevind het, kan egter nie toevallig wees nie, en as dié drie indekse jaarliks bly afneem, kan dit 'n moontlike begin van mikrositiese ***anemie*** tot gevolg hê (Uthman, 1995).

Wêreldwyd word chroniese anemie as die tweede mees algemene vorm van anemie aangetref. In die vroeë fases is die eritrosiete normosities, maar met tyd word dit egter mikrosities. Die hoofrede hiervoor is dat die eritroïede massa nie daarin slaag om voldoende uit te brei en te ontwikkel in reaksie tot die ontwikkelende anemie nie (Merck, 1999c). Aplastiese anemie is 'n tipe anemie waarvan die oorsaak gewoonlik idiopaties is, maar herkende oorsake is chemikalieë, soos bv. benseen, asook straling (Merck, 1999c). Aplastiese anemie word gekenmerk aan lae getalle rooibloedselle. Hierdie lae vlakke is die resultaat van die beenmurg se onvermoë om 'n voldoende hoeveelheid stamselle – wat tot die ontwikkeling van al drie bloedseltipes aanleiding gee – te produseer (Discovery health, 2000).

'n Hematokritlesing wat hoër as 54 % in mans is, mag egter ***polisitemie*** aandui (Merck, 1999b). In hierdie geval is die gemiddelde lesing vir mans egter slegs 50,87 ± 2,73 %. Hoewel dit nie hoër as 54 % is nie, val dit steeds in 'n veel hoër vlak as die normaal van 40 tot 45 % wat vir mans aangedui word (Sherwood, 2000:369; Guyton & Hall, 2000:266; Vander *et al.*, 1998:373; West, 1990:138) en is dit statisties betekenisvol ($p \leq 0,001$) hoër as dié van die Kontrole groep (figuur 3.4, p. 54).

Die vraag ontstaan nou of hierdie toestand as ontwikkelende *polisitemie* (hoë hematokrit) of sluimerende *aplastiese anemie* (veranderende [verlagende] GKV, GKH, GKHK) beskou kan word.

4.5 Die Eksperimentele groep se blootstelling aan vlugtige organiese verbindings

Oor die blootstelling aan verskeie gasse van werknemers by die Koolteeraanleg gedurende die jaarlikse afskakeling van die fabriek, bestaan daar geen twyfel nie. 95 % van die werknemers word, onafhanklik van hul skof, byvoorbeeld aan tolueen blootgestel. Tóg is nie 'n enkele proefpersoon se tydbeswaarde gemiddelde blootstelling aan enige substansie bokant die voorgeskrewe drempel nie. Inteendeel, die gemiddelde blootstelling aan byvoorbeeld tolueen van werknemers wat tydens die eerste skof gewerk het – wat ook die hoogste blootstelling van al drie skofte ervaar het – was 0,01 % van die voorgeskrewe tydbeswaarde gemiddelde drempel van 8 ure. Daar moet dus klem daarop gelê word dat die werknemers se blootstelling aan ál die VOV's uiters laag onder die voorgeskrewe drempels was. Verder was daar proefpersone wat aan 12 tot 13 verskillende substansies gedurende een skof blootgestel is, waar andere dalk net aan 3 of 6 verskillende substansies blootgestel is.

Die effekte wat chemiese interaksies, soos sinergisme, potensiëring of antagonisme tot gevolg mag hê, kan dus hier van uiterste belang wees. Waar sinergisme beteken dat twee chemikalieë met dieselfde toksisiteit, wanneer gekombineer, 'n effek veroorsaak wat groter is as hul additiewe effek. Potensiëring kom voor wanneer 'n sekere chemiese stof nie 'n spesifieke toksiese effek veroorsaak nie, maar nietemin die toksisiteit wat deur 'n ander chemiese stof veroorsaak word, vererger. Antagoniste is chemikalieë wat, wanneer gekombineer, mekaar se gemete effekte uitkanselleer (James, 1985:18).

Daarby kan chemiese interaksies toe- of afneem en dit word deur die tipe chemiese interaksie bepaal, naamlik:

- *Funksioneel*: wanneer beide chemikalieë dieselfde fisiologiese funksie verrig;
- *Chemies*: die chemiese interaksie tussen twee chemikalieë affekteer die toksisiteit van een van die twee chemikalieë;
- *Disposisioneel*: die absorpsie, metabolisme, verspreiding of uitskeiding van een van die chemikalieë word deur die tweede beïnvloed en verander;
- *Reseptor-gemedieer:* wanneer twee chemikalieë aan dieselfde weefselreseptor bind, sal die tweede chemiese stof, wat in aktiwiteit van die ander verskil, kompeteer vir die reseptor en sodoende die effek van die eerste chemiese stof beïnvloed.

(James, 1985:18).

Dit is dus nie net of die voorgeskrewe drempels oorskry word wat van belang is nie, maar ander faktore kan die effek wat daardie spesifieke blootstelling tot gevolg mag hê, beïnvloed.

Vanuit die resultate is dit duidelik dat die mate van blootstelling tussen die skofte van mekaar verskil het. Blootstelling tydens die eerste skof was in die meeste gevalle hoër as wat dit tydens die ander skofte was, omdat die stoomskoonmaakproses die kragtigste in werking was gedurende hierdie skof. Die feit dat die skofte so van mekaar verskil, is moontlik die rede waarom daar geen statisties betekenisvolle korrelasies ($p \leq 0,05$) tussen die Eksperimentele groep as geheel met enige hematologiese parameters van 2 000 voorgekom het nie.

Wanneer daar egter aan individuele skofte aandag gegee word, word wel betekenisvolle korrelasies gevind. Dit was die volgende:

4.5.1 Betekenisvolle korrelasies van Skof 1

Negatiewe korrelasie tussen n-heksaan blootstelling en rooibloedseltelling

In verskillende studies waar die toksisiteit van n-heksaan in muise ondersoek is, is bevind dat dit hiperplasie van die beenmurg veroorsaak (NTP, 1991; TDMS, 2000). Daar sou dus eerder 'n positiewe korrelasie tussen n-heksaan blootstelling en RBS-telling verwag word. Dit kan moontlik verklaar word deur 'n antagonistiese werking wat tussen n-heksaan en 'n ander toksiese stof bestaan. Proefpersone word aan 'n verskeidenheid toksiese stowwe blootgestel wat sinergisties, potensiërend en antagonisties kan optree. Benseen beskadig byvoorbeeld die beenmurgstamselle om

defektiewe beenmurgfunksie te veroorsaak en tot aplastiese anemie aanleiding te gee (Baak & Young, 1999:852). Andersins kan die moontlike oorsaak vir hierdie negatiewe korrelasie wees dat die hiperplasie wat in beenmurgselle ontstaan die ontwikkeling van defektiewe stamselle in die beenmurg veroorsaak, wat daartoe lei dat daar 'n kleiner aantal rooibloedselle in die sirkulasie teenwoordig is.

Negatiewe korrelasie tussen tolueen blootstelling en rooibloedseltelling

Chroniese blootstelling aan tolueen veroorsaak 'n effense depressie van die eritrosietvlakke (DeLeon *et al.*, 1988:1009). Dit vind moontlik plaas omdat herhaaldelike blootstelling aan tolueen die beenmurg kan beskadig om uiteindelik tot 'n lae bloedseltelling te lei (Etkin, 1996:397).

Negatiewe korrelasie tussen xileen blootstelling en gemiddelde korpuskulêre volume

Pedersen en Rasmussen (1982:113) het in 'n vergelykende studie tussen xileenblootgestelde en nie-blootgestelde persone bevind dat daar geen betekenisvolle verskil m.b.t. die GKV tussen die twee groepe proefpersone voorgekom het nie. Tog blyk dit hier dat xileen daartoe lei dat die rooibloedselvolume van blootgestelde persone afneem en kan dit moontlik 'n rede wees waarom die Eksperimentele groep se GKV betekenisvol vanaf 1999 tot 2000 afgeneem het (sien figuur 3.3, p. 52) en moontlik met voortgesette blootstelling verder sal afneem.

Positiewe korrelasie tussen 3-metielpentaan blootstelling en rooibloedseltelling

Hieruit blyk dit dat blootstelling aan 3-metielpentaan, wat 'n deel van kommersiële *heksaan* vorm, tot 'n toename in RBS-telling aanleiding gee. Die presiese meganisme hiervan is nie bekend nie, maar 3-metielpentaan kan moontlik ook soos n-heksaan hiperplasie van die beenmurg veroorsaak (NTP, 1991; TDMS, 2000), en die groter aantal stamselle kan veroorsaak dat 'n groter aantal eritrosiete gevorm word.

4.5.2 Betekenisvolle korrelasies van Skof 2

Positiewe korrelasie tussen xileen blootstelling en gemiddelde korpuskulêre hemoglobien

In 'n vergelykende studie tussen xileenblootgestelde en nie-blootgestelde persone is bevind dat daar geen betekenisvolle verskil met betrekking tot GKH tussen die twee groepe proefpersone voorgekom het nie (Pedersen & Rasmussen, 1982:113). Hier is egter wel waargeneem dat GKH toeneem met blootstelling aan xileen. Hoewel die

proefpersone van Skof 1 'n negatiewe korrelasie tussen xileen blootstelling en GKV gekry het, blyk dit dat Skof 2 se GKH positief met xileen korreleer. Omdat daar tydens die tweede skof slegs 3 proefpersone gewerk het, kan hierdie korrelasie in twyfel getrek word, tóg toon die grafiek in figuur 3.17 (p. 65) dat dit omtrent 'n perfekte positiewe korrelasie is, wat dui dat dit in ag geneem moet word.

Volgens Etkin (1996:406) kan xileen die beenmurg beskadig om tot 'n lae rooibloedseltelling te lei. Hierdie beskadiging kan moontlik daartoe aanleiding gee dat die rooibloedselle se korpuskulêre volume verklein, maar dat die korpuskulêre hemoglobien steeds dieselfde bly.

4.5.3 Betekenisvolle korrelasies van Skof 3

Die feit dat hierdie die grootste groep proefpersone was, en daar geen betekenisvolle korrelasies voorgekom het met enige hematologiese parameter nie, is moontlik 'n goeie aanduiding dat hierdie groep 'n laer blootstelling aan vlugtige organiese verbindings as die ander skofte ervaar het. Dit kan moontlik verklaar word deur die feit dat die stoomskoonmaakproses bykans op 'n einde was tydens die duur van hierdie skof. Verder bestaan 5 proefpersone wat tydens hierdie skof gewerk het uit Instandhoudings-personeel, wat nie vir die volle duur van hulle skof in die aanleg gewerk het nie, en dus sodoende die gemiddelde blootstelling van hierdie groep verlaag het.

4.6 O_2, CO_2 en CO konsentrasies

Wanneer hierdie gaskonsentrasies soos gemeet in Lydenburg (tabel 3.5, p. 66) en Secunda (tabel 3.6, p. 67) met mekaar en met voorgeskrewe O_2, CO_2 en CO waardes vergelyk word, kan dit basies as normaal beskou word.

Die O_2 waardes van Lydenburg en Secunda verskil met ongeveer 0,3 %. Dit is so min dat dit buite rekening gelaat kan word, waar Secunda se O_2 in elk geval hoër is as die van Lydenburg. Dus kan afgelei word dat hoë hematokritwaardes van die Eksperimentele groep *nie* deur te lae O_2 konsentrasies veroorsaak word nie.

Só is die CO_2 konsentrasies van die twee groepe ook streng gesproke dieselfde. Dit is eintlik net die CO-waardes wat effens van mekaar verskil. Hoewel die CO waardes by die aanleg tydens die eerste dag van meting – die dag waarop die stoomskoon-maakproses in volle gang was – heelwat hoër was as die tweede dag, is al die waardes

steeds ver onder die voorgeskrewe tydbeswaarde gemiddelde drempel van 50 dpm wat deur die Regulasies vir Gevaarlike Chemiese Substansies van 1995 voorgeskryf word. Dus kan hematologiese afwykings nie net aan hoë CO waardes toegeskryf word nie, maar wel moontlik aan langtermyn lae blootstelling aan CO.

4.7 Metereologiese data

Gedurende beide dae waartydens proefpersone die VOV-plaatjies gedra het, het dit glad nie gereën nie en die ander metereologiese faktore wat 'n belangrike rol in die sukses van monitering kan speel, soos byvoorbeeld windspoed, het ook konstant gebly. Vanuit hierdie resultate kan waargeneem word dat die wind wél 'n rol kon speel om die data te beïnvloed aangesien dele van die aanleg oop is, en die wind van die gasse kon wegvoer. Verder was die temperatuur en humiditeit tydens die opnames by beide dae ongeveer dieselfde.

5. HOOFSTUK 5 GEVOLGTREKKING ____ 85

5.1 BEVINDINGE ____ 85

5.2 SLOTSOM ____ 91

5. HOOFSTUK 5 Gevolgtrekking

Die petrochemiese industrie bestaan uit onvermydelike gevaarlike chemiese prosesse wat uitgevoer moet word ten einde produkte soos petrol te verkry en wat Suid-Afrika jaarliks 'n hupstoot van miljoene rande gee. Só is Sasol 'n uiters belangrike bousteen van die Suid-Afrikaanse ekonomie en het in 1999 sy twintigste jaar op die Johannesburgse Effektebeurs (Sasol, 1999:1) herdenk. Persone werksaam by enige soortgelyke fabriek ter wêreld werk egter onder omstandighede wat oor die korttermyn, en veral oor die langtermyn, gevaarlike gevolge mag inhou. Só het hierdie studie aan die doel daarvan beantwoord deur te bevind dat die werknemers van die Koolteeraanleg, te Sasol Sintetiese Brandstowwe in Secunda, wél versteurde hematologiese waardes toon en dat blootstelling aan verskeie gevaarlike chemiese substansies 'n moontlike oorsaak van hierdie afwykings blyk te wees. Verder blyk dit dat hul *lae vlak langtermyn blootstelling* aan gevaarlike chemiese substansies moontlik gevaarlike gevolge inhou.

5.1 Bevindinge

In hierdie studie is bevind dat die Kontrole en Eksperimentele groepe se persoonlike-, biografiese en lewensgewoontes ooreenstem. Verder is daar egter ook bevind dat hul hematologiese parameters betekenisvolle verskille van mekaar toon. Waar die Kontrole groep se hematologiese waardes basies met voorgeskrewe normaalwaardes ooreenstem, verskil die *rooibloedseltellings*, *hematokritwaardes*, *hemoglobienwaardes* en *rooibloedsel distribusiewydtes* van die Eksperimentele groep betekenisvol van die normale. Hieruit kan beslis afgelei word dat dit nie biografiese faktore soos hoogte bo seevlak, of persoonlike lewensgewoontes soos rook- en drinkgewoontes is wat die werknemers van die Koolteeraanleg se hematologiese afwykings veroorsaak nie, en moet daar dus 'n ander oorsaak wees.

Dit is bekend dat die Eksperimentele groep aan verskillende vlugtige organiese verbindings en ander koolteerpikvlugstowwe gedurende hul normale werkskofte blootgestel word, al is dit ook net aan *lae konsentrasies* wat nie voorgeskrewe tydbeswaarde gemiddelde drempels daarvoor oorskry nie. Tóg wil dit uit hierdie studie voorkom of daar 'n groot waarskynlikheid bestaan dat dít die oorsaak is van die hematologiese afwykings.

Daar is waargeneem dat hierdie werknemers se hematokritwaardes hoër as die normale is én dat dit nie voorkom as gevolg van 'n daling in plasmavolume nie, aangesien hul rooibloedseltellings ook betekenisvol hoër as die normale is, en so ook die hoeveelheid hemoglobien. Ofskoon hul eritrosiete se gemiddelde korpuskulêre volume, gemiddelde korpuskulêre hemoglobien en gemiddelde korpuskulêre hemoglobien konsentrasie goed met die normale vergelyk, het dit vanaf 1999 tot 2000 betekenisvol afgeneem. As hierdie neiging oor die volgende aantal jare voortduur, behoort dit dus binnekort laer as die normale te wees.

Wanneer dus aandag gegee word aan die styging in rooibloedseltelling en hematokrit, wil dit voorkom asof die werkers aan 'n tipe *polisitemie* ly, maar omdat die biografiese faktore – soos suurstofkonsentrasie en hoogte bo seevlak – asook persoonlike inligting van hierdie groep met hul Kontrole groep ooreenstem, kan dit nié 'n tipe sekondêre of relatiewe polisitemie wees nie. Dit is ook totaal onwaarskynlik dat 'n groep van twintig mans aan polisitemie vera, wat deur 'n geenafwyking veroorsaak word, ly.

Wat die afnemende GKV, GKH en GKHK betref, het Pollini en medewerkers (1989:237) egter getoon dat die tipe werk wat persone verrig 'n beskadigende uitwerking op hul hemopoïetiese stelsel kan hê. Hulle het bevind dat proefpersone wat fisies meer intensiewe werk verrig, betekenisvolle laer GKHK toon as persone wat 'n sedentêre beroep het of wat baie min fisieke aktiwiteite in hul werk verrig. Dus kon die tipe werk wat deur hierdie Koolteeraanlegwerkers verrig is gedurende 2000 moontlik meer stremmend gewees het as tydens 1999, wat die daling in GKV, GKH en GKHK tot gevolg gehad het. Tóg kan dit ook 'n moontlike beginstadium van mikrositiese anemie van 'n chroniese aard aandui, hoewel die rooibloedseltelling hoog is.

Die studie toon dat hierdie groep werknemers van die Koolteeraanleg gedurende die jaarlikse afskakeling van die aanleg – wat ook die tydperk van hul hoogste moontlike blootstelling is – aan 'n hele verskeidenheid VOV's blootgestel is. Dit is belangrik om te let dat slegs aan VOV's aandag gegee is in hierdie studie, maar verdere blootstelling aan koolteerpikvlugstowwe – wat o.a. bestaan uit 'n reeks verklaarde karsinogene, soos benso(a)pireen – vind gesamentlik met die VOV's reg deur die jaar plaas. Hoewel daar in hierdie studie gekyk is na blootstelling tydens afskakeling en skoonmaak van die anleg, is dit nié 'n werklike verteenwoordiging van die blootstelling wat gedurende

normale werksdae reg deur die jaar plaasvind nie. Blootstelling tydens afskakeling wil dus hier slegs as *aanduiding* van waaraan werknemers blootgestel kan word, dien.

'n Verdere punt wat in ag geneem moet word is dat die volbloedtelling bepalings van hierdie groep werknemers vóór die jaarlikse afsluiting van die aanleg – wat jaarliks vroeg in September uitgevoer word – geneem is. Die VBT-bepalings is naamlik gedurende Julie en Augustus geneem. Dit wil sê dat die toestand waarin hul bloedselle tydens die VBT was, nie deur die blootstelling aan dampe gedurende 2000 se aanleg afskakeling beïnvloed is nie, maar dat dit die resultaat is van:

1) algemene lae vlak langtermynblootstelling aan verskeie kontaminante; en/of
2) die resultaat is van 'n moontlike kettingreaksie wat sy oorsprong jaarliks tydens fabriekafskakeling ondervind.

Wat dus in hierdie studie bevind is, is blootstelling aan 'n reeks van 14 verskillende VOV's. Vir 'n aantal van hierdie stowwe, byvoorbeeld *benseen, Stoddard oplosmiddel, tolueen, xileen, 1,2,3-trimetielbenseen, 1,2,4-trimetielbenseen* en *1,3,5-trimetielbenseen* is daar deur betroubare bronne (Etkin, 1996:347-408) aangedui dat dit 'n nadelige uitwerking op die beenmurg en bloedselle tot gevolg het. Verder is inligting omtrent die totale effek wat hierdie stowwe op die hematologiese stelsel, en totale liggaam as sulks het, uiters beperk. Verskillende VOV's het ook 'n nadelige uitwerking op die respiratoriese stelsel – en sal dus ook mettertyd en met laevlak- langtermynblootstelling die respiratoriese stelsel se effektiwiteit beperk om tot onvoldoende weefseloksiginering te lei. Laevlak-langtermynblootstelling is geen bewys dat daar geen skadelike effekte – soos waargeneem tydens akute blootstelling – sal plaasvind nie. Inteendeel, navorsers vermoed dat langtermynblootstelling die grootste bron van kommer behoort te wees, aangesien gesondheidseffekte, soos kanker daardeur veroorsaak kan word. Hoewel die meeste VOV's, uitgesonder benseen – wat bekend is as 'n menslike karsinogeen – nie bekend is om menslike kanker te veroorsaak nie, is die risiko's daaraan verbonde uiters onseker (Wallace, 1993:17).

Yang (1994:7) bevestig die gevaar van laevlak-langtermynblootstelling deurdat hy eerstens noem dat die term "waarneembare effekte" op die konvensionele toksikologiese resultate dui wat met huidige tegnieke bepaal word. Is dit nie moontlik dat, soos die tegnologie vooruitgaan – veral in mikrobiologiese velde – dat nuwer en meer sensitiewe toksikologiese eindpunte en drempels ontwikkel sal word nie? Is die

resultate van die "geen-waarneembare-effekte-vlak" nie slegs die resultaat van onsensitiewe toksikologiese tegnieke nie? Tweedens benadruk Yang (1994:7) die samewerking van blootstelling aan verskeie chemikalieë en die nou grens wat tussen "effekte" en "geen effekte" bestaan. Sekere chemikalieë kan ook *sinergisties* met mekaar reageer om die nou grens van "veiligheid" oor te steek en onverwagte toksisiteit te veroorsaak.

Funksionaliteit van beide hematologiese en respiratoriese stelsels, kan oor die langtermyn deur VOV's beperk word. Onvoldoende weefseloksiginering wat weer hierdeur tot stand sal kom, sal moontlik 'n effense verhoging in eritrosietproduksie veroorsaak (sien paragraaf 1.5.6.3.7, p. 25) deurdat reseptore in die niere die effense daling in suurstof, wat deur die bloed gedra word, opmerk. Uiteindelik sal hierdie proses 'n verhoging in die aantal eritrosiete tot gevolg hê om aan die liggaamsweefsel se suurstofbehoefte te voorsien.

Soos genoem het sekere VOV's ook terselfdertyd 'n skadelike uitwerking op die beenmurg. Die funksie van die stamselle in die beenmurg is om aan die liggaamseise vir eritrosiete te beantwoord. 'n Uitwerking van n-heksaan wat in verskillende studies in muise ondersoek is, het bevind dat dit *hiperplasie* van die beenmurg veroorsaak (NTP, 1991; TDMS, 2000). 'n Groter aantal selle in die beenmurg kan dus aanhelp om aan die eritrosietbehoefte te voorsien. Ander VOV's soos benseen, tolueen en xileen het verder die effek om die beenmurg en sentrale senuweestelsel aan te tas. Afbraak van groot dele beenmurg, sal *hiperplasie* van die oorblywende beenmurg veroorsaak, in 'n poging om aan die aanvraag na rooibloedselle in die liggaam te beantwoord (Guyton & Hall, 2000:385). Omdat langtermyn laevlak-blootstelling by die werknemers vermoed word, sal hiperplasie 'n lang tydperk neem om plaas te vind. Hierdie skadelike effek wat verskeie VOV's op die beenmurg het is 'n rede waarom benseen 'n oorsaak van aplastiese anemie is – waartydens 'n drastiese daling in eritrosiete in die sirkulasie voorkom (Baak & Young, 1999:851).

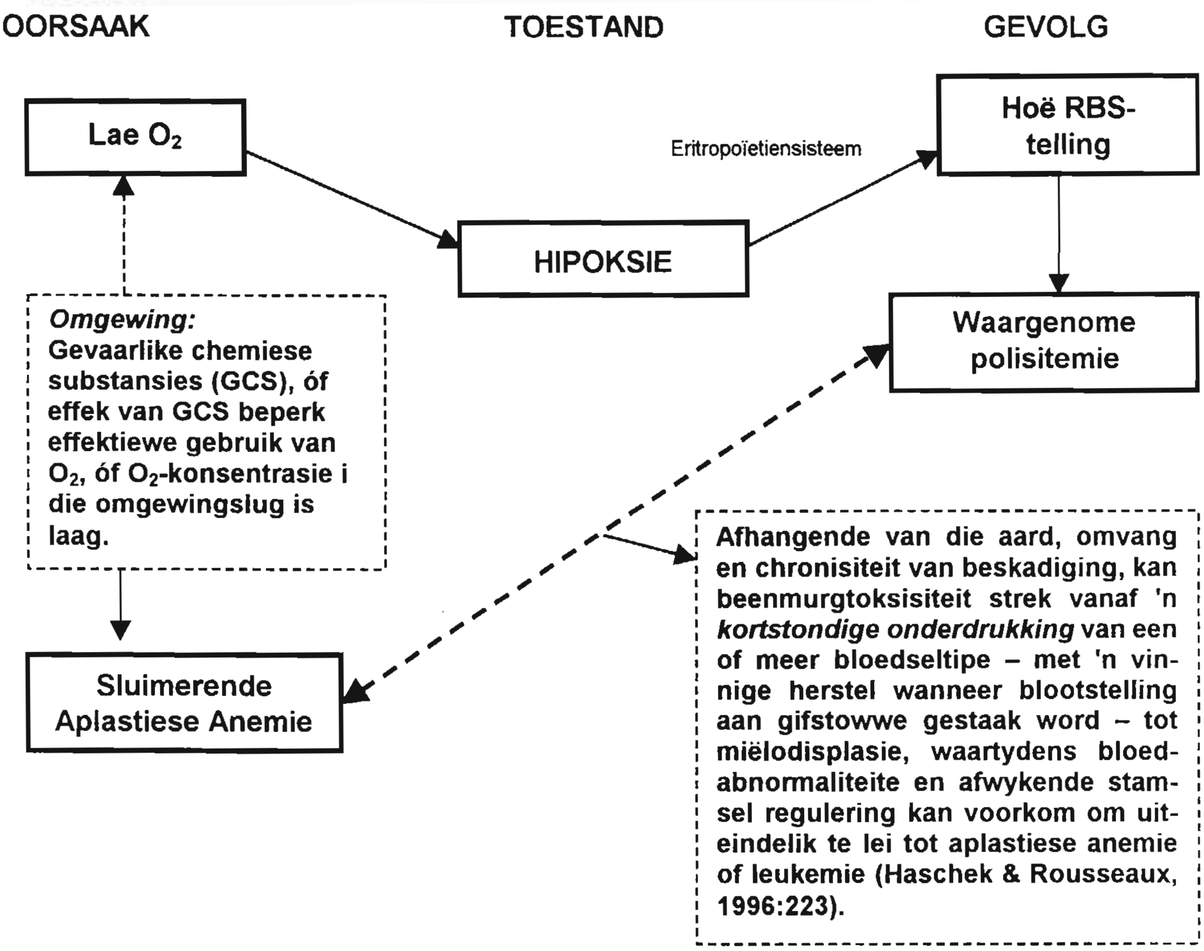
Wat dus moontlik by hierdie werknemers besig is om te gebeur, in die gemiddelde tyd van 4,53 ± 2,37 jaar wat hulle al by die aanleg werk, is dat hulle laevlak-langtermyn-blootstelling aan 'n verskeidenheid VOV's en koolteerpikvlugstowwe ervaar, asook moontlike kruiskontaminasie aan gasse vanaf naasliggende aanlegte en dat dit begin om onder andere hul beenmurg aan te tas. Hul liggame probeer om vir die beskadigde

beenmurg te kompenseer deur onder andere moontlike hiperplasie van die beenmurg, wat die verhoogde hematokrit en rooibloedseltellings tot gevolg het. Hul stadig dalende eritrosietvolume (GKV) wat met dalende hemoglobienkonsentrasies van die eritrosiete gepaardgaan, is moontlik ook een van die eerste tekens dat *'n tipe anemie* besig is om te ontwikkel. Die kleiner GKV is moontlik die oorsaak van die beenmurg se poging om so gou moontlik aan die liggaam se suurstof (eritrosiet) behoefte te voorsien. Volgens Brink en medewerkers (1988:26) is aplastiese anemie 'n ernstige siekte gekenmerk deur progressiewe afname van al die sellulêre elemente (rooibloedselle, witbloedselle, bloedplaatjies) in die bloed as gevolg van defektiewe beenmurgfunksie. Hoewel aplastiese anemie aan normositiese, normochromiese eritrosiete gekenmerk word (Merck, 1999c), kan die dalende GKV, GKH en GKHK moontlik net 'n beginfase van hierdie tipe of 'n ander chroniese tipe anemie wees.

Om ligte anemie nie te ondersoek nie is 'n ernstige fout, want die teenwoordigheid daarvan kan dui op 'n ander afwykende toestand, en die waargenome ernstigheidsgraad is van min waarde om die werklike kliniese ernstigheidsgraad aan te dui. Die simptome en tekens van anemie ontstaan as gevolg van kardiovaskulêre-pulmonêre kompenserende reaksies wat afhang van die ernstigheidsgraad en duur van *weefselhipoksie* (Merck, 1999:849).

Werklike uitgesproke aplastiese anemie kan as gevolg van laevlak-langtermyn-blootstelling heel moontlik eers oor 'n tyd van 20 tot 30 jaar tot uiting kom, wanneer die beenmurg in so 'n mate beskadig is dat dit nie meer oor die vermoë beskik om voldoende hoeveelhede eritrosiete te voorsien nie.

Figuur 5.1 (p. 90) gee 'n verkorte weergawe van bogenoemde beskrywing.



Figuur 5.1 Interpretasie van moontlike gebeure na blootstelling aan sekere gevaarlike chemiese substansies

'n Verdere belangrike uitwerking wat die produkte en chemikalieë van die petrochemiese industrie tot gevolg mag hê, is die ontwikkeling van gewasse in die niere, lewer en ander weefsels en organe. Die aanlegte in die fabriek is naby aan mekaar geleë, wat beteken dat die wind luggedraagde kontaminante vanaf die een aanleg na die ander kan meevoer om kruiskontaminasie te veroorsaak. Benseen, byvoorbeeld, wat 'n belangrike komponent van petrol is, is sonder twyfel as menslike karsinogeen verklaar deur onder andere die Wêreld Gesondheidsorganisasie. Só is daar ook voldoende bewyse dat die alkielbensene – waaraan werknemers van die Koolteeraanleg volgens die resultate ook blootgestel is – ook karsinogenies is. Menslike epidemiologiese studies toon geweldige toenames in kanker van die niere, maag, brein, pankreas, prostaat, long en vel, asook *hematopoïetiese* en limfatiese leukemias as resultaat van blootstelling aan petrol, asook die komponente en dampe daarvan (Mehlman, 1992:238). Petrochemiese fabrieke moet dus sorg dra – nie net omtrent die hematologiese gesondheid van werknemers nie – maar omtrent die *algemene gesondheid* wat deur blootstelling aan gevaarlike chemiese substansies geskaad kan word.

5.2 Slotsom

Die hematologiese afwykings wat in hierdie studie waargeneem is, kan moontlik net 'n aanduiding wees van die werklike probleem en daarom is verdere navorsing omtrent hierdie onderwerp uiters noodsaaklik – voordat moontlike ernstige gevolge oor 'n aantal jare waargeneem word. Voordat enige definitiewe uitspraak omtrent die ontwikkeling van aplastiese anemie gemaak kan word, word voorgestel dat verdere navorsing omtrent die werknemers se eritropoïetienvlakke en ander hematopoïetiese faktore gemaak moet word, met 'n verdere ondersoek na beenmurgfunksie. In hierdie studie is die probleem aanvanklik in die rooibloedselparameters, soos hematokrit, geïdentifiseer en hoewel hier wél 'n groot probleem kan wees, deel al die bloedselle tog in dieselfde oorsprong (naamlik die beenmurg). Verder is al die bloedselle verwant aan mekaar én word al die selle gekoördineer tydens hematopoïese. Dit is baie raar dat 'n betekenisvolle, toksikologiese afwyking slegs in een sellyn sal voorkom (Haschek & Rousseaux, 1996:215). Daarom word daar voorgestel dat verdere ondersoeke na leukosiet- en trombosietparameters ook geloods moet word.

Ten einde die presiese probleem vas te pen, kan daar van 'n longitudinale proefdierstudie gebruik gemaak word. Hieruit sou bepaal kan word of proefdiere dieselfde hematologiese afwykings toon na dieselfde blootstelling as werknemers by 'n koolteeraanleg. Verdere beenmurg- en hematologiese analises van die proefdiere behoort as kragtige aanduiders vir verdere navorsing te dien.

Die resultate van dié studie kan gesien word as 'n suksesvolle rigtingwyser dat daar moontlik 'n ernstige probleem bestaan. Hierdie studie se hipotese (p. 4) word soos volg bewys:

- dat werknemers by die Koolteeraanleg wel aan hematologiese afwykings ly en dat dit blyk asof hul langtermynblootstelling aan gevaarlike chemiese substansies veroorsaak het dat hul
  - betekenisvolle hoë hematokrit en rooibloedseltellings, asook
  - hemoglobienwaardes toon wanneer dit met die normale vergelyk word;
- dat die Koolteeraanlegwerkers se hematologiese parameters betekenisvolle verskille met dié van 'n normaalgroep getoon het, wat nie soortgelyke blootstelling aan vlugtige organiese verbindings ervaar nie.

Daar moet tydens enige verdere ondersoeke in ag geneem word dat uitgesproke effekte nie noodwendig waargeneem sal word nie, aangesien daar waarskynlik *laevlak-langtermynblootstelling* plaasvind. 'n Longitudinale studie oor die volgende 5 tot 10 jaar behoort geskik te wees.

Só is 'n longitudinale Mediese Waaktoesigprogram vanaf 1985 tot 1995 by 'n olie raffinadery en petrochemiese kompleks in Illinois geloods. Aan die einde van die tydperk is 15 uit 'n aantal van 116 deelnemende proefpersone ewekansig gekies om beenmurgtoetse te laat doen. Die sewe aktiewe werknemers het almal totaal normale beenmurg getoon, met geen teken van enige miëlopatiese proses nie, waar uit die agt afgetrede werknemers:

- 2 normale beenmurg gehad het;
- 1 gediagnoseer is met Philadelphia chromosoom-positiewe chroniese miëlogene leukemie;
- 1 geweier het om deel te neem; en
- 4 gediagnoseer is met verskillende subtipes van miëlodisplasie sindroom.

(Tsai *et al.*, 1998:475).

Hierdie resultate onderstreep verder die feit dat dringende navorsing en ingenieur beheermaatreëls getref moet word om die werknemers se blootstelling aan enige gevaarlike chemiese substansies tot die uiterste minimum te beperk.

6. BIBLIOGRAFIE

ALTMAN, P.L & DITTMER, D.S. 1961. Blood and other body fluids. Washington : Federation of American Societies for Experimental Biology. 540 p.

ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1997. Creosote. [Beskikbaar op Internet:] http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts85.html [Datum van gebruik: 19 Julie 2000].

AUBIN, H.J., LAUREAUX, C., ZERAH, F., TILIKETE, S., VERNIER, F., VALLAT, B. & BARRUCAND, D. 1998. Joint influence of alcohol, tobacco, and coffee on biological markers of heavy drinking in alcoholics. *Biological psychiatry*, 44(7):638-643.

BAAK, B.Y.A. & YOUNG, M. 1999. Aplastic anemia in a *petrochemical* factory worker. *Environmental health perspectives*, 107(10):851-854, Oct.

BESA, E.C. & WOERMANN, U. 2000. Polycythemia, secondary. [Beskikbaar op Internet:] http://www.emedicine.com/med/topic1863.htm [Datum van gebruik: 30 Mei 2000].

BRANCH, J.D., PATE, R.R., BOURQUE, S.P., CONVERTINO, A.V., DURSTINE, J.L. & WARD, D.S. 1997. Effects of exercise mode on hematologic adaptations to endurance training in adult females. *Aviation Space Environmental medicine*, 68(9):788-794. (Opsomming in MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 97438879.)

BRINK, A.J. 1988. Woordeboek van Afrikaanse geneeskundeterme. Stellenbosch : Nasou. 790 p.

DeLEON, J.A. 1988. Xylene. (*In* Zenz, C. *ed.*, Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 1011-1013.)

DeLEON, J.A., STERN, F.B. & MURTHY, L.I. 1988. Toluene. (*In* Zenz, C., *ed.* Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 1008-1011.)

DE MIK, G. 1995. VOCs and occupational health. (*In* Bloemen, H.J.Th., & Burn, J., *eds.* Chemistry and analysis of volatile organic compounds in the environment. London : Blackie Academic & Professional. p. 268-280.)

DISCOVERY HEALTH. 2000. Aplastic anemia: what is it? [Beskikbaar op Internet:] http://www.discoveryhealth.com/DH/ihtIH/WSDSC000/20812/14294.html [Datum van gebruik: 19 September 2000].

ERNST, E. 1995. Haemorheological consequences of chronic cigarette smoking. *Journal of cardiovascular risks*, 2(5):435-439, Oct. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 96352986.)

ETKIN, D.S. 1996. Volatile organic compounds in indoor environments. Arlington : Cutter Information Corp. 426 p.

FREEDMAN, M.L. & WEINTRAUB, N.T. 1990. Normal aging and patterns of hematologic disease. (*In* Abrams, W.B. & Berkow, R., *eds.* The Merck manual of geriatrics. Rahway : Merck Sharp & Dohme Research Laboratories. p. 643-650.)

FRIEDMAN, K. 1994. Chemical backgrounder: coal tar pitch volatiles. [Beskikbaar op Internet:] http://www.lehigh.edu/kaf3/public/www-data/background/ctpv.html [Datum van gebruik: 17 Julie 2000].

GORRIZ, A., LLACUNA, S., RIERA, M. & NADAL, J. 1996. Effects of air pollution on hematological and plasma parameters in *Apodemus sylvaticus* and *Mus musculus*. *Archives of environmental contaminating toxicology*, 31(1):153-158, Jul. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 96337858.)

GOVAN, A.D.T., MACFARLANE, P.S. & CALLANDER, R. 1981. Pathology illustrated. Edinburgh : Churchill Livingstone. 866 p.

GREEN, H.J., SUTTON, J.R., COATES, G., ALI, M. & JONES, S. 1991. Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans. *Journal of applied physiology*, 70(4):1810-1815, Apr. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 91276898.)

GREY, S.V. & MEYER, B.J. 1988. Hemopoiëse, Die witbloedselle, Liggaamsbeskerming. (*In* Meyer, B.J., *red.* Die fisiologiese basis van geneeskunde. 4de uitg. Pretoria : HAUM Uitgewery. p. 23.1-23.22.)

GUYTON, A.C. & HALL, J.E. 2000. Textbook of medical physiology. 10th ed. Philadelphia : W.B. Saunders Company. 1064 p.

HASCHEK, W.M. & ROUSSEAUX, C.G. 1996. Fundamentals of toxicologic pathology. San Diego : Academic Press. 563 p..

INTELIHEALTH. 2000. Aplastic anemia. [Beskikbaar op Internet:] www.discoveryhealth.com [Datum van gebruik: 19 September 2000].

JAMES, R.C. 1985. General principles of toxicology. (*In* Williams, P.L. & Burson, J.L., *eds.* Industrial toxicology: safety and health applications in the workplace. New York : Van Nostrand Reinold. p. 7-26.)

KILIAN, D.J. 1988. Benzene. (*In* Zenz, C., *ed.* Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 1005-1007.)

KONDO, H., KUSAKA, Y., MORIMOTO, K. 1993. Effects of lifestyle on hematologic parameters: I, Analysis of hematologic data in association with smoking habit and age. *Sangyo igaku*, 35(2):98-104, Mar. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 93287420.)

KRISTAL-BONEH, E., FROOM, P., HARARI, G. & RIBAK, J. 1997. Seasonal differences in blood cell parameters and the association with cigarette smoking. *Clinical laboratory of haematology*, 19(3):177-181, Sep. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 98013395.)

LLACUNA, S., GORRIZ, A., RIERA, M. & NADAL, J. 1996. Effects of air pollution on hematological parameters in passerine birds. *Archive of environmental contaminating toxicology*, 31(1):148-152, Jul. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 96337857.)

McARDLE, W.D., KATCH, F.I. & KATCH, V.L. 1996. Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. 3rd ed. New York : Lea & Febiger. 853 p.

MEHLMAN, M.A. 1992. Dangerous and cancer-causing properties of products and chemicals in the oil refining and petrochemical industry. VIII, Health effects of motor fuels: carcinogenicity of gasoline – scientific update. *Environmental research*, 59(1):238-249, Oct. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 93049084.)

MERCK MANUAL OF DIAGNOSIS AND THERAPY. 1999. 17th ed. *Editors:* Beers, M.H., Berkow, R. Merck Research Laboratories. Rahway. 2833 p.

MERCK MANUAL OF DIAGNOSIS AND THERAPY. 1999a. Biology of blood. [Beskikbaar op Internet:] http://www.merck.com/pubs/mmanual_home/sec14/152.htm [Datum van gebruik: 24 Mei 2000].

MERCK MANUAL OF DIAGNOSIS AND THERAPY. 1999b. Biology of blood. [Beskikbaar op Internet:] http://www.merck.com/pubs/mmanual_home/sec14/160.htm [Datum van gebruik: 24 Mei 2000].

MERCK MANUAL OF DIAGNOSIS AND THERAPY. 1999c. Biology of blood. [Beskikbaar op Internet:] http://www.merck.com/pubs/mmanual/section11/chapter127/127c.htm [Datum van gebruik: 19 September 2000].

MEYER, B.J. & GREY, S.V. 1988. Bloed: samestelling, kenmerke, funksies en volume. (*In* Meyer, B.J., *red.* 1988. Die fisiologiese basis van geneeskunde. 4de uitg. Pretoria : HAUM Uitgewery. p. 21.1-21.4.)

MITCHELL, G.S. 1999. Conceptual design proposal. Unit 39, Pitch tank vent emissions. (Voorlegging gelewer op 6 Desember 1999, Sasol Sintetiese Brandstowwe.) Secunda. 13 p. (Ongepubliseer.)

MØLHAVE, L. 1990. Volatile organic compounds, indoor air quality, and health. *Proceedings of the fifth international conference on indoor air quality and climate: Indoor Air '90,* (5):15-33.

MOREHEAD, R.P. 1965. Human pathology. New York : McGraw-Hill. 1676 p.

NTP (National Toxicology Program). 1991. Toxicity studies of n-Hexane in B6C3F_1 Mice :Inhalation Studies. [Beskikbaar op Internet:] http://ntp-server.niehs.nih/gov/htdocs/ST-studies/TOX002.html [Datum van gebruik: 27 September 2000].

OLISHIFSKI, J.B. 1988. Industrial hygiene. (*In* Zenz, C., *ed.* Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 13-61).

OSHA (U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration). 2000. Coal tar pitch volatiles. [Beskikbaar op Internet:] http://www.osha-slc.gov/SLTC/coaltarpitchvolatiles/index.html [Datum van gebruik: 17 Julie 2000].

PATTERSON, S.M., KRANTZ, D.S., GOTTDIENER, J.S., HECHT, G., VARGOT, S. & GOLDSTEIN, D.S. 1996. Prothrombic effects of environmental stress: changes in platelet function, hematocrit and total plasma protein. *Psychosomatic medicine*, 57:527-529.

PEDERSEN, L.M. & RASMUSSEN, J.M. 1982. The haematological and biochemical pattern in occupational organic solvent poisoning and exposure. *Internal archive of occupational environmental health*, 51(2):113-126.

POLLINI, G., MAUGERI, U., BERNARDO, A., BIANCHI, I., JEDRYCHOWSKI, W. & FLAK, E. 1989. Erythrocytes parameters due to aging, smoking, alcohol consumption and occupational activity in a working population of petrochemical industry: The Pavia Study. *General Italic medicine,* 11(5):237-240, Sep.

REEVE, G.R. 1988. Coal tar pitch volatiles. (*In* Zenz, C., *ed.* Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 712-714).

ROSELLO, J., OLONA, M., OLTRA, C., CAMPINS, M., VAQUE, J. & CARRERA, A. 1990. Effect of smoking on hematologic parameters in healthy people. *Medical clinic (Barcelona)*, 94(10):368-371, Mar. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 90244777.)

SASOL. 1999. Sasol. *Annual Report 1999*. Secunda 146 p.

SASOL. 2000a. Sasol processes. [Beskikbaar op Internet:] www.sasol.com/sasolprocesses/ [Datum van gebruik: 18 Julie 2000].

SASOL. 2000b. The oil-from-coal process. [Beskikbaar op Internet:] www.sasol.com/sasolprocesses/oil.htm [Datum van gebruik: 18 Julie 2000].

SAVOUREY, G., GARCIA, N., BESNARD, Y., GUINET, A., HANNIQUET, A.M. & BITTEL, J. 1996. Pre-adaptation, adaptation and de-adaptation to high altitude in humans: cardio-ventilatory and haematological changes. *European journal of applied physiology*, 73(6):529-535. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 96414063.)

SHERWOOD, L. 2000. Human physiology from cells to systems. 4th ed. Pacific Grove : Brooks/Cole. 766 p.

SMITH, A.B. & ZENZ, C. 1988. Other important and widely used chemicals. (*In* Zenz, C., *ed.* Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 701-774).

SUID-AFRIKA. 1988. 1:50 000 Vel, 2530 AB Lydenburg. 2de uitg. Mowbray : Hoofdirekteur van Opmetings en Kartering.

SUID-AFRIKA. 1993. Wet op Beroepsgesondheid en Veiligheid, no. 85 van 1993. Pretoria : Staatsdrukker.

SUID-AFRIKA. 1995. 1:50 000 Vel, 2629 CA Secunda. 3de uitg. Mowbray : Hoofdirektoraat: Opmetings en Grondinligting.

TDMS (Toxicology Data Management System). 2000. Prechronic toxicity. [Beskikbaar op Internet:] http://ntp-db.niehs.nih.gov/htdocs/Prechron Path.html [Datum van gebruik: 27 September 2000].

TEXAS HEALTHWORKS, INC. 2000. Personal laboratory testing: Complete Blood Count (CBC) detail page. [Beskikbaar op Internet:] http://www.texashealthworks.com/menu/labs/pltdetail_CBC.htm [Datum van gebruik: 7 Augustus 2000].

TOXNET DATABASES. 1994. Coal tar. [Beskikbaar op Internet:] http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/search/f?./temp/~BAAm9aiCv:1 [Datum van gebruik: 10 Julie 2000].

TSAI, S.P., BENNETT, J.M., SALESMAN, C.N., RYAN, T.E., GILSTRAP, E.L. & ROSS, C.E. 1998. Medical surveillance for hematological disorders among active and retired oil refinery workers. *Journal of occupational environmental medicine*, 40(5):475-480, May.

UTHMAN, E. 1995. Interpretation of lab test profiles. [Beskikbaar op Internet:] www.pathit.com/resources/clinical/labprfaq.htm [Datum van gebruik: 20 September 2000].

UVa HEALTH SYSTEM (University of Viginia Health System). 2000. Appendix IX. Table 1: CBC and Differential. [Beskikbaar op Internet:] http://www.med.virginia.edu/medicine/clinical/pathology/labtests/labtests.htm [Datum van gebruik: 7 Augustus 2000].

VANDER, A., SHERMAN, J. & LUCIANO, D. 1998. Human physiology: the mechanisms of body function. 7th ed. Boston : McGraw-Hill. 818 p.

VH (Virtual Hospital). 1998. Understanding blood tests: a guide for patients with cancer. [Beskikbaar op Internet:] http://www.vh.org/Patients/IHB/Cancer/Bloodtests.html [Datum van gebruik: 7 Augustus 2000].

VRIZ, O., NESBITT, S., KRAUSE, L., MAJAHALME, S., LU, H. & JULIUS, S. 1997. Smoking is associated with higher cardiovascular risk in young woman than in men: the Tecumseh Blood Pressure Study. *Journal of hypertension*, 15(2):127-134, Feb. (Opsomming in die MEDLINE-databasis, verwysingsnommer 98129689.)

WALLACE, L.A. 1995. VOCs and the environment and public health – exposure. (*In* Bloemen, H.J.Th., & Burn, J., *eds.* Chemistry and Analysis of Volatile Organic Compounds in the Environment. London : Blackie Academic & Professional. p. 1-17.)

WALTER, J.B. & ISRAEL, M.S. 1979. General pathology. 5th ed. Churchill Livingstone : Edinburgh. 701 p.

WEST, J.B. 1990. Best and Taylor's physiological basis of medical practice. 12th ed. Baltimore : Williams & Wilkins. 1170 p.

WET ***kyk*** SUID-AFRIKA.

YANG, R.S.H. 1994. Introduction to the toxicology of chemical mixtures. (*In* Yang, R.S.H. *ed.* Toxicology of chemical mixtures: case studies, mechanisms, and novel approaches. San Diego : Academic Press. p. 1-10.)

ZENZ, C. 1988. Appendix A: Threshold Limit Values and biological exposure indices. (*In* Zenz, C., *ed.* Occupational medicine: principles and practical applications. 2nd ed. St. Louis : Mosby-yearbook. p. 1136-1185).

BYLAE A

- Afrikaanse en Engelse vorms/vraelyste wat in Secunda gebruik is, word op p. iii – vi aangedui.
- Afrikaanse en Engelse vorms/vraelyste wat in Lydenburg gebruik is, word op p. vii – x aangedui.

Secunda: Proefpersoon No.

U word uitgenooi om deel te neem aan hierdie navorsingsprojek. Dit is belangrik dat u die volgende algemene beginsels, wat op alle deelnemers aan ons navorsingsprojekte van toepassing is, sal lees en verstaan:

1. *Deelname aan die projek/proef is heeltemal vrywillig.*
2. *Dit is moontlik dat u persoonlik nie enige voordeel uit u deelname aan die projek sal trek nie, alhoewel die kennis wat deur middel van die projek opgedoen mag word andere tot voordeel kan strek.*
3. *Dit staan u vry om uself te enige tyd sonder opgawe van redes aan die projek te onttrek. U word egter vriendelik versoek om nie sonder deeglike besinning aan die projek te onttrek nie, aangesien dit o.a. die statistiese betroubaarheid van die projek nadelig mag beïnvloed.*
4. *U word aangemoedig om op enige stadium enige vrae wat u in verband met die projek en die prosedures in verband daarmee mag hê aan die personeel te stel, wat u navrae graag sal beantwoord. Hulle sal ook die projek volledig met u bespreek.*
5. *U word daarop gewys dat van u vereis word om die Universiteit te vrywaar teen aanspreeklikheid weens benadeling wat as gevolg van die handelinge van die Universiteit of enige van sy werknemers of studente of ander proefpersone vir u of iemand anders mag ontstaan. Voorts dat u die Universiteit skadeloos moet stel in geval van enige aanspreeklikheid wat die Universiteit teenoor enigiemand mag oploop weens benadeling van uself of 'n ander deur of as gevolg van u deelname aan die projek. Laastens word van u vereis om afstand te doen van enige aanspraak wat u teen die Universiteit mag verkry as gevolg van benadeling van u of iemand anders, weens u deelname aan die projek.*
6. *Om deel van hierdie projek te vorm word sekere persoonlike inligting benodig (proefpersone word anoniem hanteer) en word verwag dat u vir die duur van 'n werkskof 'n apparaat moet dra wat u blootstelling aan sekere substanse sal meet.*

Titel van projek: 'n Ondersoek na die hematologiese gesondheid van persone werksaam by 'n koolteer aanleg van 'n petrochemiese fabriek.

Ek, die ondergetekende ____________________ (volle name) het die voorafgaande gegewens in verband met die projek gelees en ook die mondelinge weergawe daarvan aangehoor en ek verklaar dat ek dit verstaan. Ek was die geleentheid gegun om tersaaklike aspekte van die projek met die projekleier te bespreek en ek verklaar hiermee dat ek vrywillig aan die projek deelneem. Ek gee hiermee my toestemming om as proefpersoon in bogenoemde projek op te tree.
Ek vrywaar hiermee die Universiteit asook enige werknemer of student van die Universiteit, teen enige aanspreeklikheid wat teenoor my, in die loop van die projek mag ontstaan.
Ek onderneem verder om geen eise teen die Universiteit in te stel weens skade of persoonlikheidsnadeel wat ek weens die projek mag ly nie, hetsy dit aan die nalatigheid van die Universiteit, sy werknemers of studente, of ander proefpersone mag onstaan nie.

(Handtekening van proefpersoon)

Geteken te ____________________ op ____________________

Getuies

1. ____________________

2. ____________________

Geteken te ____________________ op ____________________

Secunda: Proefpersoon No.

U word uitgenooi om deel te neem aan hierdie navorsingsprojek. Dit is belangrik dat u die volgende algemene beginsels, wat op alle deelnemers aan ons navorsingsprojekte van toepassing is, sal lees en verstaan:

1. *Deelname aan die projek/proef is heeltemal vrywillig.*
2. *Dit is moontlik dat u persoonlik nie enige voordeel uit u deelname aan die projek sal trek nie, alhoewel die kennis wat deur middel van die projek opgedoen mag word andere tot voordeel kan strek.*
3. *Dit staan u vry om uself te enige tyd sonder opgawe van redes aan die projek te onttrek. U word egter vriendelik versoek om nie sonder deeglike besinning aan die projek te onttrek nie, aangesien dit o.a. die statistiese betroubaarheid van die projek nadelig mag beïnvloed.*
4. *U word aangemoedig om op enige stadium enige vrae wat u in verband met die projek en die prosedures in verband daarmee mag hê aan die personeel te stel, wat u navrae graag sal beantwoord. Hulle sal ook die projek volledig met u bespreek.*
5. *U word daarop gewys dat van u vereis word om die Universiteit te vrywaar teen aanspreeklikheid weens benadeling wat as gevolg van die handelinge van die Universiteit of enige van sy werknemers of studente of ander proefpersone vir u of iemand anders mag ontstaan. Voorts dat u die Universiteit skadeloos moet stel in geval van enige aanspreeklikheid wat die Universiteit teenoor enigiemand mag oploop weens benadeling van uself of 'n ander deur of as gevolg van u deelname aan die projek. Laastens word van u vereis om afstand te doen van enige aanspraak wat u teen die Universiteit mag verkry as gevolg van benadeling van u of iemand anders, weens u deelname aan die projek.*
6. *Om deel van hierdie projek te vorm word sekere persoonlike inligting benodig (proefpersone word anoniem hanteer) en word verwag dat u vir die duur van 'n werkskof 'n apparaat moet dra wat u blootstelling aan sekere substanse sal meet.*

Titel van projek: 'n Ondersoek na die hematologiese gesondheid van persone werksaam by 'n koolteer aanleg van 'n petrochemiese fabriek.

Ek, die ondergetekende ______________________________ (volle name) het die voorafgaande gegewens in verband met die projek gelees en ook die mondelinge weergawe daarvan aangehoor en ek verklaar dat ek dit verstaan. Ek was die geleentheid gegun om tersaaklike aspekte van die projek met die projekleier te bespreek en ek verklaar hiermee dat ek vrywillig aan die projek deelneem. Ek gee hiermee my toestemming om as proefpersoon in bogenoemde projek op te tree.
Ek vrywaar hiermee die Universiteit asook enige werknemer of student van die Universiteit, teen enige aanspreeklikheid wat teenoor my, in die loop van die projek mag ontstaan.
Ek onderneem verder om geen eise teen die Universiteit in te stel weens skade of persoonlikheidsnadeel wat ek weens die projek mag ly nie, hetsy dit aan die nalatigheid van die Universiteit, sy werknemers of studente, of ander proefpersone mag onstaan nie.

(Handtekening van proefpersoon)

Geteken te ______________________ op ______________________

Getuies

1. ______________________

2. ______________________

Geteken te ______________________ op ______________________

Voorletters en Van: ______________________________
Secunda: Proefpersoon No.

Baie dankie vir u bereidwilligheid om aan my navorsingsprojek deel te neem. Wees verseker dat die data anoniem is en op konfidensiële wyse hanteer sal word.
Om deel van hierdie navorsingsprojek te vorm, moet u asseblief die volgende persoonlike inligting weergee:

1) Geslag? **M** ☐ **V** ☐

2) Ras? **Blank** ☐ **Swart** ☐ **Ander?** ______

3) Ouderdom? ______ jaar

4) Is u 'n gereelde roker? **J** ☐ **N** ☐

5) Gebruik u gereeld alkohol? **Y** ☐ **N** ☐

As u antwoord **JA** is, spesifiseer wat u drink, en hoeveel keer per week.

____

6) Hoe lank werk u al by Carbo Tar in Secunda? ______ jaar

7) Ly u aan enige aan enige respiratoriese of kardiovaskulêre siektetoestande? Of ontvang u uitgesproke psigiatriese behandeling? **J** ☐ **N** ☐

As u antwoord **JA** is, spesifiseer asb.: ______________________

____

8) Oefen u gereeld - soos draf, swem of fietsry? **J** ☐ **N** ☐

9) Gebruik u gereeld enige yster, Vit. B_{12}, Vit. B_6 of Vit. C aanvullings?

J ☐ **N** ☐

As u antwoord **JA** is, spesifiseer asb.: ______________________

Secunda: Subject No.

You are invited to participate in a research project. It is important that you read and understand the following general principles, which apply to all participants in our research project:

1. *Participation in this project is voluntary.*
2. *It is possible that you personally will not derive any benefit from participation in this project, although the knowledge obtained from the results may be beneficial to other people.*
3. *You will be free to withdraw from the project at any stage without having to explain the reasons for your withdrawal. However, we would like to request that you would rather not withdraw without a thorough consideration of your decision, since it may have an effect on the statistical reliability of the results of the project.*
4. *We encourage you to ask questions at any stage about the project and procedures to the personnel, who will readily give more information. They will discuss all procedures with you.*
5. *We require that you indemnify the University from any liability due to detrimental effects of treatment by University staff or students or other subjects to yourself or anybody else. We also require indemnity from liability of the University regarding any treatment to yourself or another person due to participation in this project. Lastly it is required to abandon any claim against the University regarding treatment of yourself or another person due to participation in this project.*
6. *To be a part of this project we will require certain personal information (subjects will be handled anonymous) and we will monitor your exposure to certain chemical substances for the duration of your workshift.*

Title of the project: An investigation of the hematological health of persons working at a coal tar plant of a petrochemical factory.

I, the undersigned ______________________________ (full names) read the information on the project and I declare that I understand the information. I had the opportunity to discuss aspects of the project with the project leader and I declare that I participate in the project as a volunteer. I hereby give my consent to be a subject in this project.

I indemnify the University, also any employee or student of the University, of any liability against myself, which may arise during the course of the project.

I will not submit any claims against the University regarding personal detrimental effects due to the project, due to negligence by the University, its employees or students, or any other subjects.

(Signature of the subject)

Signed at ______________________ on ______________________

Witnesses

1. ______________________

2. ______________________

Signed at ______________________ on ______________________

Initials and Surname: ______________________________

Secunda: Subject No.

Thank you for your willingness to participate in my research project. You can be sure that the data will be anonymous and handled in a confidential manner. In order to be a part of the project you need to supply the following personal information:

1) Gender? **M** ☐ **F** ☐

2) Race? **White** ☐ **Black** ☐ **Other?** ______

3) Age? ______ years

4) Do you smoke? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, how many cigarettes per day?:__________

5) Do you consume alcohol regularly? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, specify what do you drink, and how many times per week?:______________________________

6) For what period have you worked at Carbo Tar in Secunda?

______ year(s)

7) Do you have any respiratory or cardiovascular diseases? Or are you receiving any psychiatric therapy or medicine? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, please specify: ______________________

____

8) Do you exercise regularly – like jogging, swimming or cycling? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, please specify what do you do and how many times per week: ______________________

9) Do you use iron, Vit. B_{12}, Vit. B_6 or Vit. C supplements regularly? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, please specify: ______________________

Lydenburg: Proefpersoon No.

U word uitgenooi om deel te neem aan hierdie navorsingsprojek. Dit is belangrik dat u die volgende algemene beginsels, wat op alle deelnemers aan ons navorsingsprojekte van toepassing is, sal lees en verstaan:

1. *Deelname aan die projek is heeltemal vrywillig.*
2. *Dit is moontlik dat u persoonlik nie enige voordeel uit u deelname aan die projek sal trek nie, alhoewel die kennis wat deur middel van die projek opgedoen mag word andere tot voordeel kan strek.*
3. *Dit staan u vry om uself te enige tyd sonder opgawe van redes aan die projek te onttrek. U word egter vriendelik versoek om nie sonder deeglike besinning aan die projek te onttrek nie, aangesien dit o.a. die statistiese betroubaarheid van die projek nadelig mag beïnvloed.*
4. *U word aangemoedig om op enige stadium enige vrae wat u in verband met die projek en die prosedures in verband daarmee mag hê aan die personeel te stel, wat u navrae graag sal beantwoord. Hulle sal ook die projek volledig met u bespreek.*
5. *Die Universiteit vereis dat ons u vra om die Universiteit te vrywaar teen aanspreeklikheid weens benadeling wat as gevolg van die handelinge van die Universiteit of enige van sy werknemers of studente of ander proefpersone vir u of iemand anders mag ontstaan. Voorts dat u die Universiteit skadeloos moet stel in geval van enige aanspreeklikheid wat die Universiteit teenoor enigiemand mag oploop weens benadeling van uself of 'n ander deur of as gevolg van u deelname aan die projek. Daar word van u vereis om afstand te doen van enige aanspraak wat u teen die Universiteit mag verkry as gevolg van benadeling van u of iemand anders, weens u deelname aan die projek.* ***Die prosedures van hierdie projek is egter geensins ingrypend nie en slegs 'n klein bloedmonster word vereis.***
6. *Om deel van hierdie projek te vorm word sekere persoonlike inligting benodig (proefpersone word anoniem hanteer) en sal daar 'n klein bloedmonster van ongeveer 4 ml van u vereis word. Hierdie bloedmonster sal geanaliseer word om u rooibloedseltelling en ander rooibloedselparameters te verkry.*

Titel van projek: 'n Ondersoek na die hematologiese gesondheid van persone werksaam by 'n koolteer aanleg van 'n petrochemiese fabriek.

Ek, die ondergetekende ______________________________ (volle name) het die voorafgaande gegewens in verband met die projek gelees en ook die mondelinge weergawe daarvan aangehoor en ek verklaar dat ek dit verstaan. Ek was die geleentheid gegun om tersaaklike aspekte van die projek met die projekleier te bespreek en ek verklaar hiermee dat ek vrywillig aan die projek deelneem. Ek gee hiermee my toestemming om as proefpersoon in bogenoemde projek op te tree.

Ek vrywaar hiermee die Universiteit asook enige werknemer of student van die Universiteit, teen enige aanspreeklikheid wat teenoor my, in die loop van die projek mag ontstaan.

Ek onderneem verder om geen eise teen die Universiteit in te stel weens skade of persoonlikheidsnadeel wat ek weens die projek mag ly nie, hetsy dit aan die nalatigheid van die Universiteit, sy werknemers of studente, of ander proefpersone mag onstaan nie.

(Handtekening van proefpersoon)

Geteken te ______________________ op ______________________

Getuies

1. ______________________

2. ______________________

Geteken te ______________________ op ______________________

LYDENBURG: Proefpersoon No.

Baie dankie vir u bereidwilligheid om aan my navorsingsprojek deel te neem! Wees verseker dat die data anoniem is en op konfidensiële wyse hanteer sal word, om hierdie rede vereis ek nie u naam nie. Om deel van hierdie navorsingsprojek te vorm, moet u asseblief die volgende persoonlike inligting weergee:

1) Geslag? **M** ☐ **V** ☐

2) Ras? **Blank** ☐ **Swart** ☐ **Ander?** ______

3) Ouderdom? ______ jaar

4) Is u 'n gereelde roker? **J** ☐ **N** ☐

   As u antwoord **JA** is, hoeveel sigarette per dag?: ____________

5) Gebruik u gereeld alkohol? **Y** ☐ **N** ☐

   As u antwoord **JA** is, spesifiseer wat u drink, en hoeveel keer per week. ____

6) Vir hoe lank is u al in Lydenburg woonagtig? ______ jaar

7) Ly u aan enige aan enige respiratoriese of kardiovaskulêre siektetoestande? Of gebruik u chroniese medikasie? **J** ☐ **N** ☐

   As u antwoord **JA** is, spesifiseer asb.: ____________________

   ____

8) Oefen u gereeld - soos draf, swem of fietsry? **J** ☐ **N** ☐

   As u antwoord **JA** is, spesifiseer asseblief wat u doen en hoeveel keer per week. ____________________________________

9) Gebruik u gereeld enige yster, Vit. B_{12}, Vit. B_6 of Vit. C aanvullings? **J** ☐ **N** ☐

   As u antwoord **JA** is, spesifiseer asb.: ____________________

10) Beroep? Vereis u beroep 'n groot hoeveelheid fisieke aktiwiteit? Spesifiseer asseblief.________________________________

LYDENBURG: Subject No.

You are invited to participate in a research project. It is important that you read and understand the following general principles, which apply to all participants in our research project:

1. *Participation in this project is voluntary.*
2. *It is possible that you personally will not derive any benefit from participation in this project, although the knowledge obtained from the results may be beneficial to other people.*
3. *You will be free to withdraw from the project at any stage without having to explain the reasons for your withdrawal. However, we would like to request that you would rather not withdraw without a thorough consideration of your decision, since it may have an effect on the statistical reliability of the results of the project.*
4. *We encourage you to ask questions at any stage about the project and procedures to the personnel, who will readily give more information. They will discuss all procedures with you.*
5. *The University requires that we ask you to indemnify the University from any liability due to detrimental effects of treatment by University staff or students or other subjects to yourself or anybody else. We also require indemnity from liability of the University regarding any treatment to yourself or another person due to participation in this project. It is required to abandon any claim against the University regarding treatment of yourself or another person due to participation in this project.* ***The procedures of this project are not at all drastic, we will only require a small blood sample.***
6. *To be a part of this project we will require certain personal information (subjects will be handled anonymous) and we will take a small blood sample of about 4 ml. This blood sample will be analyzed to obtain your red blood cell count and other red blood cell parameters.*

Title of the project: An investigation of the hematological health of persons working at a coal tar plant of a petrochemical factory.

I, the undersigned ______________________________ (full names) read the information on the project and I declare that I understand the information. I had the opportunity to discuss aspects of the project with the project leader and I declare that I participate in the project as a volunteer. I hereby give my consent to be a subject in this project.

I indemnify the University, also any employee or student of the University, of any liability against myself, which may arise during the course of the project.

I will not submit any claims against the University regarding personal detrimental effects due to the project, due to negligence by the University, its employees or students, or any other subjects.

(Signature of the subject)

Signed at ______________________ on ______________________

Witnesses

1. ______________________

2. ______________________

Signed at ______________________ on ______________________

LYDENBURG: Subject No.

Thank you for your willingness to participate in my research project. You can be sure that the data will be anonymous and handled in a confidential manner, and therefore we won't require your name. In order to be a part of the project you need to supply the following personal information:

1) Gender? **M** ☐ **F** ☐

2) Race? **White** ☐ **Black** ☐ **Other?** ______

3) Age? ______ years

4) Do you smoke? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, how many cigarettes per day?:__________

5) Do you consume alcohol regularly? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, specify what do you drink, and how many times per week?:________________________________

6) For what period have you lived in Lydenburg? ______ year(s)

7) Do you have any respiratory or cardiovascular diseases? Or do you use chronic medication? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, please specify: ____________________

____

8) Do you exercise regularly – like jogging, swimming or cycling? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, please specify what do you do and how many times per week: ____________________________

9) Do you use iron, Vit. B_{12}, Vit. B_6 or Vit. C supplements regularly? **Y** ☐ **N** ☐

If your answer is **YES**, please specify: ____________________

10) Occupation? Does your occupation require a lot of physical activities? Please specify. ____________________________