Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan

Hydrologisch Model

Auteur:
Ü. itis

Verantwoording

Titel:	**Hoofdstudie**
Onderwerp:	Hydrologisch Model Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan

In opdracht van:

Windeshelm	**Christelijke Hogeschool Windesheim**
Afdeling:	School of Built Environment & Transport Campus 2-6 8012 CA Zwolle
Contactpersoon HS Windesheim:	Dhr. ir. D. van Ittersum
Contactgegevens:	e-mail d.vanjttersum@windesheim.nl

Witteveen+Bos	**Witteveen+Bos**
Bezoek adres:	Witteveen+Bos Leeuwenbrug 8 7411 TJ Deventer
Afstudeerbegeleider:	Dhr. ir. H. Lengkeek Dhr. ir. M. Wauben
Contactgegevens:	Tel. Nr. 0570 - 69 75 90

Colofon:

Auteur:	Carel Huis
Module/cursusjaar:	4e jaar 1e semester 2007
Uitgaven:	Versie 1 8 Januari 2007

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand of openbare gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de auteur.

Voorwoord

Voor u ligt het afstudeerrapport van Carel Huis 4e jaars student Civiele techniek aan de Hogeschool Windesheim. Dit rapport is het resultaat van een halfjaar onderzoek naar de hydrolooglogische omstandigheden, van een drinkwatervoorziening voor de stad Balikpapan. Dit is een drinkwaterproject van de BOS *(Borneo Orang-utan Survival)* foundation en de WMD *(Waterleiding Maatschappij Drenthe).*

Witteveen+Bos is sinds februari 2006 als advies / ontwerpbureau betrokken bij het "Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan" project en heeft meerdere malen een bezoek gebracht aan het projectgebied *(Samboja Lestari).* Als afstudeerder ben ik niet in het projectgebied geweest, waardoor dit rapport is gebaseerd op de onderzoeksresultaten van Witteveen+Bos en literatuurstudies.

Het afstudeerproject is waterbouwkundig van aard, waarin onderwerpen als hydrologie, watermanagement en hydraulica uitgebreid en met voldoende diepgang aan de orde komen. Mijn keuze voor dit afstudeerproject is gebaseerd op:

- Mijn goede ervaringen binnen Witteveen+Bos.
- De ruimte binnen het project, om de mooie onderwerpen op het gebied van waterbouwkunde te behandelen.

Dit rapport is geschreven als een onderzoeksrapport, waarin met voldoende technische diepgang wordt geschreven over de beheermogelijkheden van de reservoirs in projectgebied. Het doel van dit rapport is, om de verkregen onderzoeksresultaten te tonen en te onderbouwen, waardoor er een beeld kan worden gevormd van de mogelijkheden van de drinkwater-voorziening.

Als voorstudie van dit rapport is er onderzoek gedaan naar de hydrologische omstandigheden in het projectgebied. In het voorstudierapport is de hydrologie van het projectgebied uitgebreid beschreven. Ook wordt in het voorstudierapport ingegaan op de inrichting van het projectgebied. Deze twee rapportages zijn onafhankelijk van elkaar te lezen, maar de voorstudie heeft wel meerwaarde voor de mensen geïnteresseerd zijn de maximaal te verwachten neerslag en de risico's van reservoirs.

Na een halfjaar intensief bezig te zijn geweest met dit afstudeerproject, wil ik mijn dank uitspreken naar alle mensen die mij dit afgelopen halve jaar zowel technisch als emotioneel hebben gesteund. Ook wil ik Witteveen+Bos bedanken, voor de mogelijkheid die mij is geboden om binnen het bedrijf af te studeren, maar ook voor de professionele begeleiding die mij hier is geboden. In het bijzonder wil ik Marcel Wauben, Arny Lengkeek en Rafaël van der Velde bedanken voor hun enthousiasme en vaardige hulp bij het tot stand komen dit rapport.

Carel Huis 8 januari 2007

Samenvatting

In Balikpapan, Borneo, Indonesië, is een tekort aan drinkwater. Door ontbossing en de daaropvolgende erosie is de capaciteit van de huidige drinkwatervoorzieningen afgenomen, tevens is de vraag naar drinkwater vergroot.

Stichting BOS *(Borneo Orang-utan Survival)* heeft een plan opgesteld om samen met de WMD *(Waterleiding Maatschappij Drenthe)* op eigen terrein een drinkwater voorziening op te starten die op jaarbasis 15 mij. m^3 drinkwater gaat leveren aan de stad Balikpapan. Om regenwater op het terrein vast te kunnen houden, worden er drie reservoirs gecreëerd doormiddel van dal afsluiting.

In dit afstudeerrapport is onderzoek gedaan naar de hydrologische omstandigheden van het projectgebied. Hiervoor is onderzoek gedaan naar de neerslag, de verdamping, de evapotranspiratie en de grondwaterstroming in het projectgebied. Aan de hand van deze onderzoeksresultaten zijn de waarden voor de gemiddelde neerslag, de gemiddelde evapotranspiratie, de gemiddelde waarden voor de verdamping van openwater en grondwaterstroming vastgesteld voor onderzoek naar de capaciteit van drinkwater-voorziening.

Met de onderzoeksresultaten is een hydrologisch model opgesteld, waarin de hydrologische omstandigheid van het projectgebied worden gesimuleerd. Aan de hand van dit model, is berekend hoeveel water op jaarbasis naar de reservoirs zal stromen.

Om de capaciteit van de drinkwatervoorzienig te bepalen, is onderzocht hoe de reservoirs reageren op verschillende manieren van beheer. Hiervoor zijn vier beheerstrategieën opgesteld. De verschillen tussen de vier beheerstrategieën, zijn gelegen in het gebruik van de pompen, en het koppelen of niet koppelen van de reservoirs. Door goed beheer kan er op jaarbasis meer water worden vastgehouden, waardoor er meer water beschikbaar is voor de zuivering tot drinkwater.

De verschillende beheerstrategieën zijn simuleert in het hydrologische model, waarmee is onderzocht hoe de reservoirs reageren op de afname van water voor het zuiveren tot drinkwater. Vervolgens is bepaalt wat de benodigde pompcapaciteit per reservoir moet zijn om de drinkwatervoorziening 24 uur per dag en 365 dagen per jaar operationeel te houden.

De verschillende beheermogelijkheden zijn met elkaar vergeleken op de punten; pompcapaciteit per reservoir, betrouwbaarheid, hoeveelheid pijpleiding, energieverbruik en het toekomst perspectief. Aan de hand van deze vergelijking, voldoet de onderstaande beschreven beheerstrategie het best aan de gestelde eisen:

In deze beheerstrategie *(beheerstrategie III)* worden de reservoirs Merdeka en Wawan gebruikt, om reservoir Willie bij te vullen. Zo wordt er voor gezorgd dat reservoir Willie altijd vol blijft en er door de drinkwaterzuiveringsinstallatie een constant debiet van 15 mij. m^3 per jaar ontrokken kan worden. Door de pompen tussen de reservoirs aan te zetten als er ruimte is in één van de reservoirs en uit weer uit te schakelen als het reservoir vol is, kan er op jaarbasis met deze beheerstrategie de grootste hoeveelheid water worden vastgehouden.

Deze beheerstrategie scoort het beste, doordat de beheerstrategie de hoogste betrouwbaarheid laat zien *(100% bij een productie van 15 mij m^3 /jaar),* relatief weinig pijpleiding bevat *(8,7 km^1)* en het meeste perspectief bied voor de toekomst.

Uit het hydrologische model blijkt dat het mogelijk is om met de geplande reservoirs, op jaarbasis 35.000.000 kubieke meter drinkwater per jaar te leveren.

Symmary

The city Balikpapan on the island Borneo, Indonesia is suffering from a shortage of drinking water. The deforestation and the following erosion has decreases the capacity of the current drinking water reservoirs. In the same period, the need for drinking-water is increased.

The BOS foundation (Borneo Orang-utan Survival) and the WMD (Waterleiding Maatschappij Drenthe) draw up a plan for the realisation and exploitation of a drinking water supply system in the Samboja Lestari area. In the future this has to provide 15 million m^3 drinking-water to the city Balikpapan each year.

This graduate report describes the hydrological circumstances of the project area. First of all there has been done research to the precipitation, evapotranspiration, and the groundwaterflows in the project area. Based on these results, the values for the average precipitation, average evapotranspiration, and values for groundwaterflows has been determined for the study about the capacity of the drinking-water supply system for Balikpapan.

With these results a hydrological model has been established. In this model the hydrological circumstance of the project area is simulated. With this model, there has been calculated how much water will flow yearly in to the reservoirs.

To examine the capacity of the reservoirs and to find out how the reservoirs will react to several manners of management, four management strategies have been established. The differences between the four strategies are in use of the pumps, and linking or not linking of the reservoirs.

The different management strategies are simulated in a hydrological model and examined on there maximum capacity and flexibility. The different management strategies have been compared with each other on: pump capacity, reliability, quantity of the pipeline, energy expenditure and future perspectives.

After the comparison of the four management strategies the strategy described below will suit the best in this area

In this management strategy (management strategy III) the reservoirs Merdeka and Wawan are used, to fill up reservoir Willie.

In this way it is sure that reservoir Willie will be permanently full. The drinking-water purification installation will discharge a constant flow of 15 million m^3 of water each year. By placing pumps between the reservoirs and use them when there is space for more water in one of the reservoirs and switch them off when they are full, it is possible to retain the largest amount of water in the area.

This management strategy has the best results because this strategy has the highest reliability (100% at a production of 15 million m^3 a year), relatively short pipeline (8.7 km^1) and the best perspectives for the future.

From this it becomes clear that with these planned reservoirs it is possible to provide 35 million m^3 drinking-water a year.

Inhoudsopgave

1. Inleiding 1

1.1. AANLEIDING PROJECT 1
1.2. DOELSTELLING AFSTUDEERPROJECT 3
1.3. LEESWIJZER 4
1.4. ONDERZOEKSKADER 5

2. Uitgangspunten en Randvoorwaarden 6

3. Gebiedsomschrijving 7

3.1. GESCHIEDENIS VAN HET SAMBOJA LESTARI GEBIED 7
3.2. TOEPASSING VAN WATER IN HET SAMBOJA LESTARI GEBIED 8
3.3. TOPOGRAFIE 9
3.4. KLIMAAT 10
3.5. GEOLOGIE 11
3.5.1. Geotechnisch profiel 11
3.5.2. Hydrologisch profiel 11

4. Project beschrijving 12

4.1. DRINKWATERVOORZIENING IN HET SAMBOJA LESTARI GEBIED 12
4.2. DAMMEN 13
4.3. STROOMGEBIEDEN 14
4.4. RESERVOIRS 15
4.5. EIGENSCHAPPEN RESERVOIRS 16
4.6. LAY-OUT DRINKWATERVOORZIENING 17
4.6.1. Schematisch weergaven drinkwatervoorziening 17
4.6.2. Onderdelen drinkwatervoorziening 18

5. Hydrologie 19

5.1. INLEIDING 19
5.2. NEERSLAG 20
5.2.1 *Tropische buien 20*
5.2.2. Neerslag Samboja Lestari 21
5.2.3. Hydrologische model 21
5.3. EVAPOTRANSPIRATIE 22
5.3.1 *Evapotranspiratie Samboja Lestari 23*
5.3.2. Hydrologisch model 25
5.4. INFILTRATIE 26
5.4.1 *Infiltratie Samboja Lestari 26*
5.4.2. Infiltratie in reservoirs 27
5.5. GRONDWATERSTROMING 29
5.5.1 *Basis aanvoer 29*
5.6. GRONDWATERSTROMING SAMBOJA LESTARI 31
5.6.1 *Hydrologisch model 32*
5.7. SPILLWAY VERLIEZEN 33
5.7.1 *Probable maximum flood 33*
5.7.2. Hydrologisch model 33

6. Waterbalans 34

6.1. INLEIDING 34
6.2. WATERBALANS OVER EEN GEMIDDELD JAAR 35
6.2.1. Waterbalans Merdeka reservoir 35
6.2.2. Waterbalans Willie reservoir 35
6.2.3. Waterbalans Wawan reservoir 36

7. Hydrologisch model 37

7.1. DOEL VAN HET MODEL 37
7.1.1. Uitgangspunten voor het hydrologische model 37
7.1.2. Randvoorwaarden voor het hydrologische model 37
7.2. WERKING VAN HET MODEL 38
7.3. BEREKENINGEN 41
7.4. TOEPASSING VAN HET MODEL 42
7.4.1. Mogelijkheden 42
7.4.2. Onzekerheden 42

8. Beheerstrategieën 43

8.1. INLEIDING 43
8.2. BEHEERSTRATEGIE I 44
8.3. BEHEERSTRATEGIE II 46
8.4. BEHEERSTRATEGIE III 48
8.5. BEHEERSTRATEGIE IV 50

9. Resultaten Hydrologische model 52

9.1. DOELSTELLING BEREKENING 52
9.2. RESULTATEN BEHEERSTRATEGIEËN [15.000.000 M^3 KUUB PER JAAR] 52
9.3. RESULTATEN BEHEERSTRATEGIEËN [MAXIMALE CAPACITEIT] 54
9.4. ANALYSERESULTATEN 55

10. Conclusie 56

11. Aanbevelingen 57

12. Referenties 58

13. Begrippenlijst 59

Bijlagen		Aantal pagina's
I	Samboja Lestari Masterplan	1
II	Geologische beschrijving Samboja Lestri	2
III	Grondonderzoek Samboja Lestari	10
IV	Inventarisatie grondonderzoek	1
V	Neerslagdata *[mangardam van 1972 - 2005]*	1
VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	Tabel met gewasfactoren	1
VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam	1
IX	Debietmetingen in het stroomgebied van reservoir Willie	1
X	Bereken van pompvermogen	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheerstrategie I	4
XIII	Resultaten beheerstrategie II	4
XIV	Resultaten beheerstrategie III	4
XV	Resultaten beheerstrategie IV	4

1. Inleiding

1.1. Aanleiding project

De stad Balikpapan, oost Kalimantan, in Indonesië heeft een tekort aan drinkwater. Door ontbossing van het gebied en de daardoor verhoogde sedimentatie, is de capaciteit van de huidige drinkwaterreservoirs verminderd. Tegelijkertijd is door de groei van de stad Balikpapan en groei van de industrie in dit gebied, de vraag naar drink en proceswater vergroot.

In een samenwerkingsverband van de BOS *(Bomeo Orang-utan Survival)* foundation en de WMD *(Waterleiding Maatschappij Drente)* is er een plan op gesteld om met behulp van subsidie drinkwaterreservoirs te bouwen in het Samboja Lestari gebied. Het Samboja Lestari gebied is eigendom van de BOS foundation.

Om dit te realiseren hebben de BOS foundation en de WMD een nieuw bedrijf opgericht, dat de zorg gaat dragen voor de realisatie en exploitatie van de reservoirs, de zuiveringsinstallatie en de transportleiding naar Balikpapan. Het water wordt verkocht aan de waterleiding maatschappij in Balikpapan, die het op haar beurt zal leveren aan haar gebruikers. De winst die wordt gemaakt met de verkoop van drinkwater, zal door de BOS foundation worden gebruikt om hun activiteiten te bekostigen op het gebied van herbebossing en het beschermen van de orang-utan en zijn leefomgeving.

De eerste fase van het project bestaat uit het realiseren van een leveringscapaciteit van 15 miljoen kubieke meter drinkwater per jaar. Witteveen+Bos is gevraagd een ontwerp te maken en uit te zoeken wat de beste locaties zijn voor de reservoirs. Dit heeft geresulteerd in de volgende rapportages:

Fact Finding Mission Report:	Dit rapport is geschreven naar aanleiding van een eerste bezoek aan het projectgebied.
Management review:	Dit rapport is geschreven voor aanvraag van een "priority statement" bij Indonesische overheid, om in Nederland subsidie aan te kunnen vragen
Conceptual Design:	In dit rapport wordt een ontwerp geleverd voor twee reservoirs in Samboja Lestari, die gezamenlijk 35% van de jaarlijks benodigde 15 mij. m^3 drinkwater kunnen leveren en een 3^e reservoir buiten het Samboja Lestari gebied voor de resterende 65%.
Voorstudie:	Dit rapport is de voorstudie van deze afstudeer rapportage, waarin de hydrologie van het projectgebied staat beschreven en waarin een maatregelenpakket wordt aanbevolen voor het ontwerp van de reservoirs.

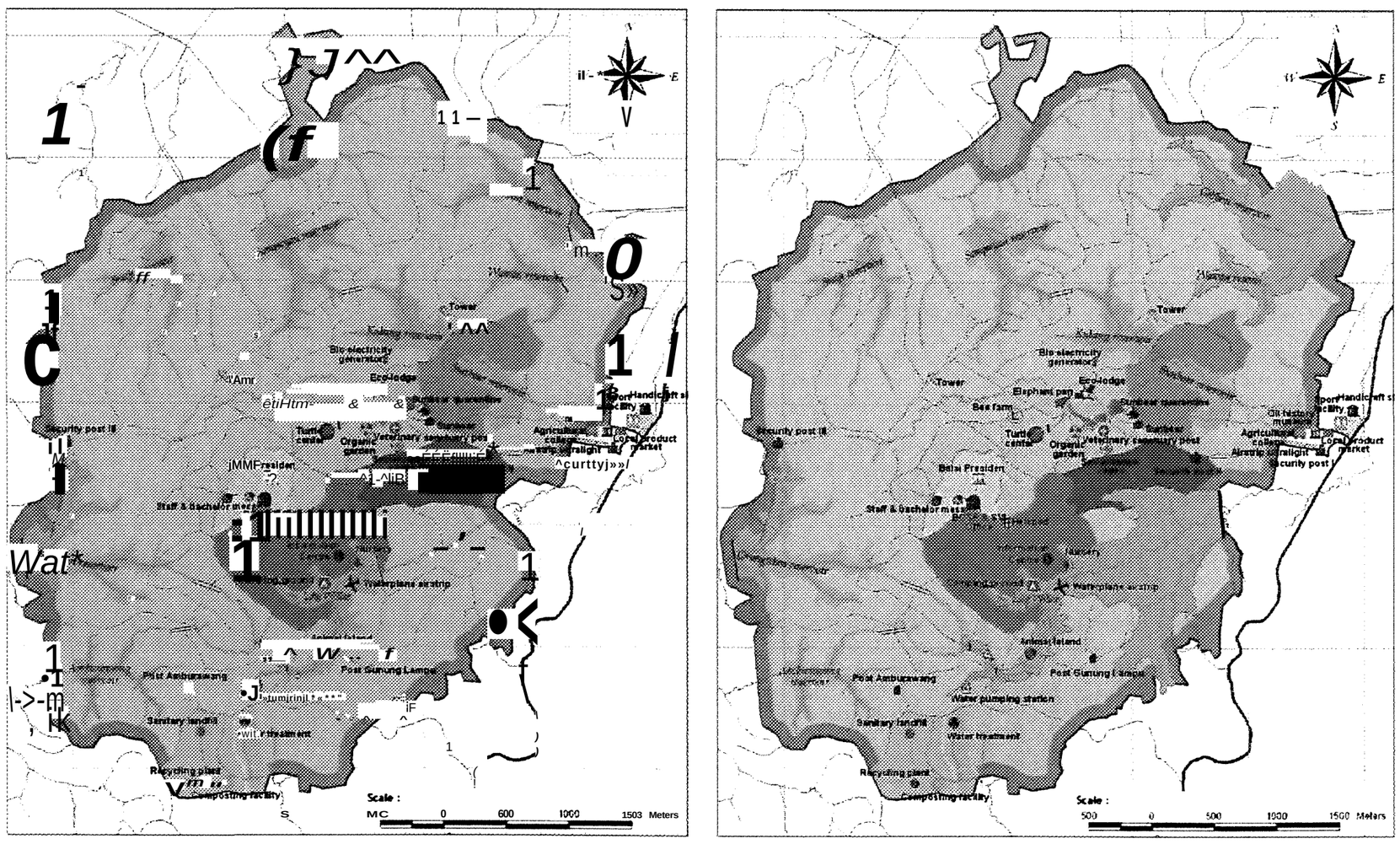
In de beginfase van het project "Drinking Water Supply System for Balikpapan", was het de bedoeling om negen kleine reservoirs in het Samboja Lestari gebied aan te leggen. Waarmee binnen het Samboja Lestari voldoende water vastgehouden kan worden, om op jaarbasis 15 mij. kubieke meter drinkwater per jaar te leveren.

Uit studies die zijn uitgevoerd door Witteveen+Bos, is gebleken dat de aanleg van negen kleine reservoirs verhoudingsgewijs duur is. Naar aanleiding hiervan is besloten om het ontwerp verder uit te werken met drie grotere reservoirs in plaats van negen kleinere, waardoor er met minder kosten en maatregelen dezelfde hoeveelheid water in het gebied kan worden vast gehouden.

Twee reservoirs zijn gelegen in het Samboja Lestari gebied. Deze twee reservoirs zijn gevormd door het samenvoegen van een aantal reservoirs en het wijzigen van een aantal damlocaties. *[zie Figuur 1]*

Door Witteveen+Bos is er voor gekozen om niet de volledige 15 miljoen kubieke meter drinkwater per jaar van uit Samboja Lestari gebied te leveren, maar om 65 procent van het benodigde water uit een ten noorden gelegen meer te ontrekken. Door middel van een dam in dit meer *(Lake Merdeka)* zal de waterstand worden verhoogt en ontstaat er een reservoir van waaruit water kan worden ontrokken voor de productie van drinkwater. Aangezien het stroomgebied van de Merdeka rivier vele malen groter is dan het Samboja Lestari gebied, is de capaciteit relatief groot ten opzichte van de geplande reservoirs binnen het Samboja Lestari gebied.

Het ontwerp van het "Drinking Water Supply System for Balikpapan" bevindt zich momenteel aan het einde van de ontwerpfase.



Figuur 1: Afbeeldingen van de oude (figuur links) en de nieuwe (figuur rechts) reservoir locaties

1.2. *Doelstelling afstudeerproject*

Het doel van dit afstudeerproject is, om de hydrologie in het projectgebied te analyseren en vervolgens te onderzoeken hoe de drie reservoirs optimaal kunnen functioneren, om zo te allen tijden de gewenste drinkwaterproductie te kunnen realiseren.

In de voorstudie van dit afstudeerproject is onderzoek gedaan naar de hydrologische omstandigheden in het projectgebied. In dit rapport zijn de verschillende waterstromen beschreven en is er voor elk van de drie reservoirs onderzocht welke waterstromen in welke mate voorkomen. Om het effect van de geanalyseerde waterstromen op het verloop van het reservoirpeil te visualiseren, is er een eenvoudig hydrologisch model opgesteld. Het hydrologische model berekent het verloop van het reservoirpeil in de tijd, en geeft deze weer in een grafiek. Door het water in de reservoirs goed te beheren kan er op jaarbasis een maximale hoeveelheid water worden vastgehouden en gezuiverd tot drinkwater.

Het hydrologische model is van groot nut voor het projectteam van Witteveen+Bos, omdat hierdoor een nauwkeuriger beeld wordt verkregen van waterstromen in het gebied. Door het hydrologische model uit te breiden met zoveel mogelijk waterstromen en hydrologische data, vormt het hydrologische model een goede basis voor het bepalen van het definitieve ontwerp van de pompstations bij de reservoirs, het ontwerp van de dammen, en leidingen.

Na het afronden van de voorstudie is besloten om voor de hoofdstudie het hydrologische model verder uit te werken en uit te breiden met grondwaterstroming en extra beheerstrategieën. Hierdoor zal er een compleet hydrologisch model ontstaan, waarmee de pompcapaciteit tussen de reservoirs en productie van het "Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan" kan worden geoptimaliseerd.

Aan de hand van dit hydrologische model wordt een antwoord gezocht volgende hoofdvraag:

" Wat is de beste beheerstrategie voor het beheren van de reservoirs van het "Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan", waarbij met een constant debiet en ook in opeenvolgende droge jaren, 15 mij. m^3 drinkwater per jaar kan worden geleverd."

Tevens wordt een antwoordt gezocht op de volgende deelvragen:

- *Wat is de maximale capaciteit van de drinkwatervoorziening?*
- *Hoe gevoelig is de drinkwatervoorziening voor droogte?*

1.3. Leeswijzer

Deze rapportage bestaat uit 8 hoofdstukken. In de in de onderstaande structuurbeschrijving wordt van elk hoofdstuk kort het onderwerp. Voor de lezer met minder technische kennis, zijn enkele woorden in het verslag de vetgedrukt. Uitleg van deze woorden is te vinden in de woordenlijst.

Structuurbeschrijving

In hoofdstuk 2 worden de uitgangspunten en randvoorwaarden beschreven die zijn opgesteld voor dit afstudeerproject.

In hoofdstuk 3 wordt het projectgebied en de geschiedenis van het project beschreven, waardoor een duidelijk beeld wordt gevormd van de topografie, de geologie en het klimaat in het projectgebied

In hoofdstuk 4 wordt beschreven wat de omvang van het project is, welke partijen er bij het project betrokken zijn, welke constructies het project bevat en wat de functie is van deze constructies.

In hoofdstuk 5 wordt de hydrologie binnen het projectgebied omschreven, waarin neerslag, verdamping en grondwaterstroming belangrijke waterstromen in het projectgebied zijn. Deze waterstromen zijn belangrijk, omdat deze de basis vormen voor het hydrologische model, waarmee het antwoord op de hoofdvraag zal worden onderbouwd.

In hoofdstuk 6 wordt de waterbalans van het projectgebied weergegeven. In dit hoofdstuk wordt voor de reservoirs en de bijbehorende stroomgebieden beschreven, in welke volumen de waterstromen uit hoofdstuk 3 voorkomen.

In hoofdstuk 7 wordt de werking van het hydrologische model beschreven, dit houdt in een beschrijving van de toepasbaarheid van het model en een beschrijving van de punten die verder uit gewerkt kunnen worden om het hydrologische model te verbeteren.

In hoofdstuk 8 worden de verschillende beheerstrategieën beschreven en wordt geschematiseerd weergegeven hoe dit is vertaald naar het hydrologische model.

In hoofdstuk 9 zijn de resultaten van het hydrologische model weergegeven. Hierin wordt beschreven, wat de inname van water is uit elk reservoir en wat de benodigde pomp vermogen is per reservoir. Ook worden de uitkomsten van het hydrologische model beschreven en geanalyseerd.

Als laatste zal in hoofdstuk 10 op basis van de voorafgaande hoofdstukken, een antwoord worden gegeven op de hoofdvraag en de deelvragen van deze afstudeeropdracht.

1.4. Onderzoekskader

Om een beeld te vormen van het onderzoekskader van dit afstudeerproject, is beschreven welke onderzoeken er zijn gedaan voor de verschillende onderwerpen. Binnen de resultaten van deze onderzoeken is gezocht naar uitgangspunten en randvoorwaarden met betrekking tot de hoofdvraag. Voor onderwerpen die buiten het kader vallen zijn indien nodig aannames gedaan.

In dit afstudeerproject wordt de hydrologie van het "Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan" beschreven, hiervoor is onderzoek gedaan naar:

Neerslag:

In tropische gebieden	Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan naar de afmetingen en intensiteit van tropische buien. *[§ 5.2.1]*
In Samboja Lestari	Dit houdt in; een analyse van de beschikbare neerslagdata, waarbij de data is onderzocht op de frequentie van verschillende buien en de hoeveelheid neerslag per bui. *[§ 5.2]*

Verdamping:

Tropische gebieden	Hiervoor is literatuuronderzoek gedaan naar de evapotranspiratie van planten en de verdamping van open water in gebieden met een tropisch klimaat. *[§ 5.3]*
Samboja Lestari	Om de waterverdamping in het Samboja Lestari te bepalen zijn er berekeningen uitgevoerd, om aan de hand van meteorologische gegevens de lokale verdamping vast te stellen. *[§ 5.3]*
Tropische vegetaties	Om de werkelijke evapotranspiratie vast te stellen, is er literatuuronderzoek gedaan naar de verdamping van vegetaties in tropische gebieden. Hierbij is gekeken naar de waterbehoefte van de planten en het effect van droogte op het verloop van de evapotranspiratie. *[§ 5.3]*

Grondwaterstroming

Neerslag - afvoer relatie	Om de invloed van grondwaterstroming in te schatten, is onderzoek gedaan naar de infiltratiecapaciteit van de ondergrond. *[§ 5.4 en 5.5]*
Verliezen in reservoirs	Door de infiltratieverliezen in de reservoirs te berekenen, is een eerste inschatting gemaakt van de invloed van deze verliesposten op de waterbalans. *[§ 5.4.2]*

2. Uitgangspunten en Randvoorwaarden

Door gesprekken met het projectteam van Witteveen+Bos, het bestuderen van de bestaande rapportages, het analyseren van onderzoeksresultaten en het doen van literatuurstudies over de verschillende hydrologische onderwerpen, zijn de volgende uitgangspunten en randvoorwaarden voor dit afstudeerproject vastgesteld:

Randvoorwaarden

- *Op jaarbasis dient de drinkwaterzuivering (pt. Ecosam) 15 mij. kubieke meter drinkwater te leveren aan het waterleidingbedrijf van Balikpapan.*
- *Het drinkwater dient met een constant debiet aan het waterleidingbedrijf geleverd worden.*
- *De tijd dat er geen drinkwater geleverd kan worden moet beperkt blijven tot 1%. per 34jaar.*

Uitgangspunten

- *Het hydrologische model wordt getoetst aan de randvoorwaarden, moet de werkelijkheid benaderen en inzichtelijk zijn voor buitenstaanders*
- *De kwaliteit van het drinkwater moet voldoen aan de kwaliteitseisen die zijn gesteld door de WHO (WoridHealth Organisation) voor drinkwater.*
- *In dit onderzoek wordt gebruik gemaakt van 34 jaar neerslagdata (maandtotalen van 1972 tot 2005) gemeten bij de Mangardam, een locatie 15 kilometer ten zuid westen van Samboja Lestari. Tevens wordt gebruik gemaakt van drie jaar neerslagdata (dagtotalen van 2003 tot 2005) gemeten op vier verschillende locaties in en rondom het projectgebied*
- *Voor het berekenen van de evapotranspiratie is gebruik gemaakt van klimaatdata, gemeten in 2004 bij een meteorologisch station in Samarinda, 20 kilometer ten noord oosten van Samboja Lestari*
- *Voor de analyse van de ondergrond is gebruikgemaakt van een bodemonderzoek, uitgevoerd in opdracht van Witteveen+Bos door P. T. Soilens in mei 2006.*

In de loop van dit rapport zullen meer uitgangspunten, vooral met betrekking tot het hydrologische model en de hydrologie, worden geformuleerd. Deze uitgangspunten zijn samengevat in paragraaf 7.1.1 en 7.1.2.

3. Gebiedsomschrijving

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het project tot stand is gekomen en wat het belang van het project is. Tevens wordt de topografie de locatie en de inrichting van het projectgebied beschreven. Met de inrichting van het projectgebied wordt gedoeld, hoe de verschillende reservoirs zijn gelegen en wat de locaties zijn van de verschillende onderdelen van de drinkwatervoorziening. Het doel van dit hoofdstuk is, om een totaalplaatje te creëren van de omvang en voorgeschiedenis van het project.

3.1. Geschiedenis van het Samboja Lestah gebied

Het "Samboja Lestari Drinking Water Supply System" maakt deel uit van het "Samboja Lestari Masterplan" van de BOS foundation in oost Kalimantan, Borneo, Indonesië.

Door slecht beleid op het gebied van land en bosbouw, is het tropische regenwoud van oost Kalimantan veranderd in een landschap met lage begroeiing van struiken en gras soorten. In 1982-1983 zorgde een El Niño voor een extreme droogte in het oosten van Kalimantan, met enorme bosbranden als gevolg, de grootste ooit gezien in een tropisch regenwoud, die het laatste overgebleven tropisch regenwoud hebben verwoest. Tot op vandaag de dag zijn de gevolgen van deze bosbranden nog te zien in het landschap. [1]

Samboja is een plaats gelegen in dit verwoeste landschap, waar tot het jaar 2001 de werkeloosheid hoger was dan 50% van de arbeidsbevolking en waar de mensen leden aan ondervoeding, slechte hygiëne en infectie ziekten zoals malaria en tyfus.
Een groot deel van de bevolking besteedt meer dan 22% van hun inkomen aan water. In november 2004 leed de stad Balikpapan drie maanden aan een water tekort, er werden enorme bedragen gerekend voor het drinkwater dat op dat moment beschikbaar was. Dit water werd opgepompt uit de grond, het grondwaterpeil in deze putten bevind zich momenteel op een diepte van 100 meter onder maaiveld. Dit alles is het gevolg van uitdroging door de ontbossing van het gebied. [1]

De BOS foundation is begonnen met de aankoop van land rondom het dorp Samboja, met als doel herbebossing van het gebied en het creëren van werkgelegenheid voor de lokale bevolking. Door het creëren van werkgelegenheid en inkomen in het gebied, zullen de leefomstandigheden van deze mensen verbeteren. Het land aankoopproject draagt de naam Samboja Lestari en in 2001 is begonnen met herbebossing van het gebied volgens het masterplan van de Bos foundation, *[zie bijlage I]* [1]

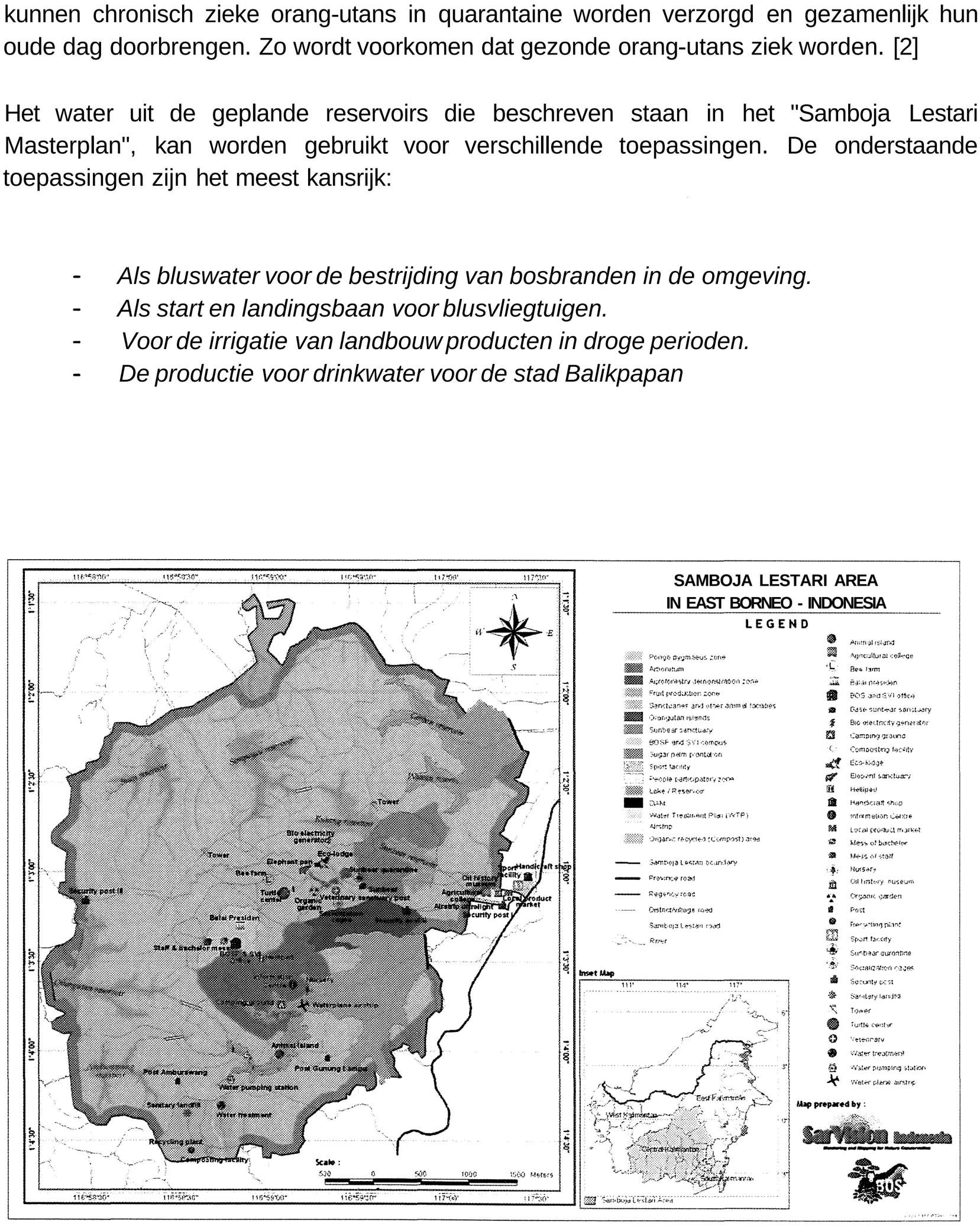
3.2. *Toepassing van water in het Samboja Lestari gebied*

Om in de toekomst bosbranden en droogte de baas te blijven, bestaat een deel van het masterplan *[zie Figuur 2]* uit het aanleggen van dammen. Achter deze dammen ontstaan meren en moerasgebieden, die de verspreiding van bosbranden tegen zullen gaan. Buiten het bestrijden van bosbranden, hebben deze meren nog andere functies. Door de aanwezigheid van deze meren zal de grondwaterstand in de nabije omgeving toenemen en zal de groei van de nabije vegetatie bevorderen. Hierdoor zal het gebied een leefomgeving worden voor vele reptielen, zoogdieren en vogels. [2]

Het water zal een natuurlijke scheiding vormen tussen verschillen gebieden. Het doel van de BOS foundation is om in deze door water begrensde gebieden, orang-utans die in dierentuinen of als huisdier geleefd hebben, terug te brengen in het wild. Op enkele eilanden kunnen chronisch zieke orang-utans in quarantaine worden verzorgd en gezamenlijk hun oude dag doorbrengen. Zo wordt voorkomen dat gezonde orang-utans ziek worden. [2]

Het water uit de geplande reservoirs die beschreven staan in het "Samboja Lestari Masterplan", kan worden gebruikt voor verschillende toepassingen. De onderstaande toepassingen zijn het meest kansrijk:

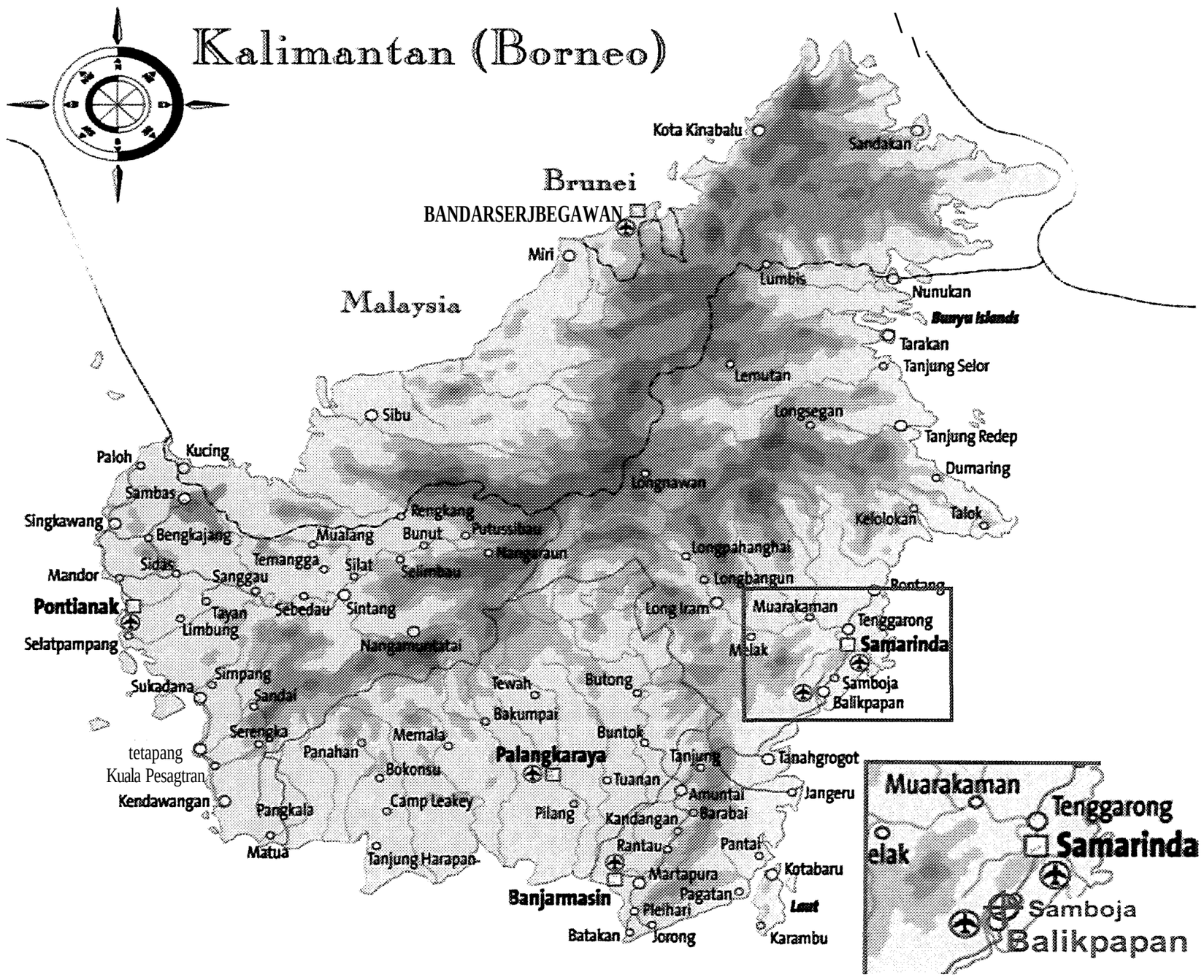
- *Als bluswater voor de bestrijding van bosbranden in de omgeving.*
- *Als start en landingsbaan voor blusvliegtuigen.*
- *Voor de irrigatie van landbouw producten in droge perioden.*
- *De productie voor drinkwater voor de stad Balikpapan*



Figuur 2: Samboja Lestari Masterplan (in bijlage I is groter versie weergegeven)

3.3. *Topografie*

Het projectgebied beslaat een oppervlak van ca. 15.000 hectare en is gelegen op een afstand van ca. 45 kilometer ten noord oosten van de stad Balikpapan, in oost Kalimantan op het eiland Borneo, Indonesië.



Figuur 3: Topografische kaart van Borneo en de locatie van het Samboja Lestari gebied

Samboja Lestari gebied

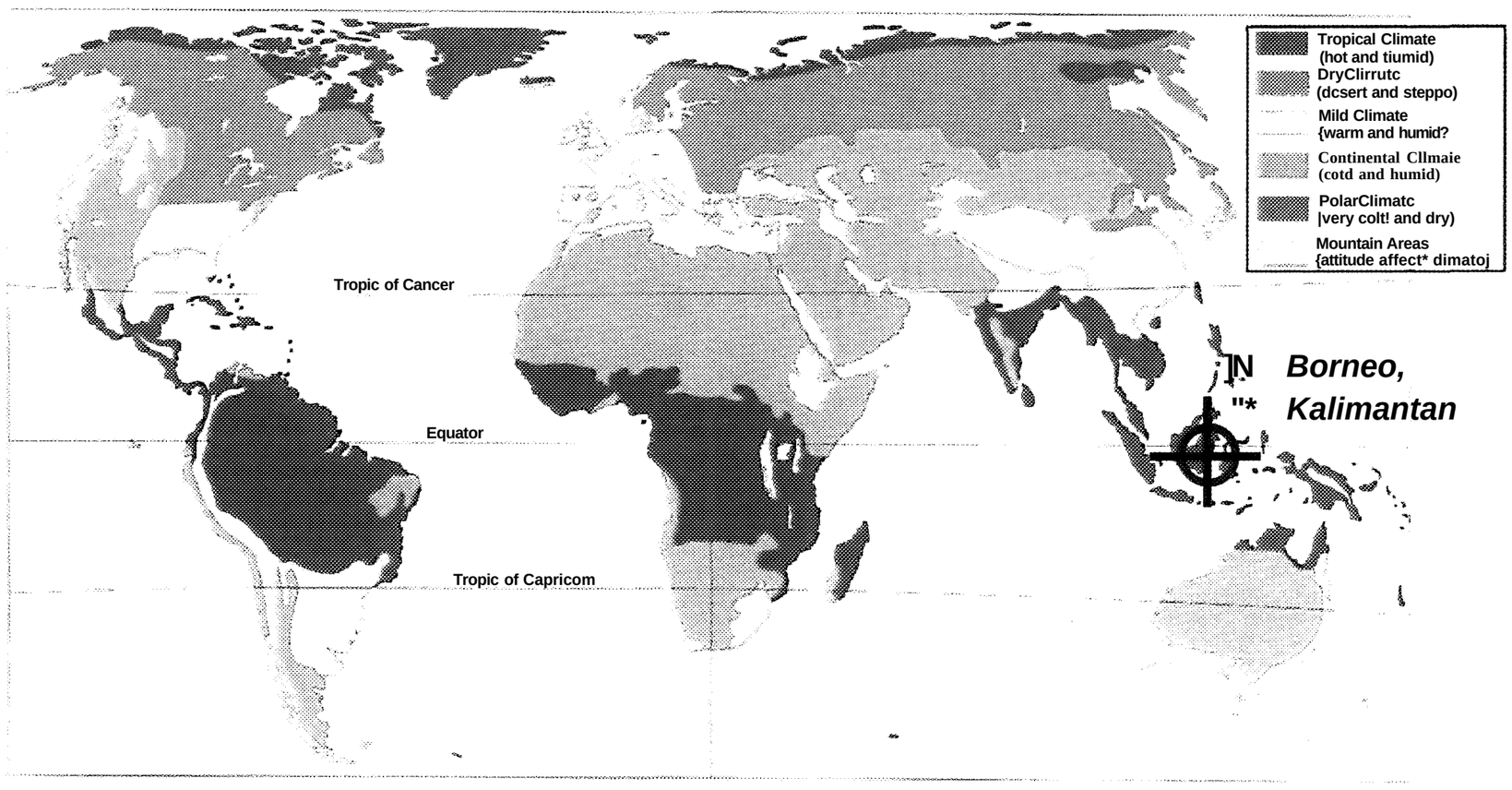
Topografisch gezien is het projectgebied op te splitsen in twee delen. Het eerste deel is het Samboja Lestari gebied en het tweede deel is het stroomgebied van de rivier Merdeka.

Het Samboja Lestari gebied met een oppervlak van ca. 1800 hectare is, eigendom van de BOS foundation en te omschrijven als een heuvelachtig gebied met riviervalleien. De hoogtes van de heuveltoppen variëren tussen de 65 en 90 meter boven zee niveau en de hoogtes van de dalen variëren tussen de 60 en 45 meter boven zee niveau.

Het **stroomgebied** van de Merdeka rivier is eigendom van de lokale overheden van oost Kalimantan. Het stroomgebied met een totaal oppervlak van ca.14.000 hectare is bijna 7,5 maal groter dan het Samboja Lestari gebied. Het hoger gelegen deel van het stroomgebied is heuvelachtig en te vergelijken met het Samboja Lestari gebied. Het lager gelegen stroomgebied is moeras en veenachtig.

3.4. Klimaat

De hydrologie binnen een projectgebied is afhankelijk van de klimaatzone waarin het projectgebied gelegen is. Zo is de aarde in te delen in verschillende klimaatzones. De marker geeft de locatie aan van het projectgebied, waaruit is af te leiden dat er binnen het projectgebied een tropisch klimaat heerst, *[zie Figuur 4]*

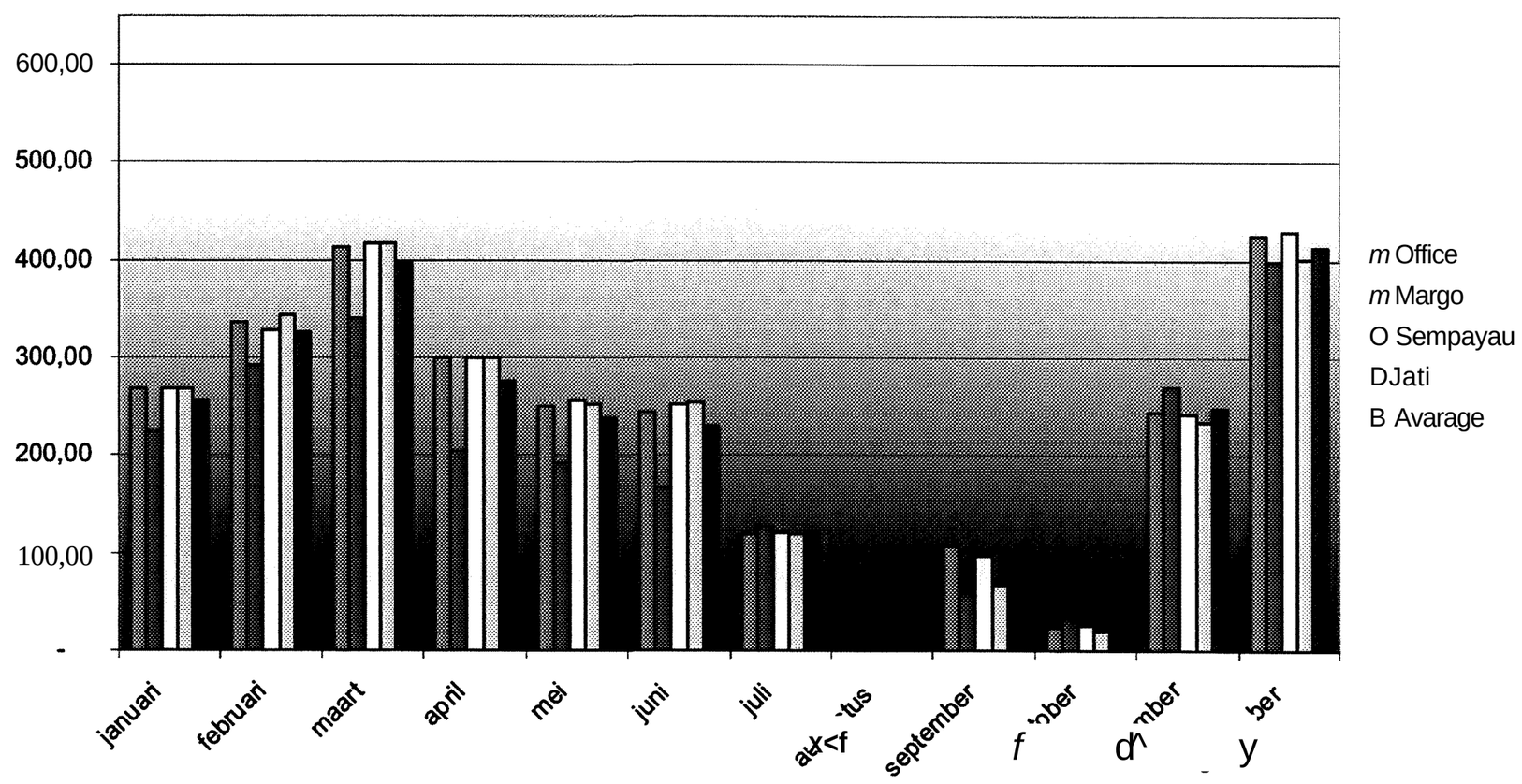


Figuur 4: Wereld klimaat kaart

Een tropisch klimaat houdt in dat het warm en vochtig is. In de statistieken is te zien dat er per jaar gemiddeld 2500 mm neerslag valt en dat de temperatuur het hele jaar door rond de 30°C schommelt. In het gebied zijn twee seizoenen te onderscheiden:

- De droge moesson: mei - september
- De natte moesson: oktober - april

In Figuur 5 is de maandelijkse neerslag in het projectgebied weergegeven, in het staafdiagram is duidelijk onderscheid te maken in de natte en droge moesson.



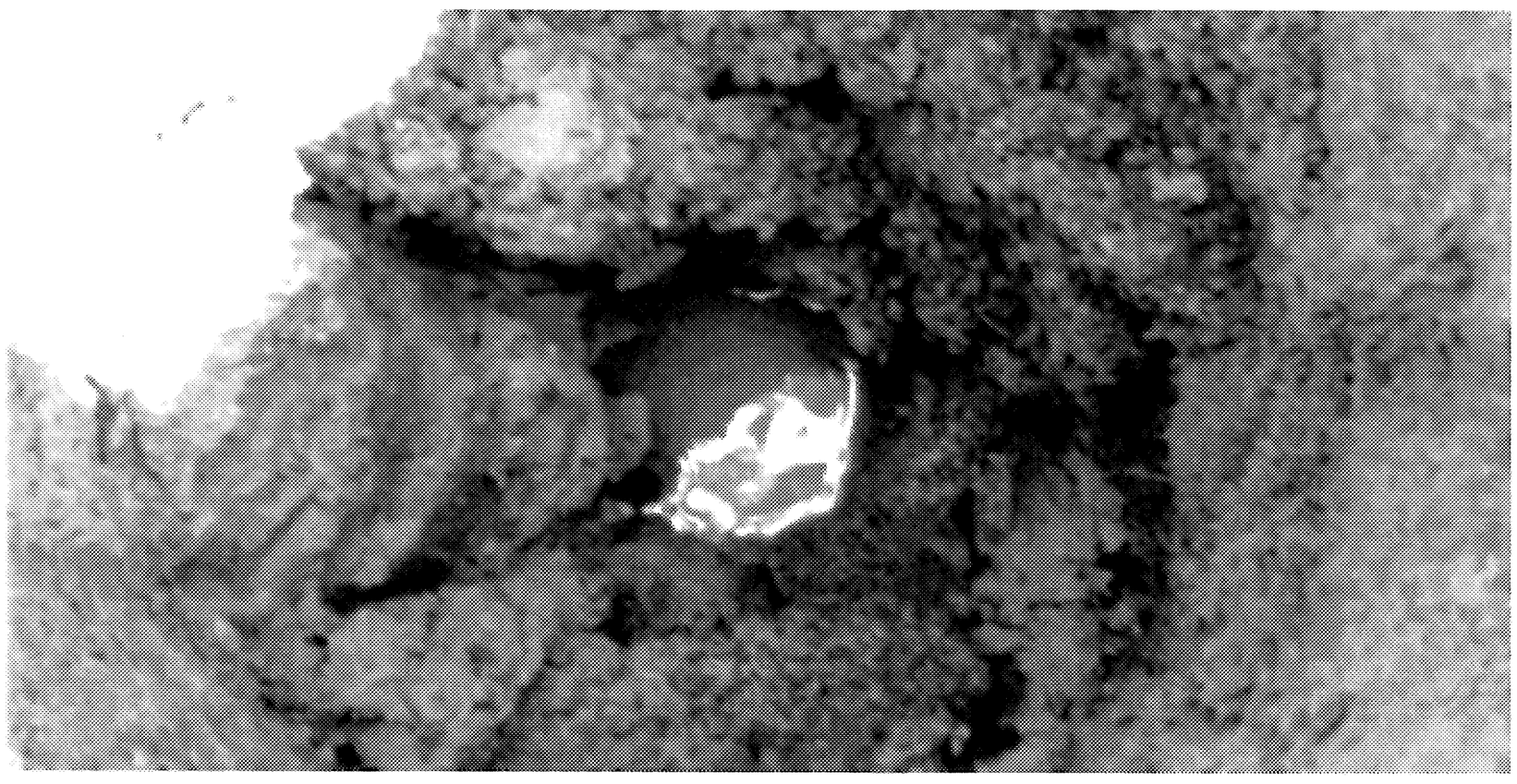
Figuur 5: Neerslag verdeling in het Samboja Lestari gebied

3.5. Geologie

Voor het ontwerpen van een reservoir is het belangrijk om alles te weten over de ondergrond. Uit welke grondsoorten is de bodem opgebouwd, hoe is de opbouw en wat zijn de ontwerpparameters van deze grondsoorten. In het projectgebied is onderzoek gedaan naar de geologie van ondergrond, *[zie Figuur 6]* maar na het uitvoeren van dit onderzoek zijn de locaties van de dammen gewijzigd, waardoor er geen geotechnische profielen zijn van de damlocaties. Voor het definitieve ontwerp zullen er nieuw geotechnischeprofielen nodig zijn van de dam locaties, waarbij met voldoende boringen de gelaagdheid van de ondergrond kan worden vastgesteld. De onderstaande geologische beschrijving is afkomstig uit een rapport van Witteveen+Bos, de volledige geologische beschrijving is weergegeven in bijlage II.

3.5.1. Geotechnisch profiel

Bijna alle boorstaten uit het projectgebied *[bijlage III],* zijn geheel verschillend en tonen aan dat er veel variatie optreed in ondergrond van het projectgebied. Uit een globale inventarisatie van de gemaakte boorprofielen blijkt, dat de bodemopbouw op de heuvelen bestaat uit lagen van stijve klei en de bodemopbouw in het dal bestaat uit zand, slib en klei in verschillende laagdiktes. Op sommige locaties zijn steenkoollagen, lagen kleisteen en verkoolde turf lagen aangetroffen. Aan de hand van deze inventarisatie is iets gezegd over de infiltratiecapaciteit van de bodem in de verschillende stroomgebieden, *[zie bijlage III]*



Figuur 6: grondonderzoek met grondwaterstand in Samboja Lestari

3.5'. 2» Hydrologisch profiel

De grondwaterstanden in de dalen zijn gemeten circa op één meter beneden maaiveld, maar deze zijn gerelateerd aan het peil van de rivier. Bij het maken van de boringen vond er geen verandering van de grondwaterstand plaats. Hieruit kan worden geconcludeerd dat er zich geen waterafsluitende lagen in de bodem bevinden met grondwater overspanning.

Boringen die zijn gemaakt op de hellingen en aan de top van de heuvels laten een lagere grondwaterstand zien. In bijlage IV is een inventarisatie van de boringen uit het projectgebied weergegeven, waarbij is gekeken naar de grondsoort, de infiltratiecapaciteit en de grondwaterstand.

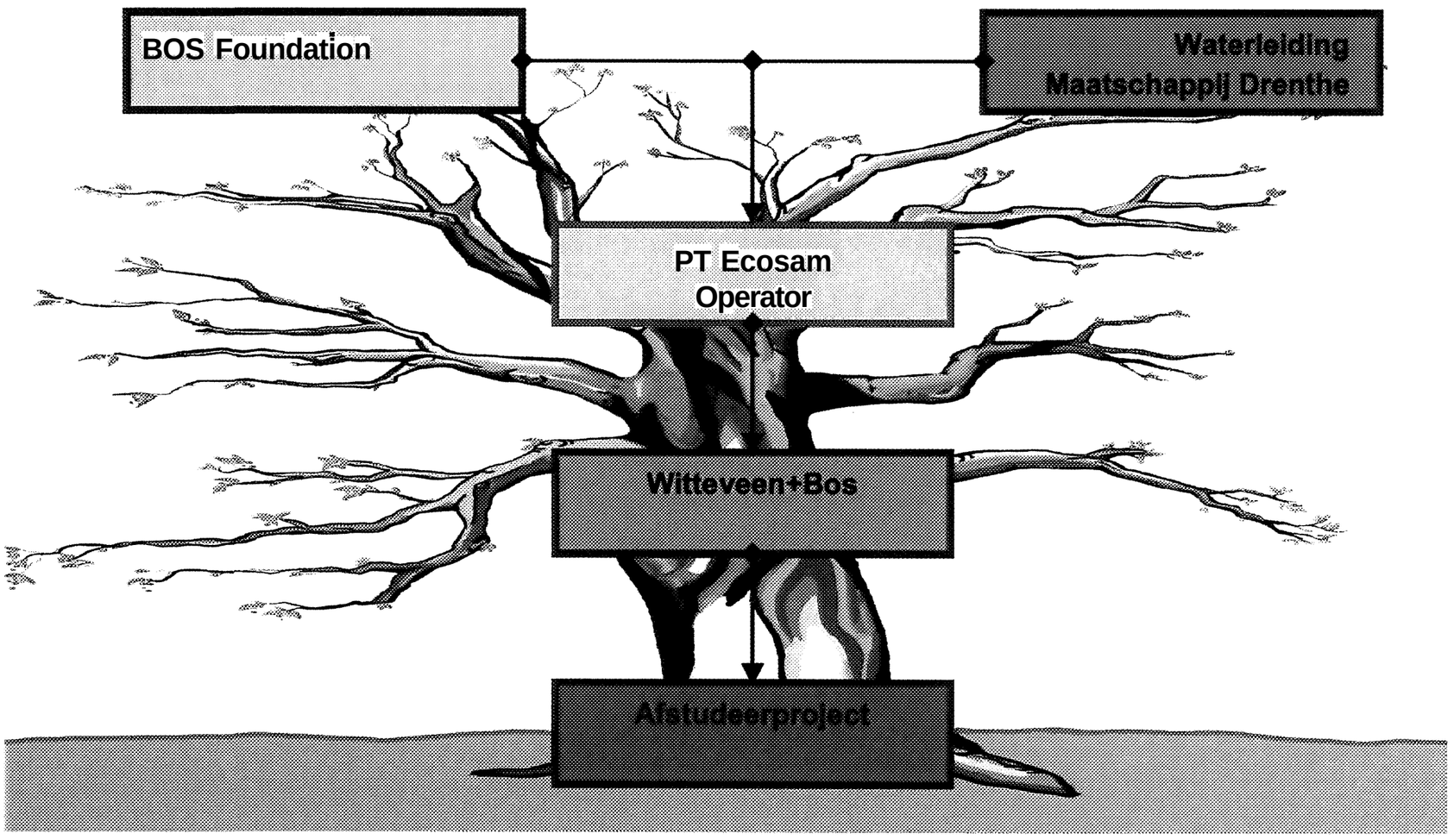
4. Project beschrijving

In dit hoofdstuk wordt de omvang van het project beschreven, welke partijen er bij het project betrokken zijn, welke constructies het project bevat en wat de functie is van deze constructies. Ook wordt van de drinkwatervoorziening beschreven, waar de reservoirs worden aangelegd en wat de eigenschappen zijn van deze reservoirs.

4. 1 *Drinkwatervoorziening in het Samboja Lestari gebied*

Voor de productie van drinkwater in het Samboja Lestari gebied en het transport van het drinkwater naar Balikpapan, hebben de BOS foundation en de WMD een nieuw bedrijf op gestart genaamd "Pt Ecosam". Pt Ecosam wordt de exploitant en eigenaar van het drinkwater productie bedrijf. [1]

Naast de BOS foundation en de WMD, is het projectteam van Witteveen+Bos als vierde partij gevraagd om het ontwerp voor de drinkwatervoorziening te leveren, met een productiecapaciteit van 15 mij. kubieke meter drinkwater per jaar. De 5^{e} partij is dit afstudeer onderzoek. Onder begeleiding van het projectteam van Witteveen+Bos, wordt er onderzoek gedaan naar de hydrologie binnen het projectgebied en de beheermogelijkheden van de drinkwatervoorziening. [1]



Figuur 7:De betrokken parijen bij het" Drinkwater Supply System for Balikpapan" project

De eerste fase van het drinkwaterproject, waarin een productiecapaciteit van 15 miljoen kubieke meter drinkwater per jaar gerealiseerd gaat worden, bestaat uit de volgende onderdelen:

- *Twee dammen in het Samboja Lestari gebied*
- *Een dam buiten het Samboja Lestari gebied*
- *Een drinkwater zuiveringsinstallatie*
- *Pijpleidingen en pompen tussen de verschillende reservoirs*
- *Een pijpleiding naar Balikpapan*

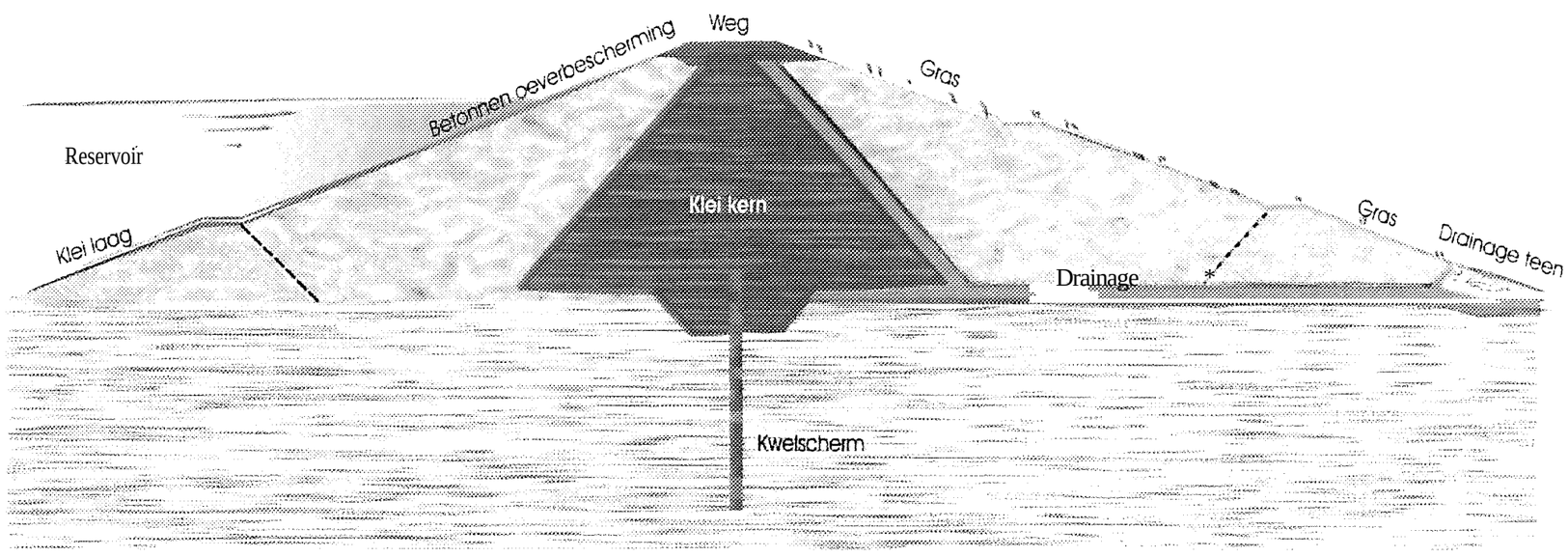
De bovenstaande onderdelen worden ontworpen voor een levenduur van 40 jaar. Voor de toekomst is het de bedoeling om de productie te verhogen naar 27 mij. m^{3} per jaar of meer.

4.2. *Dammen*

Er moeten dammen worden aangelegd om de drie reservoirs te creëren en het water op de gewenste locatie vast te houden. De locaties van de dammen zijn bepaald aan de hand van een **GIS model.** De locatie van de dam is zo gekozen, dat de inhoud van het reservoir achter de dam correspondeert met jaarlijkse hoeveelheid neerslag uit stroomgebied achter de dam.

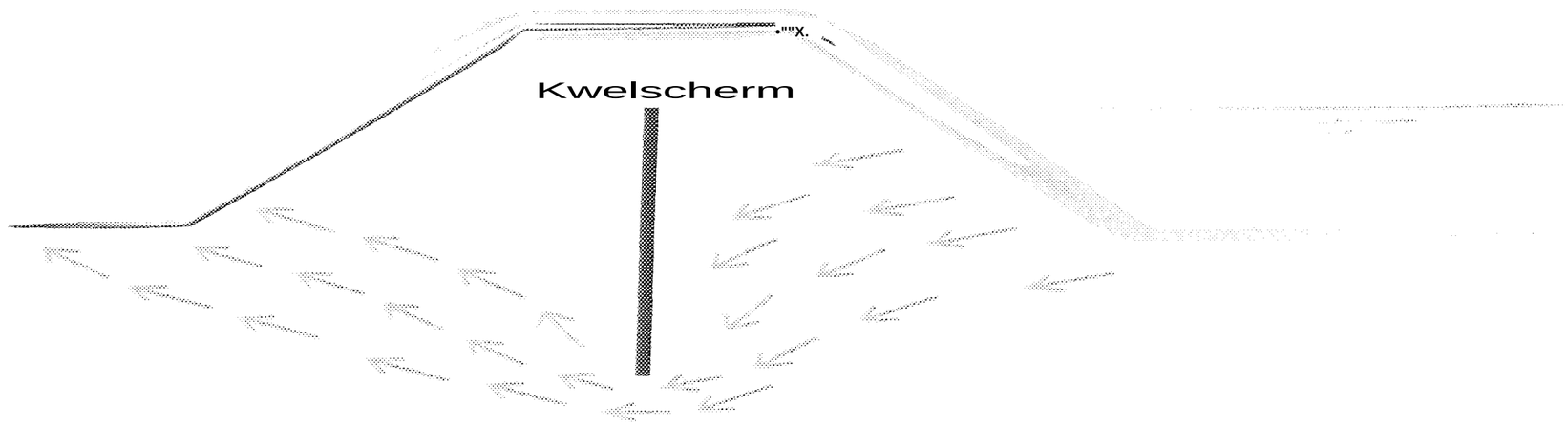
Bij het ontwerp van de dam, door Witteveen+Bos uitgewerkt in het conceptual design rapport [3], is gekozen voor aardedammen. De dammen hebben een slecht waterdoorlatende kern van klei en een afdeklaag van grond om de sterkte en stabiliteit te vergroten. Over het algemeen wordt de dam aan de reservoirzijde op de waterlijn afgewerkt met steenbestorting om te voorkomen dat het materiaal wegspoelt door golfslag of stroming in het reservoir, *[zie Figuur 8]*

Er is voor aardedammen gekozen, omdat de materialen zand en klei veelvuldig in het projectgebied of in de omgeving van het projectgebied voor handen zijn. Hierdoor zijn de materialen eenvoudig te leveren, en blijven de kosten relatief laag.



Figuur 8: Schetsmatige weergave van de opbouw van de reservoirdammen.

De dam is voorzien van een kwelscherm, om te voorkomen dat er water onder de dam door gaat stromen en de stabiliteit van de dam beïnvloed. Een kwelscherm verlengt de kwelweg, waardoor de hoeveelheid kwel afneemt, *[zie Figuur 9]*



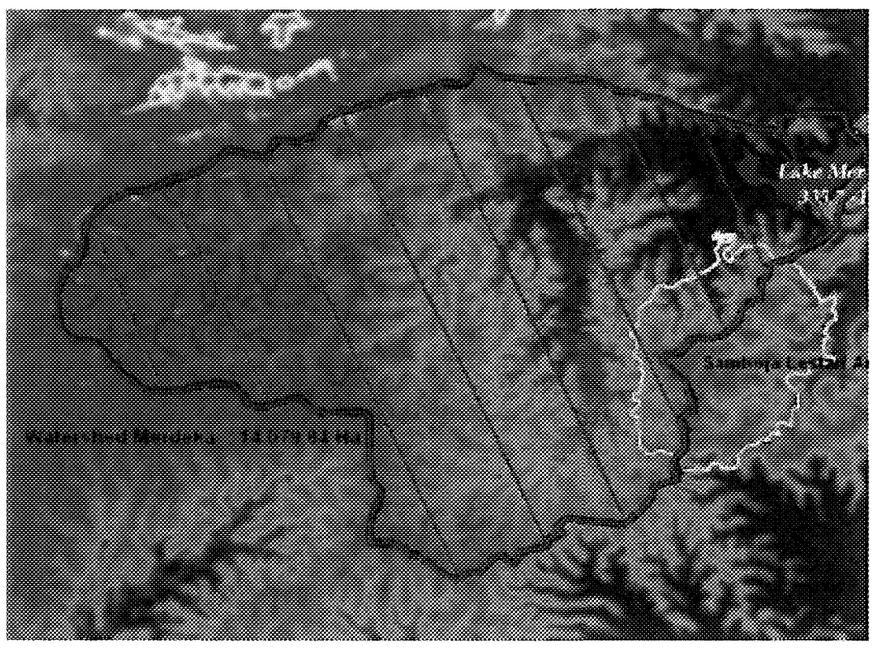
Figuur 9: Schematische weergaven van een kwelscherm

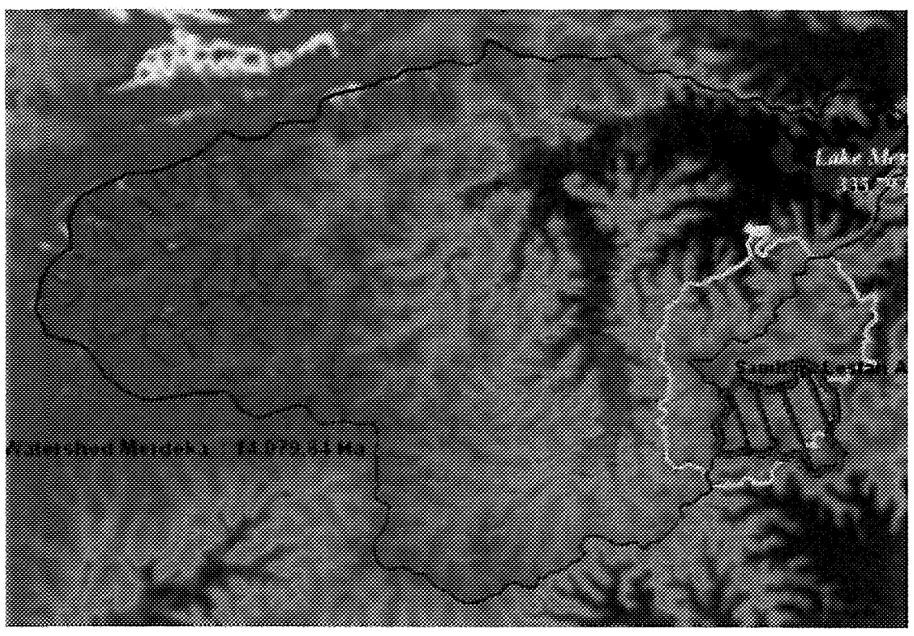
4.3. Stroomgebieden

Elk reservoir heeft zijn eigen stroomgebied, dit is het gebied bovenstrooms van de damlocatie van waaruit al het water naar het reservoir stroomt. Het oppervlak van een stroomgebied is bepalend voor de hoeveelheid regenwater dat afstroomt naar het reservoir. Het vaststellen van een stroomgebied is geen eenvoudige zaak, omdat de grenzen van en stroomgebied afhankelijk zijn topgrafische en hydrologische grenzen. De hydrologische grens is de scheiding van de grondwaterstromingen en de topgrafische grens wordt bepaald door de hoogteverschillen in het landschap. Aangezien in het projectgebied nog geen onderzoek is gedaan naar grondwaterstroming, zijn de stroomgebieden in projectgebied vastgesteld aan de hand van topgrafie. In het projectgebied zijn drie stroomgebieden te definiëren.

Stroomgebied Merdeka reservoir

Oppervlak	*14.079 Ha*
Omtrek	*60 km[1]*
Langste waterweg	*21 km[1]*
Hoogte verschil	*75 m[1]*
Gemiddeld verhang	*1:250*
Dam hoogte	*8m[1]*
Begroeiing	*Half gekapt bos*
Inwoners	*Ja*
Natuurgebied	*Nee*



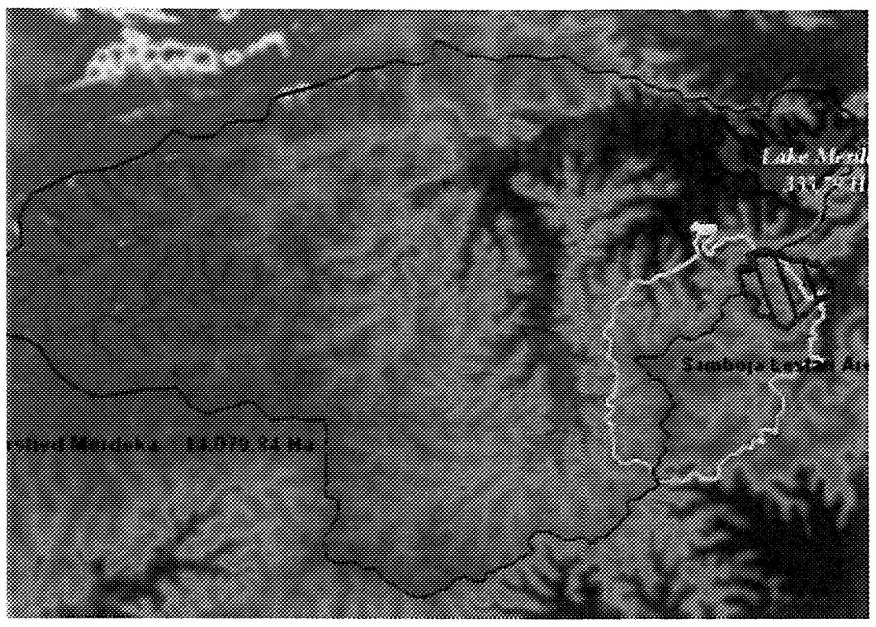


Stroomgebied Wiüie reservoir

Oppervlak	*454.83 Ha*
Omtrek	*5,8 km[1]*
Langste waterweg	*3,3 km[1]*
Hoogte verschil	*25 m[1]*
Gemiddeld verhang	*1:130*
Dam hoogte	*17m*
Begroeiing	*Herbebossing*
Inwoners	*nee*
Natuurgebied	*Ja*

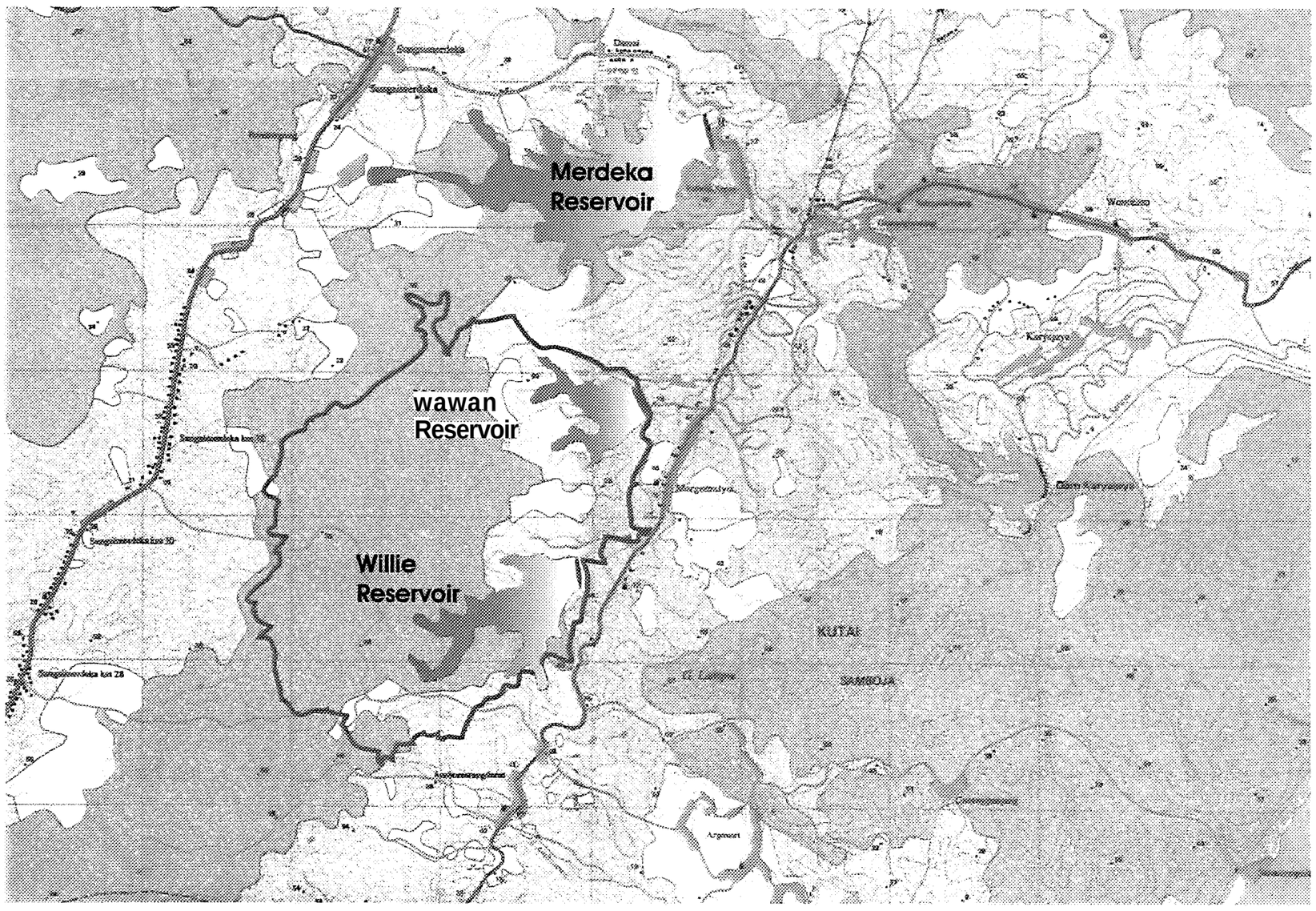
Stroomgebied Wawan reservoir

Oppervlak	*208.21 Ha*
Omtrek	*9,5 km[1]*
Langste waterweg	*1,6 km[1]*
Hoogte verschil	*25 m[1]*
Gemiddeld verhang	*1:60*
Dam hoogte	*18 m[1]*
Begroeiing	*Herbebossing*
Inwoners	*Nee*
Natuurgebied	*Ja*



4.4. Reservoirs

Zoals in de voorgaande paragrafen staat beschreven worden er drie reservoirs gecreëerd om water vast te houden in het projectgebied. Deze drie reservoirs zijn genaamd reservoir Willie, reservoir Wawan en reservoir Merdeka. In Figuur 10 zijn de reservoirs weergeven op een topografische kaart van het gebied. De rode lijn geeft de omtrek van het Samboja Lestari gebied aan.



Figuur 10: weergaven van de reservoirs in het Samboja Lestari gebied

In de onderstaande tabellen zijn de specificaties van de reservoirs weergeven:

Reservoir Merdeka		
Volume	6.800.000	[ST
Minimum inhoud	700.000	[m^3]
Water oppervlak	2.500.000	[m^2]
Minimale reservoir stand	+ 6.0	[m^1 MSL]
Maximale reservoir stand	+ 10.0	[m^1 MSL]
Dam hoogte	+ 14.0	[m^1 MSL]

Reservoir Willie		
Volume	5.500.000	[ml
Minimum inhoud	700.000	[m^3]
Water oppervlak	1.400.000	[m^2]
Minimale reservoir stand	+ 26.0	[m^1 MSL]
Maximale reservoir stand	+ 39.0	[m^1 MSL]
Dam hoogte	+ 43.0	[m^1 MSL]

Reservoir Wawan		
Volume	5.000.000	[m^3]
Minimum inhoud	440.000	[m^3]
Water oppervlak	650.000	[m^2]
Minimale reservoir stand	+ 21,0	[m^1 MSL]
Maximale reservoir stand	+ 36.0	[m^1 MSL]
Dam hoogte	+ 39.0	[m^1 MSL]

4.5. *Eigenschappen reservoirs*

Door de verschillende geologische eigenschappen, en de verschillende afmetingen van de reservoirs en stroomgebieden, heeft elk reservoir andere eigenschappen. Hierdoor zullen de reservoirs niet hetzelfde reageren op de zelfde weersomstandigheden. In de onderstaande tekst is voor elk van de drie reservoirs kort omschreven wat de kenmerkende eigenschappen zijn van de reservoirs.

Merdeka reservoir

Het Merdeka reservoir heeft een groot stroomgebied in verhouding tot de reservoirs Willie en Wawan. *[zie paragraaf 4.3]* Dit resulteert in een grote aanvoer van water in een natte periode. Om al dit water vast te kunnen houden is er een groot reservoir nodig. Op de gewenste locatie is het niet mogelijke een dergelijk groot reservoir te creëren, hierdoor kan maar 3% van de jaarlijkse aanvoer uit het stroomgebied worden vastgehouden. Voor de resterende 97% is een grote spillway nodig, waardoor het overtollige water op een veilige manier wordt afgevoerd.

De boven genoemde eigenschappen bepalen het karakter van het Merdeka reservoir. Doordat 97% van het water niet kan worden vastgehouden, is de maandelijkse aanvoer uit het stroomgebied groter dan de inhoud van het reservoir. Hierdoor is het Merdeka reservoir in natte perioden bijna onuitputtelijk.

Het stroomgebied van het Merdeka reservoir, is een gebied waar mensen wonen en werken. Door het lozen van vuil water en verontreinigde stoffen in de rivier is de waterkwaliteit van het water mogelijk niet optimaal. Dit in tegenstelling tot het water uit de stroomgebieden van de reservoirs Wawan en Willie, die door hun ligging in een natuurgebied geen last hebben van vervuiling .

Wawan reservoir

Reservoir Wawan heeft een klein stroomgebied ten opzichte van de mogelijke reservoirinhoud. *[paragraaf 4.3]* Omdat de reservoirinhoud groter is dan de gemiddelde jaarlijkse aanvoer, zal het reservoir zichzelf niet binnen een jaar kunnen vullen. Om gebruik te maken van deze extra berging kan er overtollig water uit het Merdeka reservoir worden gepompt, waardoor er op jaarbasis meerwater kan worden vastgehouden en er meer water beschikbaar is in droge perioden.

Doordat het reservoir is gelegen in een recent herbebost natuurgebied, wordt verwacht dat de waterkwaliteit uit het stroomgebied goed zal zijn en zal verbeteren als de beplanting in het stroomgebied is volgroeid .

Willie reservoir

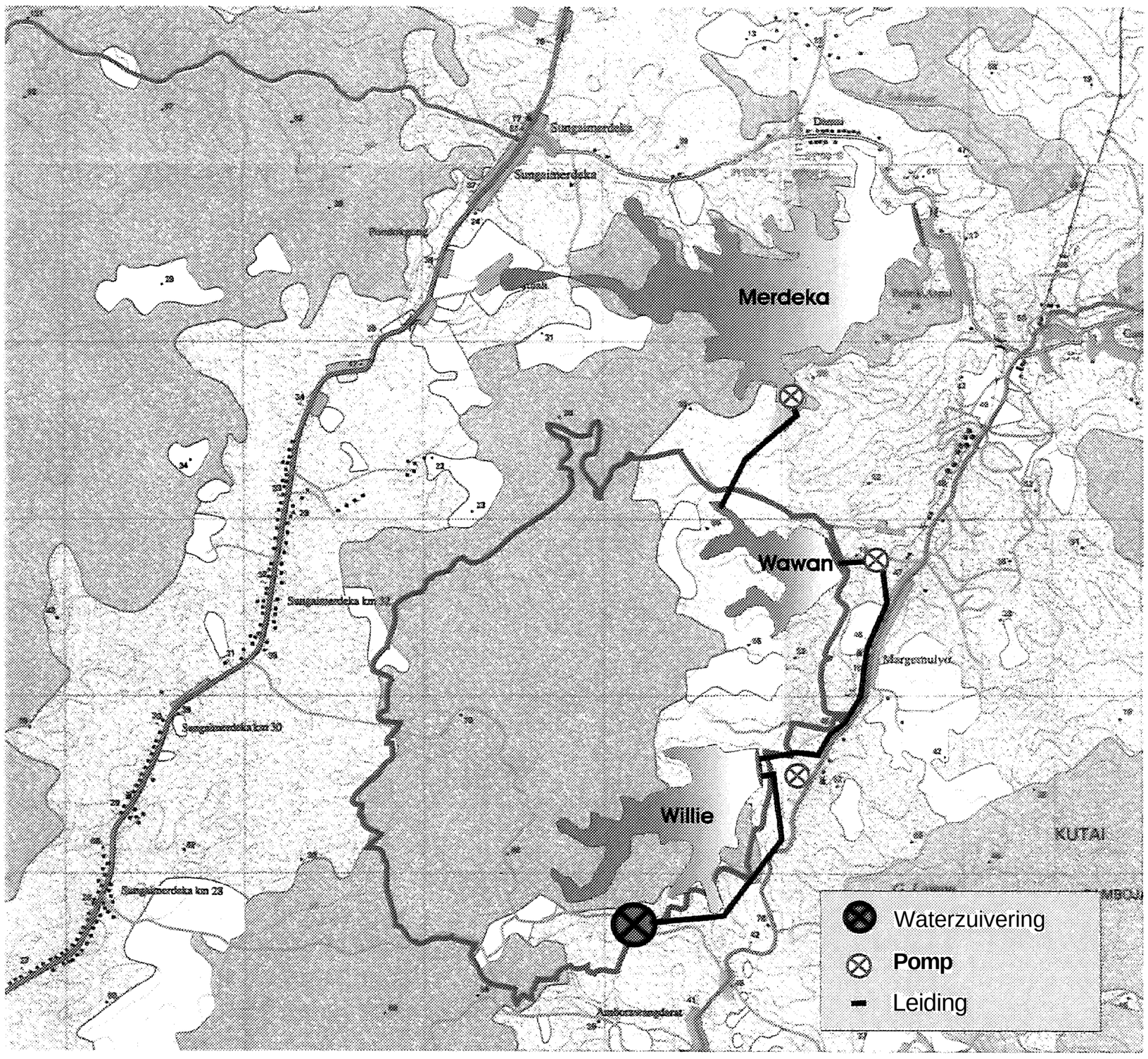
Voor reservoir Willie staat de inhoud van het reservoir gelijk aan de jaarlijkse aanvoer van water in het stroomgebied. Omdat reservoir Willie het dichtste bij de zuivering is gelegen, kan het reservoir functioneren als een buffer voor de zuiveringsinstallatie. Ook is het reservoir door de lange strijklengte uiterst geschikt voor landingsplaats voor blusvliegtuigen.

Ook van reservoir Willie wordt verwacht dat door de ligging in een natuurgebied de waterkwaliteit goed zal zijn.

4.6. *Lay-out drinkwatervoorziening*

Een drinkwatervoorziening is een systeem dat water opvangt en zuivert tot drinkbaar water. In Balikpapan wordt leidingwater momenteel niet gebruikt als drinkwater, maar meer gebruikt voor sanitaire doeleinden zoals, douchen, de wc, enz. Bij deze drinkwaterzuivering-installatie is door de opdrachtgever *(pt Ecosam)* voor gekozen om het water te zuiveren tot de norm die gesteld is door de **WHO** *(World Health Organisation).* Hierdoor wordt er drinkbaar water geleverd aan het waterleiding bedrijf van Balikpapan en kan er drinkwater worden geleverd aan de bewoners van Balikpapan.

4.6.1. Schematisch weergaven drinkwatervoorziening



Figuur 11: Schematische weergave lay-out drinkwatervoorziening

In de onderstaande tabel zijn de hoogtes van de betreffende installaties weergeven. De hoogtes zijn ten opzichten van zee niveau.

1	voir Merdeka	Min. Reservoir peil MSL +6 m[1]	Max reservoir peil MSL +10 m[1]
	voir Wawan	Min. Reservoir peil MSL +26 m[1]	Max reservoir peil MSL +36 m[1]
	voir Willie	Min. Reservoir peil MSL +31 m[1]	Max reservoir peil MSL +39 m[1]
BB	ater zuivering installatie		MSL +66 m[1]
V	te punt in pijpleiding tussen Merdeka en Wawan		MSL +50 m[1]

Tabel 1: Hoogtes van de verschalende onderden van de drinkwatervoorziening to.v. MSL

4.6.2 *Onderdelen drinkwatervoorziening*

De drinkwatervoorziening is opgebouwd uit verschillende onderdelen. Er kan onderscheid worden gemaakt in de volgende onderdelen:

- *Reservoirs*
- *Water inname punten*
- *Pompstations*
- *Water transport leidingen*
- *Drinkwaterzuiveringinstallatie*

Reservoirs

De functie van de reservoirs is, het vasthouden van regenwater, waardoor een buffer wordt gevormd tussen de vraag een aanbod. Een bijkomende functie van de reservoirs is, dat door het water in de reservoirs stilvalt de zwaardere zwevende delen bezinken, waardoor hier de eerste stap van het zuiveringsproces plaats vindt.

Water inname punt

Bij een water inname punt wordt het water uit het reservoir gepompt. De locatie en hoogte van het inname punt bepalen de bergingscapaciteit van het reservoir. Door een rooster om deze constructie te plaatsen, wordt voorkomen dat grove delen, zoals planten, vissen of afval de pompen de leidingen en pompen verstoppen of de weerstand vergroten.

Pompstations

De pompstations verpompen het water naar de gewenste locaties. Het vermogen van de pompen is bepalend voor het **debiet** naar de zuiveringsinstallatie, of voor het debiet tussen de drie reservoirs, maar ook voor de mogelijkheden van watermanagement tussen de drie reservoirs.

Water transportleidingen

Door de deze leidingen wordt het water vanuit de reservoirs naar de zuivering verpompt. De diameter van de leidingen is mede bepalend voor het vermogen van de pompen. Indien de stroomsnelheid in de leiding toe neemt, neemt ook de weerstand toe. Dit effect is niet lineair, want de weerstand neemt kwadratisch toe met de stroomsnelheid *(wet van Bernoulli met energie verlies).* Hierdoor is het belangrijk dat de stroomsnelheid laag wordt gehouden. Een grote leidingdiameter leidt daardoor tot een lager stroomsnelheid en minder wrijvingsverlies. Echter een grote diameter leidt wel tot hoge aanlegkosten. Uit de praktijk blijkt dat er sprake is van een optimale leiding diameter, die leidt tot minimale aanlegkosten en energieverbruik, bij een stroomsnelheid tussen de 1 a 2 m/sec.

Drinkwaterzuiverfngsinstallatie

Het water uit de reservoirs wordt hier gezuiverd tot het voldoet aan de eisen die door de WHO aan drinkwater zijn gesteld. Het proces en de werking van de zuivering staat beschreven in het conceptual design rapport [3], dat is geschreven door Witteveen+Bos.

5, Hydrologie

In dit hoofdstuk worden de verschillende waterstromen beschreven die een rol spelen in de hydrologie van het projectgebied, *[zie Figuur 12]* Voor elke waterstroom wordt het effect en aandeel op de waterbalans beschreven. Aan de hand van de in dit hoofdstuk vastgestelde gegevens, wordt in hoofdstuk 6 een waterbalans opgesteld.

5»1 Inleiding

Hydrologie bestudeert het ontstaan, het voorkomen en het gedrag van water in alle verschijningsvormen boven, op en onder het aardoppervlak, waarbij zowel kwantiteit en kwaliteit een rol spelen. [4]

De hydrologie in het projectgebied bestaat, zoals in het bovenstaande citaat staat beschreven, uit verschillende waterstromen; een boven, op en onder stroom. Deze waterstromen zijn te definiëren als de volgende facetten binnen de hydrologie:

Boven	- *Neerslag (in veel verschillende vormen)*
Op	- *Afvoer (water stromende over het aardoppervlak)*
Onder	- *Grondwaterstroming (stroming van water door de bodem)*

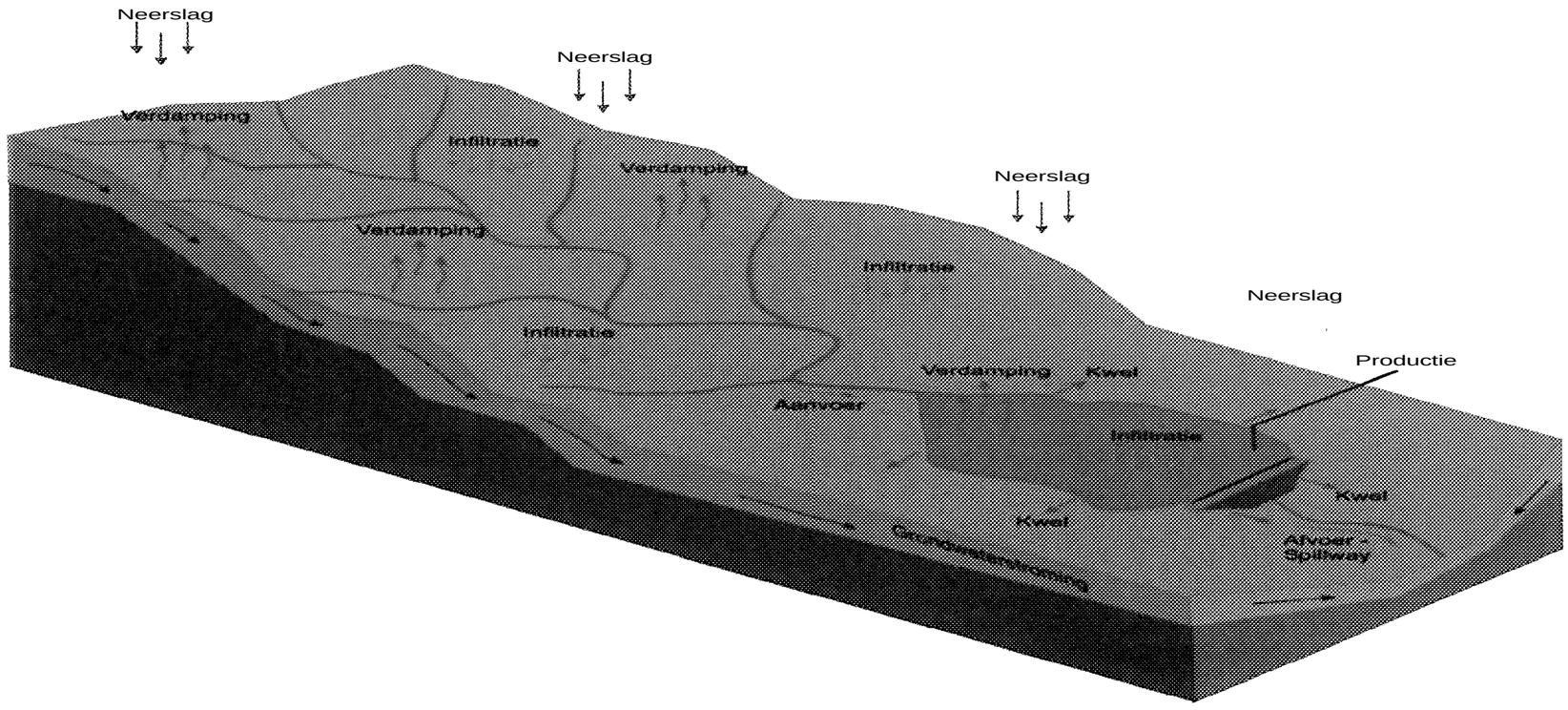
Tussen de waterstromen vindt een uitwisseling van water plaats zoals:

Verdamping	- *Een interactie tussen de op en boven waterstroom.*
Infiltratie	- *Een interactie tussen de op en onder waterstroom.*
Kwel	- *Een interactie tussen de op en onder waterstroom.*

Door deze waterstromen te analysen wordt er een beeld gevormd van de hydrologie in een projectgebied. Andere onderwerpen die gerelateerd zijn aan de hydrologie van het projectgebied:

Berging	- *De opslag van water in een gebied.*
Spillwayverlies	- *De afvoer van water bij een overschot aan water.*

Tevens kan de hydrologie worden opgedeeld in twee delen, bestaande uit het stroomgebied en het reservoir. Het stroomgebied levert water aan het reservoir, maar niet al het regenwater zal hier uiteindelijk belanden. Een deel van het water zal verdampen, of via andere wegen het gebied verlaten.



Figuur 12: Principe weergaven van de waterstromen bij een reservoir

5.2. *Neerslag*

Neerslag speelt een grote rol bij het inrichten van een drinkwatervoorziening. Neerslag komt voor in verschillende verschijningsvormen, maar in tropische gebieden zijn dit voornamelijk tropische buien.

Neerslag varieert per locatie en per jaar, en binnen een jaar kan er onderscheid gemaakt worden tussen een droge en een natte periode. In tropische gebieden spreekt men dan vaak van een droge en natte moesson. Neerslag kan grillig verdeeld zijn binnen een klein gebied, waardoor een neerslag meting op één locatie niet representatief hoeft te zijn voor het hele gebied. In de praktijk wordt hiervoor een gemiddeld neerslagcijfer bepaald.

Bij gebruik van neerslag gegevens zijn de onderstaande vijf aspecten van belang. Naar gelang de aard van het te behandelen probleem ligt het accent op één of meer aspecten. [4]

- *Hoeveelheid neerslag (P) uitgedrukt in een water schijf op het oppervlak in mm.*
- *De tijdsduur (t) van de neerslag, bijvoorbeeld in minuten, uren, dagen*
- *De intensiteit (i) is de hoeveelheid neerslag die gedurende een bepaalde tijdseenheid optreedt, bijvoorbeeld mm/min. Het verloop van de intensiteit in de tijd (intensiteit als functie van de tijd) wordt weergegeven in een neerslagintensiteit kromme.*
- *Frequentie van voorkomen per tijdseenheid, gewoonlijk uitgedrukt in de zogenaamde herhalingstijd (T), dit wil zeggen de kans van voorkomen per T jaar.*
- *Gebiedsgrootte, dit is de geografische uitgestrektheid van de neerslag*

5.2.1. *Tropische buien*

Tropische buien zijn er in alle soorten en maten, de meest voorkomende buien zijn de kleinere buien. Deze buien duren een paar uur en hebben een gemiddelde wolkdoorsnede van 1 tot 10 kilometer. Deze buien komen vaak voor in de namiddag en vormen dan een rij van cumulus wolken parallel op de windrichting. De neerslag van een dergelijke bui varieert tussen de 1 en 15 mm. [5]

Een ander categorie zijn de wolkenclusters, dit zijn meerdere cumulus wolken gegroepeerd in één grote wolk. Deze wolken clusters hebben een doorsnede van ca. 100 km, die op hun beurt kunnen groeperen tot een groot regenfront met een diameter van 100 tot 1000 km. De tijdsduur van deze buien is aanzienlijk langer, dan de tijdsduur van de kleinere buien en kunnen wel 1 a 2 dagen aanhouden. De neerslag uit een dergelijke bui varieert tussen de 15 en 40 mm per dag. [5]

De resteren categorie buien, zijn de wolkbreuken en cyclonen. Deze soorten buien zijn minder frequent, maar kunnen in korte tijd enorme hoeveelheden neerslag produceren van 50 tot 160 mm per dag. [5]

5.2.2, *Neerslag Samboja Lestari*

Voor het projectgebied is momenteel een beperkte hoeveelheid neerslagdata beschikbaar. Hierdoor is het moeilijk volledig te zijn in een analyse van de neerslaggegevens. De volgende data met betrekking tot het projectgebied is beschikbaar:

- Maandelijkse neerslagtotalen van 1972 tot 2005, *(locatie: de Mangardam 15 kilometer ten zuid westen van Samboja Lestari).*
- Dagelijkse neerslaggegevens van 2003 tot 2005. *(locatie: vier verschillende locaties in en rondom het projectgebied)*

Uit deze data is zijn de volgende waarden voor het Samboja Lestari gebied vastgesteld:

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Gemiddelde jaarlijkse neerslag	2509	[mm]
Maximale jaarlijkse neerslag	3.770	[mm]
Minimale jaarlijkse neerslag	1.120	[mm]
Gemiddelde maandelijkse neerslag	209	[mm]
Maximale maandelijkse neerslag	622	[mm]
Minimale maandelijkse neerslag	0	[mm]
Gemiddelde dagelijkse neerslag	4.7	[mm]
Maximale dagelijkse neerslag		[mm]
Minimale dagelijkse neerslag	0	[mm]
Gemiddeld aantal dagen neerslag	130	[dagen]
Maximaal aantal dagen met neerslag	142	[dagen]
Minimaal aantal dagen met neerslag	113	[dagen]

Tabel 2: Resultaten van neerslaganalyse

5.2.3. *Hydrologische model*

In het hydrologische model worden de maandelijkse neerslagtotalen, die zijn gemeten bij de Mangardam van 1972 tot 2005, als basis gebruikt voor de aanvoer van water in het projectgebied, *[zie bijlage V]* Ondanks dat dit maandelijkse neerslagtotalen zijn, wordt er met relatief weinig data toch een redelijk overzicht verkregen van het verloop van de neerslag door de jaren. Als het op een later tijdstip gewenst is om de hydrologie in het projectgebied per dag te analyseren, moet er naar dagelijkse neerslaggegevens worden gezocht. Deze zijn eventueel verkrijgbaar bij vliegvelden in de omgeving van het projectgebied, of ander reservoir in de nabije omgeving.

5.3* *Evapotranspiratie*

Verdamping of evaporatie is het overgaan van een water in waterdamp. Verdamping is moeilijker te meten dan neerslag, omdat het resultaat van verdamping in de vorm van waterdamp bijna niet te registreren is. Verdampingcijfers worden in de praktijk verkregen door een berekening, waarbij veel meteorologische parameter worden gebruikt. De verdamping kan ook doormiddel van de "openpan methode" worden bepaald, waarbij de verdamping in mm per tijdseenheid kan worden afgelezen. [4]

De hoeveelheid verdamping is minder afhankelijk van tijd en locatie in vergelijking tot neerslag. Na analyse van de gegevens is er vaak een zekere regelmaat in de verdampingsvariaties aanwezig en is er sprake van een jaarlijkse en dagelijkse schommeling. Onregelmatigheden treden op als gevolg van variatie in bewolking, windsnelheid, temperatuur en zonlicht intensiteit, omdat deze per locatie verschillend zijn, zijn verdampingsgegevens met een hoge nauwkeurigheid zelden beschikbaar. [4]

Er kan onderscheid gemaakt worden in volgende typen verdamping:

1) Evaporatie van:
   a) Open wateroppervlak, E_o; de beschikbaarheid van water is in deze situatie bijna onbeperkt.
   b) Onbegroeid bodem oppervlak, E_s; het te verdampen water moet uit de bodem komen, hierdoor is er hoeveelheid verdamping kleiner dan bij een open wateroppervlak.
   c) Interceptie water, E_i; verdamping van interceptie water treedt alleen op indien het aanwezig is; dus niet na langdurige droogte.
2) Transpiratie, E_t; het verdampen van water door de huidmondjes (stomata) van planten.
3) Evapotranspiratie, E; dit is een combinatie van de eerste twee genoemde vormen van verdamping. Voor begroeid oppervlak wordt meestal de term evapotranspiratie gebruikt, omdat er in deze situatie moeilijk onderscheid is te maken tussen de verschillende vormen van verdamping.

$$E = E_s + E_{i+} E_t$$

De evapotranspiratie van een gewas dat de bodem volledig bedekt en geen tekort heeft aan water, wordt de potentiële evapotranspiratie, Ep_{ou} genoemd. De potentiële evapotranspiratie is over het algemeen kleiner dan de verdamping van een open wateroppervlak, E_o. Dit hoeft niet het geval te zijn als het over een hoog begroeid oppervlak gaat met goede luchtcirculatie tussen de begroeiing. [4]

5.3J. *Evapotranspiratie Samboja Lestari*

Potentiële evapotranspiratie

De potentiële evapotranspiratie geeft de hoeveelheid water aan die planten nodig hebben om optimaal te kunnen groeien. De evapotranspiratie geeft aan hoeveel water er daadwerkelijk wordt gebruikt. In bijlage VI is met de Penman formule de lokale potentiële evapotranspiratie berekend. Met deze methode wordt de potentiële evapotranspiratie berekend aan de hand van windsnelheid, temperatuur en intensiteit van het zonlicht en andere hydrologische factoren. Deze uitkomsten van deze berekening worden gecorrigeerd met een in de praktijk vastgestelde gewasfactor, om zo tot de juiste waterbehoefte van de begroeiing te komen.

Omdat de stroomgebieden van de reservoirs niet bestaan uit een homogene begroeiing, is er in de literatuur geen gewasfactor voor deze specifieke begroeiing beschreven. Om tot een gemiddelde gewasfactor van het gebied te komen, is gekeken naar de gemiddelde gewasfactoren voor planten in tropische gebieden. In bijlage VII is een tabel opgenomen, waarin verschillende gewasfactoren staan weergegeven. Voor de begroeiing in het projectgebied is gekozen voor een gewasfactor van 1,1. Dit is aan de hoge kant en is te vergelijken met bananenplanten en rijstvelden.

Als er door langdurige droogte onvoldoende water in een gebied aanwezig is, kan de evapotranspiratie afwijken van de potentiële evapotranspiratie. In onderzoek is aangetoond dat de evapotranspiratie van bossen in droge perioden afneemt, doordat de bomen zichzelf beschermen tegen de droogte en hierdoor hun vocht beter vasthouden en indien noodzakelijk de bladeren afwerpen. Hierdoor kan de sapstroom door de stam in droge perioden afnemen tot 85% [6]

Evaporatie openwater

De verdamping van openwater is niet gelijk aan de evapotranspiratie van het stroomgebied. Ook de verdamping van openwater kan worden berekend met de Penman formule. De met de Penman formule berekende waarden worden in dit geval gecorrigeerd met 0,73 [7] waarbij de verdamping van openwater wordt berekend met de formule:

[verdamping van het open wateroppervlak = 0,73 ET_0*oppervlak]*

Benadering potentiële evapotranspiratie met de Penman Methode

Met klimaat data *(2004)* van een meteorologisch station uit Samarinda, 20 kilometer ten noord oosten van Samboja Lestari, is doormiddel van de Penman formule de maandelijkse evapotranspiratie berekend, *[zie bijlage VI]* Aan de hand van de Penman formule is een duidelijk beeld gevormd van maandelijkse variatie in evapotranspiratie. *[zie Tabel 3]*

Maand	E	$E_{openwater}$	$E_{regenwoud}$	Maand	E	$E_{openwater}$	$E_{regenwoud}$
Januari	3,593	2,59	4,02	Juli	3,248	2,34	3,64
Februari	3,490	2,51	3,91	Augustus	4,664	3,36	5,22
Maart	3,662	2,64	4,10	September	3,757	2,71	4,21
April	3,484	2,51	3,90	Oktober	4,185	3,01	4,69
Mei	3,691	2,66	4,13	November	3,769	2,71	4,22
Juni	3,954	2,85	4,43	December	2,997	2,16	3,36

Tabel 3: Gemiddelde maandelijkse evapotranspiratie berekend met de Penman formule

Gemiddeld is dit: $E_{gem;} = 3,71$ $E_{-openwaten\ gem;} = 2,71$ $E_{regenwoud;\ gem;} = 4,15$

Bepalen van de evapotranspiratie door literatuurstudie

Als controle op de berekende potentiële evapotranspiratie waarden, is een kleine literatuur studie gedaan, waarbij is gekeken naar de jaarlijkse evapotranspiratie in vergelijkbare gebieden. Uit diverse onderzoeksrapporten zijn de volgende gegevens verzameld:

Bron	Locatie	Neerslag [mm/jaar]	Gem. evapo-transpiratie [mm/dag]	Gem. evapo-transpiratie [mm/jaar]
Annual water balance an seasonality of evapotranspiratie in a Borneo tropical rainforest, (2004) [8]	Miri airport	2150	3,52 / 3,27	ff2877*103
Dictaat, Waterhuishouding en beheer, (1993) [4]	Singapore	2500	3,29	1200
Hydrology of Borneo's peat swamps, (2002) [9]	Mukah	3623	4,19	1529
Hydrology of Borneo's peat swamps, (2002) [9]	Banjarmasin	2823	4,08	1492
Runoff Characteristics in a tropical Rain forest catchment, (2004) [10]	Bukit Tarek	996*	3,8 *(S = 0,57)***	1387
Gemiddelde		**2418,5**	**3,69**	**1348,0**

*Gemiddelde van de 3 relatief droge jaren 1992,1993, 1994,

** S= standaard deviatie

Tabel 4: Evapotranspiratie in tropische gebieden

Zoals blijkt uit Tabel 4, is de evapotranspiratie gedeeltelijk afhankelijk van de hoeveelheid neerslag, hoe groter de hoeveelheid neerslag hoe hoger de evapotranspiratie. Deze cijfers geven een indicatie van de te verwachten evapotranspiratie in het projectgebied, waardoor deze verdamping kan worden meegenomen in de waterbalans.

Deze evapotranspiratie waarden uit het literatuuronderzoek komen in de buurt van de waarden die zijn berekend met de Penman formule, maar vallen lager uit. Het verschil is te verklaren door het feit dat de berekende waarden potentiële evapotranspiratie waarden zijn en de waarden uit de literatuurstudie evapotranspiratie waarden.

Om het zekere voor het onzekere te nemen is in het hydrologische model verder gerekend met de potentiële evapotranspiratie uit Tabel 4.

Bepalen van de evaporatie met de "openpan methode"

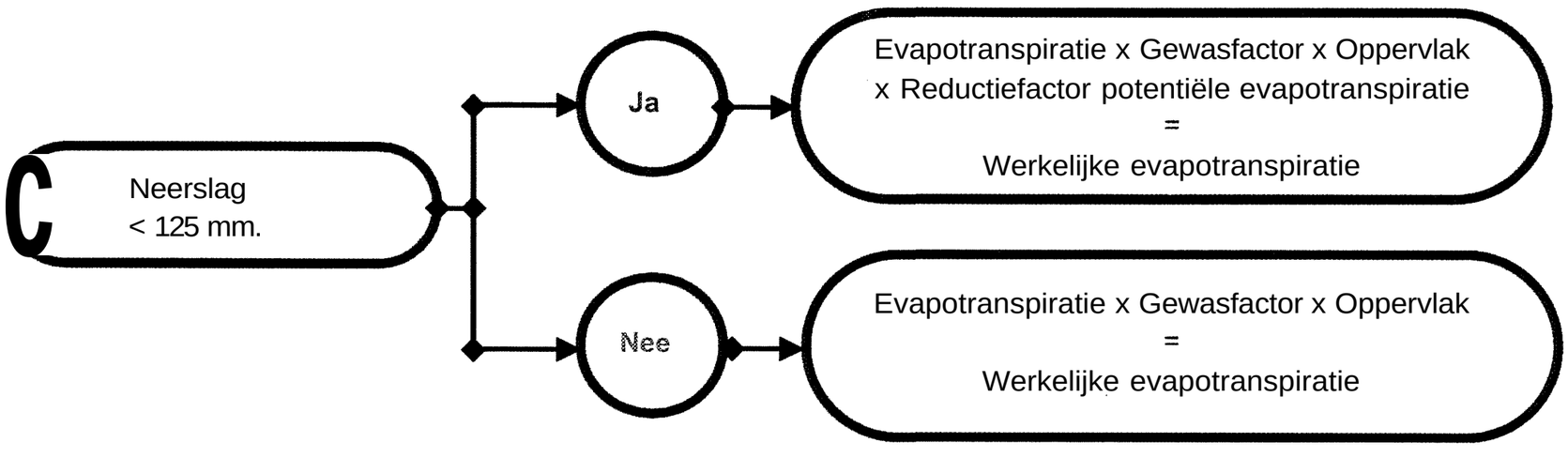
Sinds maart 2006 worden er bij het kantoor van de BOS foundation, door middel van de *"openpan methode",* metingen verricht naar de verdamping van het open wateroppervlak. Omdat er nog geen compleet jaar aan data beschikbaar is, zijn de gegevens nog niet geschikt voor het bepalen van een jaarlijks gemiddelde. Wel zullen deze gegevens in combinatie met de neerslag gegevens in de loop van langer tijd een duidelijk beeld gaan vormen van het klimaat in het projectgebied en kan er worden onderzocht of het klimaat in het projectgebied overeen komt met de aangenomen waarden.

5.3.2. Hydrologisch model

Evapotranspiratie

Uit subparagraaf 5.3.1 blijkt dat het niet reëel is om in het hydrologische model ook in droge perioden te rekenen met de volledige potentiële evapotranspiratie. In het hydrologische model is dit opgelost door in droge perioden, als de hoeveelheid neerslag kleiner is dan de evapotranspiratie, de verdamping te reduceren tot 85%.

De hoeveelheid evapotranspiratie wordt in het hydrologische model als volgt vastgesteld:



Schema 1: Stroomschema van de neerslag in het hydrologische model

In het hydrologische model zijn de neerslagdrempel voor de reductiefactor en van de gewasfactor variabel. Hierdoor bestaat de mogelijkheid om het effect van deze factoren op de waterbalans te onderzoeken.

Het kan voorkomen dat de hoeveelheid neerslag kleiner is dan de hoeveelheid evapotranspiratie. Bij het berekenen van de waterbalans zal dit zich uiten in een negatieve aanvoer naar het reservoir. In werkelijkheid zal de grondwaterstand in het stroomgebied dalen.

In het hydrologische model wordt niet gerekend met een negatieve aanvoer naar het reservoir. Indien de het verschil tussen de neerslag en de evapotranspiratie negatief is, wordt deze negatieve waarde verrekent met de eerst volgende maand met een positief verschil tussen de neerslag en de evapotranspiratie, waardoor de balans blijft kloppen.

Maand	Neerslag [m³]	Evapotranspiratie [m³]	Aanvoer naar reservoir [m³]
1	800	500	300
2	500	500	0
3	200	500	0
4	1000	500	200
Totaal	**2500**	**200**	**500**

Tabel 5: Voorbeeld van verrekenen van met maanden met meer evaporatie dan neerslag

Evaporatie open wateroppervlak

Zoals beschreven in subparagraaf 3.3.1, wordt de verdamping van het openwater oppervlak berekend met de formule: verdamping openwater = 0,73 * ET_0*oppervlak.

In het hydrologische model wordt gerekend met een vast wateroppervlak. In werkelijkheid zal het wateroppervlak variëren met het reservoirpeil. Er is gekozen, om voor het hydrologische model geen functie af te leiden die het verband tussen het reservoirpeil en het reservoir oppervlak weergeeft. In plaats daar van wordt er met een vast wateroppervlak gerekend.

5.4. Infiltratie

Infiltratie is het binnendringen van regenwater in de onverzadigde zone in de bodem. De hoeveelheid en de snelheid van de infiltratie is afhankelijk de grondsoort, dit noemt men de infiltratiecapaciteit van een grondsoort. [4]

Bij het opstellen van een waterbalans is het belangrijk om te weten wat de infiltratiecapaciteit van de bodem is. Infiltratie is een belangrijk gegeven voor het afvoerproces en de aanvulling van het bodemvocht en het grondwaterpeil. [4]

De infiltratiecapaciteit in combinatie met de neerslag intensiteit, geeft aan welk deel van de grondneerslag de bodem binnendringt. Eenmaal in de bodem, kan het geïnfiltreerde water verdampen of naar het grondwater afstromen. De infiltratiecapaciteit bepaalt de grootte van de oppervlakte en de piek -afvoer. Een grote infiltratiecapaciteit is gunstig uit het oogpunt van bodemerosie, maar zorgt ook voor een betere spreiding van de afvoer naar het reservoir. [4]

Bij een toenemende neerslagintensiteit zal, op een zeker moment het water niet in zijn geheel door de bodem kunnen worden opgenomen. Er ontstaat dan een waterfilm op het oppervlak, waardoor de kans bestaat dat het water over het oppervlak gaat stromen en als oppervlakte afvoer in kort tijdsbestek naar het reservoir stroomt. [4]

Infiltratie vindt ook plaats in reservoirs, waar water uit het reservoir infiltreert in de bodem en in het grondwater terecht komt. Dit proces wordt percolatie genoemd en is een verliespost in de waterbalans, aangezien de grondwaterstroom onder de dam doorgaat.

5.4.1 *Infiltratie Samboja Lestari*

Op verschillende locaties in het projectgebied is onderzoek gedaan naar de infiltratie-capaciteit van de ondergrond. Dit onderzoek is gedaan met de ringinfiltratie proef, hiermee is voor verschillende locaties de infiltratiecapaciteit van de ondergrond vastgesteld, *[zie Tabei 6]* Deze waarden geven een indicatie van de infiltratiecapaciteit van de ondergrond in het projectgebied.

Locatie	Coördinaten		Infiltratie tijd		k- waarde	Grondsoort
	X	*Y*	*1" (444 ml)*	*2" (888 ml)*	*[m / sec]*	
1	498732	9882662	1' 12	7' 52.	6,35E-05	*zm<$/sïft*
2	498799	9882642	0' 48	7' 20.	6,25E-05	zand /silt
3	499834	9883167	0' 06	2' 50	1,49E-04	zand
4	500115	9884921	0' 24.	14' 19.	2,93E-05	zand *Mïï*

Tabel 6: Resultaten - ringinfiltratie proef

De werkelijke infiltratie is niet alleen afhankelijk van de infiltratiecapaciteit, maar ook van de helling van het bodemoppervlak en de tijdsduur en intensiteit van de buien. Om de werkelijke hoeveelheid infiltratie vast te stellen moet er onderzoek worden gedaan naar al deze factoren.

Voor het hydrologische model is het eenvoudiger om de aanvoer uit het stroomgebied bij de damlocaties te meten. Door de afvoer en de neerslag gedurende langere tijd te meten, kan worden onderzocht hoe de neerslag - afvoer relatie is.

5.4,2. Infiltratie in reservoirs

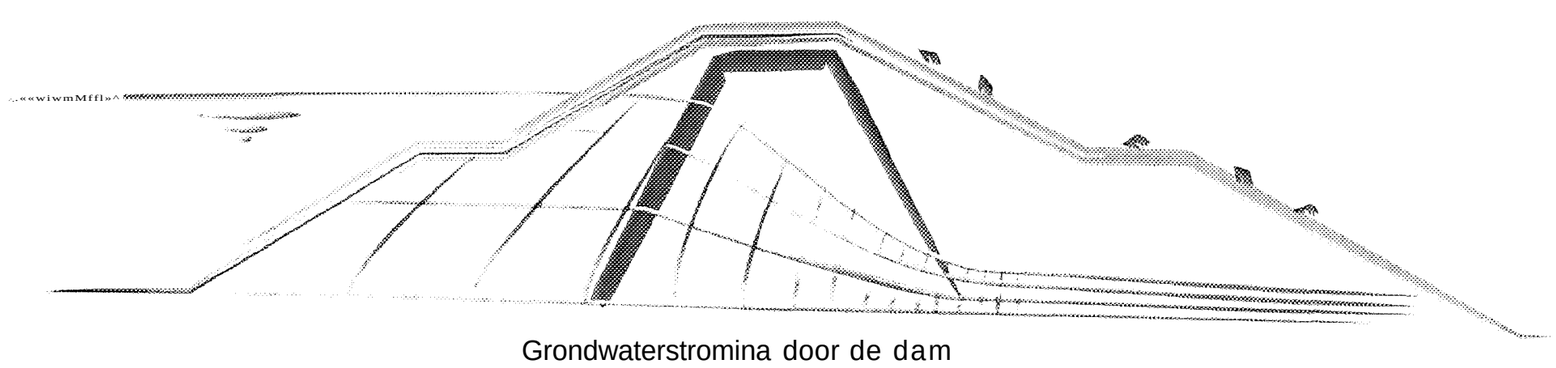
In de reservoirs vindt ook infiltratie plaats, dit geïnfiltreerde water vormt een verliespost in de waterbalans. Onder invloed van **potentiaalverschil,** stroomt dit water door de ondergrond uit het reservoir. Er kan onderscheid worden gemaakt in de volgende infiltratie verliezen:

- *Geïnfiltreerd water stroomt door de dam.*
- *Geïnfiltreerd water stroomt onder de dam door.*
- *Geïnfiltreerd water stroomt door een watervoerende laag uit het reservoir.*

Geïnfiltreerd water stroomt door de dam

Doordat water aan de reservoirzijde van de dam infiltreert, vormt er zich een waterstroom door de dam. Het debiet van de waterstroom door de dam *[zie Figuur 13]* kan berekend worden, aan de hand van het profiel van de dam en de waterdoorlatendheid van de constructiematerialen, *[zie bijlage VII]* Uit de waterdoorlatendheid berekening voor de dammen van de reservoirs Willie en Wawan blijkt, dat het debiet van grondwaterstroming door de dam lager zal zijn 0,1 m^3 per dag. Zolang de kleikern van de dam vochtig blijft en er geen scheuren in de klei-kern ontstaan door de droogte, zal de waterdoorlatendheid van de dam zo laag blijven.

Een debiet dat lager is dan 0,1 m^3 per dag heeft geen zichtbare invloed op de waterbalans van de reservoirs en zal hierdoor niet worden meegenomen in het hydrologische model.

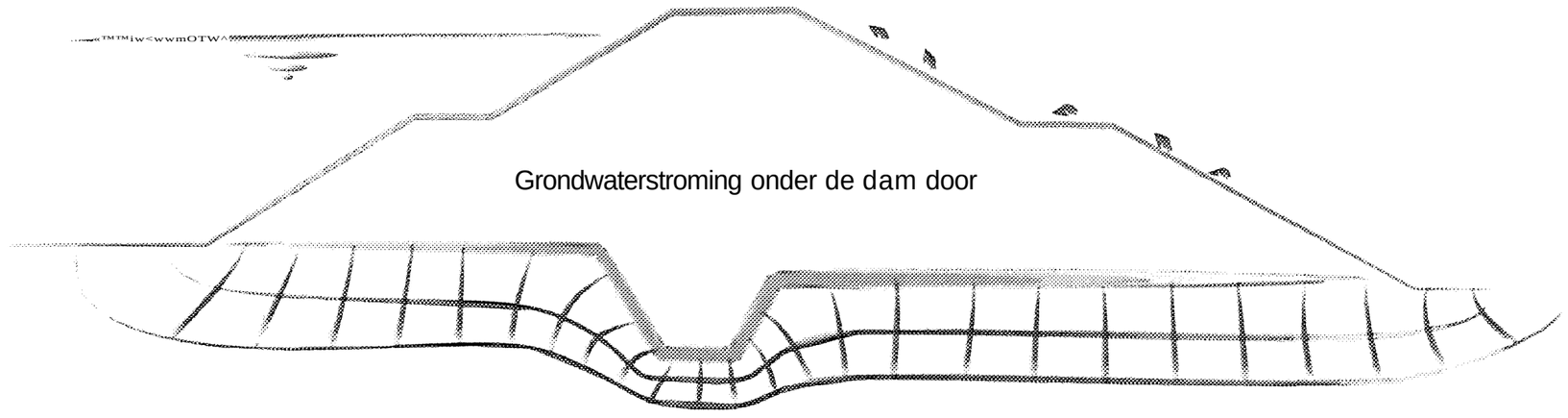


Figuur 13: Schematische weergave van grondwaterstroming door een dam

Geïnfiltreerd water stroomt onder de dam door

Doordat water voor de dam infiltreert, stroomt het water door de reservoirbodem onder de dam door. Het debiet van grondwaterstroming onder de dam door kan worden bepaald met een vierkantennet berekening, *[zie Figuur 14]* De gelaagdheid en waterdoorlatendheid van de ondergrond en de grondwaterstanden rondom de damlocatie zijn bepalend voor het debiet van de grondwaterstroom onder de dijk door.

Door dat er nog te weinig bekend is over de ondergrond bij de damlocatie is het nog niet mogelijk om het debiet van deze waterstroom te berekenen. Tevens wordt door het aanbrengen van een kwelscherm, *[zie paragraaf 4.2]* onder de volledige lengte van de dam, de kwelweg lengte onder de dam vergroot, waardoor de kwantiteit van deze waterstroom zal afnemen.

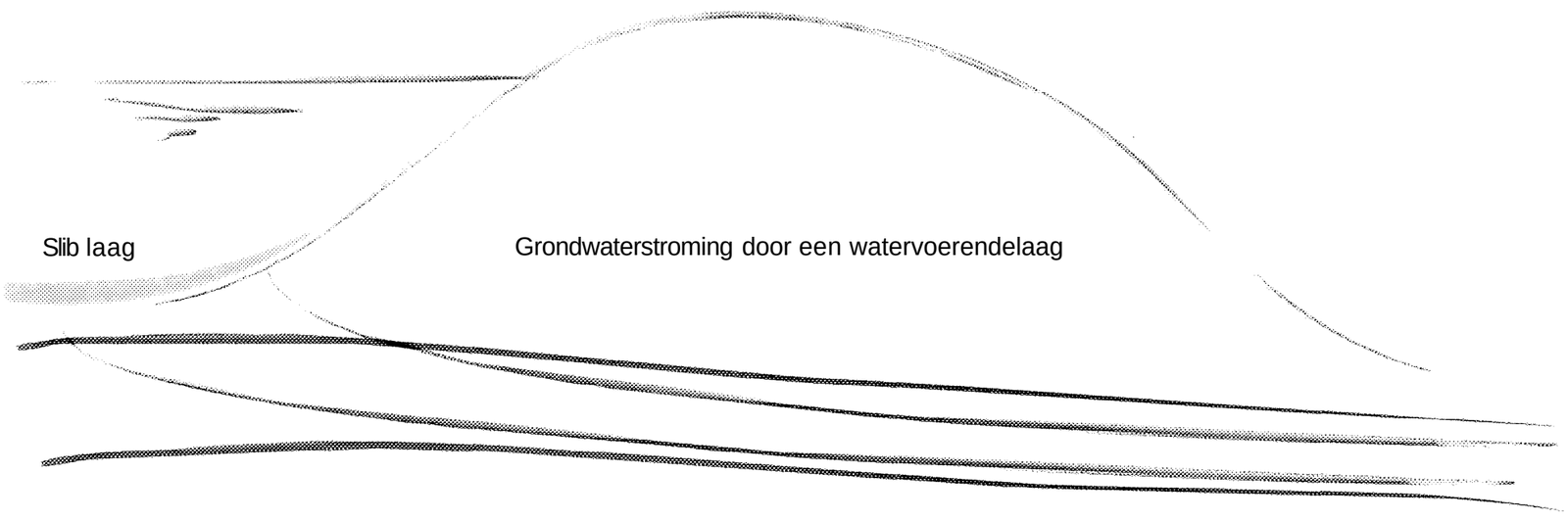


Figuur 14: Weergaven van grondwaterstroming onder een dam door

Geïnfiltreerd water door een watervoerende laag uit het reservoir

In het reservoir kunnen ook verliezen optreden als gevolg van grondwaterstroming door watervoerende lagen, *[zie Figuur 15]* Dit is mogelijk als er in het reservoir een zandlaag aan het oppervlak van de reservoirbodem komt en deze zandlaag onder of door de heuvelen contact maken met het riviertje in een naast gelegen dal. Onderinvloed van potentiaal verschil kan er dan water uit het reservoir door de zandlaag uit het resrevoir gaan stromen.

Naar aanleiding van enkele boringen bestaat de mogelijkheid, dat er een doorgaande ziltige zandlaag aanwezig is op een diepte van + 26 MSL. *[zie bijlage III]* Indien deze zandlaag over een groot oppervlak in beide dalen aan de oppervlakte komt, kan dit zorgen voor een verlies post in de waterbalans.



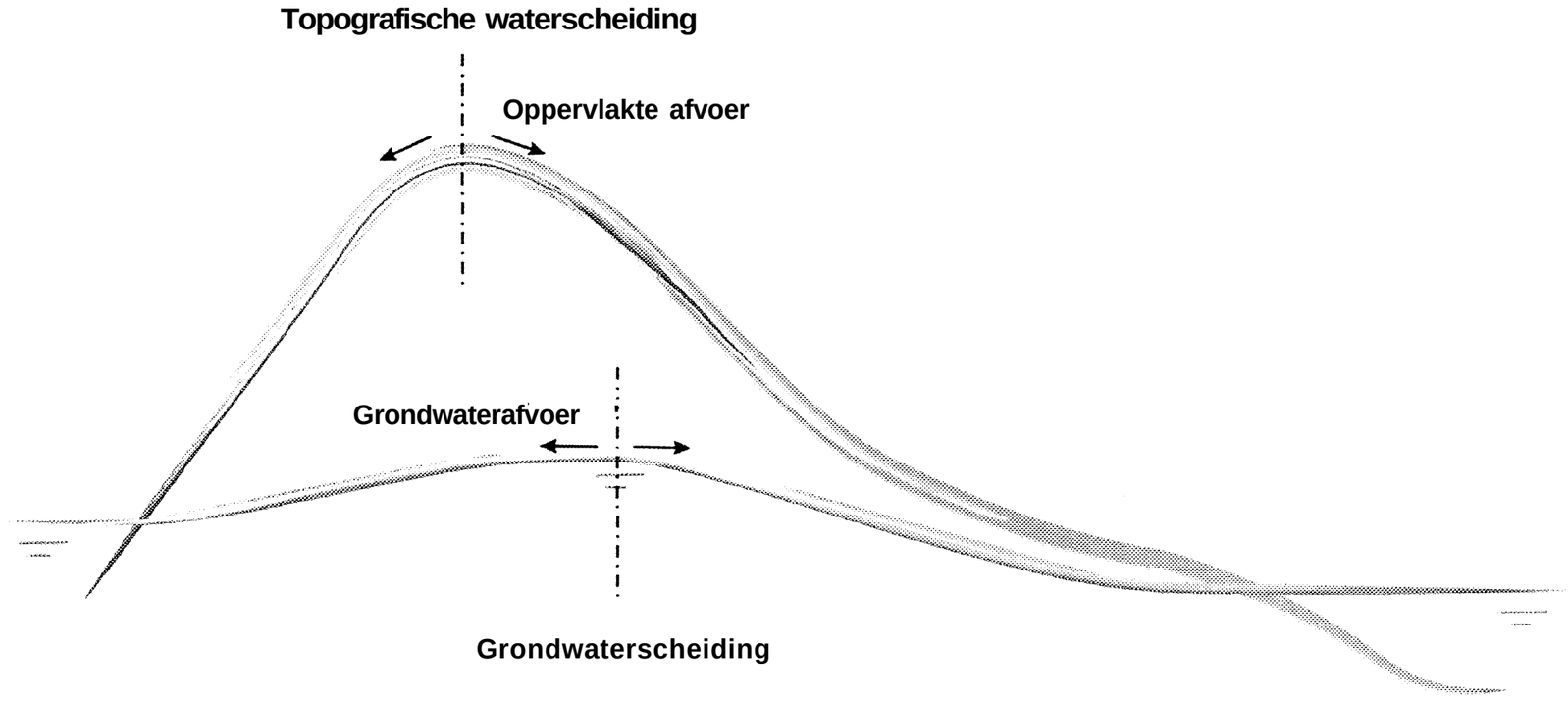
Figuur 15: Weergave van grondwaterstroming door een water voerende laag

Verder bodemonderzoek moet uitwijzen of dit het geval is, zo ja; dan zal door de sedimentatie in het reservoir dit probleem uiteindelijk zich vanzelf oplossen.

Ophogen van de Mangardam om de capaciteit te vergroten

5.5. *Grondwaterstroming*

Grondwaterstroming is het stromen van water door de ondergrond onderinvloed van potentiaalverschil. Grondwaterstroming is samen met het topgrafische aspect, bepalend voor de omvang van een stroomgebied. Het is mogelijk dat de topgrafische waterscheiding niet samenloopt met het grondwaterscheidinggebied, hierdoor kan een deel van het geïnfiltreerde water buiten het stroomgebied geraken, *[zie Figuur 16]*



Figuur 16: Waterscheiding

5.5,1, Basis aanvoer

Grondwaterstroming kan voor een constante aanvoer van water naar het reservoir zorgen, een soort basis aanvoer die ook door gaat in tijden met minder neerslag. Om tot een basis aanvoer te komen dient de ondergrond te voldoen aan een aantal voorwaarden:

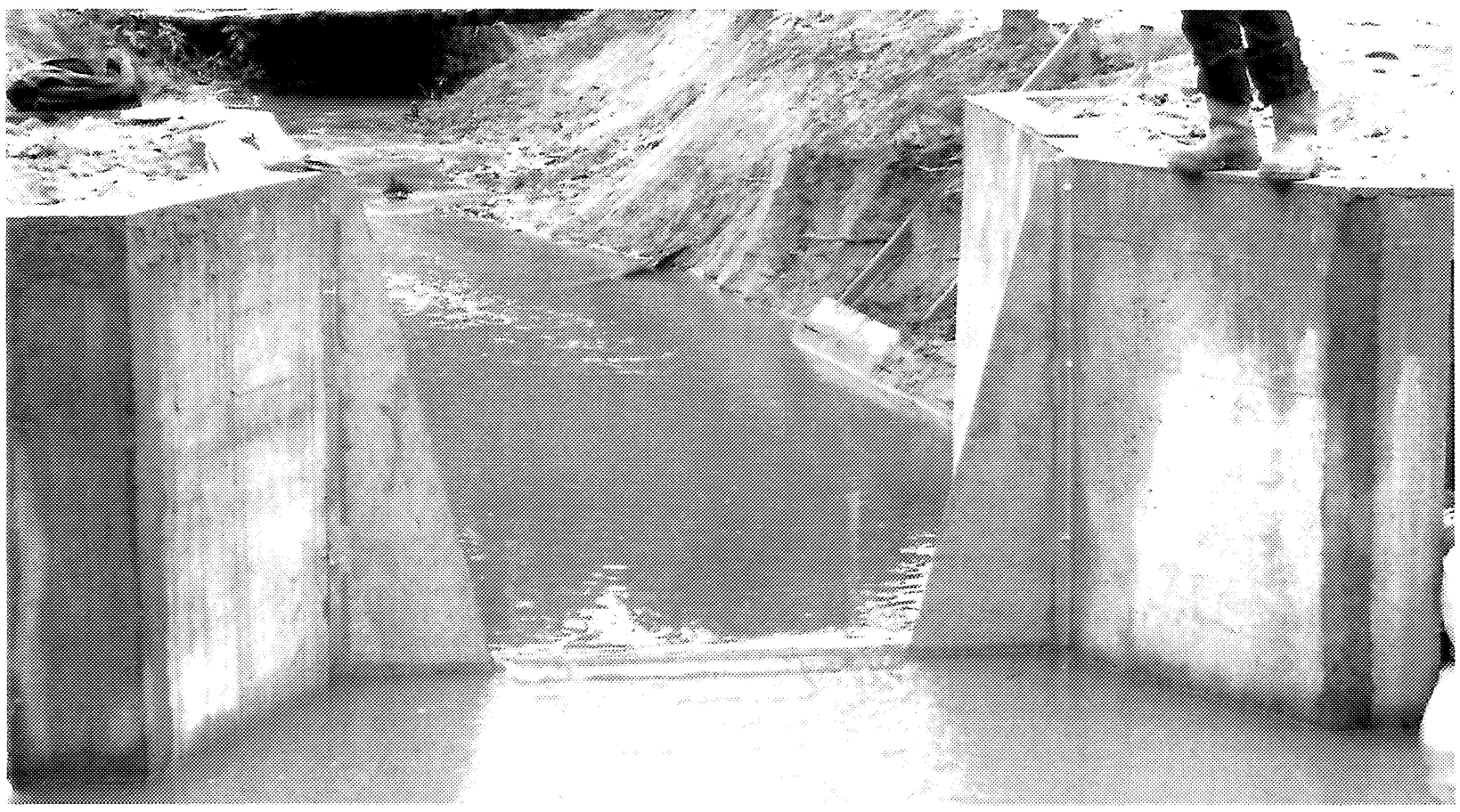
- De *infiltratiecapaciteit van de ondergrond moet voldoende zijn, waardoor er waterkan infiltreren in de ondergrond.*
- *Het **bodemverhang** mag niet te groot zijn, omdat hierdoor water sneller afstroomt, waardoor er minder tijd is voor het infiltratie proces.*
- *Er moet **potentiaalverschil** in het stroomgebied aanwezig zijn, omdat potentiaalverschil de drijvende kracht is achter grondwaterstroming*

In het projectgebied is nog weinig onderzoek gedaan naar grondwaterstroming. Toch kan grondwaterstroming een grote invloed hebben op de aanvoer van water uit het stroomgebied. Indien er in de drogere perioden sprake is van een basis aanvoer van redelijke omvang, zal de aanvoer uit het stroomgebied constanter zijn, waardoor het reservoirpeil beter te beheren is.

In het projectgebied kan op verschillende manieren onderzoek worden gedaan naar grondwaterstroming. Door onderzoeken te doen is het mogelijk, om een beter beeld te krijgen van de eigenschappen van grondwaterstroming. Hierbij kan gedacht worden aan de volgende onderzoeken:

- *Door het plaatsen van **peilbuizen** kan het verloop van de grondwaterstand in de tijd worden gemeten en in relatie tot de neerslag worden bekeken, waardoor de relatie tussen de neerslag en infiltratie kan worden onderzocht.*
- *Door dagelijks het debiet **benedenstrooms** te meten en de neerslag op verschillende locaties bovenstrooms, kan een verband worden gezocht tussen de hoeveelheid neerslag en de afstroomsnelheid van het water. De rivier afvoer in droge tijden zegt iets over basis afvoer van de rivier en dus iets over de grondwaterstroming en de infiltratie in het gebied.*
- *Door veel informatie te verzamelen over de ondergrond, bodemgegevens, gelaagdheid, reliëf en de hoeveelheid neerslag en verdamping in het stroomgebied, kan een model worden gemaakt, waarin de grondwaterstroming kan worden gesimuleerd. Hiermee kan het effect en de veranderingen onder invloed van waterberging in het gebied worden onderzocht.*

De WUR *(Wageningen Universiteit Researchcentrum)* onder leiding van dhr. R. Dijksma, is momenteel bezig met het voorbereiden van een onderzoek naar de grondwaterstroming in het projectgebied, maar de resultaten worden niet eerder verwacht dan in het voorjaar van 2007. Op dit moment worden er al een aantal weken debietmetingen verricht op een locatie halverwege het stroomgebied van reservoir Willie. *[zie bijlage IX]* Deze metingen geven al een beeld van de te verwachte aanvoer en grondwaterstroming in het stroomgebied.



Figuur 17: Vast profiel voor het meten van het debiet en de sedimentatie in Samboja Lestari

5.6. Grondwaterstroming Samboja Lestari

Grondwaterstroming reservoir Willie

Uit de debietmetingen *[zie bijlage IX]* die zijn verricht in het stroomgebied van reservoir Willie blijkt dat de relatie tussen de neerslag en de afvoer erg direct is. *[zie Figuur 17]* Dit blijkt uit het feit dat de het debiet bij de debietmetingen in drie dagen tijd kunnen fluctueren tussen 5 en 940 en 50 l/sec. De oorzaak van deze snelle afstroming is waarschijnlijk te wijten, aan de slechte waterdoorlatendheid van de ondergrond, de steile hellingen in en stroomgebied en het relatief kleine oppervlak van het stroomgebied. Hierdoor reageert het stroomgebied snel op de weersomstandigheden en zal de hoeveelheid grondwaterstroming bijna geen vertagende invloed hebben op aanvoer naar het reservoir.

Grondwaterstroming reservoir Wawan

Momenteel zijn er nog geen gegevens bekend over grondwaterstroming in het stroomgebied van reservoir Wawan. Topografisch gezien zijn er veel overeenkomsten met het stroomgebied van reservoir Willie, bijvoorbeeld op het gebied van bodemverhang en hoogte verschillen in het stroomgebied, *[zie paragraaf 4.3]* Ook op het gebied van geologie zijn er veel overeenkomsten met het stroomgebied van reservoir Willie, *[zie bijlage IV]* zoals de gelaagdheid en de grondsoorten. Naar aanleiding van deze waarnemingen wordt aangenomen, dat de relatie tussen de neerslag en het afstromen van de neerslag direct is, zoals in het stroomgebied van reservoir Willie. Ook wordt aangenomen dat er door het grote bodemverhang en de slechte waterdoorlatendheid van de ondergrond, weinig water zal infiltreren en er dus nauwelijks sprake is van een basisaanvoer / grondwaterstroming.

Grondwaterstroming reservoir Merdeka

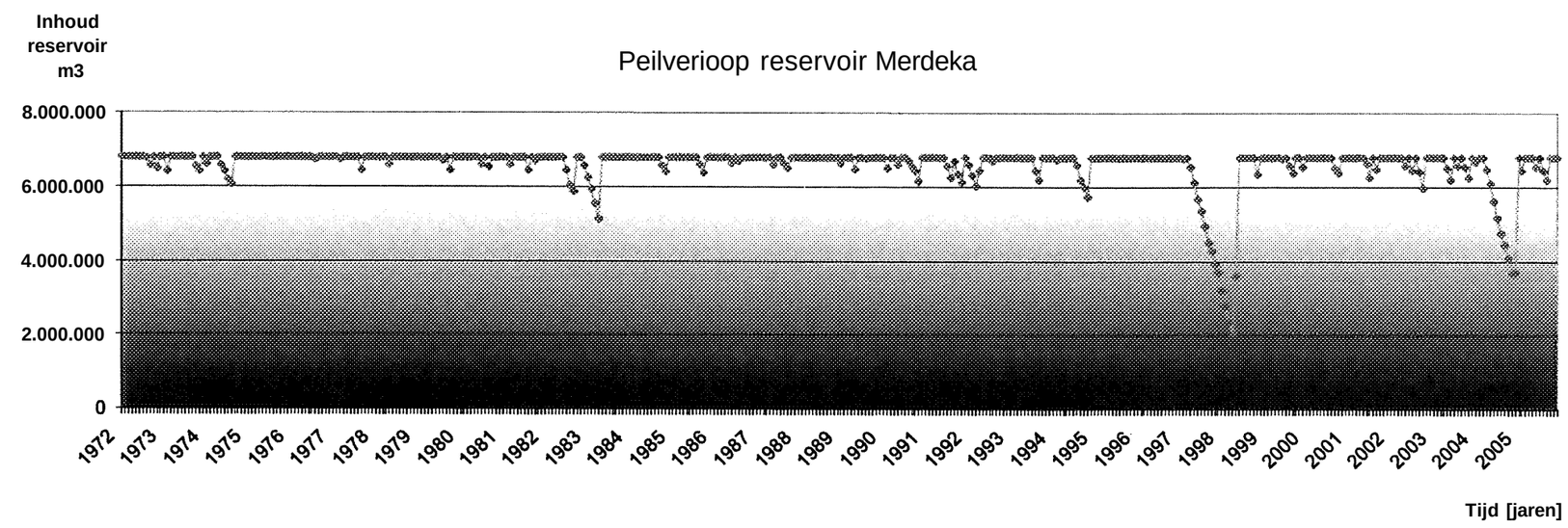
Voor het stroomgebied van het Merdeka reservoir, zijn nog geen gegevens betreffende de ondergrond, gelaagdheid van de ondergrond, afvoer naar het reservoir en infiltratiecapaciteit bekent. Omdat dit reservoir bij de eerste fase buiten het projectgebied viel, is in dit gebied geen bodemonderzoek gedaan.

De hogere delen van het stroomgebied van reservoir Merdeka zijn vergelijkbaar met de stroomgebieden van de reservoirs Willie en Wawan, de lagere delen van het stroomgebied zijn veel vlakker en veen en moerasachtig. Het gemiddelde verhang in het stroomgebied van reservoir Merdeka is kleiner dan van de stroomgebieden van de reservoirs Willie en Wawan. Bovendien is het stroomgebied aanzienlijk groter, waardoor te verwachten valt dat het gebied trager zal reageren.

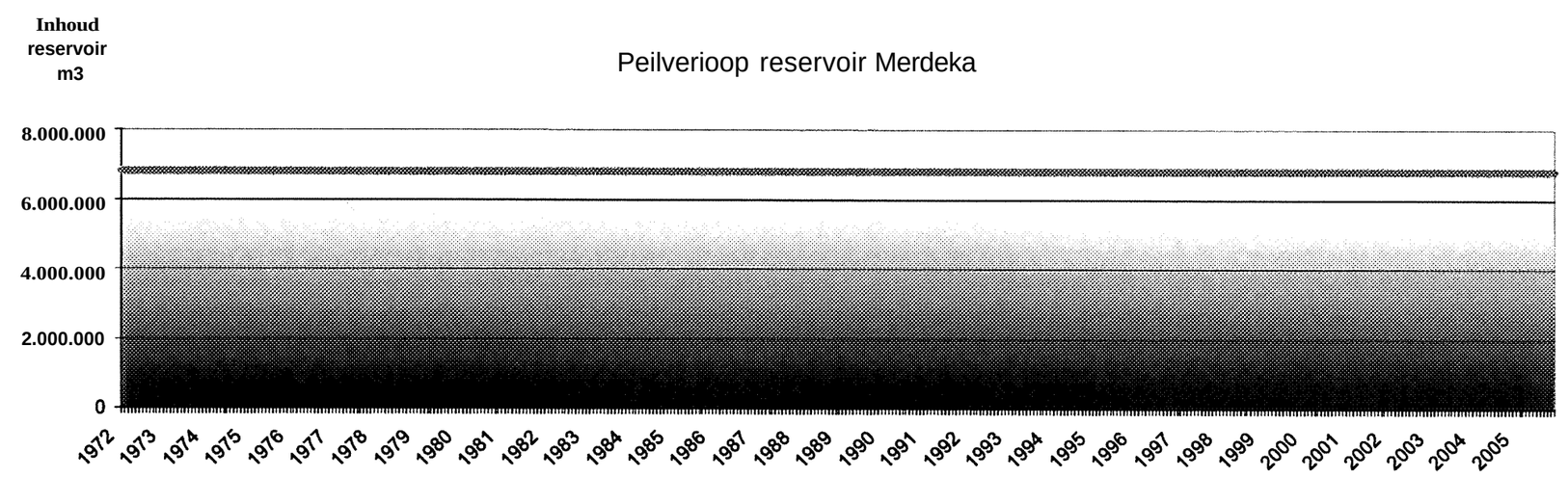
Naar aanleiding van deze bevingen wordt aangenomen dat door het vertraagd afstromen van de neerslag, een soort basis aanvoer wordt gevormd.

5.6.L *Hydrologisch model*

Uit de tekst in subparagraaf 5.5.2 kan worden geconcludeerd, dat er uit de stroomgebieden van de reservoirs Willie en Wawan nauwelijks sprake zal zijn van een basisaanvoer door grondwaterstroming en wordt daarom ook niet meegenomen in het hydrologische model. Bij reservoir Merdeka is waarschijnlijk wel sprake van een basisaanvoer. Het debiet van de basisaanvoer is geschat op 15% van maandelijkse neerslag, hierbij is aangenomen dat de neerslag in een tijdbestek van 6 maanden infiltreert en afstroomt naar het reservoir. [11] Deze aannames zijn gedaan om in het hydrologische model het effect van een basisaanvoer op de drie reservoirs te bekijken.

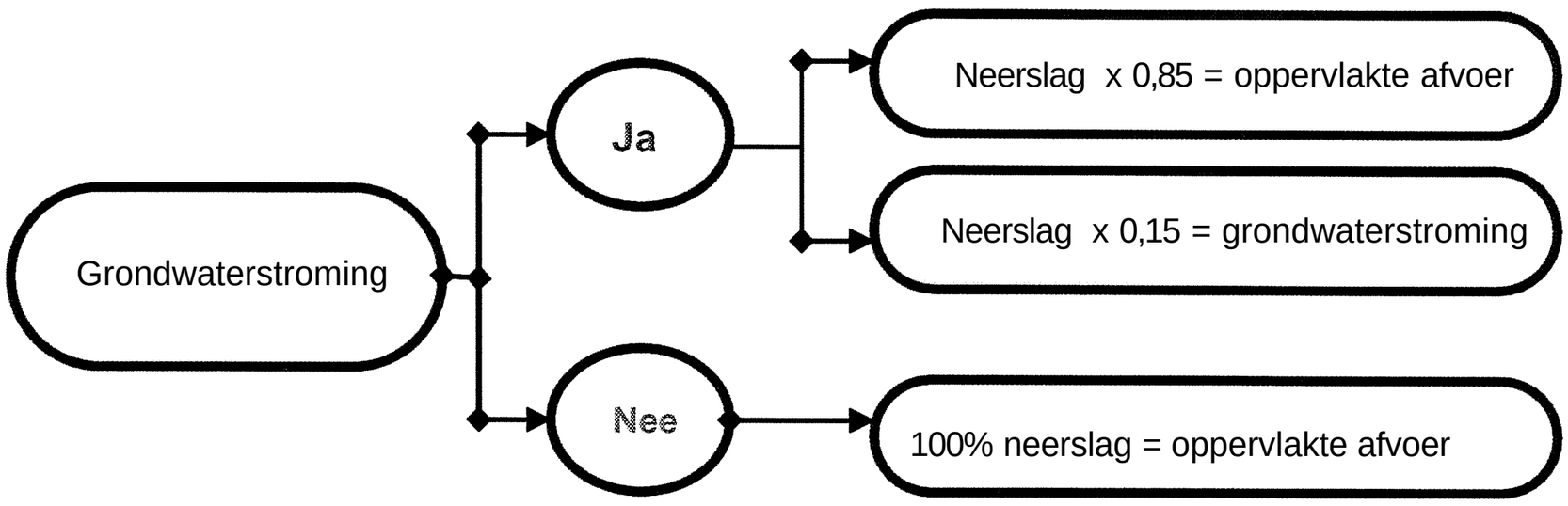


Figuur 18: Verloop reservoirpeil zonder basisaanvoer



Figuur 19: Verloop reservoirpeil met basisaanvoer

Door in het hydrologische model de invloed van grondwaterstroming voor het Merdeka reservoir mee te nemen, is gebleken het Merdeka reservoir minder gevoelig is voor de droge moesson en de drogere jaren *[zie Figuur 18 en Figuur 19].* Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of deze 15 procent infiltratie en 6 maanden afstroomtijd een goede aanname is.



Schema 2: Stroomschema grondwaterstroming

5.7. *Spillway verliezen*

In de dam van elk reservoir wordt een spillway aangelegd, om zo overtollig water weg te leiden en te voorkomen dat het overtollige water over de **kruin** van de dam stroomt. Hiermee wordt voorkomen dat de **eroderende** kracht van het water schade aanricht aan de dam. In de spillway wordt het maximale peil van het reservoir bepaald. Indien de waterstand boven dit peil komt, zal het water via de spillway het reservoir verlaten.

Het is belangrijk dat een spillway voldoende capaciteit heeft en dat in geen enkel geval het water zo hoog wordt opgestuwd dat het over de kruin van de dam stroomt. Om dit te voorkomen, moet worden berekend wat de PMF (probable maximum flood) uit het stroomgebied is. Dit moet overeenkomen met de hydraulische capaciteiten van de spillway.

Het water dat het reservoir via de spillway verlaat, wordt beschouwd een Spillwayverlies, omdat dit water door de spillway de waterbalans verlaat en hierdoor niet meer beschikbaar is voor de productie van drinkwater.

5.7.1 *Probable maximum flood*

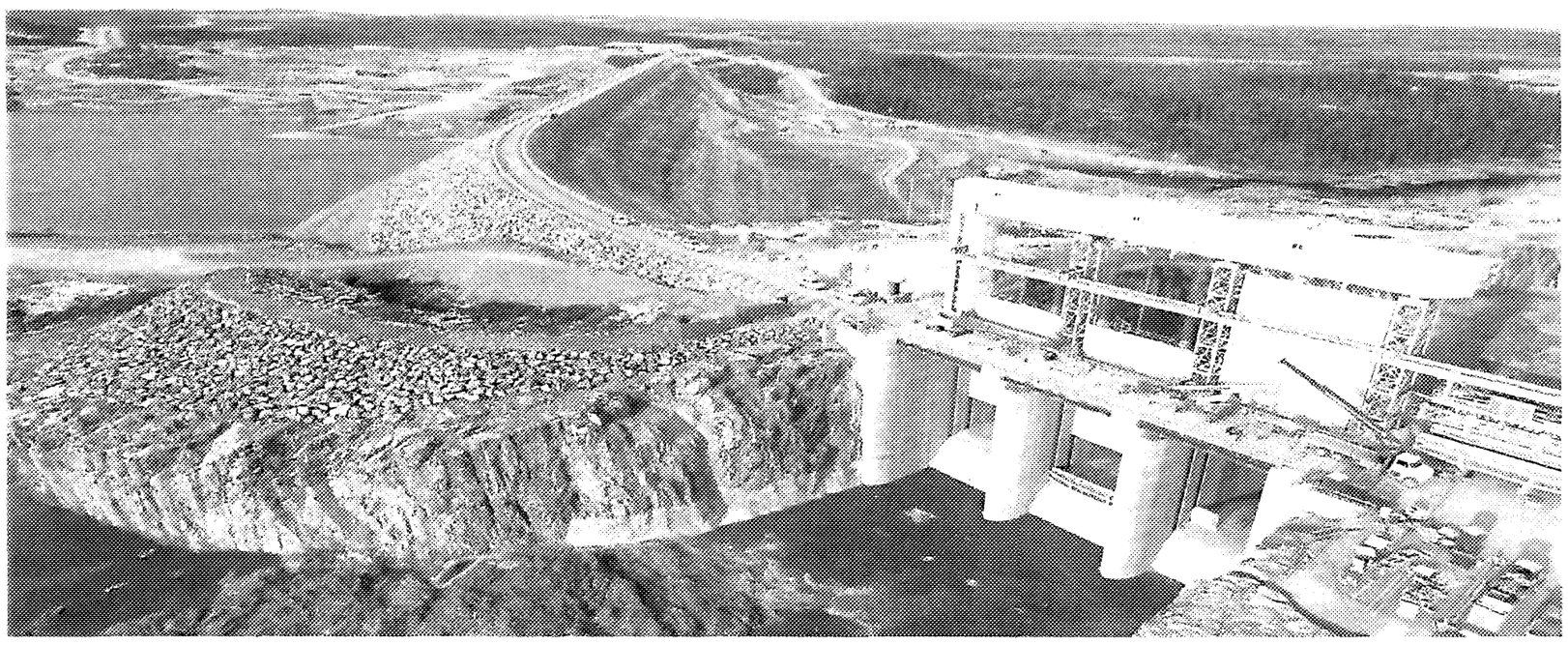
De probable maximum flood is de maximale hoeveelheid water die in de meest ongunstige hydrologische en meteorologische omstandigheden het reservoir kan bereiken. Het debiet van de PMF is afhankelijk van het oppervlak, de lengte en de afstroomsnelheid van het water in het stroomgebied. De PMF kan worden bepaald met verschillende rekenmethodes, maar is het beste te benaderen in een modellering programma.

Het debiet van de PMF is belangrijk voor het berekenen van de afmetingen van de spillway. In dit afstudeerproject wordt geen ontwerp voor de spillway gemaakt, waardoor het niet noodzakelijk was om de PMF te berekenen.

5.7.2. *Hydrologisch model*

In het hydrologische model speelt de PMF geen grote rol, wel is het interessant om te weten welk percentage van het water via de spillway het reservoir verlaat, ten opzichte van de hoeveelheid water dat tot drinkwater wordt gezuiverd.

Vooral van het water uit de reservoirs Willie en Wawan, waarvan de kwaliteit waarschijnlijk beter is, moet zo veel mogelijk vastgehouden worden. Door de reservoirs goed te beheren kunnen de spillwayverliezen worden beperkt.



Een spillway in aanbouw

6. Waterbaians

In hoofdstuk 6 wordt de waterbalans van het projectgebied weergegeven. In dit hoofdstuk wordt voor de reservoirs en de bijbehorende stroomgebieden beschreven, in welke volumen de waterstromen uit hoofdstuk 3 voorkomen.

6. *Unleiding*

De waterbalans die in de hydrologie wordt gebruikt is een berekening, waarin alle binnenkomende en uitgaande waterhoeveelheden worden geïnventariseerd. Hiervoor geld dat de som van de ingaande hoeveelheden gelijk moet zijn aan de som van uitgaande hoeveelheden plus eventuele veranderingen in de berging. [4]

Bij het opstellen van een waterbalans moeten twee begrenzingen duidelijk worden omschreven:

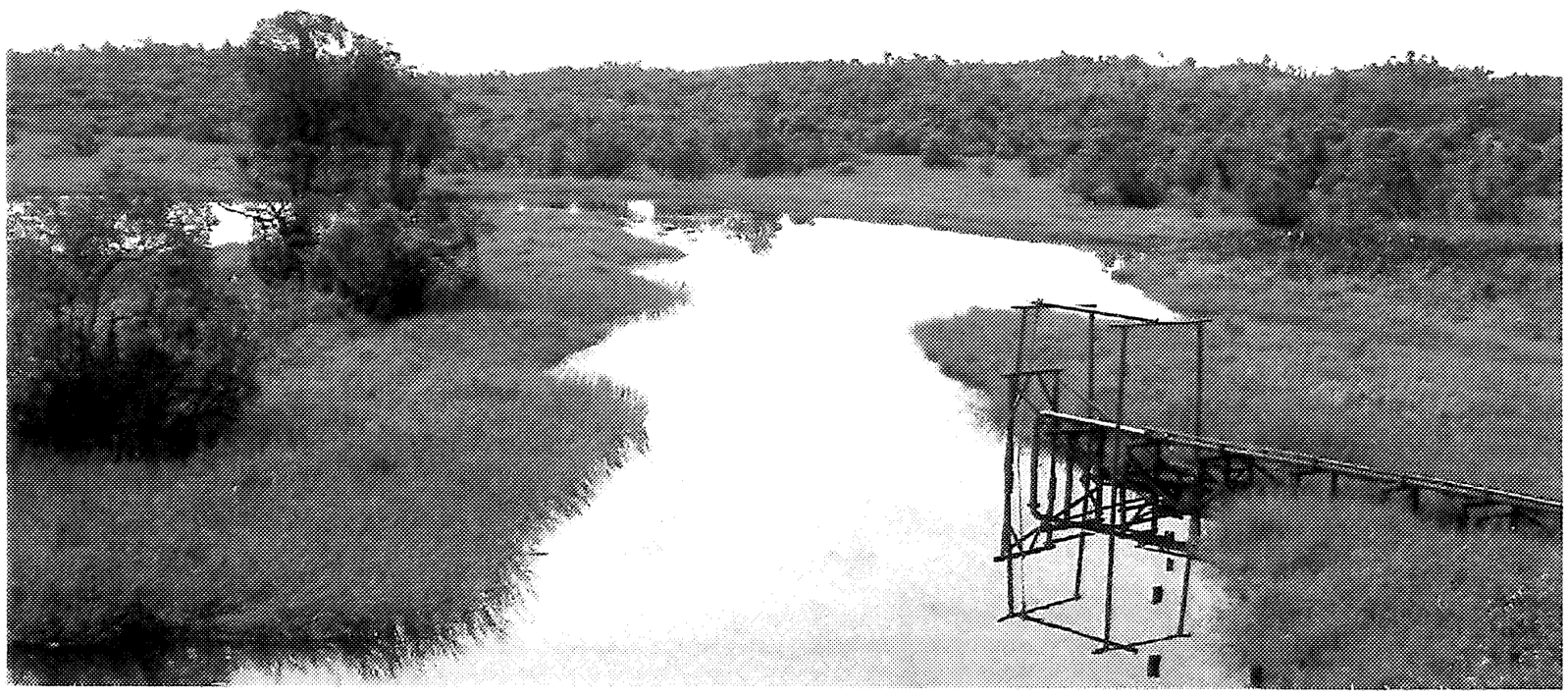
- *De geografische begrenzing van het stroomgebied, zowel topografisch als de grondwaterscheiding*
- *De begrenzing in tijd. Het is veelal gebruikelijk een waterbalans van een gebied op te stellen voor de duur van een periode, waarin het verschil in de berging tussen de begin en de eind tijd nul is. Veelal wordt gebruikt gemaakt van de term* ***hydrologisch jaar.***

Als de geografische begrenzing van het stroomgebied en het tijdvak waar over de waterbalans wordt opgesteld zijn vastgesteld, zal getracht worden van elk deelproces zoveel mogelijk eigenschappen te onderkennen en de processen te kwantificeren. [4]

In een waterbalans spelen de volgende waterstromen een rol:

Stroomgebied		Pos. / Neg.	Reservoir		Pos. / Neg.
Neerslag p	[mm/jaar]	+	Aanvoer stroomgebied	[m^3/sec]	2.500.000
Infiltratie i	[mm/jaar]	-/+	Neerslag p	[mm/jaar]	2.509
Evapotranspiratie E	[mm/jaar]	-	Infiltratie i	[mm/jaar]	973
Grondwaterstroming	[illegible]	+/-	Evaporatie	[mm/jaar]	ca. 1.500
			Spillway verlies	[m^3/sec]	

I 7; Posten in een waterbalans



Inname punt voor de irrigatie van de landbouw

6.2. *Waterbalans over een gemiddeldjaar*

Om een inschatting te maken van de jaarlijkse beschikbare hoeveelheid water voor de reservoirs, is voor elk stroomgebied een waterbalans opgesteld.

6.2J. Waterhalans Merdeka reservoir

Stroomgebied			Reservoir		
Oppervlakte	[m^2]	138.290.000	Oppervlakte	[m^2]	2.500.000
Neerslag p	lmm/jaarj	2.509	Neerslag	[mm/jaar]	2.509
Evapotranspiratie	[mm/jaar]	1450	Evapotranspiratie	[mm/jaar]	973
Grondwaterstroming	[m^3/jaar]	15%	Infiltratie	[rii^{3}fl&arj	ca. 1.500
Oppervlakte atvoer	K/jaar]	85%			

Aanvoer reservoir

In	m^3/ jaar	Uit	m^3/jaar
Neerlag	346.969.610	Verdamping	200.520.500
		Oppervlakte afvoer	94.403.669
		Grondwater afvoer	52.045.441

Reservoir

In	rrrVjaar	Uit	m^3/ jaar
Pmmmt	146.449.110	Verdamping	2.432.500
Iteriag	6.272.500	Infiltratie	1.500
		Productie mogelijkheid	150.287.610

6.2,2. Waterbalans Wil He reservoir

Stroomgebied			Reservoir		
Oppervlakte	[m^2]	3.148.300	Oppervlakte	[m^2]	1.400.000
Neerslag	[enm/jaar]	2.509	Neerslag	[mm/jaar]	2.509
Evapotranspiratie	[mm/jaar]	1450	Evapotranspiratie	[mm/jaar]	973
Oppervlakte afvoer	[m^3/jaar]	100%	Infiltratie	[m^3/jaar]	ca. 1.500

Aanvoer reservoir

In	m^3 /jaar	Uit	m^3/jaar
Neerlag P	7.899.084	Verdamping	4.565.035
		Oppervlakte afvoer	3.334.050

Reservoir

In	m^3/ jaar	Uit	m^3/jaar
Aanvoer	3.334.050	Verdamping	1.362.200
Neerlag	3.512.600	Infiltratie	1.500
		Productie mogelijkheid	5.482.950

6.2.3. *Waterbalans Wawan reservoir*

Stroomgebied			Reservoir		
Oppervlakte	[m²]	1.432.100	Oppervlakte	[m²]	**650.000**
Neerslag p	[mm/jaar]	2.509	Neerslag p	[mm/jaar]	**2.509**
Evapotranspiratie E	[mm/jaar]	1.450	Evapotranspiratie E	[mm/jaar]	973
Oppervlakte afvoer	[m³/jaar]	100%	Infiltratie	[m³/jaar]	ca. 1.500

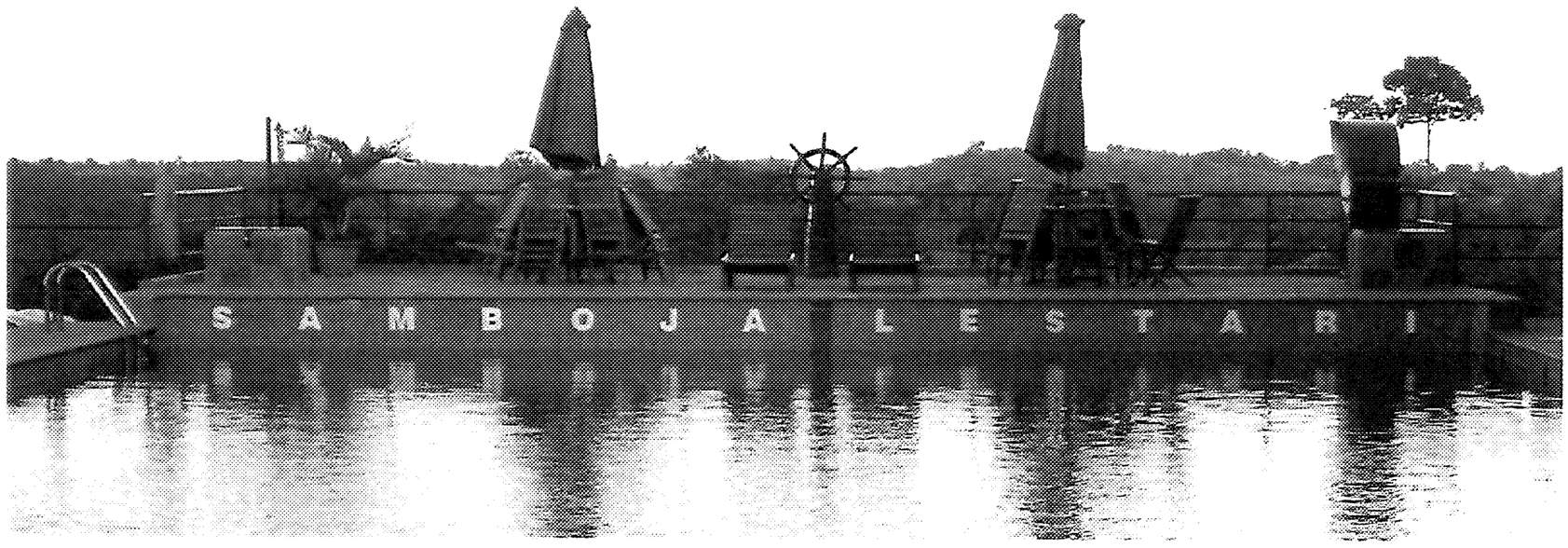
Aanvoer reservoir

In	m³/jaar	Uit	m7jaar
Neerlag P [mm]	3.593.139	Verdamping	2.076.545
		Oppervlakte afvoer	1.536.593

Reservoir

in	m³/jaar	Uit	m³/ jaar
Aanvoer	1.536.593	VMampfing	632.450
I ffe@ifef P [mm]	1.630.850	tofiltratle	1.500
		Pr$<tetï& map$fcbeld	2.533.493

In de bovenstaande tabellen is de maximaal mogelijke productie van elk reservoir weergegeven, dit zijn theoretische hoeveelheden. De werkelijke hoeveelheid te produceren drinkwater hangt af van de productiecapaciteit en de grote van het reservoirs. Indien één van beide niet optimaal is, zal er water via de spillway het reservoir verlaten en naar zee stromen.



Schematische weergaven van de waterbalans in het Samboja Lestari gebied

7. Hydrologisch model

In dit hoofdstuk wordt de werking van het hydrologische model beschreven. Er wordt beschreven hoe de verzamelde data is verwerkt en wat de voor het hydrologische model toegepaste uitgangspunten en voorwaarden zijn. In de laatste paragraven van dit hoofdstuk wordt beschreven hoe het model is toe te passen en wat de voorwaarden zijn bij gebruik van dit hydrologische model.

7*1 *Doel van het model*

Om te analyseren hoe de reservoirs gaan functioneren, is er een hydrologisch model opgesteld, *[zie bijlage XI]* In dit model wordt gekeken hoe de waterstand in het reservoirs zal verlopen in de tijd en hoeveel water er op jaarbasis beschikbaar is voor de zuivering tot drinkwater. Om een idee te krijgen van deze waterstromen, wordt gebruik gemaakt van neerslag gegevens van de afgelopen 34 jaar en de klimaatgegevens uit 2004. Door het gebruik van deze data, kan worden gekeken hoe de reservoirs zich zouden hebben gedragen in de afgelopen 34 jaar, om zo aan de hand van beheerstrategieën te onderzoeken hoe de reservoirs en pompen naar de zuivering optimaal ingezet kunnen worden.

7.11 *Uitgangspunten voor het hydrologische model*

Voor het opstellen van de het model zijn de volgende uitgangspunten vastgesteld:

- Bij reservoir Merdeka is er sprake van grondwaterstroming / basis afvoer. Dit is 15% van de jaarlijkse neerslag, *[zie paragraag 3.5]*
- Bij reservoir Wawan en Willie is geen sprake van grondwaterstroming. *[zie paragraag 3.5]*
- Er wordt gebruik gemaakt van de neerslag gegevens gemeten bij de Mangardam van 1972 tot 2005 *[zie bijlage III]*
- De potentiële evapotranspiratie is berekend met de klimaatgegevens van het Samarinda Meterorological Sation uit het jaar 2004. *[zie paragraaf 3.3]*
- Voor de gewasfactor in de stroomgebieden is 1,1 gehanteerd, *[zie paragraaf 3.3]*
- Als evaporatiefactor voor open water is 0,73 gehanteerd, *[zie paragraaf 3.3]*
- Indien de maandelijkse neerslag lager is dan 125 mm, wordt er met 85% van de evapotranspiratie gerekend, *[zie paragraaf 3.2]*
- De gebruikte oppervlakten voor de stroomgebieden zijn weergeven in paragraaf 2.2.4
- De gebruikte oppervlakten voor de reservoirs zijn weergeven in paragraaf 2.2.5

7.1.2. *Randvoorwaarden voor het hydrologische model*

De onderstaande randvoorwaarden gelden voor het hydrologische model:

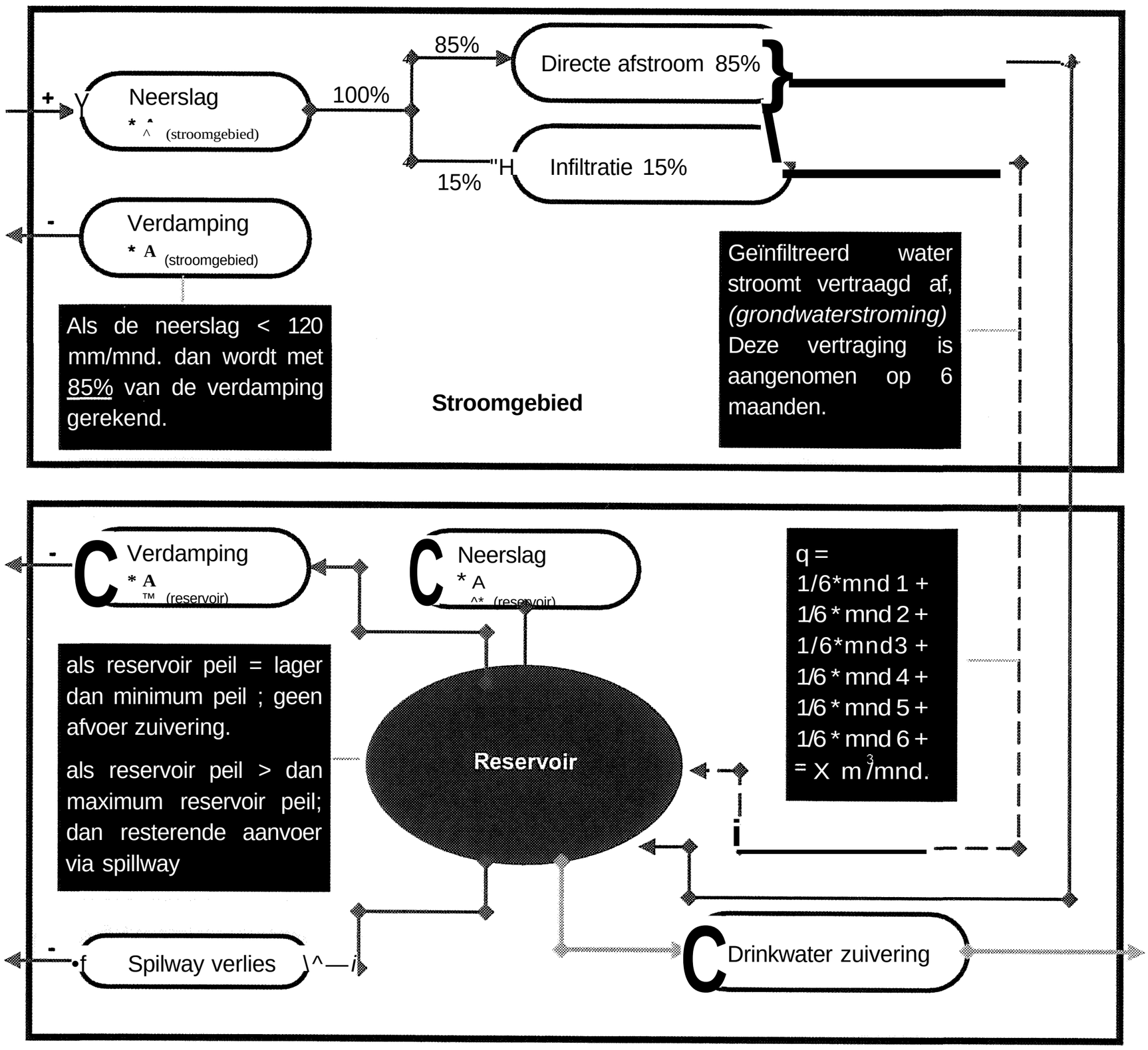
- Op jaarbasis dient de drinkwaterzuivering *(pt Ecosam)* 15 mij. kubieke meter drinkwater te leveren aan het waterleidingbedrijf van Balikpapan.
- Het drinkwater dient met een constant debiet aan het waterleidingbedrijf geleverd worden.
- De tijd dat er geen water geleverd kan worden moet beperkt blijven tot 1%. per 34 jaar.

7.2. *Werking van het model*

Het model is een interactief Excel bestand, waarin aan de hand van hydrologische data uit het verleden onderzoek wordt gedaan naar de eigenschappen van de drinkwater-voorziening. In het hydrologische model wordt per maand een waterbalans opgesteld, waarin de actuele berging van het reservoir wordt berekend. Als uitvoer wordt van de berekende data een grafiek gemaakt, waarin het verloop van de reservoirstand in de tijd zichtbaar is. In het hydrologische model wordt rekening gehouden met:

Waterstromen		Berekeningen	
Neerslag	*§ 5.2*	Downtime	***§7.3***
Evapotranspiratie	*§ 5.3*	Efficiëntie	*§7.3*
Evaporatie open water	*§ 5.3*	Operate time *(pomp)*	*§7.3*
Grondwaterstroming	*§ 5.5*	Pomp vermogen	*§7.3*
Spillway verliezen	*§ 5.6*	Energieverbruik	*§7.3*

In Schema 3 worden de verschillende waterstromen weergegeven. Tevens wordt er in het hydrologische model onderscheid gemaakt in een stroomgebied en een reservoirgebied. Hierdoor kunnen de verschillen in verdamping en infiltratie in de twee gebieden beter worden meegenomen.

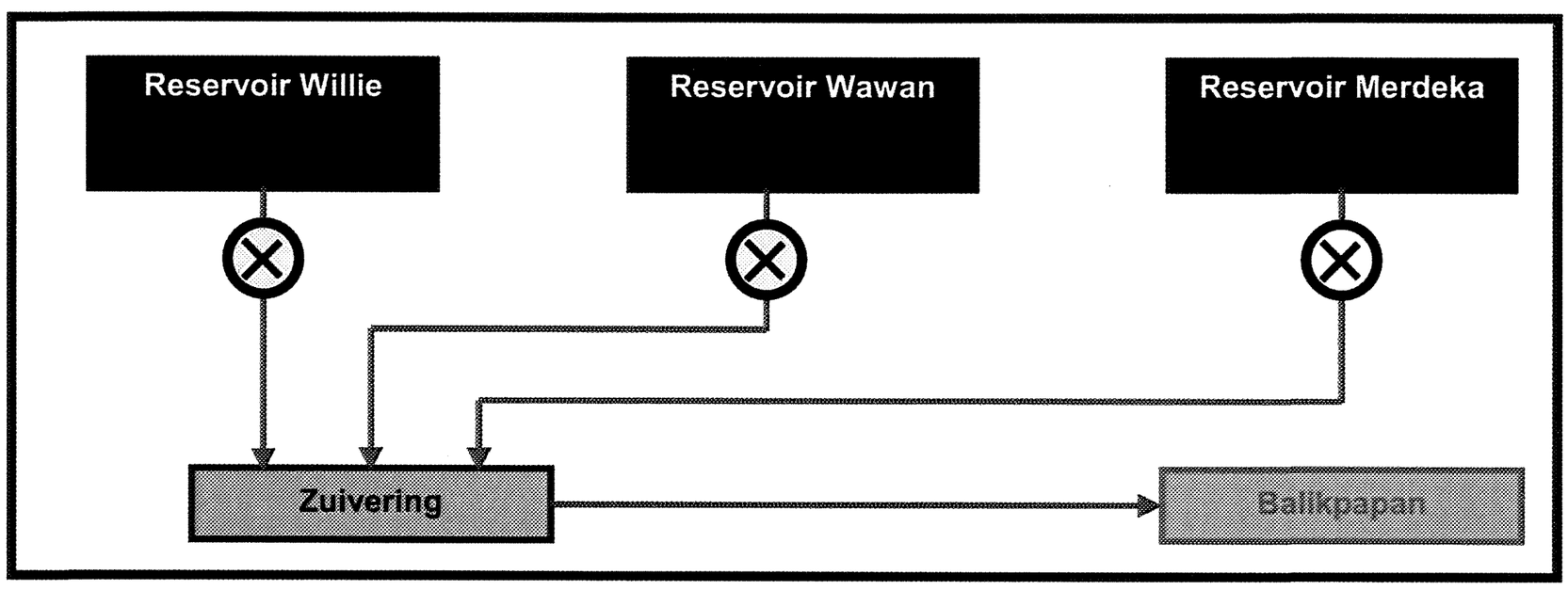


Schema 3: Stroomschema van de waterstromen in de stroomgebieden

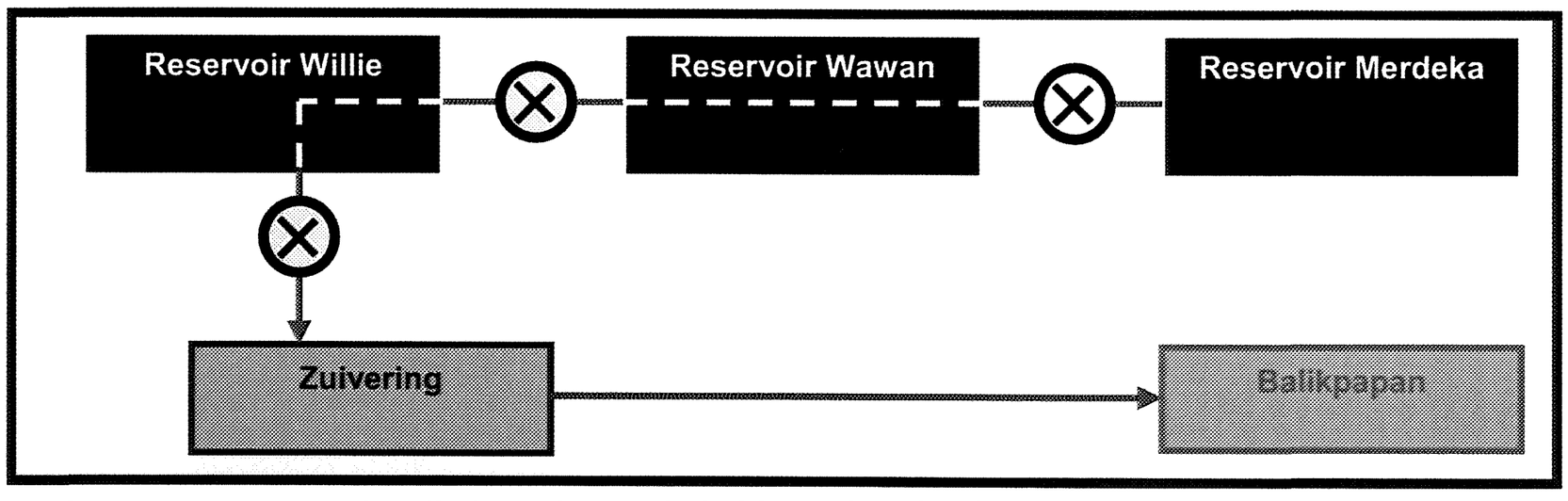
De aanvoer naar de reservoirs is niet constant, maar is afhankelijk van de hoeveelheid neerslag in het stroomgebied, waardoor de aanvoer soms groter of kleiner is dan de afname door de drinkwaterzuivering. Hierdoor functioneert het reservoir als een buffer tussen vraag en aanbod. Als het water in het reservoir is beland, zoals is te zien in Schema 3, wordt het water verpompt naar de drinkwaterzuivering.

Voor het verpompen van water naar de zuivering of tussen de drie reservoirs moeten er leidingen en pompstations worden berekend en aangelegd. Ten eerste moet worden vastgesteld hoeveel water er verpompt moet worden en ten tweeden moet het vermogen van deze pomp worden berekenen, *[zie bijlage X]*

Het water kan via verschillende routes naar de drinkwaterzuivering worden gepompt, in de onderstaande schema's zijn de twee meest voor de hand liggende varianten weergegeven.



Schema 4: De reservoirs zijn parallel geschakeld aan de zuivering



Schema 5: De reservoirs zijn in serie geschakeld aan de zuivering

Voor het beheren van de reservoirs en de drinkwaterzuivering, is het interessant om te weten wat het energieverbruik van de pompen is en hoeveel tijd per jaar ze aanstaan.

In het hydrologische model worden al deze berekeningen uitgevoerd. De uitkomsten van deze berekeningen worden presenteert op het invoerblad. *[zie Figuur 20]* In paragraag 7.3 is een beschrijving van de berekeningen uit het hydrologische model weergegeven.

Figuur 20 Invoerblad van het hydrologische model

Beheerstrategie 1

afname per reservoir	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka	190	685	16.438	500.000	6.000.000
Wawan	63	228	5.479	166.667	2.000.000
Willie	95	342	8.219	250.000	3.000.000

te verpompen hoeveelheid	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka -> zuivering	190	685	16.438	500.000	6.000.000
Wawan -> Zuivering	63	228	5.479	166.667	2.000.000
Willie -> Zuivering	95	342	8.219	250.000	3.000.000

pomp aan	efficentie	downtime	H_{stat}	$H_{leidn.}$	H_{totaal}	P [kW]	$E_{verbruik\ /\ jaar}$ [kWuur]
100,0%	4,0%	0,96%	60	8,5	68,5	213	1.865.592
100,0%	77,5%	0,00%	40	0,6	40,6	42	368.768
100,0%	55,0%	0,00%	35	0,3	35,3	55	481.592

Beheerstrategie 2

afname per reservoir	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka	369	1.330	31.918	970.833	11.650.000
Wawan	62	223	5.342	162.500	1.950.000
Willie	68	245	5.890	179.167	2.150.000

te verpompen hoeveelheid	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka -> Wawan	369	1.330	31.918	970.833	11.650.000
Wawan -> Willie	431	1.553	37.260	1.133.333	13.600.000
Willie -> Zuivering	499	1.798	43.151	1.312.500	15.750.000

pomp aan	efficentie	downtime	H_{stat}	$H_{leidn.}$	H_{totaal}	P [kW]	$E_{verbruik\ /\ jaar}$ [kWuur]
100,0%	7,5%	4,41%	44	7,83	51,83	313	2.742.381
100,0%	78,5%	6,86%	13	13,83	26,83	189	1.657.407
100,0%	41,9%	4,90%	35	13,25	48,25	394	3.451.529

Beheerstrategie 3

afname per reservoir (niet constant)	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka	346	1.244	29.863	908.333	10.900.000
Wawan	97	348	8.356	254.167	3.050.000
Willie	57	205	4.932	150.000	1.800.000

te verpompen hoeveelheid	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka -> Wawan	346	1.244	29.863	908.333	10.900.000
Wawan -> Willie	442	1.592	38.219	1.162.500	13.950.000
Willie -> Zuivering	499	1.798	43.151	1.312.500	15.750.000

pomp aan	efficentie	downtime	H_{stat}	$H_{leidn.}$	H_{totaal}	P [kW]	$E_{verbruik\ /\ jaar}$ [kWuur]
86,0%	6,0%	3,43%	44	6,85	50,85	287	2.165.814
80,6%	63,0%	0,96%	13	14,55	27,55	199	1.407.726
100,0%	82,1%	0,00%	35	13,25	48,25	394	3.451.529

Beheerstrategie 4

afname per reservoir	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar
Merdeka	344	1.239	29.726	904.167	10.850.000
Wawan	67	240	5.753	175.000	2.100.000
Willie	89	320	7.671	233.333	2.800.000
	499	1.798	43.151	1.312.500	15.750.000

te verpompen hoeveelheid	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar		pomp aan	H_{stat}	$H_{leidn.}$	H_{totaal}	P [kW]	$E_{verbruik\ /\ jaar}$ [kWuur]
Merdeka -> zuivering	344	1.239	29.726	904.167	10.850.000	1	100.0%	60	67,5	127,5	1121	9.817.624
Wawan-> Zuivering	67	240	5.753	175.000	2.100.000	1	100.0%	40	3.74	43.74	113	993.252
Willie ^> Zuivering	89	320	7.671	233.333	2.800.000	1	100.0%	35	0,42	35,42	51	450.409
					15.750.000	1						

Aanvullen van uit reservoir merdeka

te verpompen hoeveelheid	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar		pomp aan	H_{stat}	$H_{leidn.}$	H_{totaal}	P[kW]	$K_{verbruik\ /\ jaar}$ [kW uur]
Merdeka -> Wawan	193	696	16.712	508.333	mmmmm	1	29,4%	44	2,15	46.15	146	376.01BJ
wawan •» wiiiie	92	331	7.945	241.667	WÊÊÊÊÊÊ	1	23.0%	13	0,63	13,63	20	41.357 1

Grondwaterstr®mlm§|ut"" (3

totale pompcapacitiet per locatie

	l/sec	m3/uur	m3/dag	m3/maand	m3/jaar	m	efficiëntie	downtime	
Merdeka -> Wawan	537	1.935	46.438	1.412.500	16.950.000		7,6%	3,43%	l
Wawan^WIIIe	159	571	13.699	416.667			62,2%	0,00%	1
Willle-o Zuivering	89	320	7.671	233.333	2.800.000		47.3%	0.00%	1

7.3. Berekeningen

Pompcapaciteit

Doordat de het hydrologische model de aanvoer naar en de spillwayverliezen uit het reservoir berekent, kan in het hydrologische model de jaarlijks beschikbare hoeveelheid water worden vastgesteld. Dit is een hoeveelheid water die per tijdseenheid uit het reservoir kan worden gepompt. Het debiet wordt zo gekozen, dat er altijd voldoende water voor de drinkwatervoorziening aanwezig is, waardoor de drinkwaterproductie niet stil zal vallen.

De pompcapaciteit is de het debiet *[m^3/uur]* dat van uit het reservoir verpompt moet worden.

Pomp vermogen

Het vermogen van de pomp is in de voor het grootste deel afhankelijk van het te verpompen debiet, de lengte en diameter van de leiding, de manometrische opvoerhoogte en de ruwheid van de pijpleiding. In bijlage X is weergegeven hoe het vermogen van de pompen berekend kan worden. In het hydrologische model wordt het vermogen *[Watt]* van de pompen vastgesteld, omdat het vermogen van de pomp iets zegt over het energieverbruik.

Energie verbruik

Het vermogen van de pompen is bepalend het energieverbruik van de drinkwater-voorziening. In het hydrologische model wordt van elke beheerstrategie berekend wat het verbruik van de pompen is in kW per jaar. Het energieverbruik *[kW/uur]* = Vermogen x tijd. Het energie verbruik zegt iets over exploitatie kosten van de drinkwatervoorziening. De daadwerkelijke energiekosten, zijn afhankelijk van de energie prijzen.

Operate time

De "operate time" is de tijd dat de pompen functioneel zijn. Indien de "operate time " 100% is, dan kan het jaarlijkse energieverbruik in kW/uur worden berekend door het vermogen van de pomp *[kW]* te vermenigvuldigen met 24 x 365 x 100%.

Efficiëntie

Met efficiënte wordt bedoeld, het percentage van het aangevoerde water uit het stroomgebied, dat gezuiverd wordt tot drinkwater. Het resterende deel verdwijnt via de spillway uit het reservoir.

$$Efficiëntie = \frac{Spillwayverlies}{Aanvoer - 0{,}01}$$

Downtime

Downtime is de tijd dat het reservoir leeg is en er geen water wordt geleverd aan de zuivering of een ander reservoir. In het hydrologische model wordt de downtime aan gegeven met een percentage. Dit percentage geeft aan hoeveel procent van de 34 jaar de reservoirs geen water kunnen leveren. 1% downtime betekent dat een reservoir 4 maanden van de 34 jaar geen water aan de drinkwaterzuivering levert.

7.4. Toepassing van het model

In dit hydrologische model, gebaseerd op literatuurstudie en het analyseren van bestaande data en onderzoeken, is geprobeerd de aanvoer naar de reservoirs te benaderen.

7.4.1 Mogelijkheden

Met het hydrologische model wordt het effect van de verschillende waterstromingen in het projectgebied op jaarlijkse beschikbare hoeveelheid water aangetoond. Door aan het hydrologische model verschillende beheerstrategieën toe te voegen, waarmee wordt gesimuleerd dat het water door middel van pompen wordt beheerd, kan worden gekeken hoe op jaarbasis zo veel mogelijk water beschikbaar is voor het drinkwaterzuiveringsproces. Tevens kan worden vastgesteld wat het debiet is dat de pompen dienen te leveren, om aan deze beheerstrategie te voldoen.

Als het te leveren debiet bekent is kan het vermogen van de pompen worden berekend. En kan worden vastgesteld wat het jaarlijkse energieverbruik is. Aan de hand van het energie-verbruik zijn de verschillende beheerstrategieën goed te vergelijken.

Tevens kan met het hydrologische model worden beken wat de maximaal haalbare capaciteit van de drinkwatervoorziening is. Hiermee kan worden bekeken welke perspectieven de beheerstrategie en de drinkwatervoorzienig bieden voor de toekomst.

7.4.2. Onzekerheden

De volgende punten zijn onzeker en/of behoeven nog verder onderzoek

- *grondwaterstroming / infiltratie*
- *evapotranspiratie in het stroomgebied (gewas factor)*
- *evaporatie van het wateroppervlak van het reservoir (factor voor openwater)*
- *reductie van verdamping in droge tijden*

Door specifiek onderzoek te doen naar de exacte waarden van de bovengenoemde punten, kan het model worden aangescherpt. In dit hydrologische model zijn deze punten vastgesteld aan de hand van literatuurstudies, of aangenomen aan de hand van gespreken met deskundigen en zijn dus niet altijd specifiek voor het projectgebied. Door meer specifieke informatie aan het model toe te voegen, zal de betrouwbaarheid toenemen.

8. Beheerstrategieën

In dit hoofdstuk worden vier verschillende beheerstrategieën beschreven. Van elk van de vier beheerstrategieën wordt beschreven wat de uitgangspunten zijn, hoe de lay-out is en hoe de beheerstrategie is verwerkt in het hydrologische model.

8.1. *Inleiding*

De levering van het water van uit de reservoirs naar de drinkwaterzuiveringsinstallatie kan op veel verschillende manieren worden uitgewerkt. Tussen de verschillende beheerstrategieën wordt kan worden gevarieerd, in het gebruik van de reservoirs en het gebruik van de pompen en leidingen.

Zo kunnen de drie reservoirs worden gezien, als drie losse reservoirs die parallel zijn geschakeld aan de zuiveringsinstallatie en hun water onafhankelijk van de twee andere reservoirs aan de zuivering leveren, *[zie Schema 4]* Maar er kan ook worden gekeken naar een serie schakeling van de reservoirs, *[zie Schema 5]*

Ook het beheer van de pompen is bepalend voor waterhuishouding in de reservoirs. Door water te verpompen tussen de drie reservoirs, kan de bergingscapaciteit van de reservoirs beter worden benut. Indien er voor een beheerstrategie wordt gekozen waarbij rechtstreeks uit de reservoirs wordt geleverd, zullen de pompen 24 uur per dag aan moet staan. Als er voor wordt gekozen om de reservoirs in serie schakelen, hoeft alleen de pomp in reservoir Willie 24 uur per dag aan te staan, waardoor de drinkwatervoorziening minder storingsgevoelig is.

Door verschillende beheerstrategieën te simuleren in het hydrologische model, kan onderzocht worden wat de beste manier is om de drinkwatervoorziening te beheren. In de onderstaande paragrafen worden voor elk van de vier beheerstrategieën de uitgangspunten en de lay-out beschreven.

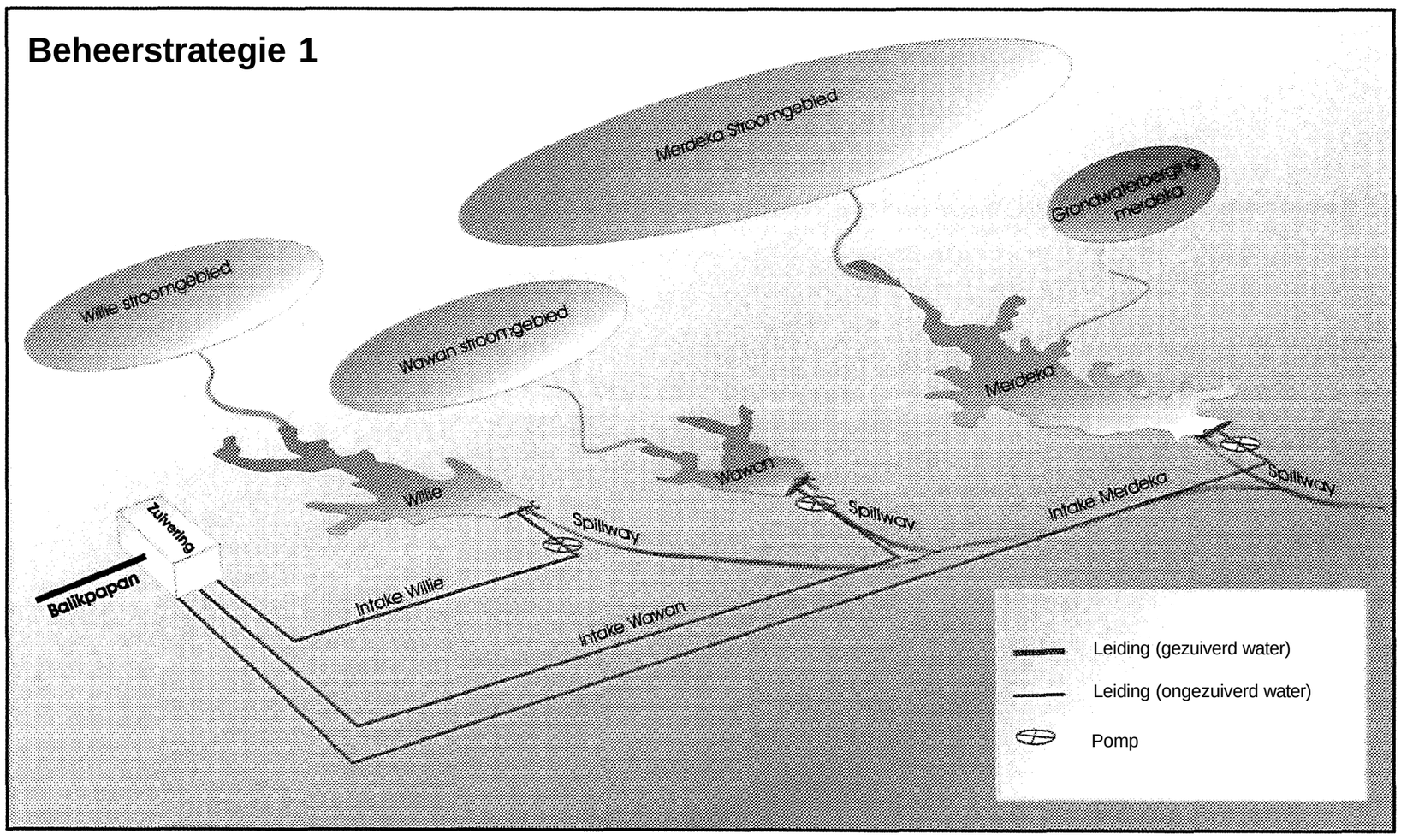
8.2. Beheerstrategie I

In beheerstrategie I functioneren de drie reservoirs onafhankelijk van elkaar en leveren elk hun water gescheiden aan de zuiveringsinstallatie. In Figuur 21 is te zien dat elk reservoir een eigen pijpleiding heeft naar de drinkwaterzuiveringsinstallatie. Zo levert elk reservoir continue een deel van de benodigde hoeveelheid water.

Voor beheerstrategie I zijn de volgende uitgangspunten opgesteld:

- *Tussen de reservoirs en de drinkwaterzuiveringsinstallatie is geen buffer aanwezig, waardoor het niet mogelijk is om eventuele stroring van de pompen op te vangen.*
- *De downtime van elk reservoir afzonderlijk moet nul zijn, indien dit niet het geval is zal de productie van drinkwater minder zijn dan gewenst*
- *Verder wordt voldaan aan de uitgangspunten en randvoorwaarden vermeld in subparagraaf 7.1.1 en 7.1.2*

In het onderstaande figuur is de lay-out van de beheerstrategie I weer gegeven:



Figuur 21: Schematisch weergave van beheerstrategie I

In de onderstaande tabel zijn de lengtes van de pijpleidingen weergegeven.

Pijpleiding	Lengte
Reservoir Merdeka → Zuivering	11000 [m^1]
Reservoir Wawan → Zuivering	7000 [m^1]
Reservoir Willie → Zuivering	1800 [m^1]

Tabel 8: Lengtes pijpleidingen (beheerstrategie I)

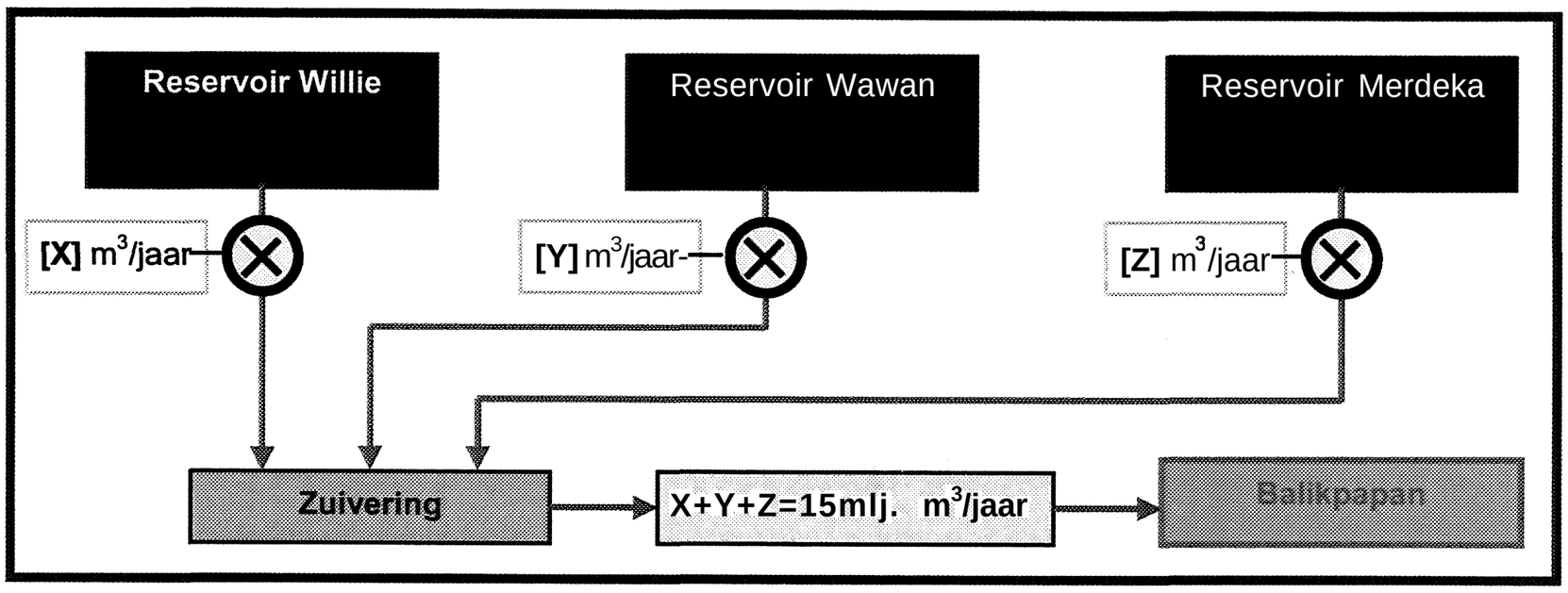
Voor het berekenen van het vermogen van de pompen, is met de onderstaande **statische opvoerhoogtes** gerekend.

Statisch opvoerhoogte	Min	Max
Reservoir Merdeka → Zuivering	56 m^1	60 m^1
Reservoir Wawan → Zuivering	20 m^1	30 m^1
Reservoir Willie → Zuivering	27 m^1	35 m^1

Tabel 9: Statische opvoerhoogtes (beheerstrategie I)

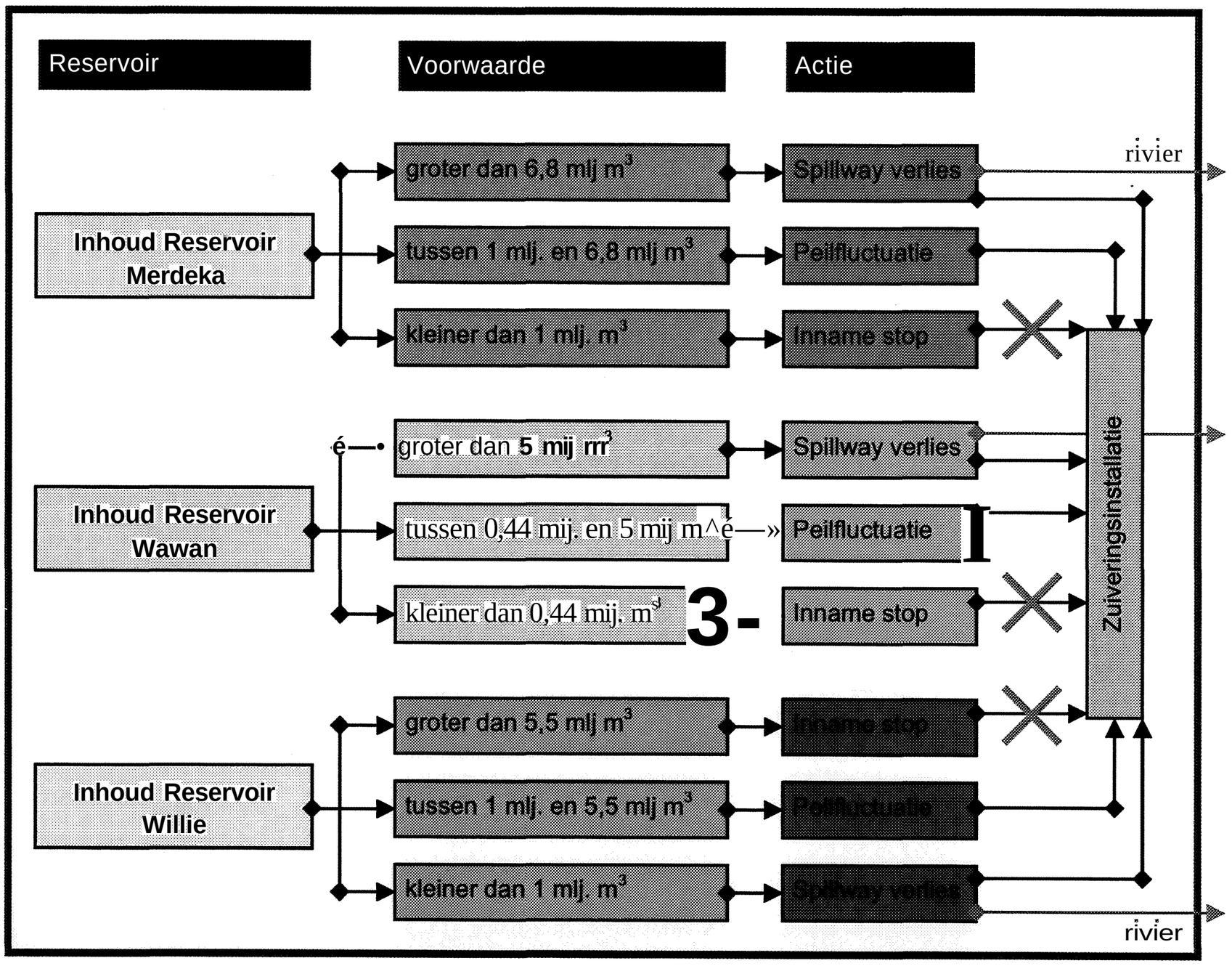
Hydrologisch model

In het onderstaande schema is weergegeven hoe beheerstrategie I is vertaald naar het hydrologische model.



Schema* 6; *Stroomschema beheerstrategie I

Voordat beheerstrategie I in het hydrologische model kan worden geprogrammeerd, dienen alle randvoorwaarden en uitgangspunten die gelden voor beheerstrategie I te worden vertaald naar een stroomschema met voorwaarden. Dit stroomschema geeft de werking van het hydrologische model aan. In het onderstaande stroomschema staan de voorwaarden en de daaraan gekoppelde acties beschreven voor beheerstrategie I.



Schema 7: Voorwaardenschema beheerstrategie I

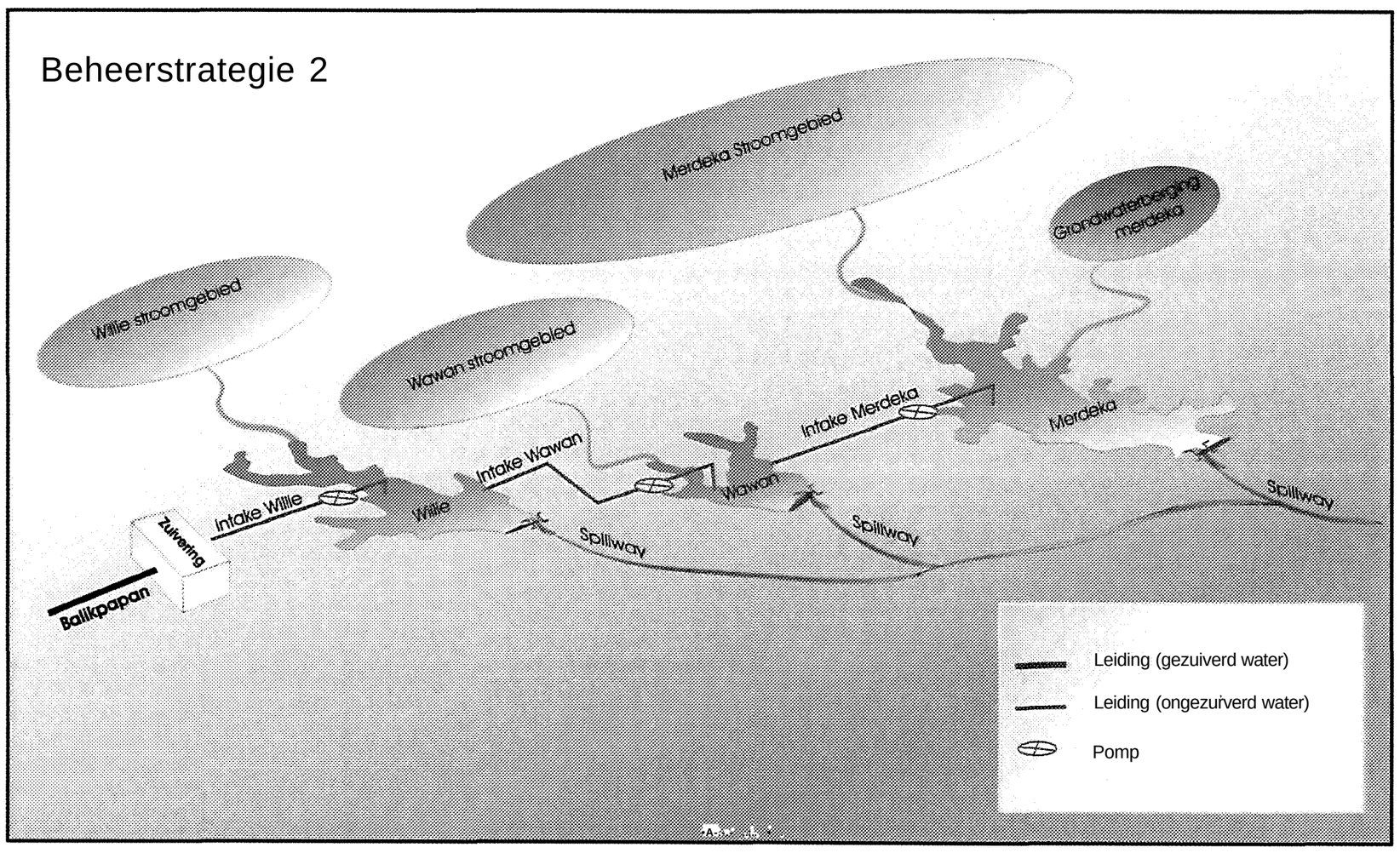
8.3. *Beheerstrategie II*

Beheerstrategie II is bijna gelijk aan beheerstrategie I, maar om op de hoeveelheid leiding te besparen, wordt het water van het ene reservoir in het ander gepompt, *[zie Figuur 13]* Hierdoor functioneren de reservoirs Willie en Wawan als een open leiding, wat als gevolg heeft dat het water bij elk reservoir opnieuw opgepompt dient te worden, waardoor de pompcapaciteit bij reservoir Willie en Wawan groter is de aanstroom van water uit het stroomgebied.

Voor beheerstrategie twee zijn de volgende uitgangspunten opgesteld:

- *De pompen staan altijd aan.*
- *Alleen voor reservoir Willie moet de downtime nul zijn om continuïteit te garanderen.*
- *Verder wordt voldaan aan de uitgangspunten en randvoorwaarden vermeld in subparagraaf 7.1.1 en 7.1.2*

In het onderstaande figuur is de lay-out van de beheerstrategie II weergegeven:



Figuur 22 Schematisch weergave van beheerstrategie II

In de onderstaande tabel zijn de lengtes van de pijpleidingen weergegeven.

Pijpleiding	Lengte
Reservoir Merdeka → Reservoir Wawan	2700 [m^1]
Reservoir Wawan → Reservoir Willie	3500 [m^1]
Reservoir Willie → Zuivering	2500 [m^1]

Tabel 10: Lengtes pijpleidingen (beheerstrategie II)

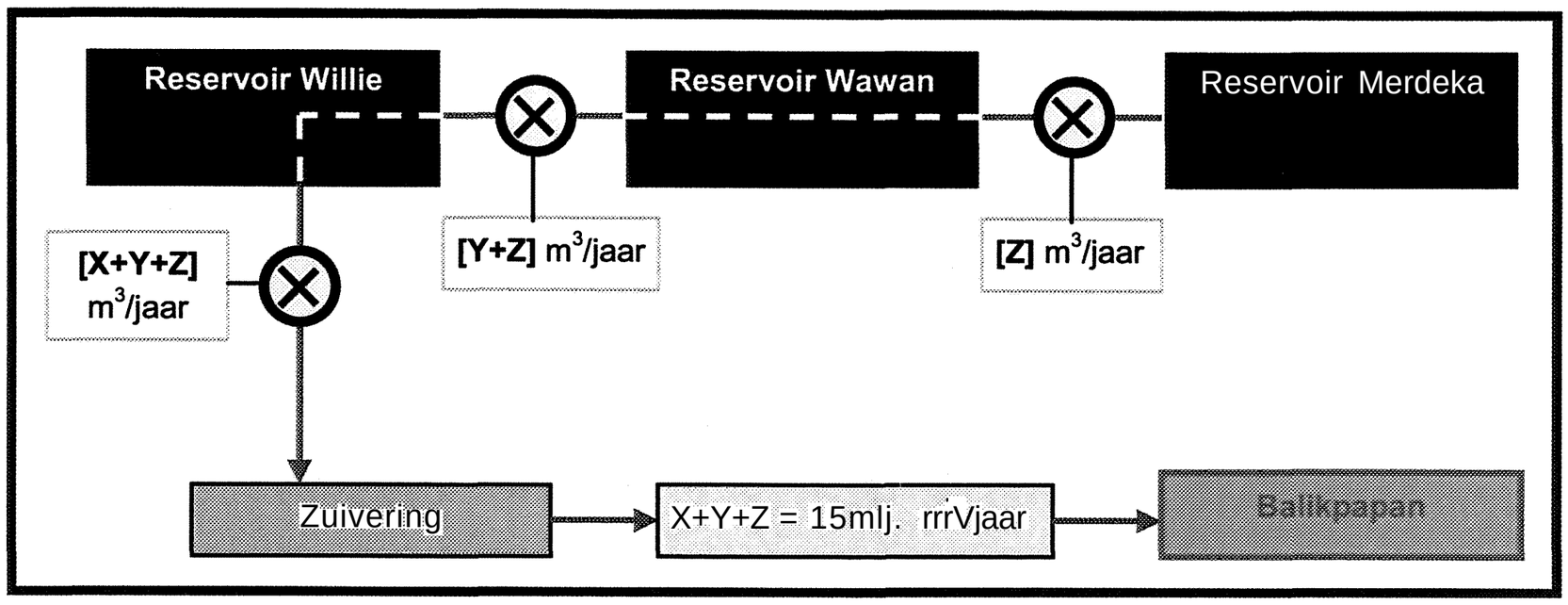
Voor het berekenen van het vermogen van de pompen, is met de onderstaande statische opvoerhoogtes gerekend.

Statisch opvoerhoogte	Min	Max
Reservoir Merdeka → Reservoir Wawan	44 m^f	40 m^1
Reservoir Wawan → Reservoir Willie	13 m^1	-5m^1
Reservoir Willie → Zuivering	35 m^1	27 m^1

Tabel 11: Statische opvoerhoogtes (beheerstrategie II)

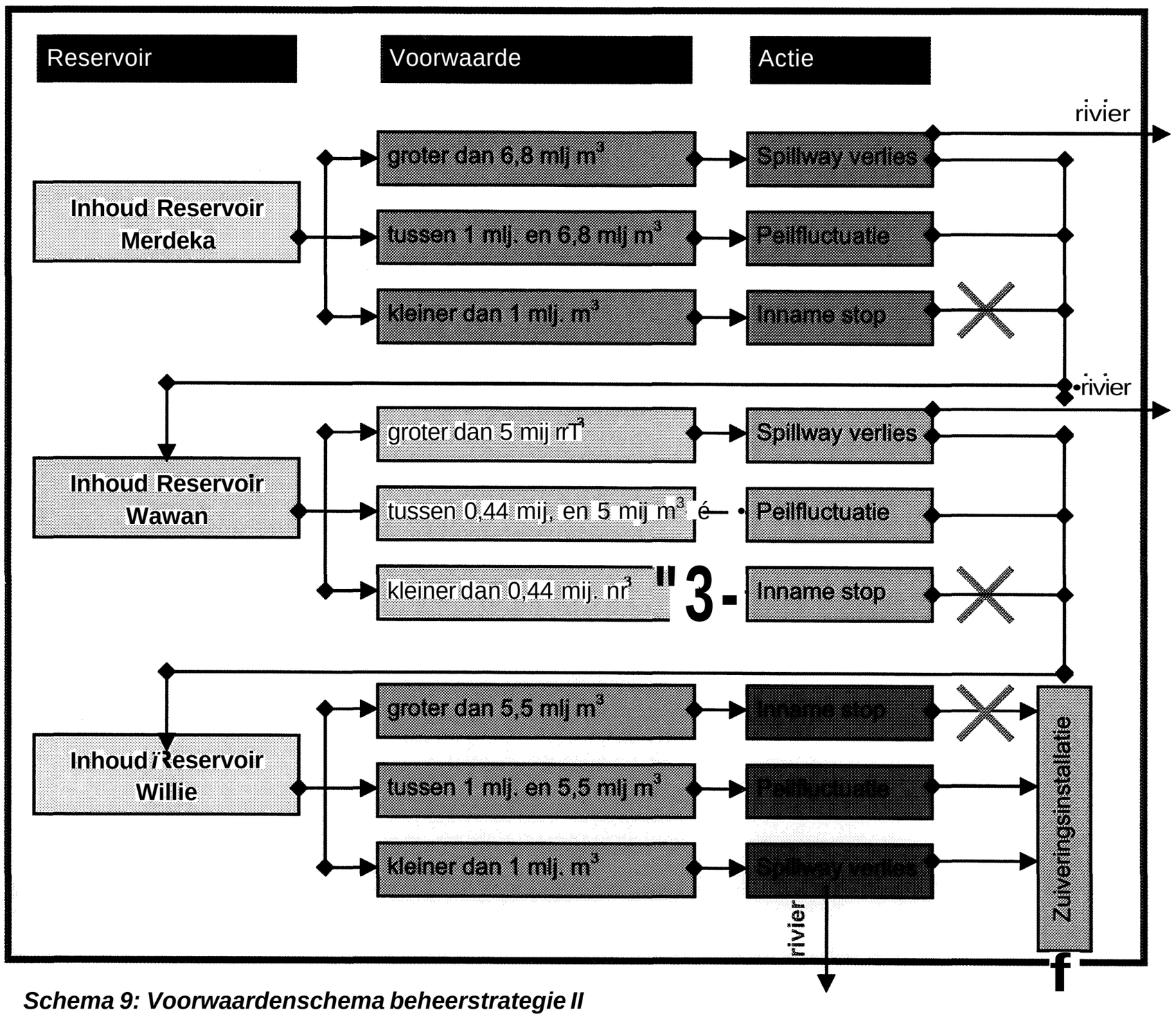
Hydrologisch model

In het onderstaande schema is weergegeven hoe beheerstrategie II is vertaald naar het hydrologische model.



Schema 8:Stroomschema beheerstrategie II

Voordat beheerstrategie II in het hydrologische model kan worden geprogrammeerd, dienen alle randvoorwaarden en uitgangspunten die gelden voor beheerstrategie II te worden vertaald naar een stroomschema met voorwaarden. Dit stroomschema geeft de werking van het hydrologische model aan. In het onderstaande stroomschema staan de voorwaarden en de daaraan gekoppelde acties beschreven voor beheerstrategie II.



Schema 9: Voorwaardenschema beheerstrategie II

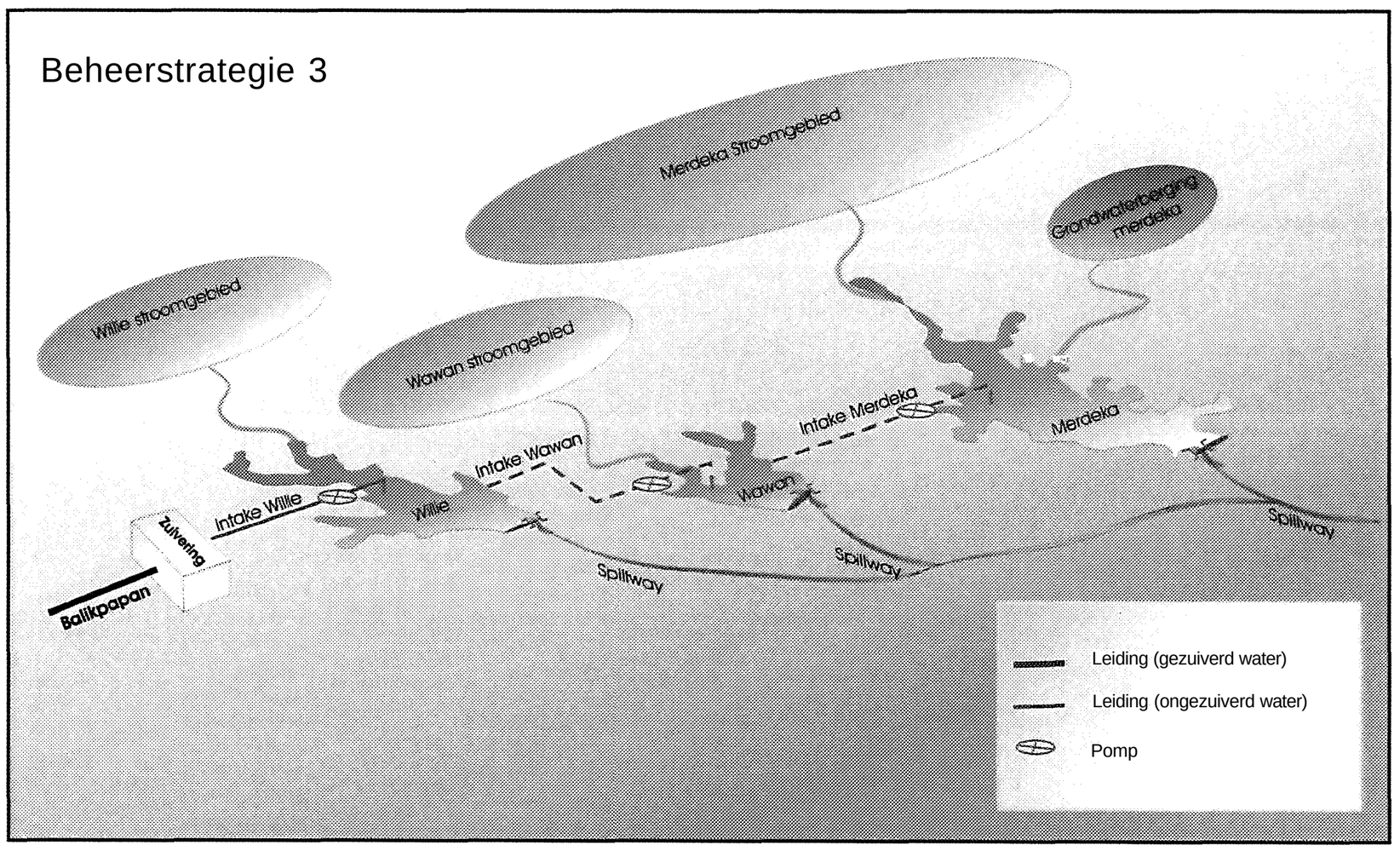
8.4. Beheerstrategie III

In beheerstrategie III worden de reservoirs Merdeka en Wawan gebruikt, om reservoir Willie bij te vullen. Zo wordt er voor gezorgd dat reservoir Willie zo lang mogelijk vol blijft en er voldoende water beschikbaar is voor de drinkwaterzuivering. Door de pompen tussen de reservoirs aan te zetten als er ruimte is in één van de reservoirs en uit weer uit te schakelen als het reservoir vol is, kan er op jaarbasis meer water worden vastgehouden.

Voor deze beheerstrategie zijn de volgende uitgangspunten opgesteld:

- *De pompen tussen de reservoirs Merdeka en Wawan en tussen de reservoirs Wawan en Willie worden indien nodig in en uit geschakeld, om te voorkomen dat er onnodig water wordt verpompt en dit water via de spillway het reservoir verlaat*
- *Alleen voor reservoir Willie moet de downtime nul zijn om continuïteit te garanderen.*
- *Verder wordt voldaan aan de uitgangspunten en randvoorwaarden vermeld in subparagraaf 7.1.1 en 7.1.2*

In het onderstaande figuur is de lay-out van de beheerstrategie III weergegeven:



Figuur 23: schematische weergaven beheerstrategie III

In de onderstaande tabel zijn de lengtes van de pijpleidingen weergegeven.

Pijpleiding	Lengte	
Reservoir Merdeka → Reservoir Wawan	2700	[m]
Reservoir Wawan → Reservoir Willie	3500	[m^{-1}]
Reservoir Willie → Zuivering	2500	[m^{-1}]

Tabel 12: Lengtes pijpleidingen (beheerstrategie III)

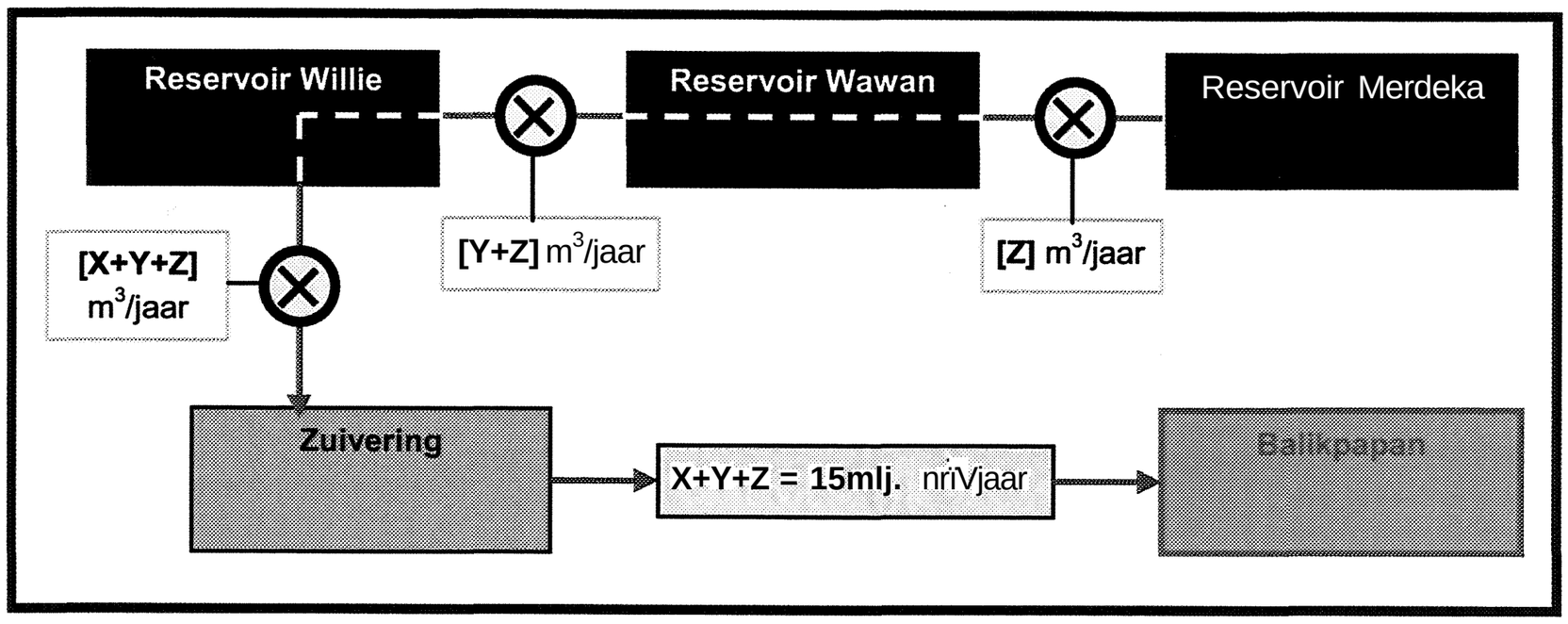
Voor het berekenen van het vermogen van de pompen, is met de onderstaande statische opvoerhoogtes gerekend.

Statisch opvoerhoogte	Max	Min
Reservoir Merdeka → Reservoir Wawan	44 m^{-1}	40 m^{-1}
Reservoir Wawan → Reservoir Willie	13 m^{-1}	-5m^{-1}
Reservoir Willie → Zuivering	35 m^{-1}	27 m^{-1}

Tabel 13: Statische opvoerhoogtes (beheerstrategie III)

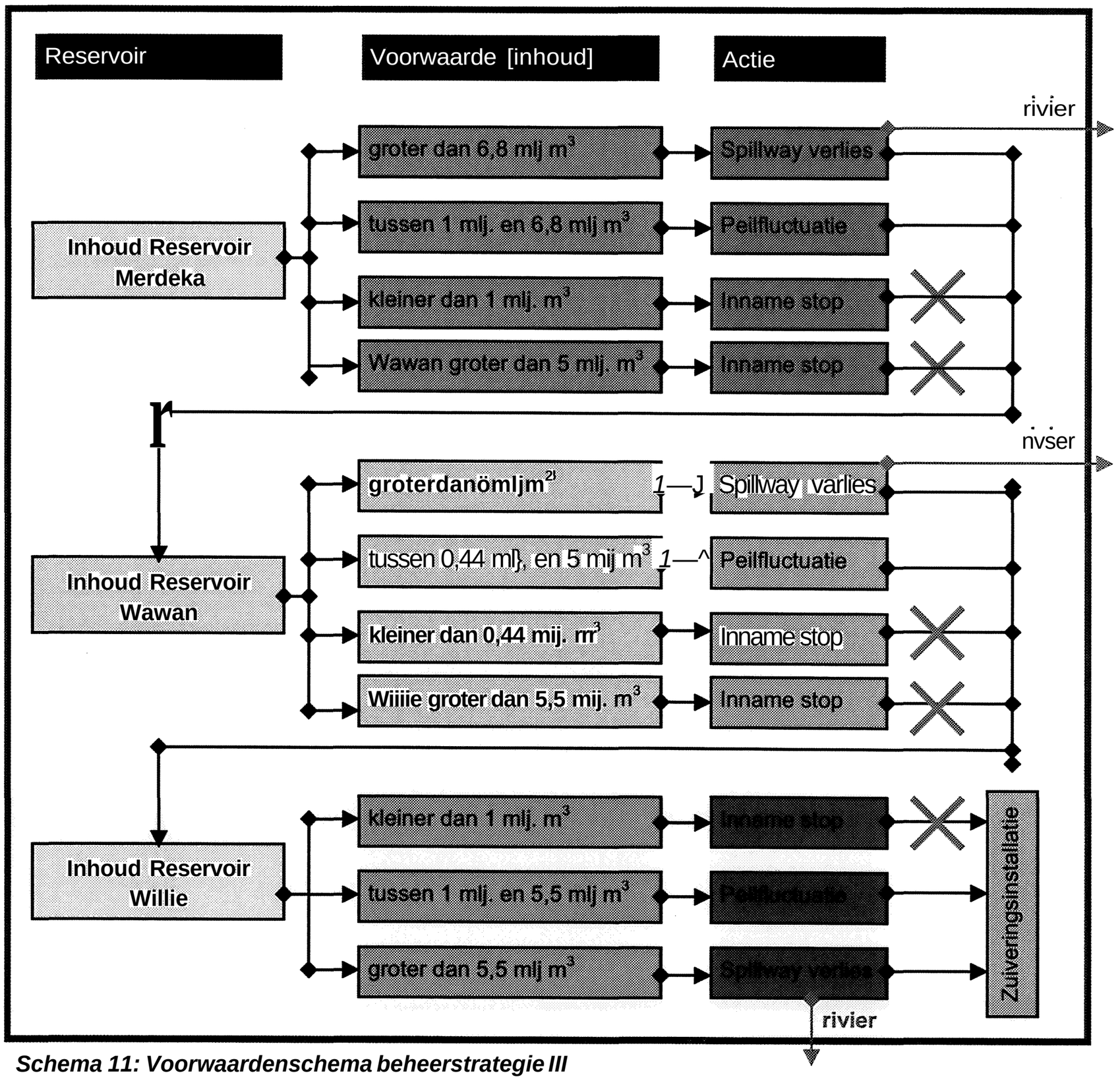
Hydrologisch model

In het onderstaande schema is weergegeven hoe beheerstrategie III is vertaald naar het hydrologische model.



Schema 10: Stroomschema beheerstrategie III

Voordat beheerstrategie III in het hydrologische model kan worden geprogrammeerd, dienen alle randvoorwaarden en uitgangspunten die gelden voor beheerstrategie III te worden vertaald naar een stroomschema met voorwaarden. Dit stroomschema geeft de werking van het hydrologische model aan. In het onderstaande stroomschema staan de voorwaarden en de daaraan gekoppelde acties beschreven voor beheerstrategie III.



Schema 11: Voorwaardenschema beheerstrategie III

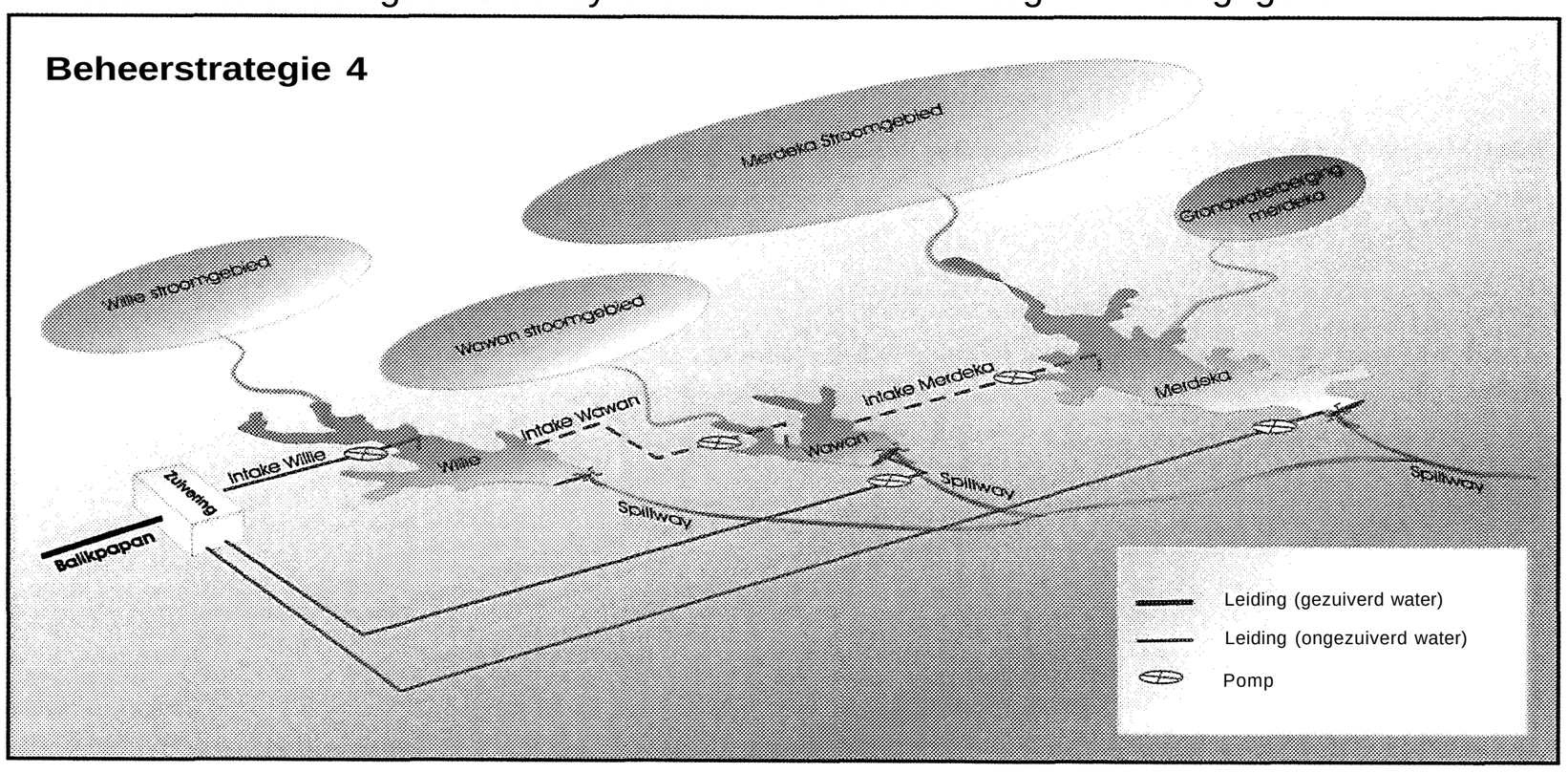
8.5. *Beheerstrategie IV*

Beheerstrategie IV is voor een deel gelijk aan beheerstrategie I. Ook hier wordt het water rechtstreeks van uit de reservoirs naar de drinkwaterzuivering gepompt. Om het systeem dynamischer te maken zijn er pompen toegevoegd tussen de reservoirs Merdeka en Wawan en tussen de reservoirs Wawan en Willie. *[zie Figuur 24]* Met deze pompen kan in de natte perioden van het jaar, als er bij reservoir Merdeka veel water over de spillway gaat, water naar de reservoirs Wawan en Willie worden gepompt. Hierdoor kan er op jaarbasis meer water worden vastgehouden.

Voor deze beheerstrategie zijn de volgende uitgangspunten opgesteld:

- De *pompen tussen de reservoirs Merdeka en Wawan en tussen de reservoirs Wawan en Willie worden indien nodig in en uit geschakeld, om te voorkomen dat er onnodig water wordt verpompt en dit water via de spillway het reservoir verlaat.*
- *De downtime van elk reservoir afzonderlijk moet nul zijn, indien dit niet het geval is zal de productie van drinkwater niet constant zijn.*
- *Verder wordt voldaan aan de uitgangspunten en randvoorwaarden vermeld in subparagraaf 5.1.1 en 5.1.2*

In het onderstaande figuur is de lay-out van de beheerstrategie III weergegeven:



Figuur 24: Schematische weergaven beheerstrategie IV

In de onderstaande tabel zijn de lengtes van de pijpleidingen weergegeven.

Pijpleiding	Lengte	
Reservoir Merdeka → Zuivering	11000	[m^1]
Reservoir Wawan → Zuivering	7000	[m^1]
Reservoir Willie → Zuivering	1800	**[m^1]**
Reservoir Merdeka → Reservoir Wawan	2700	[m^1]
Reservoir Wawan → Reservoir Willie	3500	[m^1]

Tabel 14 Lengtes pijpleidingen (beheerstrategie IV)

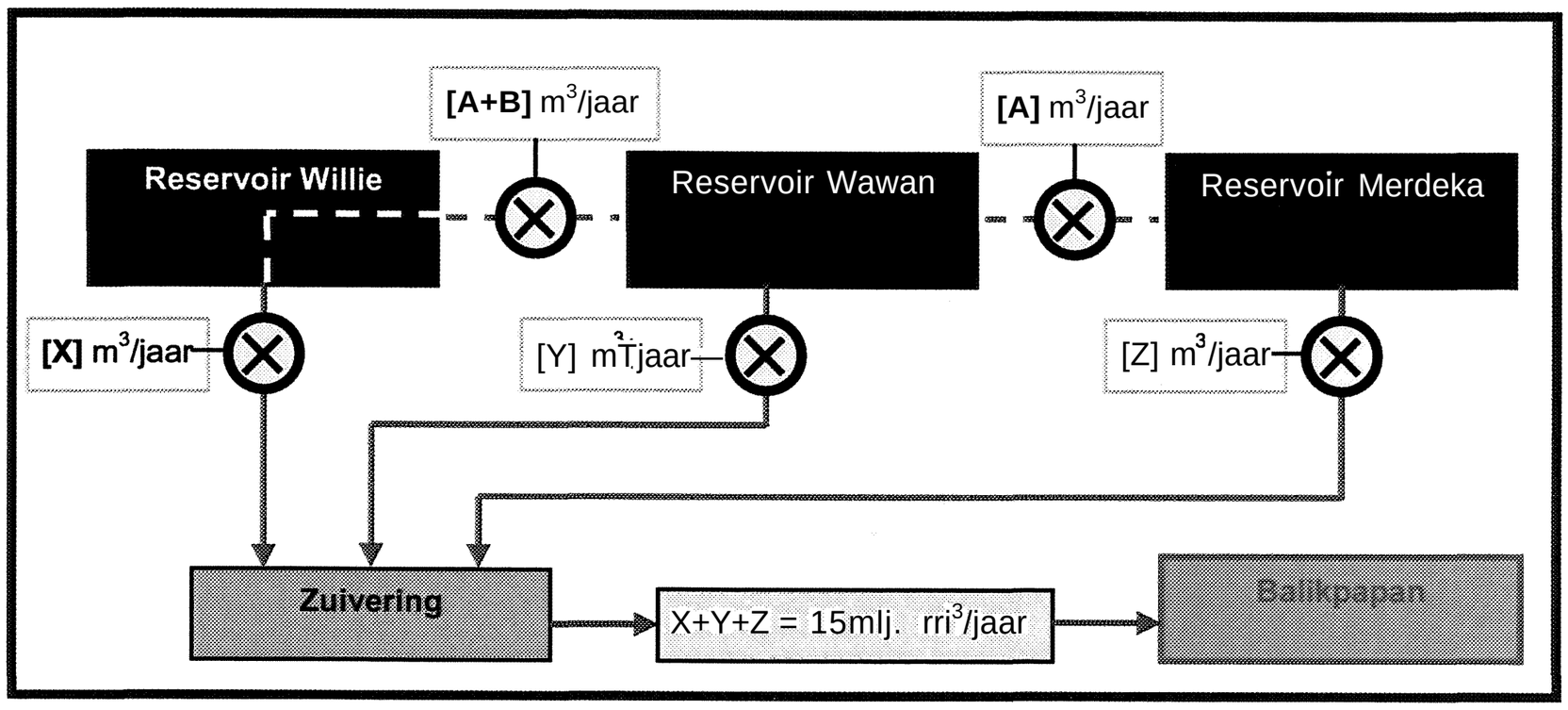
Voor het berekenen van het vermogen van de pompen, is met de onderstaande statische opvoerhoogtes gerekend.

Statisch opvoerhoogte	Max	Min
Reservoir Merdeka → Reservoir Wawan	44 m^1	40 m^1
Reservoir Wawan → Reservoir Willie	13 m^1	-5 m^1
Reservoir Willie → Zuivering	35 m^1	27 m^1

Tabel 15: Statische opvoerhoogtes (beheerstrategie IV)

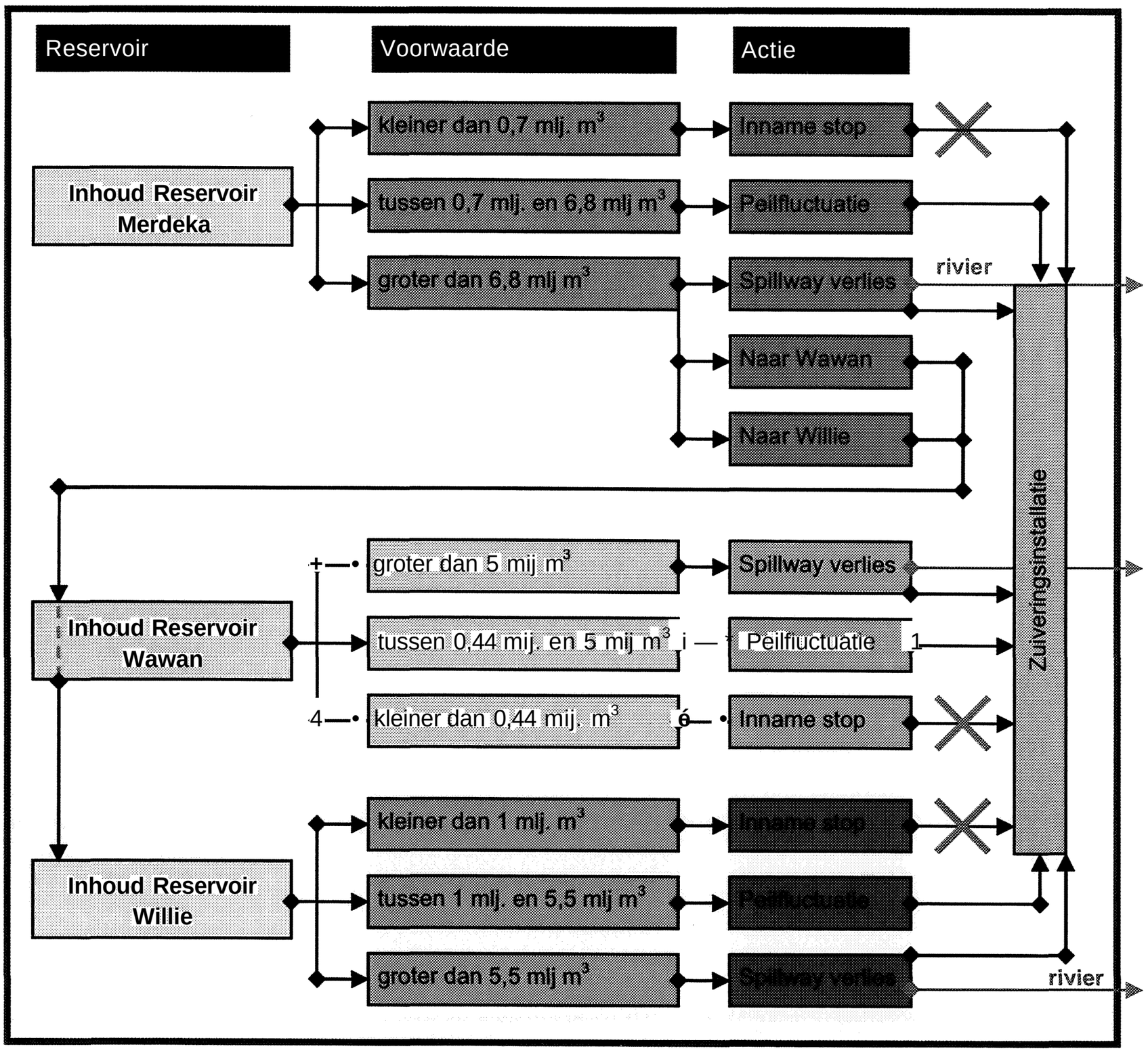
Hydrologisch model

In het onderstaande schema is weergegeven hoe beheerstrategie IV is vertaald naar het hydrologische model.



Schema 12: Stroomschema beheerstrategie IV

Voordat beheerstrategie IV in het hydrologische model kan worden geprogrammeerd, dienen alle randvoorwaarden en uitgangspunten die gelden voor beheerstrategie IV te worden vertaald naar een stroomschema met voorwaarden. Dit stroomschema geeft de werking van het hydrologische model aan. In het onderstaande stroomschema staan de voorwaarden en de daaraan gekoppelde acties beschreven voor beheerstrategie IV.



Schema 13: Voorwaardenschema beheerstrategie IV

9. Resultaten Hydrologische model

In dit hoofdstuk woorden de vier beheerstrategieën met elkaar vergeleken en wordt gekeken wat de sterke en de zwakke kanten zijn van de verschillende beheerstrategieën. Elk van de vier beheerstrategieën is gesimuleerd in het hydrologische model, de uitkomsten van dit model zijn in een tabel gezet.

9.1. Doelstelling berekening

Bij doorrekenen van de vier beheerstrategieën is uit gegaan van de volgende doelstellingen:

- *Het berekenen van de pompcapaciteit en het pompvermogen per reservoir, voor een jaarlijkse drinkwaterproductie van 15.000.000 m^3 drinkwater per jaar.*
- *Het berekenen van de maximale capaciteit van de reservoirs.*

Hierbij is de voorwaarde gesteld:

- *Dat de tijd dat er geen water geleverd kan worden, beperkt moet blijven tot 1%. per 34 jaar.*

De vier beheerstrategieën zijn op de onderstaande acht punten vergeleken:

- *Pompcapaciteit*
- *Pompvermogen*
- *Energieverbruik*
- *Toekomstperfectief*
- *Efficiëntie*
- *Downtime*
- *Lengte van de pijpleiding*
- *Operate time*

9.2. Resultaten beheerstrategieën [15.000.000 m^3 kuuh per jaar]

In bijlage XII t/m XV is voor elk van de vier beheerstrategieën uitgerekend:

- *Wat de benodigde inname per reservoir moet zijn om op jaarbasis 15.000.000 m^3 drinkwater per jaar te kunnen leveren.*
- *Wat de het totaal te verpompen debiet is per reservoir.*
- *Wat het benodigde pompvermogen is om dit debiet te verpompen.*
- *Wat het jaarlijkse energie verbruik is van deze pompen.*
- *Hoeveel procent van de tijd deze pompen aanstaan.*
- *Welk percentage van de aanvoer uit het stroomgebied gezuiverd wordt tot drinkwater.*
- *Wat de downtime is, indien er geen sprake zou zijn van grondwaterstroming.*

In de onderstaande tabel zijn de resultaten van de verschillende beheerstrategieën uit bijlage XII t/m XV naast elkaar gezet, waardoor deze met elkaar vergeleken kunnen worden.

	Beheer -	strategie I	strategie II	strategie III	strategie IV
Inname Merdeka	[m^3/jaar]	10.750.000	11.650.000	10.900.000	10.850.000
Inname Wawan	[m^3/jaar]	2.000.000	1.950.000	2.100.000	2.100.000
Inname Willie	[m^3/jaar]	3.000.000	2.150.000	2.750.000	2.800.000
Totaal		**15.750.000**	**15.750.000**	**15.750.000**	**15.750.000**
Pompcapaciteit Merdeka	[m^3/jaar]	10.750.000	11.650.000	10.900.000	10.850.000
Pompcapaciteit Wawan	[m^3/jaar]	2.000.000	13.600,000	13.000.000	2.100.000
Pompcapaciteit Willie	[m^3/jaar]	3.000.000	15.750.000	15.750.000	2.800.000
Geïnstalleerde capaciteit		**15.750.000**	**41.000.000**	**39.650.000**	**15.750.000**
Pomp vermogen Merdeka	[Watt]	493	313	287	493
Pomp vermogen Wawan	[Watt]	42	189	173	44
Pomp vermogen Willie	[Watt]	53	394	394	51
Totaal	**[Watt]**	**588**	**896**	**854**	**588**
Energie Verbruik Merdeka	[kW/uur]	4.320.200	2.742.380	2.159.640	4.320.200
Energie Verbruik Wawan	[kW/uur]	368.760	1.657.400	1.287.440	387.800
Energie Verbruik Willie	[kW/uur]	465.240	3.451.520	3.451.520	487.800
Totaal	[kW/uur]	**5.154.200**	**7.851,300**	**6.898.600**	**5.158.400**
Lengtes pijpleiding	**[m^1]**	**19.800**	**8.700**	**8.700**	**26.000**
Met grondwater stroming					
Operate time Merdeka	[%]	100	100	85,8	100
Operate time Wawan	[%]	100	100	85,0	100
Operate time Willie	[%]	100	100	100,0	100
Efficiëntie Merdeka	[%]	7,2	7,8	6,2	7,5
Efficiëntie Wawan	[%]	77,5	75,8	66,0	81,1
Efficiëntie Willie	[%]	53,3	40,3	86,1	51,6
Zonder grondwaterstroming					
Operate time Merdeka	[%]	100	100	85,8	100
Operate time Wawan	[%]	100	100	85,0	100
Operate time Willie	[%]	100	100	100,0	100
Efficiëntie Merdeka	[%]	7,0	7,5	6,2	7,6
Efficiëntie Wawan	[%]	77,5	78,5	66,0	81,1
Efficiëntie Willie	[%]	53,3	43,6	86,1	51,6
Downtime Merdeka	[%]	3,4	4,4	3,4	3,4
Downtime Wawan	[%]	0,0	6,9	0	0
Downtime Willie	[%]	0,0	4,7	0	0

Tabel 16: De resultaten van het hydrologische model van vier beheerstrategieën

9.3. *Resultaten beheerstrategieën [maximale capaciteit]*

Met het oog op de toekomst is het interessant om te kijken naar de maximale capaciteit van de drinkwatervoorziening. In bijlage XII t/m XV is voor elk van de vier beheerstrategieën uitgerekend:

- *Wat is op jaarbasis de maximaal te behalen capaciteit van de drinkwatervoorziening.*
- *Wat is dan het totaal te verpompen debiet is per reservoir*
- *Hoeveel procent van de tijd staan deze pompen dan aan.*
- *Welk percentage van de aanvoer uit het stroomgebied wordt gezuiverd tot drinkwater*
- *Wat de downtime is indien er geen sprake zou zijn van grondwaterstroming*

In de onderstaande tabel zijn de resultaten uit bijlage XII t/m XV weergegeven.

	Beheer -	strategie I	strategie II	strategie III	strategie IV
Inname Merdeka	[m^3/jaar]	15.410.000	14.000.000	31.000.000	18.000.000
Inname Wawan	[m^3/jaar]	2.170.000	1.900.000	2.950.000	4.000.000
Inname Willie	[m^3/jaar]	3.020.000	2.000.000	1.050.000	4.000.000
Totaal	[m^3/jaar]	**20.600.000**	**17.900.00**	**35.000.000**	**22.000.000**
Pompcapaciteit Merdeka	[m^3/jaar]	15.410.000	14.000.000	31.000.000	18.000.000
Pompcapaciteit Wawan	[m^3/jaar]	2.170.000	15.900.000	33.950.000	4.000.000
Pompcapaciteit Willie	[m^3/jaar]	3,020.000	17.900.000	35.000.000	4.000.000
Extra Pomp Merdeka	[m^3/jaar]				8.000.000
Extra Pomp Wawan	[m^3/jaar]				4.000.000
Geïnstalleerde capaciteit	[m^3/jaar]	**20.600.000**	**47.800.000**	**99.950.000**	**38.000.000**
Operate time Merdeka	[%]	100	100	90,7	100
Operate time Wawan	[%]	100	100	89,0	100
Operate time Willie	[%]	100	100	100,0	100
Operate time E.P. Merd.	[%]				60,3
Operate time E.P. Wawan	[%]				41,2
Efficiëntie Merdeka	[%]	10,3	9,3	18,4	12,2
Efficiëntie Wawan	[%]	83,5	74,0	65,4	70,1
Efficiëntie Willie	[%]	55,4	37,5	87,7	55,4

Tabel 17: De maximale capaciteit van de reservoirs met grondwaterstroming

Dit zelfde uitgerekend voor het geval er geen sprake zou zijn van grondwaterstroming.

	Beheer -	strategie I	strategie11	strategie III	strategie IV
Inname Merdeka	[m^3/jaar]	6.000.000	5.500.000	31.000.000	6-000.000
Inname Wawan	[m^3/jaar]	2.000.000	2.000.000	2.950.000	3.200.000
Inname Willie	[m^3/jaar]	3,000.000	2.000.000	1.050.000	2.900.000
Totaal		**11.000.000**	**9.500.000**	**35.000.000**	**12.1000.000**
Pompcapaciteit Merdeka	[m^3/jaar]	6.000.000	5.500.000	31.000.000	6.000.000
Pompcapaciteit Wawan	[m^3/jaar]	2.000.000	7,500.000	33.950.000	3.200.000
Pompcapaciteit Willie	[m^3/jaar]	3.000.000	9.500.000	35.000.000	2.900.000
Extra pomp Merdeka	[m^3/jaar]				6.100.000
Extra Pomp Wawan	[m^3/jaar]				2.900.000
Totaal		**11.000.000**	**22.500.000**	**99.950.000**	**21.000.000**
Operate time Merdeka	[%]	100	100	90,7	100
Operate time Wawan	[%]	100	100	89,7	100
Operate time Willie	[%]	100	100	100,0	100
Extra pomp Merdeka	[m^3/jaar]				43,1
Extra Pomp Wawan	[m^3/jaar]				25,0
Efficiëntie Merdeka	[%]	7	3,7	16,4	4,5
Efficiëntie Wawan	[%]	77,5	78,8	65,3	77,1
Efficiëntie Willie	[%]	55,0	37,8	0	48,2

Tabel 18: De maximale capaciteit van de reservoirs zonder grondwaterstroming

§14. Analyse resultaten

De verschillende beheerstrategieën kunnen op de volgende punten worden vergeleken:

- *Gebruik van water uit Samboja Lestari*
- *Efficiëntie*
- *Functioneren zonder grondwaterstroming in Merdeka*
- *Lengte van de pijpleiding*
- *Energie verbruik*
- *toekomst*

In de onderstaande tabel zijn de vier beheerstrategieën op de bovengenoemde punten vergeleken. Hierbij is er een plusje *(+)* toegekend als de strategie het beste scoort op een onderdeel, een minnetje *(-)* als de strategie het slechtste scoort op een onderdeel en een plus/min *(+/-)* als er matig wordt gescoord op een onderdeel.

	Strategie 1	Strategie II	Strategie III	Strategie VI
Gebruik van water uit Samboja Lestari	+	-	+	+
Lengte van de pijpleiding	+/-	+	+	-
Energie verbruik	+	-	+/-	+
Funct. zonder GW stroming in Merdeka	-	-	+	-
Toekomst mogelijkheden (met GWStr)	-	-	+	+/-
Toekomst mogelijkheden (zonder GWStr)	-	-	+	+/-

Tabel 19: Waarding van de beheerstrategieën (+ = goed +/- = gemiddeld - = matig tot slecht)

Uit de bovenstaande tabel blijkt dat beheersstrategie II slecht scoort op de hoeveelheid water dat wordt gebruikt uit de stroomgebieden van de reservoirs Willie en Wawan. De oorzaak hiervan is, doordat de pompen niet aan het uit geschakeld worden, er veel water over de spillway stroomt.

Bij beheerstrategie I en IV scoren slecht op de hoeveelheid pijpleiding. Dit komt, omdat er van uit elk van de drie reservoirs een eigen pijpleiding naar de drinkwaterzuivering gaat. Bij de andere twee beheerstrategieën wordt het water van het enen reservoir in het ander gepompt, waardoor de reservoirs functioneren als een openleiding en er op de hoeveelheid leiding kan worden bespaard.

Door op de hoeveelheid pijpleiding te bezuinigen, moet het water uit reservoir Merdeka meerdere malen worden verpompt voordat het bij de zuivering komt. Hierdoor scoren beheerstrategie II en III slecht op het energieverbruik.

Beheerstrategie III scoort als enige goed op het functioneren zonder grondwaterstroming. De reden hiervoor is, dat door de grote pompcapaciteit de extra peilfluctuaties in de aanvoer zonder grondwaterstroming, beter opgevangen kunnen worden. En doordat de zuiveringsinstallatie in deze beheerstrategie alleen water uit reservoir Willie ontrekt, heeft de downtime in de reservoirs Merdeka en Wawan weinig effect op de downtime van reservoir Willie en de drinkwaterzuiveringsinstallatie .

Met het oog op de toekomst bieden beheerstrategie III en IV het meeste perspectief. Uit tabel blijkt dat hier 35.000.000 m^3 drinkwater per jaar geleverd kan worden.

10. Conclusie

Het vaststellen van een beste beheerstrategie is afhankelijk van de eisen die hieraan worden gesteld. De punten die voor dit project hoog in het vaandel staan zijn:

- *Zo veel mogelijk water uit de stroomgebieden van Willie en Wawan gebruiken, omdat wordt verwacht dat dit water schoner is dan het water uit het stroomgebied van reservoir Merdeka*
- *Een zo laag mogelijk energie verbruik.*
- *Zo weinig mogelijk pijpleiding, omdat hierdoor de investeringkosten snel oplopen.*
- *Goede uitbreidingsmogelijkheden voor de toekomst*

Als van uit deze vier punten naar resultaten van het hydrologische model wordt gekeken, kan worden vastgesteld dat beheerstrategie III als beste uit de bus komt. *[zie Tabel 20]*

	Strategie 1	Strategie II	Strategie III	Strategie VI
Gebruik van water uit Samboja Lestari	+	-	+	+
Lengte van de pijpleiding	+/-	+	+	-
Energie verbruik	+	-	+/-	+
Funct. zonder GW stroming in Merdeka	-	-	+	-
Toekomst mogelijkheden (met GWStr)	-	-	+	+/-
Toekomst mogelijkheden (zonder GWStr)	-	-	+	+/-

Tabel 20: Waarding van de beheerstrategieën (+ = goed +/- = gemiddeld - = matig tot slecht)

In vergelijking tot de andere drie reservoirs, wordt er even veel water uit de stroomgebieden van de reservoirs Willie en Wawan gebruikt, *[zie Tabel 16]* Het energie gebruik is aan de hoge kant, dit komt door dat de reservoirs in serie zijn geschakeld en het water via het ene reservoir naar het ander reservoir naar de zuivering wordt gepompt. Hierdoor wordt het zelfde water meerder keren wordt verpompt, *[zie Figuur 23]* Dit heeft als voordeel, dat er veel minder pijpleiding nodig is.

De grootste voordelen van beheerstrategie III zijn, dat door goed beheer en het grote vermogen van de pompen, de drinkwatervoorziening minder gevoelig is voor droogte, *[zie bijlage XIV]* Dit is te zien aan het punt dat het bij beheerstrategie III niet uit maakt, of er sprake is van een basis aanvoer *(door grondwater stroming)* in reservoir Merdeka.

Ook bied beheerstrategie III het meeste perspectief voor de toekomst. De capaciteit van de drinkwatervoorziening kan met de zelfde reservoirs worden uitgebreid tot 35.000.000 miljoen kubieke meter per jaar. *[zie Tabel 17 en Tabel 18)*

De beheerstrategieën I en IV krijgen wel de voorkeur op het gebied van energieverbruik. Dit lage energie verbruik komt doordat het water rechtstreek naar de zuivering wordt gepompt en niet zoals bij beheerstrategie II en III van reservoir naar reservoir. Hierdoor is er in totaal minder pompvermogen nodig, waardoor de energie kosten lager zijn. Wel moet er hierdoor 2 maal zoveel leiding aangelegd worden, waardoor de investeringskosten veel hoger zullen zijn.

11. Aanbevelingen

Op basis van de beschreven onderzoeken in deze rapportage, worden de volgende aanbevelingen gedaan:

- De reservoirs en de pompstations inrichten conform beheerstrategie III
- Het hydrologische model uitbreiden met dagelijkse neerslag en verdamping data.
- Uitgebreid onderzoek doen naar de basisaanvoer /grondwaterstroming van de reservoirs.
- Uitgebreid onderzoek doen naar de neerslag - afvoer relatie in de stroomgebieden.
- Onderzoek doen naar de evapotranspiratie in de stroomgebieden.

12. Referenties

Literatuur met verwijzing in het rapport

[I] **Witteveen+Bos projectrealisatie, *Samboja Lestari Drinking Water Supply System for Baïikpapan,Managementreview,* 25juli2006**

[2] **Witteveen+Bos projectrealisatie, *Fact Finding Missio Drinking Water Supply System for Baïikpapan,Missionreport,* 20maart2006**

[3] **Witteveen+Bos projectrealisatie, *Conceptual Design Drinking Water Supply System for Baïikpapan,Missionreport,* 10november2006**

[4] Ketelaars, A.L.E., *Dictaat Hydrologie,* maart 1993

[5] **Bruce, F.p., Clark, R.T., *Introduction to Hydrometeorology,* 1966**

[6] **Reynolds, E. R. C. , Thompson, F.B. , *The Workshop Forest, Climate, and Hydrology,*** Augustus 1984

[7] **Unesco, *Water Resources and Irrigation ifAfrica, 1997***

[8] **Kumagai, T., *Annual water balance and seasonality of evapotransipration in a Bornean tropical forest,*** Agricultural and Forest Meteorology (2005)

[9] Ritzema, H. .Wosten H., *Hydrology of Borneo's Peat Swamps,* april 2002

[10] **Noguchi, S., *Runoff Characteristics in a Tropical Rain Forest Catchment,* JARO 39** (2005)

II1] Vugt, A.C. Persoonlijke mededelingen, van 1 september tot 8 januari

Literatuur zonder verwijzing

Riehl, H, Climate *and Weatherin the Tropics,* New York: Academie Press. 1979

Bidin, K_M Chappell, N., Tangki, H., *Net-rainfal in a small selectively-fogged rainforest catchment, Saba, Malasia,* University Malaysia Sabah.

Bidin, K., Chappell, N., Tangki, H., *Characteristics of rain events at an inland location in north-easternBorneo,Malaysia,* UniversityMalaysiaSabah.

Molen, W. H. van der, *De theorie der extreme waarden van Gubel,* Wetenschappelijke dienst (1961)

United States Department of the Interior, *Design of Small Dams,* Bureau of reclamation ThirdEdition1987

GovermentWashington,*DamDesignandConstructionGuidelines,*

Elling, R., *Rapportagetechniek,* Wolters-Noordhoff (1999)

Personen

Wauben, M. Persoonlijke mededelingen, van 1 september tot 8 januari

Ittersum, D. Persoonlijke mededeling, periode 1 september tot 8 januari

Lengkeek, H. Persoonlijke mededeling, periode 1 september tot 8 januari

Dijksma, R. Persoonlijke mededelingen, van 1 september tot 8 januari

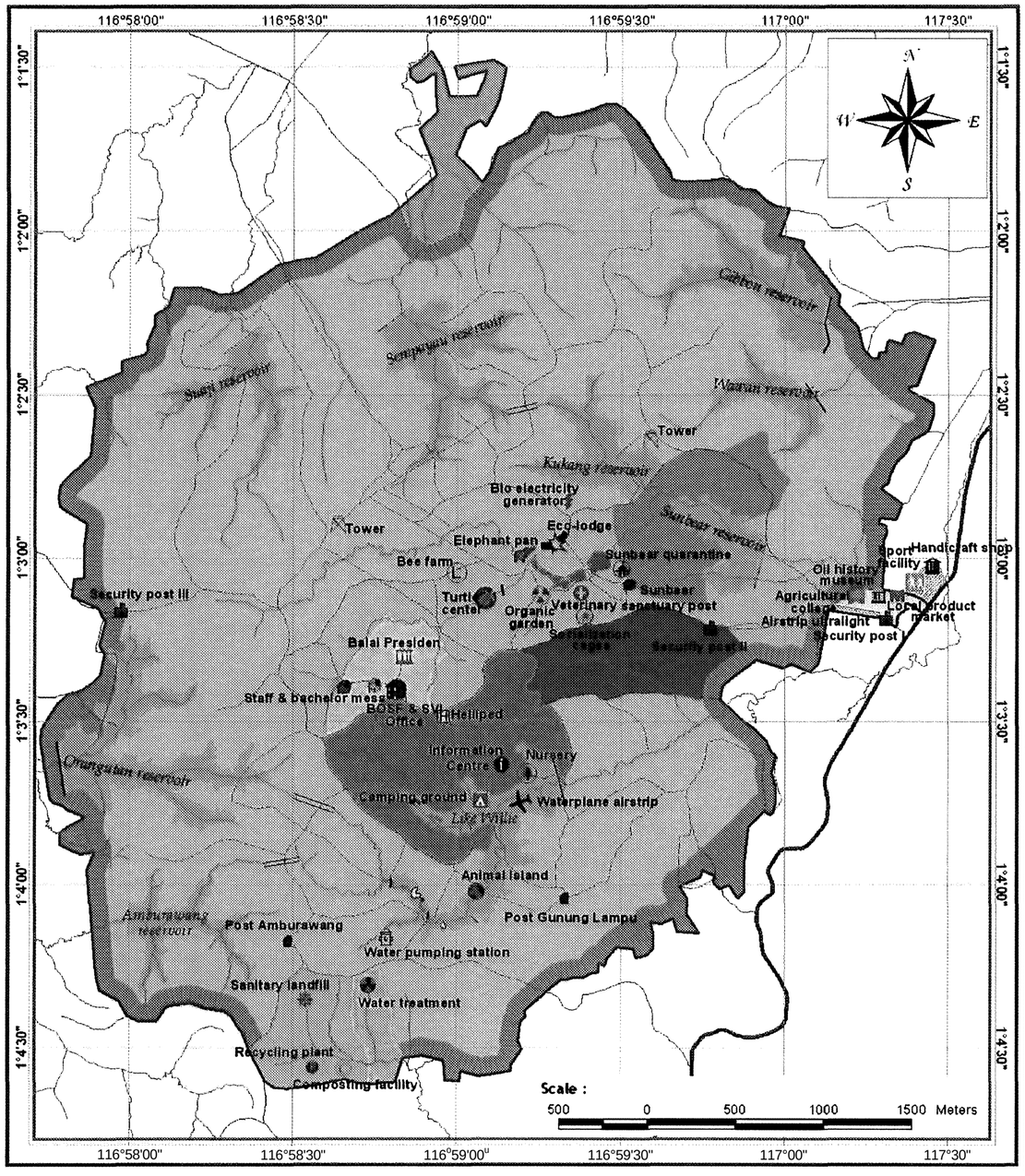
13. Begrippenlijst

Aanvoer	De aanvoer van water uit het stroomgebied.
Benedenstrooms	Een locatie stroom afwaarts
Bodemverhang	Een term die wordt gebruikt om de helling iets aan te geven
BOS foundation	Een stichting die zich inzet voor het behoud van orang-utan en zijn leefomgeving .
Debiet	Een hoeveelheid vloeistof per tijdseenheid
Downtime	De tijd dat de drinkwaterproductie stil ligt, door droogte of mechanisch falen.
GIS model	Een model in een computerprogramma, dat is gebruikt voor het berekenen van hoogte verschillen en de inhoud van de reservoirs
Hydrologisch jaar	Een jaar dat begint en eindigt in het natte seizoen, waneer de watervoorraden in een stroomgebied maximaal zijn.
Inzijging	De infiltratie van water naar de ondergrond in een reservoir.
Irrigatie	Is het water dat gebruikt wordt voor de landbouw, om de gewassen water te geven
Kruin	De bovenkant van een dam
Peilbuis	*Een buis in de grond, waarin de grondwaterstand kan worden gemeten*
PMF	*(Probable Maximum Flood),* de maximaal te verwachten hoeveelheid water per tijdseenheid in het reservoir.
MSL	*Mean Sea Level*
PMP	*(Probable Maximum precipitation,),* de maximaal te verwachten hoeveelheid neerslag in het stroomgebied.
Potentiaalverschil	Hoogte verschil tussen twee waterstanden.
Productie	In het rapport wordt met het woord productie de productie van drinkwater bedoeld.
Samboja Lestari	De naam van een project van de BOS foundation, waarbij de BOS foundation zich inzet voor her bebossing van het gebied rond om de plaats Samboja.
Sedimentatie	Erosie materiaal dat in het reservoir bezinkt en achterblijft.
Spillway	Een noodkanaal waardoor water weg stroomt als de waterstand in het reservoir te hoog dreigt te worden.
Strijklengte	Dit is de lengte waarover een watervliegtuig kan opstijgen, of de lengte van het reservoir
Stroomgebied	Een gebied dat zich kenmerkt door af te wateren naar de zelfde locatie
WHO	World Health Organisation, een organisatie die zich inzet voor een gezonde leef omgeving

Bijlage i

I	Samboja Lestari Masterplan	1
II	Geologische beschrijving Samboja Lestari	3
III	Grondonderzoek Samboja Lestari	7
IV	Infiltratie grononderzoek	9
V	Neerslagdata (maatgevend van 1972 – 2005)	11
VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	13
VII	Tabel met gewasfactoren	15
VIII	Waterbodemtekorten berekeningen van de dam	17
IX	Gebiedsindelingen in het stromingsnet van reservoir Wilis	19
X	Berekenen van gemalvermogen	21
XI	Digitale versie van het hydrologische model	23
XII	Resultaten beheerstrategie I	25
XIII	Resultaten beheerstrategie II	27
XIV	Resultaten beheerstrategie III	29
XV	Resultaten beheerstrategie IV	31

SAMBOJA LESTARI AREA
IN EAST BORNEO - INDONESIA



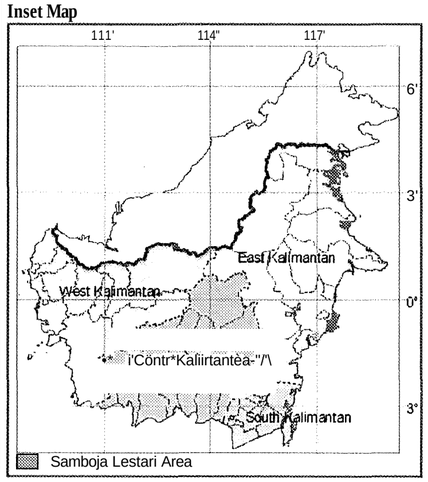
LEGEND

- Pongo pygrnaeus zone
- Arboretum
- Agroforestry demonstration zone
- Fruit production zone
- Sanctuanes and other animal facihties
- Orangutan islands
- Sunbear sanctuary
- BOSF and SV1 campus
- Sugar palm plantation
- Sport facility
- People participatory zone
- Lake/ Reservoir
- DAM
- Water Treatment Plan (WTP)
- Airstrip
- Organic recycled (Compost) area

- Samboja Lestari boundary
- Province road
- Regency road
- Pistrict/village road
- Samboja Lestari road
- River

- Animal island
- Agricultural college
- Bee farm
- Balai presiden
- BOS and SVI office
- Base sunbear sanctuary
- Bio electricity generator
- Camping ground
- Composting facility
- Eco-lodge
- Elepant sanctuary
- Helliped
- Handicraft shop
- Information Centre
- Local product market
- Mess of bachelor
- Mess of staff
- Nursery
- Oil history museum
- Organic garden
- Post
- Recycling plant
- Sport facility
- Sunbear qurantine
- Socialization cages
- Secunty post
- Sanitary landfill
- Tower
- Turtle center
- Vetennary
- Water treatment
- Water pumping station
- Water plane airstrip

Inset Map



Map prepared by :

SarVision Indonesia
Monitoring and Mapping for Nature Conservation

BOS

Copyright ©2005 SVI

Bijlage II

I	Samboja Lestari Masterplan	
II	Geologische beschrijving Samboja Lestri	2
III	Grondonderzoek Samboja Lestari	
IV	Inventarisatie onderzoeken	
V	Neerslagdata (mangaarbeim van 1972 – 2005)	
VI	Berekening van de potentiële evaporatiesom met de Penman formule	
VII	Tabel met gewasfactoren	
VIII	Waterkwaliteitsonderzoeken van de dam	
IX	Peilbuizen in het studiegebied van reservoir Mollie	
X	Bereken van pompvermogen	
XI	Digitale versie van het hydrologische model	
XII	Resultaten beheerstrategie I	
XIII	Resultaten beheerstrategie II	
XIV	Resultaten beheerstrategie III	
XV	Resultaten beheerstrategie IV	

Geological description

Geological background

According to the Geological Map of the Balikpapan Quadrangle, Kalimantan, scale 1 to 250.000 (Hidayat S. et al, 1994), Samboja Lestari and Merdeka area are located on the Balikpapan Formation (Upper Miocene, 5.4 m.a) unconformably overlain by the Kampungbaru Formation (Pliopleistocene, 1.8 m.a). The landform of the area of reservoirs are low denudated undulating plain and gentle undulating slopes with rill-gully erosion processes.

The earth materials consist of weakly to strongly cemented quartz sands and silts, overconsolidated clays, young coals (lignites) and peats. These materials were deposited in deltaic to shallow marine environment on foreland basin with slightly folded interfingering layer-structures (dipping less than 400).
The study of the N-SPT of boring logs of each reservoir, there are 2 (two) units of strength as shown on the stratigraphy of earth material strength illustrated on the cross-section boreholes.

Qeotechnical profile

Geotechnical profiles have been made for each dam location and for WTP location according to the original scope. The profiles are 15m deep and 200m to 400m wide. The geotechnical profiles of the original lakes are presented in appendix #.I. The profiles are at the location according to the original scope. No profiles or boreholes are available at the new location. Almost all boreholes have a different profile and the number of boreholes is insufficient to determine a detailed profile identifying all layers. This is not required for a conceptual design, but will be required for detailed design.

In general, the boreholes at the hills (abutment) show stiff clay layers while the boreholes in the valley (at the river) show both loose sand, soft silt and clay layers in all kind of thickness and sequences. in addition, at some locations young coal layers, claystone layers and carbonised peat layers have been identified.

Additional to the geotechnical survey, geophysical surveys have been performed. One geo-electric survey has been performed at the original location of lake Willie. This survey has been compared with the geotechnical survey. Although there are some similarities, it is not detailed enough to used without geotechnical survey. Two other geo-electric surveys have been performed, one at the new dam location of lake Willie and one at the new dam iocation of lake Wawan. No geo-electric survey could be performed at Merdeka because of the high water level.

Geohydrologic profile

The groundwater level in the valley is about 1m below the ground level, probably directly related to the river level. In most cases the groundwater level did not change due to the borehole connection of multiple aquifers. That means that the sand layers are probably all connected to another and together to the water level in the river.

The groundwater level in the boreholes at the hills is generally higher that in the valley and varies from borehole to borehole. The few sand layers in these boreholes can probably be regarded as separate aquifers.

Soil layers and parameters

The available laboratory results have been analysed and a final set of design parameters is determined. The shallow layers are identified as unit I and the deeper layers as unit II. The main soil layers can be described as:

SAND: Sand poorly graded (SP) and silty sand (SM), fine grained. Yellow brown or grey or whitish colour. The shallow layers can be very loose to medium relative density, typical SPT of 1 to 30. The deeper layers can be medium to very dense relative density, typical SPT of 20to100.

SILT: Sandy to clayey silt (ML). Yellow brown or grey colour. The shallow layers have a soft to stiff consistency, typical SPT of 4 to 20. The deeper layers have a stiff to hard consistency, typical SPT of 15 to 100.

CLAY: Low (CL) to high (CH) plasticity. Grey or dark brownish grey colour. The shallow layers have a stiff to hard consistency, typical SPT of 9 to 50. The deeper layers have a (very) hard consistency, typical SPT of 50 to 100.

Table 1. Representative geotechnical parameters for Samboja Lestari.

layer	1D	**consistency**	**Gdry**	**Gunsat**	**Gsat**	**Phi**	**C**	**CR**	**RR**	**Ca_str**	Cv	**OCR**
			t/m3	**t/m3**	**t/m3**	**degr.**	**kPa**	-	-	-	m2/sec	m
soil	ML	soft to stiff	1.7	**1.9**	2.0	27	5	0.058	0.007	0.0012	2.00E-07	1.5
soil	CL	soft to stiff	1.7	**1.9**	**2.0**	27	5	0.111	0.021	0.0027	2.00E-07	1.5
soil	CH	m.stiff to v.stiff	**1.6**	**1.9**	**2.0**	25	2	0.154	0.028	0.0036	1.00E-07	1.5
soil	PT	stiff to hard	1.0	**1.4**	**1.5**	25	2	0.182	0.028	0.0093	6.00E-07	1.5
soil	SP	loose to m.dense	**1.6**	**1.9**	**2.0**	30	1	0.014	0.003	0.0000	1.00E-01	1.5
soii	CH	v.stiff to hard	1.7	**1.9**	2.0	31	11	0.067	0.011	0.0027	1.00E-07	1.5
soil	SM	m.dense to v.dense	**1.6**	**1.9**	2.0	35	1	0.008	0.002	0.0000	1.00E-01	1.5
soil deep	CH	v.stiff to hard	1.7	**1.9**	2.0	31	11	0.067	0.011	0.0005	1.00E-07	2.0
fill	silt	medium to stiff	1.7	1.7	2.0	25	5	0.060	0.010	0.0024	2.00E-07	1.0
fill	clay	medium to stiff	**1.6**	1.7	2.0	25	5	0.080	0.013	0.0032	1.00E-07	1.0
fill	sand	medium to dense	**1.6**	1.8	**2.0**	30	1	0.010	0.003	0.0000	1.00E-01	1.0

The settlement parameters have been derived from the Oedometer / Consolidation tests. Parameters derived from correlation's are in the same range up to 2 times stiffer. The design parameters can be regarded as safe (upper bound) values.

The effective strength parameters have been derived from the Triaxial CU tests. The Triaxial UU test results can be related, but show a significant scatter. For example, the drained strength parameters for the CH layer are lower than the for CL layer while the undrained strength parameters show the opposite. The design will be based on effective strength parameters.

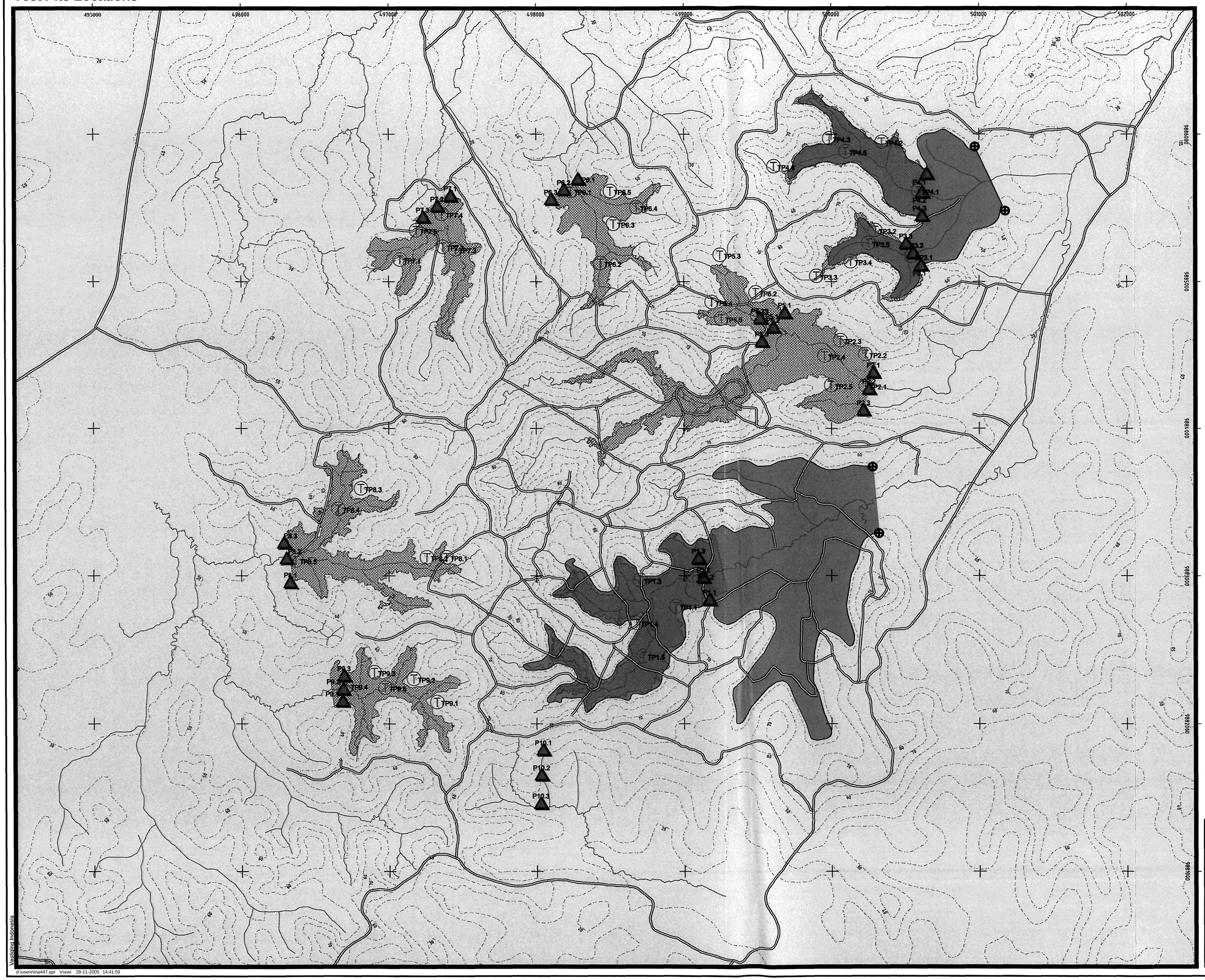
Both the field tests and the laboratory test show that the soils are overconsolidated. The top 5 to 10 meter is less overconsolidated than the deeper layers. This has been modelled with a constant OCR of 1.5 over the top 15m, resulting in a linear increasing overconsolidation stress. For the layers deeper than 15m an OCR of 2 has been assumed.

Bijlage III

I Landkaart Lestari Mandiri
II Geologische beschrijving Samboja Lestari
III Grondonderzoek Samboja Lestari 10
IV Inventarisatie grondonderzoek
V Neerslagdata (Amsterdam van 1970 – 2005)
VI Berekening van de potentiele evapotranspiratie met de Penman formule
VII Tabel met gewasfactoren
VIII Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam
IX Peilmetingen in het stroomgebied van reservoir Wilhe
X Berekenen van pompvermogen
XI Digitale versie van het hydrologische model
XII Resultaten beheerstrategie I
XIII Resultaten beheerstrategie II
XIV Resultaten beheerstrategie III
XV Resultaten beheerstrategie IV

INA447-3 Semboja Lestari Drinking Water Supply System for Balikpapan

Test Pits Locations



Shape	Locahon	Tp code	Northing	Easfing	Msl	Depth	Remarks
Poinf	Lake Willie	TP1.1	9882459	498547	4360	1.50	
Point	Lake Wiltie	TP1.2	9882666	498662	32.17	1.50	
Poinf	Lake Willie	TP1.3	9882636	498303	4456	1.50	Bulk Sampling
Point	Lake Willie	TP1.4	9882347	498280	50.99	1.50	
Poinf	Lake Willie	TP1.5	9882124	498328	35.50	1.50	
Poinf	Sunbear	TP2.1	9883956	499837	26.17	1.50	
Poinf	Sunbear	TP2.2	9884170	499836	39.78	1.50	
Poinf	Sunbear	TP2.3	9884266	499666	3946	1.50	Bulk Sampling
Poinf	Sunbear	TP2.4	9884160	499558	35.60	1.50	
Point	Sunbear	TP2.5	9883959	499603	4017	1.50	
Point	Wawan	TP3.1	9884836	500147	29.89	1.50	
Poinf	Wawan	TP3.2	9885014	499903	37.52	1.50	
Poinf	Wawan	TP3.3	9884703	499503	4098	1.50	
Poinf	Wawan	TP3.4	9884803	499736	39.34	1.50	
Poinf	Wawan	TP3.5	9884925	499858	32.93	1.50	Bulk Sampling
Point	Gibbon	TP4.1	9885281	500192	29.10	1.50	
Point	Gibbon	TP4.2	9885614	499947	4214	1.50	
Point	Gibbon	TP4.3	9885637	499592	4346	1.50	
Point	Gibbon	TP4.4	9885448	499214	4083	1.50	Bulk Sampling
Poinf	Gibbon	TP4.5	9885548	499703	31.90	1.50	
Point	Kukang	TP5.1	9884436	499103	31.16	1.50	
Point	Kukang	TP5.2	9884592	499092	52.48	1.50	
Point	Kukang	TP5.3	9884848	498847	4762	1.50	
Poinf	Kukang	TP5.4	9884525	498791	55.83	1.50	Bulk Sampling
Poinf	Kukang	TP5.5	9884414	498858	34.10	1.50	
Point	Sempayau	TP6.1	9885281	497836	17.50	1.50	
Point	Sempayau	TP6.2	9884792	498036	22.19	1.50	
Point	Sempayau	TP6.3	9885059	498125	38.86	1.50	
Point	Sempayau	TP6.4	9885172	498280	23.97	1.50	
Point	Sempayau	TP6.5	9885281	498103	38.48	1.50	Bulk Sampling
Point	Suwaji	TP7.1	9884815	496680	29.30	1.50	
Point	Suwaji	TP7.2	9884903	496969	28.90	1.50	Bulk Sampling
Point	Suwaji	TP7.3	9884885	497055	23.30	1.50	
Poinf	Suwaji	TP7.4	9885125	496963	15.70	1.30	
Point	Suwaji	TP7.5	9885014	496791	29.30	1.50	
Point	Orangutan	TP8.1	9882792	496991	4037	1.50	
Poinf	Orangutan	TP8.2	9882792	496858	4995	1.50	
Poinf	Orangutan	TP8.3	9883259	496413	47 97	1.50	Bulk Sampling
Poinf	Orangutan	TP8.4	9883119	496262	31.18	1.50	
Poinf	Orangutan	TP8.5	9882770	495971	29.17	1.40	
Poinf	Amburawang	TP9.1	9881814	496925	51.31	1.50	
Poinf	Amburawang	TP9.2	9881970	496769	4953	1.50	Bulk Sampling
Point	Amburawang	TP9.3	9882014	496502	4670	1.50	
Point	Amburawang	TP9.4	9881921	496315	32.67	1.40	
Point	Amburawang	TP9.5	9881910	496576	33.57	1.50	

Shape	Locahon	Bh code	Easting	Northing	Msl
Point	Lake Willie	P1.1	49877644	9882508.96	43782
Point	Lake Willie	P1.2	498734 95	9882661.80	26466
Point	Lake Willie	P1.3	498700.72	9882789.25	34.100
Point	Sunbear	P21	49989031	9884052.07	34.673
Point	Sunbear	P22	49986082	9883940.17	25397
Point	Sunbear	P23	49982285	9883795.22	33656
Pomt	Wawan	P31	50021296	9884783.22	26845
Point	Wawan	P32	50015835	9884865.48	21989
Pomt	Wawan	P33	500111.46	9884929.61	34 854
Point	Gibbon	P4.1	50024923	9885402.67	33.604
Point	Gibbon	P4.2	50021982	9885278.66	18.060
Point	Gibbon	P4.3	500217.76	9885118.07	33213
Poinf	Kukang	P5.1	49928889	9884458.96	42 306
Poinf	Kukang	P5.2	49921040	9884358.67	26241
Pomt	Kukang	P5.3	499134.73	9884262.66	38 649
Pomt	Kukang	P52S	499121.55	9884420.65	27049
Pomt	Sempayau	P51	49788693	9885366.23	34 104
Point	Sempayau	P6.2	49779272	9885294.32	20.883
Point	Sempayau	P5.3	497706.68	9885228.57	32960
Point	Suwaji	P7.1	49702426	9885252.87	33250
Pomt	Suwaji	P7.2	49693243	9885182.09	22129
Pomt	Suwaji	P73	49683636	9885108.12	33196
Pomt	Orangufan	P81	49593279	9882625.66	39 246
Pomt	Oranqutan	P8.2	49590707	9882787.89	26369
Pomt	Orangufan	P83	49589040	9882893.07	28985
Pomt	Amburawanq	P9.1	49628893	9881824.22	42.453
Point	Amburawang	P9.2	496293.52	9881905.93	32849
Point	Amburawang	P93	49629858	9881995.99	41.453
Pomt	WTP	P10.1	49764800	9881494.00	53500
Pomt	WTP	P10.2	49763500	9881325.00	34.500
Pomt	WTP	P10.3	49763100	9881133.00	14.500

- Testpit
- Dam axis September 2006
- Bor hole location
- River
- Countur 10 m interval
- Road
- Reservoirs 13 June 2006
- Reservoir final conceptual design

N

INA447-3

kaartnummer

schaal: **1:25.000** 0 200 400 600 800 1000 Meters

projectcode:	INA447-3
versie:	1.0 concept
datum:	28-11-2006
getekend:	JUNR
gecontroleerd:	VELR2

Witteveen + Bos

Vastblad Indonesia

d:\user\ina447.apr Vrawi 28-11-2005 14:41:59

PRELIM1NARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	:	SOL INVESTIGATION AT S AMBO JA LESTARI AREA	WATER TABLE (M)	:	Dry
-	:	SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	:	May 2 to 3, 2006
CLIENT	:	WITTEVEEN + BOS	BORING METHOD	:	Coring, Samplln g
LOCATION	:	Lake Wiite	SAMPUNG METHOD	:	Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE *HO.*	:	P1.1	SPT	:	Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	:	-	DRILLER	:	E. Furqon
COORDINATES	:	E--; N=-	LOGGER	:	Waryat
DEPTH (M)	:	15.44	REVIEW BY	:	- Page: 1 of 1

DEPTH (meter)	USCS CHART	GRAPH SYMBOL	ROCK/SOIL DESCRIPTION	as r)	qu (kg/cm2)	SPT - N value Depth (m)	BLOWS PER CM	N PER FOOT 40 80	RY 8 %) - 40 80
0.00	ML		SANDY SILT, yellowish brown cobur, sand is fine grained, none to low plasticity, slightly clayey, sace ofweathered silsione, stiff.	1.00	1.75				
				1.70	1.75	1.85	15/30		
				3.00	2.00				
4.00			CLAY, gray colour, high plasticiy, tracé of fine sand, stiff to very stiff. become hard below 5.7 Q m towaid the depth.	3.70	2.25	3.35	14/30		
				5.00	3.50				
	CH			5.70	>4.5	5.85	43/30		
				6.15	>4.5				
				7.00	>4.5				
				8.00	>4.5	8.15	46/30		
				9.00	>4.5				
				10.00	>4.5	10.15	76/30		
				11.00	>4.5				
11.90									
12.00	CH		SSLTSTONE, grayish brown coloured, moderate^ cemented, (lenses) moderately hard.	12.00	>4.5	12.15	59/30		
12.60	PT		CLAY, gray colour, high plasticky, slightly sity, hard.						
12.80			PEAT, black colour, organic cafbonized.	13.00	>4.5				
	CH		CLAY, *giay* colour, hi^i plasticity, tracé of fine sand, hard.	14.00	>4.5	14.15	87/30		
				15.00	>4.5	15.15	87/29		
15.44			END Of BORING. CASttIG DOWN T01100 M DEPTH.						

Ground Water Table:
May 2,200617:00, casing -12.00, GWL: -11.70 m
May 3.2006 07:30, casing -12.00, GV/L: Dry
May 3,200614:00 after ptil out c asing. GWL -13.80 m

PREUMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	: SOILINVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARIAREA	WATER TABLE(M)	: -0.80
-	: SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	: May 5, 2006
CUENT	: WITTEVEEN + BOS	BORING METHOD	: Coring, Sampling
LOCATION	: Lake Willie	SAMPUNG METHOD	: Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	: P1.2	SPI	: Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	: -	DRILLER	: E. Furqon
COORDINATES	: E=-; N=-	LOGGER	: Waryat
DEPTH (M)	: 15.40	REVIEW BY	: - Page: 1 of 1

DEPTH (meter)	CHART	GRAPH SYMBOL	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (m)	(kg/cm2)	SPT - N value: Depth (m)	BLOWS PER CM	N PER FOOT	CORE RECOVERY (%)
0.00	SM		SILTY SAM), yeüowish brown coiour, fine grained sands, slightiy clayey„ tracé of siltstone fragmenb, loose.					40 80	40 80
1.70	SP		SAND, gray coJour, fine grained sands,. pooriy graded, slightly sity, tracé oi sandstone fragments, loose.			1.85	6/30		
						3.15	8/30		
5.45	ML		SAISDY SILT, gray cofour, sand is fine grained, none to iow plasticity, slightly clayey, very stïf to hard.	5.45	4.00	5.15	21/30		
6i.00				6.00	4.00				
5.7C				6.70	4.50	6.85	26/30		
				7.15	>4.5				
				8.00	>4.5				
				9.00	>4.5	9.15	68/30		
				10.00	>4.5				
				11.00	>4.5	11.15	77/30		
				11.45	>4.5				
12.00	SP		SANO, whitish gray colour, fine grained sands, quartz sands, pooriy graded, few silt, very dense.			13.15	81/30		
						15.15	87/30		
15.40			END OF BORING. CASINO DOWN TO 12.50 M DEPTE Ground Water Table: May 5,2006 no casino, fist ground water found at -0.80 m depth May 6,2006 cashg -10.00 m, water flow out from 12.50-13.00 m depth.						

PRELIMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	:	SOIL INVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARIAREA	WATER TABLE(M)	:	-0.80
-	:	SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	:	May 7 TO 8, 2006
CUENT	:	WITTEVEEN + BOS	BORING METHOD	:	Coring, Sampling
LOCATION	:	Lake Willie	SAMPLING METHOD	:	Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	:	P1.2	SPT	:	Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	:	m	DRILLER	:	E. Furqon
COORDINATES	:	E=-;N=-	LOGGER	:	Waryat
DEPTH (M)	:	15.39	REVIEW BY	:	- Page : 1 of 1

SAMPLE	Depth (m)	USCS CHART	GRAPH SYMBOL	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (m) x2	qu (kg/cm2)	SPT - N value: Depth (m)	SPT - N value: BLOW3 PER CM	SPT - N value: N PER FOOT 40 80	RECOVERY (%) 40 80
	0.00			SILTY CLAY, yelowish brown cdour, low to medium ptastichy, few fine grained sands, siiff.	0.50	1.75				
i.00		CL			1.00	1.75				
					1.70	2.00	1.85	7/30		
					2.15	2.00				
3.00	3.00			CLAY, gray cobur, medium to high plasücity, tracé of fine grained sands, stir to very söff. become hard below 5.70 m toward the deptfi.	3.00	2.50				
! ,					3.70	3.00	3.85	15/30		
					4.15	2.75				
5.00		CH			5.00	3.00				
					5.70	>4.5	5.85	32/30		
					7.00	>4.5	7.15	48/30		
	7.45	PT		PEAT, black colour, organic maner caibonized, slightly dayey at lower part hard.						
	8.00			CLAY, dark gray cdour, medium to high plasticity, few organic maners, tace of fine grained sands, hard.	3.00	>4.5				
					9.00	>45	9.15	58/30		
					9.45	>4.5				
		CH			10.00	>4.5				
					11.00	>4.5	11.15	82/30		
					1U5	>4.5				
	12.00	SM		SILTY SAND, light gray colour, gine grained, very dense.						
	13.00			SAND, light gray colour, fine grained, some quartz sands, pooriy giaded, slightly siky, very dense.			13.15	83/27		
		SP							IJ> 100	
	15.39			END OF BORING. CAS1NG DOWN T013.70 M DEPTH.			15.15	87/24		

Ground Water Table:
May 8,2006 07:30, casing -13.70 m, GWL* -7.30 m depth
May 9,2006 after pull out casing, GWL: -5.60 m depth.

PRELIMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	:	SOM. INVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARI AREA	WATER TABLE (M)	:	6.30
-	:	SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	:	May 17, 2006
CUENT	:	WITTEVEEN + BOS	BORING METHOD	:	Coring, SampBng
LOCATION	:	Wawan Reservoir	SAMPUNG METHOD	:	Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	:	P3.1	SPT	:	Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	:	-	DRIUER	:	Masdar
COORDINATES	:	E=~; N=-	LOGGER	:	Waryat
DEPTH (M)	:	15.12	REVIEW BY	:	- Page: 1 of 1

SAMPLE	DEPTH (meter)	GRAPH SYMBOL	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (meter)	s (kg/cm2)	SPT - N value: 2-1	BLOWS PER CM	N PER FOOT 40 80	RECOVERY (%) 40 80
	0.00	ML	CLAYEY SILT, yelowish brown cdour, lowto medium plastidty, few fine grained sands, medium stïf to stiff.	2.15	1.25	1.85	16/30		
1.00 T.70	3.00	SM	SITY SAND, yellowish brown to reddrsh brown cobur, f'ne grained, quartz sands, medium dense.	3.00	1.50	3J5	32/30		
100 3.70	4.00	CH	CLAY, CTaycobtff, high plasticity, few organtc cafborized at 7.10 to7.50 m depth, hard.			5.85	49/30		
5.00 5.70				3.00	>4.5	&15	50/15	N > 100	
				9.00	>4.5				
				10.00	>45	mis	50/7	N > 100	
				11.00	>45	11.00	50/15	N >100	
				12.00	>4.5	12.15	50/14	N > 100	
				13.00	>4.5				
				14.00	>4S	14.00	50/12	N > 100	
	15.12		END OF BORING. CASING DOWN T010.15 M DEPTH.	15.00	>4.5	15.00	50/12	N > 100	

Ground Water Table:
May 17,2006 after pul out casng, GV/l: -6.50 m
May 18,2006 after 1 day completbn, GWL: -6.30 m

PRELIMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	: SOIL INVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARI AREA	WATER TABLE (M)	: -0.60
-	: SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	: May 20, 2006
CUENT	: WITTEVEEN + BOS	BORING METHOD	: Coring, SampHng
LOCATION	: Wawan Reservoir	SAMPUNG METHOD	: Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	: P3.2	SPI	: Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	: -	DRILLER	: Masdar
COORDINATES	: E=-; N=-	LOGGER	: Waryat
DEPTH (M)	: 15.39	REVIEW BY	: - Page : 1 of 1

DEPTH (meter)	GRAPH SYMBOL	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (meter)	qu (kg/cm2)	SPT - N value: Depth (m)	BLOWS PER CM	NPERFOOT 40 80	RECOVERY (%) 40 80
0.00	SM	SILTY SAMD, yellowish brown colour, fine grained, quartz sands, siighdy clay, loose.			1.85	1/30		
4.00	CH	CLAY, gray colour, Ngh fdastidty, tracé of fine grained sands, stïfto very stiff.	5.00	125	3.85	5/30		
			5.70	2.00	5J5	25/30		
			6.15	2.25				
7.30	SM	SILTY SAND, gray cobur, fine grained, quartz sands, siighdy clay, dense.			3.15	32/30		
9.30	CH	CLAY, gray colour, high plasticity, hard,	10.00	:>4.5	10.15	61/30		
			11.00	>4.5				
			12.00	>4.5	12.15	50/10	N > 100	
			13.00	>4.5				
			14.00	>45	14.15	50/11	t> 100	
			15.00	:>4.5	15.15	50/9	N > 100	
15.39		END OF BORING. CA3NG DOWN TO 12.15 M DEPTH. Ground Water Table: May 21,2006 after 1 day completion. GWI: -0.60 m						

PRELIMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	: SOILINVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARIAREA	WATER TABLE (M)	: -7.15
-	: SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	: May 23, 2006
CUENT	: WITTEVEEN + BOS	BORING METHOO	: Coring, Sampling
LOCATION	: Wawan Reservoir	SAMPUNG METHOD	: Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	: P3.3	SPT	: Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	: -	DRILLER	: Masdar
COORDINATES	: E=-; N=-	LOGGER	: Waryat
DEPTH (M)	: 15.45	REVIEW BY	: - Page : 1 of 1

DEPTH (m)	ROCK/SOIL DESCRIPTION	
0.00	CLAYEY SiLT, yelowish gray colour, low plasticity, few fine grained sands, few organic maners at upper part, stif.	ML
4.00	SANDY SI.T, yellowish brown cdour with igJt gray mottled, none to low pbsticity, sand is fine grained slightty cby, stiff.	ML
7.00	SILTY SAND, yellowish brown cobi?, fine grained, quartz sands, sltghtly clay, tracé of organic matters, medium denseto dense.	SM
11.00	SAND, brownish gray colour, fine grained, quartz sands, dense to very dense.	SM
15.45	END OF BORING. CAS1NG DOWN TO 10.15 M DEPTH. Ground Water Table: May 24,2006 after 1 day completbn, GWL -7.15 m	

dB	qu (kg/cm2)	SPT - N value	BLOWS PER CM	N PER FOOT (40 / 80)	RECOVERY (40 / 80)
1.00	0.50				
1.70	1.00	1.35	8/30		
2.15	125				
3.00	1.50				
		3.85	16/30		
4.15	1.50				
5.00	1.50				
5.70	125	5.85	13/30		
6.15	1.50				
7.00	1.50				
		8.35	27/30		
		10.15	50/22		
		1115	50/25		
		14.15	51/30		
		15.15	64/30		

PRELIMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	: SOIL INVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARIAREA	WATER TABLE(M)	: 10.00
-	: SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	: May 13 to 14, 2006
CUENT	: WITTEVEEN + BOS	BORING METHOO	: Coring, Samplsng
LOCATION	: Gibbon Reservoir	SAMPUNG METHOD	: TNn Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	: P4.1	SFÏ	: Automatic Hamrner (AH)
ELEVATION (M)	: -	DRILLER	: Masdar
COORDINATES	: E=-; N=-	LOGGER	: Waryat
DEPTH (M)	: 15.23	REVIEW BY	: - Page : 1 of 1

SAMPLE	DEPTH (meter)	USCS CHART	GRAPH	ROCK/SOIL DESCRIPTION	STRENGTH (kg/cm2)	qu (kg/cm2)	SPT - N value Depth (m)	BLOWS PER CM	NPERFOOT 40 80	RECOVERY (%) 40 80
	0.00	ML		SANDY SILT, yeHowish brovm *cckm,* dark brown at upper part, sand is fine grained, none to low plastidty, slighdy clay, stïf to very stm.	1.00	125	1J5	10/30		
T.70					2.15	1.50				
3.00					3.00	1.50				
3.70					3.70	1.75	3.85	20/30		
S.CO							**5.85**	**15/30**		
					6.15	1.00				
					7.00	1.50				
8.00	7.50	CH		CLAY, gray coiour, Ngh piasticity, tace of fine sand, slightty sil, hard	8.00	3.00			i> 100	
8.50					aSO	>4.5	**3.50**	50/15		
					9.00	**>4.5**				
									t|> 100	
					10.00	**>4.5**	10.15	50/10		
					11.00	>4.5				
	11.80			COAU black colour, medium dencity, brittle.			1100	50/12	N > 100	
	12.80	CH		CLAY, dark biownish gray cotaur, high plasöcity, few fine grained sands, hard.	13.00	>4.5	13.15	50/10	N > 100	
					1400	>4.5	1400	50/15	N > 100	
	15.23			END Of BORING. CASING DOWN T010.15 M DEPTH.	15.00	>45	15.15	50/8	N > 100	

Ground Water Table:
May 14,2006 O7:3O, casing -10.15, GWl: -13.00 m
May 15,2006 after 1 day completion, GWl: -10.00 m

PREUMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	: SOIL INVESTIGATION AT SAMBOJA LESTARI AREA	WATER TABLE(M)	: 0.95
-	: SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	: May 10 to 11, 2006
CUENT	: WITTEVEEN • BOS	BORING METHOD	: Coring, Sampling
LOCATION	: Gibbon Reservoir	SAMPUNG METHOD	: TNn Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	: P4.2	SFT	: Automatic Hammer (AH)
ELEVATION (M)	: -	DRILLER	: Masdar
COORDINATB	: E=-; N=-	LOGGER	: Waryat
DEPTH (M)	: 15.42	REVIEW BY	: - Page : 1 of 1

DEPTH (meter)	SOIL CLASS	GRAPHIC LOG	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (meter)	qu (kg/cm2)	SPI - N value: BLOWS PER CM	SPI - N value: NPERFOOT	WC (%)
0.00	ML		SANDY SILT, yellowish brown colour, none to low plasticity, sand is fine grained, signtry day, medium stiff.	1.00	025			
1.70	SM		SILTY SAND, whitish gray colour, fine grained, quartz sands, tracé of sandstone gravels, medium dense to dense.	1.85		15/30		
				3.85		23/30		
				5.85		46/30		
7.00	SM		SILTY SAND, black cobur, organic carbonized mixtured, dense.					
8.00	CH		CLAY, brownish gray colour, high plasticity, organb carbonized at 13.20to 13.30 m depth, hard.	8.00	2.D0			
				8.70	2.00			
				9.15	4.50	3.35	30/30	
				10.00	>4.5	10.15	49/30	
				11.00	>4.5			
				1100	>4.5	1115	51/30	
				13.00	>4.5			
				14.00	>4S	14.15	58/30	
				15.00	>4.5	15.15	50/12	
15.42			END Of BORING. CASING DOWN TO 7.15 M OEPTH. Ground Water Table: May 11,200607:30, casing -7.15, GWü -3.00 m May 12,2006 afier 1 day completion, GWL: -0.95 m				N > 100	

PRELIMINARY BORING LOG

P.T. SOILENS

PROJECT	: SOILINVEST1GATION AT SAMBOJA LESTARI AREA	WATER TABLE(M)	: -5.10
-	: SAMBOJA - EAST KALIMANTAN	DATE	: May 3 to 8, 2006
CI!ENT	: WITTEVEEN + BOS	BORING METHOO	: Coring, Sampling
LOCATION	: Gibbon Reservoir	SAMPUNG METHOD	: Thin Walled Shelby Tube
BORE HOLE NO.	: P4.3	SFT	: Automatic Hammer (AH)
ELEVATION <M)	: -	DRILLER	: Masdar
COORDINATES	: E»-; N=-	LOGGER	: Waryat
DEPTH(M)	: 15.30	REVIEW BY	: - Page : 1 of 1

SAMPLE	DEPTH (meter)	USCS	GRAPHIC LOG	ROCK/SOIL DESCRIPTION	DEPTH (meter)	qc	SPT - N value Depth (m)	BLOWS PER CM	NPERFOOT 40 80	Key 40 80
	0.00			CLAYEY SILT, yelowish brown cdour, low to medium plasticity, stjff.						
		ML			1.00	1.25				
2.00					2.00	1.50				
2.60					2.00	1.50			N > 100	
	2.90			COAL, black colour, brktb.	190	>4.5	2.75	59/15		
	5.00			ORGANIC CARBONIZED, black cotour.			5.15	65/25		
6.00									N > 100	
6L45	6.00			SANDY SU, gray cdour, none to low ptasticiy, sand is fine grained, slightly clay, very stiff to hard			6.60	72/15		
					7.00	>4.5				
					a00	>4.5			N > 100	
		ML					8.15	65/15		
					9.00	>4.5				
					10.00	>4.5			N > 100	
							10.15	69/15		
					11.00	>4.5			N > 100	
					11.25	>4.5	11.15	75/15		
	12.00								N > 100	
		OH		ORGANIC CLAY, dark gray to black cobur, organic carbonized, hard.			12.65	50/6		
	13.00			CLAY, dark gray cdour, high plasdcity, few organic matter occasionaly, hard.						
		CH			13.75	>4.5				
					14.00	>4.5	14.15	65/25		
									N > 100	
	15.30			END Of BORING.	15.00	>45	15.15	60/15		
				CASJNG *0Om* T012.00 M OEPTH.						
				Giound Water Table:						
				May 7,2006 07:30, cashg -5.15, GWI: -5.00 m						
				May 8,2006 07:30, casifig -5-15, GWL: -5.70 m						
				May 9,2006 after puil out casing, GWL -5-10 m						

Bijlage IV

I	Samtoja Lestari Handrijging	1
II	Geologische beschrijving Samtoja Lestari	2
III	Grondonderzoek Samtoja Lestari	10
IV	**Inventarisatie grondonderzoek**	**1**
V	Neerslagdata (maandgemiddeld van 1972 – 2005)	1
VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	Tabel met gewasfactoren	1
VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de cunet	1
IX	Deelstroomgebieden in het stroomgebied van Rasenaar Wijde	1
X	Berekening compensatiebekken	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheersstrategie I	1
XIII	Resultaten beheersstrategie II	1
XIV	Resultaten beheersstrategie III	1
XV	Resultaten beheersstrategie IV	1

Boring	GWS (mei 2006)	laag 1				Grond soort	k [m/sec]	e	laag 2				Grond soort	k [m/sec]	e	laag 3				Grond soort	k [m/sec]	e
Willie																						
p 1,1	-11,7	0	-	4	m[1]	sandy silt	1E-07	30%	4	-	11,7	m[1]	clay	1E-10	40%	11.7	-	12	m[1]	clay	1E-10	40%
p 1,2	-0,8	0	-	2	m[1]	silty sandy	1E-06	40%	1,7	-	*m*	m[1]	sand	1E4	40%	5,5	-	12	m[1]	sandy silt	1E-07	30%
p 1,3	-7,3	0	-	3	m[1]	sitly clay	1E-08	30%	a	-	7,5	m[1]	clay	1E-10	40%	7,5	-	**12**	m[1]	clay	1E-10	40%
wawan																						
p 3,1	-6,3	0	-	3	m[1]	clayey silt	1E-07	30%	3	-	4	*m*[1]	clayey silt	1&6	40%	4	-	**15**	m[1]	clay	1E^10	40%
p 3,2	-$*$	0	-	4	m[1]	silty sand	1E-06	40%	4	-	7,3	m[1]	clay	1&-10	40%	7,3	-	9,3	m[1]	silty sand	1E^08	40%
p 3,3	-7,5	0	-	4	m[1]	clayey silt	1E-08	30%	4	-	?	*m*[1]	sandy silt	1&0	30%	7	-	11	*m*[1]	slity sand	1E^08	40%
p4,1	-13	0	-	8	m[1]	sandy silt	1E-07	30%	*73*	-	11,8	m[1]	clay	1E40	40%	11,8	-	12,8	**m[1]**	coal		
p 4,2	-0,8	0	-	2	m[1]	sandy silt	1Ë-07	30%	1,7	-	a	m[1]	**silty sand**	1E»0	40%	8	-	15,4	m[1]	clay	1E-10	40%
p 4,3	-6,3	0	-	3	m[1]	clayey silt	1E-07	30%	2$	-	a	m[1]	coal			6	-	12	m[1]	sandy silt	1E-07	30%

Bijlage V

V	**Neerslagdata *[mangardam van 1972 - 2005]***	1

Precipitation Manggar dam 1972-2005

	January	Febmary	Maren	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Jaar gem.	Jaar totaal
1972	262	167	338	304	282	390	220	146	110	179	51	230	223	2679
1973	191	11	263	162	305	251	162	201	340	77	121	309	199	2393
1974	107	322	130	204	90	124	95	124	198	293	267	228	182	2182
1975	149	198	306	210	234	223	250	263	313	403	201	269	252	3019
1976	295	234	399	205	276	173	195	137	133	220	239	119	219	2625
1977	126	306	118	233	293	191	129	375	37	399	254	184	220	2645
1978	283	205	161	231	100	244	306	211	408	266	159	267	237	2841
1979	290	214	188	173	286	585	222	121	250	40	151	336	238	2856
1980	245	239	157	212	338	349	100	351	65	200	221	206	224	2683
1981	193	122	99	202	324	380	393	23	265	140	169	363	223	2673
1982	435	296	167	331	252	174	36	9	107	181	204	91	190	2283
1983	57	35	24	38	193	355	547	173	300	331	140	207	200	2400
1984	209	294	395	300	292	483	317	259	276	91	112	123	263	3151
1985	378	137	291	198	174	171	153	199	97	94	328	258	207	2478
1986	208	218	345	243	180	127	216	127	146	425	295	179	226	2709
1987	215	277	138	170	239	111	250	569	107	129	191	202	217	2598
1988	404	232	362	225	199	441	306	499	303	277	241	281	314	3770
1989	110	281	157	211	55	282	281	148	296	155	240	284	208	2500
1990	273	58	255	225	106	163	113	132	112	139	54	403	169	2033
1991	171	184	334	278	328	315	98	42	128	34	90	268	189	2270
1992	101	58	60	122	147	239	219	125	142	164	150	108	136	1635
1993	125	252	213	263	324	185	269	30	73	147	353	222	205	2456
1994	282	102	340	331	305	308	125	92	0	112	73	333	200	2403
1995	207	165	394	448	270	188	276	479	155	298	274	362	293	3516
1996	303	348	230	124	180	237	142	301	261	302	359	308	258	3095
1997	376	158	185	93	29	0	66	0	0	84	41	88	93	1120
1998	0	0	0	44	156	242	493	452	182	279	0	423	189	2271
1999	610	411	275	314	328	130	262	74	107	220	201	68	250	3000
2000	363	380	201	298	164	318	228	192	63	125	238	273	237	2843
2001	293	326	164	480	219	122	28	273	39	187	176	180	207	2487
2002	279	128	245	156	92	162	46	171	15	8	141	536	165	1979
2003	376	110	332	227	63	63	129	79	235	68	67	187	161	1936
2004	126	241	477	70	25	1	11	0	56	31	16	188	104	1242
2005	444	22	158	483	255	82	118	22	82	232	244	399	212	2541
												Gemiddelde	**209**	**2509**

Brjiage VI

VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	1

Estimated evapotranspiration in Samboja Lestari area

Evapotransplration Is calculated according to Penman tormula
ref. **1**: Handboek of applied **hydrobgy,** Ven te Chow, 1964, Mc Graw NlH Inc.
ref. 2: F13 Irrigatie, diktaat behorende bij 4e jaans cursus irrigatie
ref. 3: Climatic data for 2004, SamarindaMetöorological Station» BPS

ETo=(AxH +0.27 Ö'CA -i- 0.27)
E=0.35(e$_a$-e$_d$)(1 + 0,00S*m* w2)
H-RO-rWX18+0.55S)- BfO.56-0.OS'2(e,«i^M))ttM0 + 0.90 S)

A	1,06	mm Hg / *F	slop© of the saturised vapour pressure according to Ref. 1, fig 11-8
t	30	**°C**	average day tempsrature (estimate, constant thioughout year)
e$_a$	32	mmHg	SatLiratecl vapour pressure according to Ref. 1 Fig. 11-7
e$_d$	see table	mmHg	Actual vapour pressure in the air
r	0,25	(-)	Reflection coëfficiënt standerd ciop according to Ref. 2
R	see table	mm	Miei monthfy intensity of Solar Radiation according to Ref. 1, table 11-6 for equator
B	17f46	(-)	Coëfficiënt ctepending om temperature according to Ref.1, table 11-7
S	see table	ujks*	Percentage of sunshine according to Ref. 3
w2	see table	miles/day	a/erage wind velocity at 2 m height calculated based on Ref. 3
k	1,2	(-)	Ciop factor, assumption for layered vegetation

Tabte

Month	tamperatuire	Relative Humidity	Wind velocity	w£:	e$_d$	R	S	H	E	ETo	ET(=kx Edays		Monthly Evapotranspiration
	°C fref.3)	*(%)* (ref. 3)	knots (ref. 3)	miles/day	mm Hg	mm	%	f»	(-)	mm11day	mm		mm
Januaiy	30	82	1,5	36	28,24	14,5	43,9	3,816	2,727	3,593	4f312	31	134
February	30	83	1,6	38,4	26,56	15	38	3,714	2,621	3,490	4,188	28	117
March	30	83	1,6	38,4	26,56	15,2	41,2	3,929	2,021	3,682	4,394	31	138
April	30	85	1,6	38,4	27,2	14,7	40,4	3,785	2f312	3,484	4f181	30	125
May	30	84	1,7	40f8	26,88	13,9	51,1	3,995	2,509	3,691	4f429	31	137
June	30	80	2,4	57f6	25f6	13,4	60	4,069	3,504	3,954	4,745	30	142
July	30	84	1,7	403	26,88	13,5	41,3	3,439	2,509	3,248	3,^8	31	121
August	30	76	3,8	86,4	24^32	14,2	68,2	4,587	4,964	4,864	5,997	31	174
September	30	82	1,8	43,2	26,24	14,9	44,8	3,985	2,869	3,757	4,509	30	135
Oetober	30	77	2,8	67,2	24,64	15	50,8	4,163	4,272	4,185	5,023	31	156
November	30	81	1,9	45$_1$6	25,92	14,6	46,8	3,947	3,079	3,769	4,523	30	136
December	30	84	1*A*	33,6	26,88	14,3	29,8	3,155	2,382	2,997	3,.686	31	111

Bijlage VII

I	Analoon Lester overzicht	1
II	Geologische beschrijving Saneou Lester	1
III	Grondonderzoek Saneou Lester	1
IV	Inventarisatie grondonderzoek	1
V	Neerslagdata (maandgemiddeld van 1971 – 2005)	1
VI	Berekening van de potentiele evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	**Tabel met gewasfactoren**	**1**
VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam	1
IX	Debietmetingen in het stroomgebied van reservoir Willie	1
X	Berekenen van compartimenten	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheersstrategie I	1
XIII	Resultaten beheersstrategie II	1
XIV	Resultaten beheersstrategie III	1
XV	Resultaten beheersstrategie IV	1

Crop Coefficients (kc)

CROP	Crop Development stages					Total growing period
	Iiiitial	Crop development	Mid-season	Late season	At harvest	
Bariana						
tropical	0.4-0.5	0.7 - 0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
siibtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85 - 0.95
Bean						
green	0.3 - 0.4	0.65 - 0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
dry	0.3 - 0.4	0/7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Cabbage	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Cotton	0.4 - 0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8 - 0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Grape	0.35 - 0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6 - 0.8	0.55-0.7	0.55 - 0.75
Groiindniit	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75 - 0.85	0.55 - 0.6	0.75-0.8
Maize						
sweet	0.3 - 0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8 - 0.95
grain	0.3-0.5^	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75 - 0.9*
Onion						
diy	0.4 - 0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85 - 0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
green	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pea7 fresh	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Pepper, fresh	0.3 - 0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8 - 0.9	0.7-0.8
Potato	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75 - 0.9
Rice	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Safflower	0.3 - 0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65 - 0.7	0.2 - 0.25	0.65 - 0.7
Sorshum	0.3 - 0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75 - 0.85
Soybean	0.3 - 0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Sugarbeet	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6 - 0.7	0.8-0.9
Sugarcane	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Sunflower	0.3 - 0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75 - 0.85
Tobacco	0.3 - 0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75 - 0.85	0.85-0.95
Tomato	0.4-0.5	0.7 - 0.8	1.05-1.25	0.8 - 0.95	0.6 - 0.65	0.75 - 0.9
Water melon	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75 - 0.85
Wheat	0.3 - 0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Alfalfa	0.3 - 0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Citrus						
clean weeding						0.65 - 0.75
no weed control						0.85-0.9
Olive						0.4 - 0.6

First figure: Under high hmnidity (RHmm > 70 %) and low wind (U < 5 m/sec).
Second figure: Under low him&dity ((RHmin < 20 %) and strong wind (U > 5 m/sec).

Bijlage Vilt

VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam	1

Berekeningen waterstroom door de dam

Bij de berekening wordt er van uitgegaan dat alleen de kleikern van de dam de waterdoorlatendheid van de dam bepaald:

Voor het berekenden van het debiet door een strekkende meter dam kan de volgende formule gebuikt worden:

$$q_v = \frac{4}{30} k\text{-}b\text{-}H$$ *[Ir. Notier en ir. De koning, 1993]*

Waarin:

q_v = het debiet door de dam [m^3/sec]
k = de waterdoorlatendheid factor [m/s.]
b = de breedte van de damsectie
H = het potentaal verschil
4/30 = is de factor voor de vorm van de dijk

De waterstand is niet voor elke strekkende meter dam het zelfde, omdat het een dal afsluiting betreft. De hoogte van de dam en de waterstand achter de dam variëren, hierdoor zijn is er een gemiddeld debiet voor dam van Willie en Wawan berekend *(zie de onderstaande tabel)*

Willie

Sectie	Breedte [m]	k-waarde [m/s.]	Potentiaal Verschil [m]	Debiet / m m^3/sec.	Debiet / m m^3/dag	Debiet dam m^3/sec.	Debiet dam m^3/dag
1	48	1E-10	3	2,25E-11	1,944E-06	1,92E-09	2E-Q4
2	55	1E-10	4	3E-11	2,592E-06	2,93E-09	3E-04
3	63	1E-10	9	6,75E-11	5,832E-06	7,56E-09	7E-04
4	75	1E-10	13	9,75E-11	8.424E-06	1,3E-08	**0,001**
5	83	1E-10	9	6,75E-11	5,832E-06	9,96E-09	9E-04
6	33	1E-10	4	3E-11	2,592E-06	1,76E-09	2E-04
7	32	1E-10	3	2,25E-11	1.944E-06	1,28E-09	**1E-04**
Totaal	**389**					**Totaal**	**0,003**

Wawan

Sectie	Breedte [m]	k-waarde [m/s.]	Potentiaal Verschil [m]	Debiet / m m^3/sec.	Debiet / m m^3/dag	Debiet dam m^3/sec.	Debiet dam m^3/dag
1	32	1E-10	4	3E-11	2,592E-Q6	1,71E-09	1E-04
2	23	1E-10	9	6,75E-11	5,832E-Q6	2,76E-09	2E-04
3	121	1E-10	12	9E-11	7,778E-06	1,94E-08	0,002
4	52	1E-10	15	1,125E-10	9J2E-Ö6	1,04E-08	9E-04
5	104	1E-10	12	9E-11	7J76E-06	1,66E-08	0,001
6	34	1E-10	9	6,75E-11	5,832E-06	4,08E-09	4E-04
7	27	1E-10	4	3E-11	2,592E-06	1,44E-09	1E-04
Totaal	**393**					**Totaal**	**0,005**

Bijlage IX

I	Samenvatting Zuidelijke Vaalbekken	1
II	Geologische beschrijving Sandvlei Laagte	2
III	Grondonderzoek Sandvlei Laagte	12
IV	Inventarisatie grondboorgaten	1
V	Neerslagdata (maandgemiddeld van 1971 – 2005)	1
VI	Berekening van de potentiele evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	Tabel met gewasfactoren	1
VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam	1
IX	**Debietmetingen in het stroomgebied van reservoir Willie**	**1**
X	Berekenen van pompvermogen	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheersstrategie I	4
XIII	Resultaten beheersstrategie II	4
XIV	Resultaten beheersstrategie III	4
XV	Resultaten beheersstrategie IV	4

Water Fiow Measurement

X	498254,77
Y	9882669,49

Date	Water Height [m]	Widht [m]	Waterflow (L/sec.)	Remark	Time
11.10.06	0,4	1,2	0,56		
12.10.06	0,35	1,2	0,46		
13.10.06	0,35	1,2	0,46		
14.10.06	0,4	1,2	0,56		
16.10.06	0,4	1,2	0,56		
17.10.06	0,4	1,2	0,56		
18.10.06	0,35	1,2	0,46		
31.10.06	0	1,2	0,00		11:30
01.11.06	0	1,2	0,00		13:40
02.11.06	0,35	1,2	0,46	after little raining	10:30
02.11.06	0,35	1,2	0,46	after little raining	11:51
02.11.06	0,3	1,2	0,37	after little raining	13:51
02.11.06	0,3	1,2	0,37	after little raining	15:30
03.11.06	0,7	1,2	1,31		10:00
03.11.06	1,15	1,2	2,75	after hard raining	15:10
04.11.06	1,6	1,2	4,52	after hard raining in Nov,3	8:40
04.11.06	1,4	1,2	3,70		12:40
06.11.06	0,7	1,2	1,31		11:54
07.11.06	0,6	1,2	1,04		11:50
08.11.06	0,4	1,2	0,56		11:40
09.11.06	0,3	1,2	0,37		11:55
10.11.06	0,2	1,2	0,20		11:50
11.11.06	0,2	1,2	0,20		13:55
13.11.06	4,9	1,2	24,21	after hard raining in Nov, 12	9:42
13.11.06	4,2	1,2	19,21		11:52
13.11.06	5	1,2	24,95	after hard raining	16:01
14.11.06	4	1,2	17,86		9:32
14.11.06	4,5	1,2	21,31	after medium raining	12:02
14.11.06	4,1	1,2	18,53		15:20
15.11.06	2,8	1,2	10,46		12:10
16.11.06	1,5	1,2	4,10		11:50
17.11.06	1,3	1,2	3,31		8:40
18.11.06	1,1	1,2	2,58		11:15
21.11.06	2,4	1,2	8,30		15:02
22.11.06	4,5	1,2	21,31	after raining in Nov,22	11:52
22.11.06	7,85	1,2	49,09	after raining in Nov,22	15:22
23.11.06	4,9	1,2	24,21		10:15
23.11.06	4,35	1,2	20,25		13:55
24.11.06	5,7	1,2	30,37	after raining in Nov,24	11:25
25.11.06	4,9	1,2	24,21		9:15
27.11.06	2,6	1,2	9,36		12:00
27.11.06	3,6	1,2	15,25	after raining in Nov,27	12:30
28.11.06	4,5	1,2	21,31	after raining in Nov,27 and Nov, 28	14:30
01.12.06	9,4	1,2	64,33	after raining in Nov,30	10:30
04.12.06	2,6	1,2	9,36		11:30
05.12.06	2,1	1,2	6,79		12:30
06.12.06	1,8	1,2	5,39		12:10
08.12.06	56,3	1,2	942,88	after hard raining in Dec,08	16:40
09.12.06	8	1,2	50,50	after hard raining in Dec,08	13:10

Bijlage X

I	Samtoja Lestar Monteviam	1
II	Geologische beschrijving Samtoja Lestar	1
III	Bronnenonderzoek Samtoja Lestar	1
IV	Inventarisatie grondonderzoek	1
V	Neerslagdata (maandgemiddelden van 1972 – 2005)	1
VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	Tabel met gewasfactoren	1
VIII	Waterbodemstandheid berekeningen van de dam	1
IX	Debietmetingen in het stroomgebied van reservoir Willie	1
X	**Bereken van pompvermogen**	**1**
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheersstrategie I	4
XIII	Resultaten beheersstrategie II	1
XIV	Resultaten beheersstrategie III	4
XV	Resultaten beheersstrategie IV	4

Het berekenen van het Pompvermogen

Voor het berekenen van het pompvermogen afhankelijk van verschillende parameters. In de onderstaande tabel deze weergegeven:

Beschrijving	Symbool	Eenheid	Waarde
Debiet	Q	[rrrTsec]	variabel
Stroomsnelheid	v		variabel
De diameter van de leiding	D	[m^1/sec]	0,6
De wandruwheid van de leiding	A	[m^1]	0,002 (aanname)
De lengte van de leiding	1	[dimensieloos]	variabel
De statische opvoerhoogte	$H_{statisch}$	[m^1]	variabel
De dynamische opvoerhoogte	$H_{dynamisch}$	[m^1]	variabel
De manometrische opvoerhoogte	$H_{manometrisch}$	[m^1]	variabel
Gravitatie	G	[m^1]	9,81
Effectiviteit factor	η	[m / sec^2]	0,6 (aanname)
Dichtheid van water	P	[dimensieloos] [kg/m^3]	1000

Met de volgende formules kan het vermogen van de pomp worden berekend:

Voor het berekenen van de stroomsnelheid.

$$v = \frac{Q}{0{,}25 \cdot x \cdot D'^{2}}$$

Voor het berekenen van de dynamische opvoerhoogte.

$$H_{dynamisch} = 1 \cdot \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

De statische opvoerhoogte is het hoogte verschil tussen twee reservoirstanden, of het hoogte verschil tussen de het inname punt en het hoogste punt in de pijpleiding.

Voor het berekenen van $H_{manometrisch}$

$$H_{manometrisch} = H_{statisch} + H_{dynamisch}$$

Voor het berekenen van het vermogen van de pomp

$$p = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{manometrisch}}{\eta}$$

Deze berekening zit in geprogrammeerd in het hydrologische model, waardoor het pompvermogen van de automatisch wordt berekend bij het debiet.

Bijlage XI

XI	Digitale versie van het hydrologische model	1

Bijlage XII

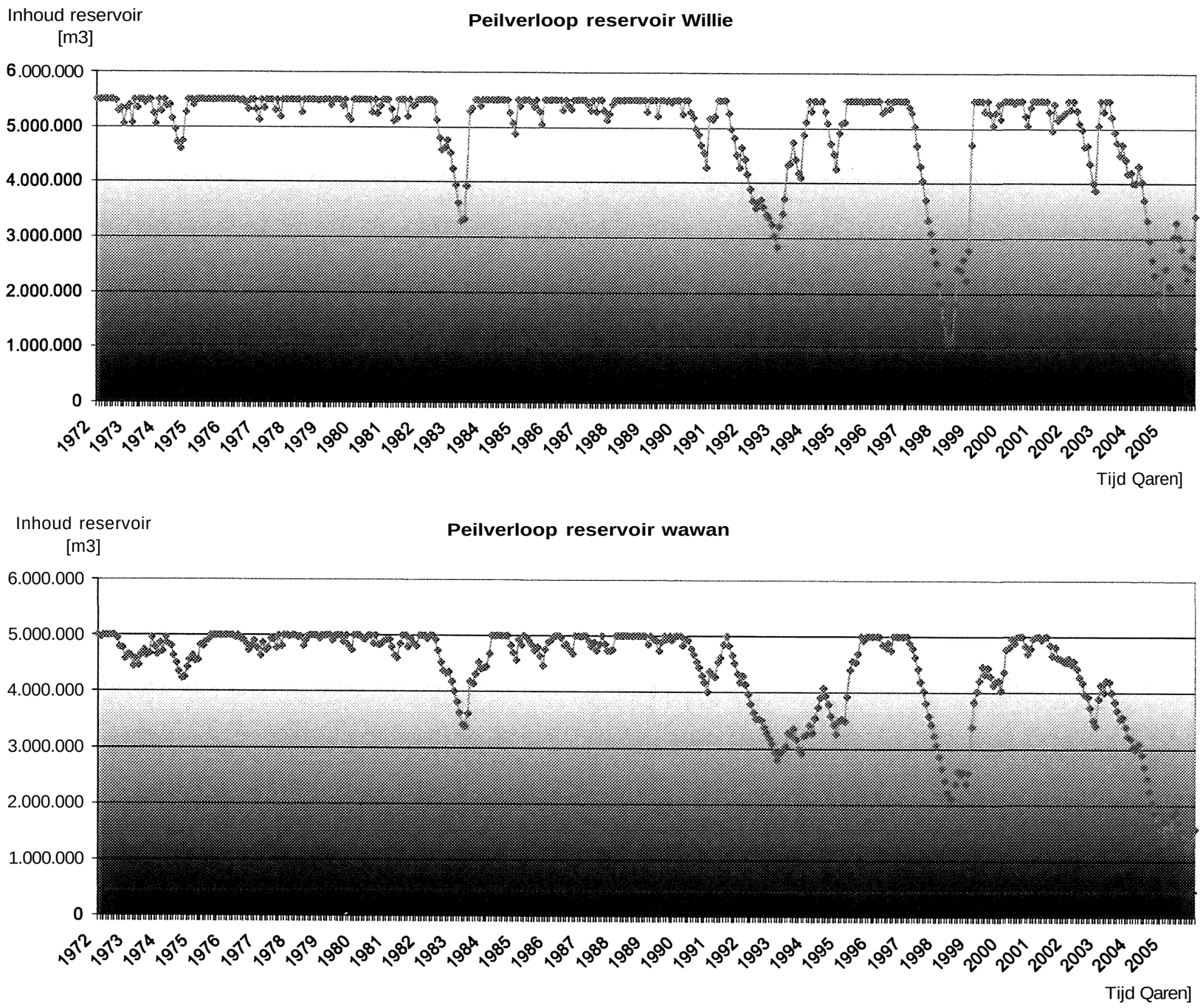
I	Samenvatting Leidraad Waterbeheer	1
II	Declaratieve beschrijving Samboja-meer	7
III	Grondeigenschappen Samboja-meer	10
IV	Inventarisatie grondonderzoek	1
V	Neerslagdata (meerjarenplan van 1973 - 2003)	1
VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	Tabel met gewasfactoren	1
VIII	Waterbalansberekeningen van de dam	1
IX	Debietmetingen in het stroomgebied van reservoir Wilbe	1
X	Bereken van pompvermogen	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	**Resultaten beheerstrategie I**	**4**
XIII	Resultaten beheerstrategie II	4
XIV	Resultaten beheerstrategie III	4
XV	Resultaten beheerstrategie IV	4

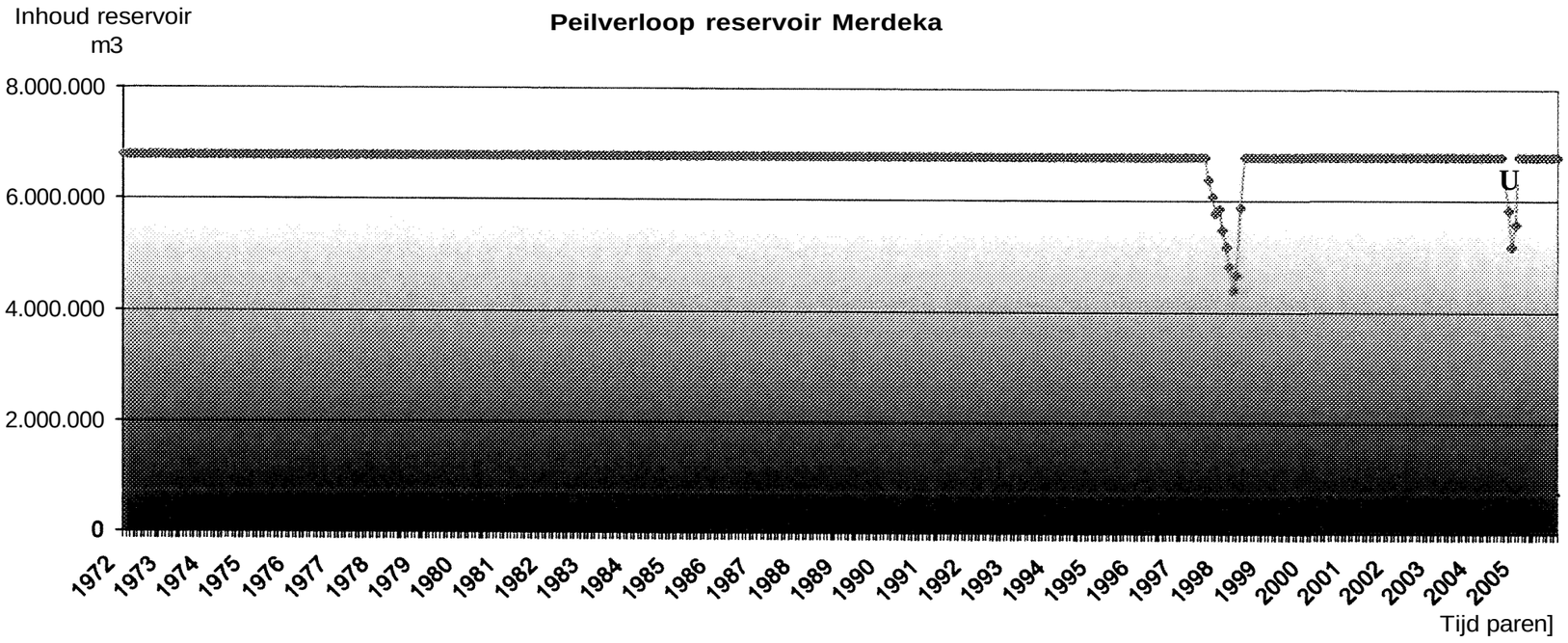
Resultaten hydrologisch model [beheerstrategie I]

Met grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka '& Wawan	344	1.239	10.750.000	7,2%	0%	100,0%
Wawan -> Willie	63	228	2.000,000	77,5%	0%	100,0%
Willie → Zuivering	92	331	3.000.000	53,3%	0%	100,0%
Totaal	499	1.798	15.750.000			

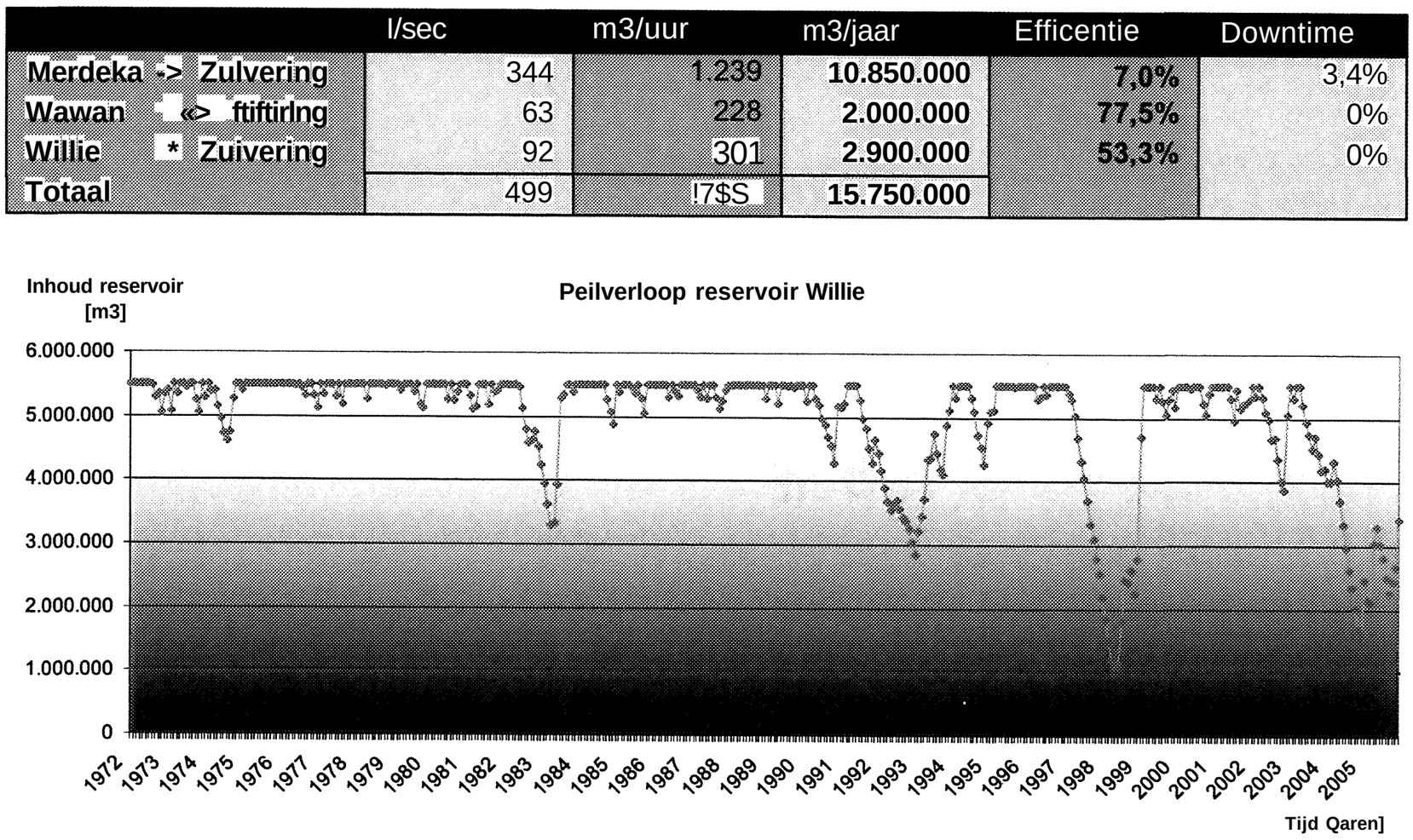
	H Stat.	H Dynda.	Hman.	P[kW]	Everbruik/jaar [kW/uur]
Merdeka -^ Zuiverinq	60 m^1		78,7	493	4.320.200
Wawan -> UimrfEig	30 m^1	0,6	30,6	42	368.760
t^@b •# M¥€ring	35 m^1	03	35,3	53	465.240
Totaal				IIB	5.154.200

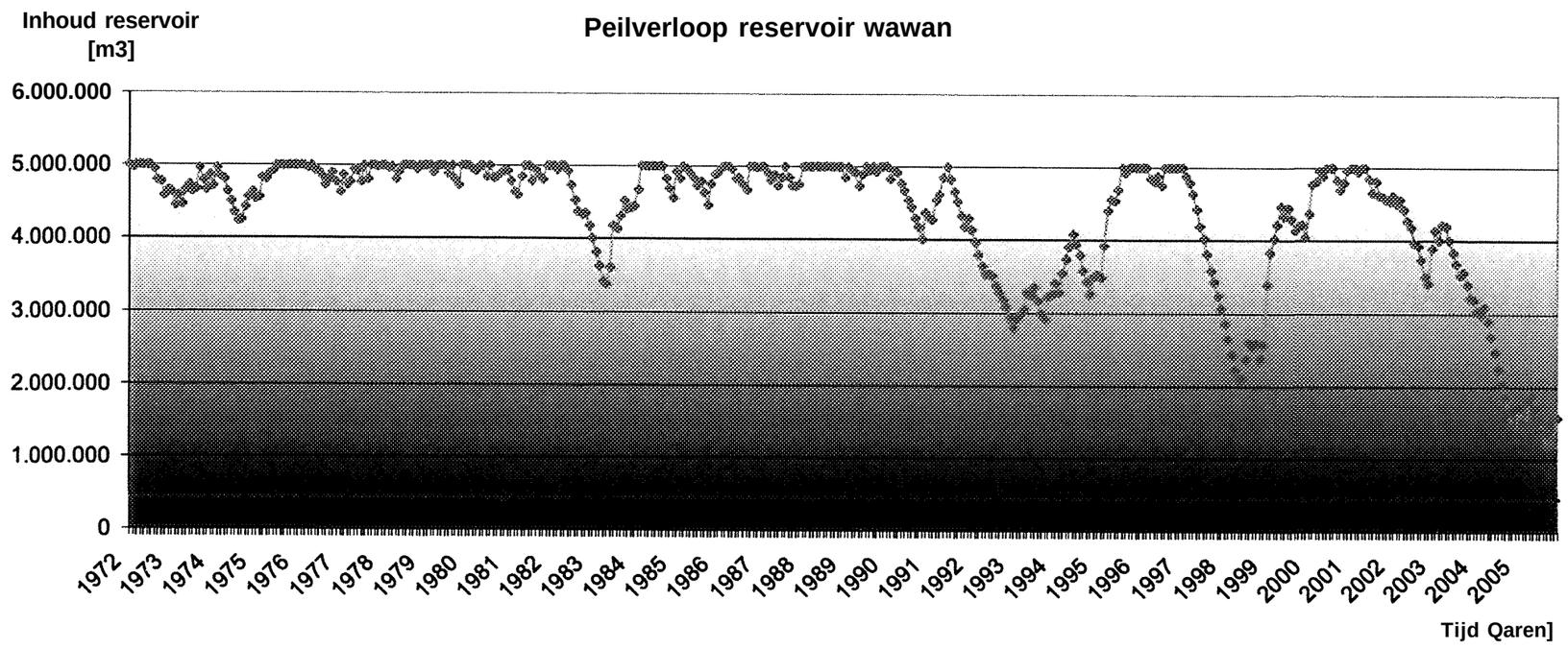


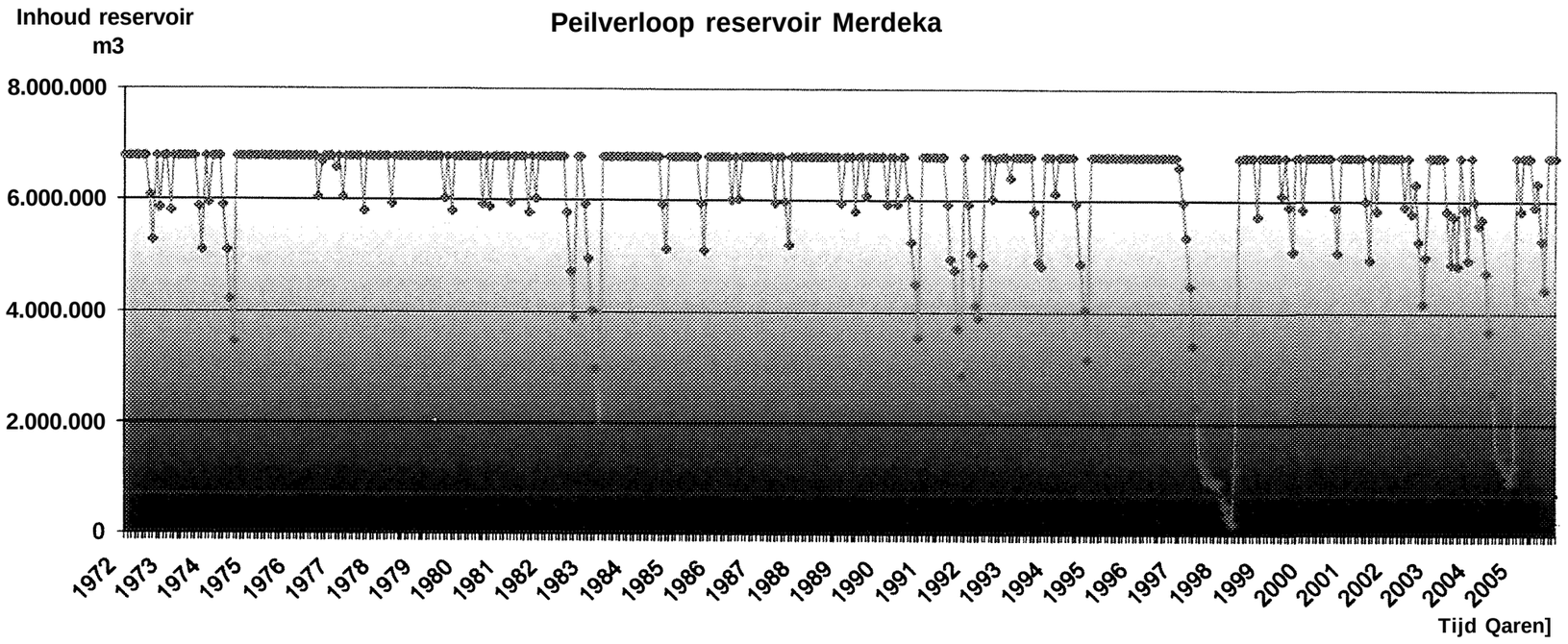


Zonder grondwaterstroming

	l/sec	m3/uur	m3/jaar	Efficentie	Downtime
Merdeka -> Zulvering	344	1.239	**10.850.000**	**7,0%**	3,4%
Wawan -«> ftiftirlng	63	228	**2.000.000**	**77,5%**	0%
Willie * Zuivering	92	301	**2.900.000**	**53,3%**	0%
Totaal	499	!7$S	**15.750.000**		



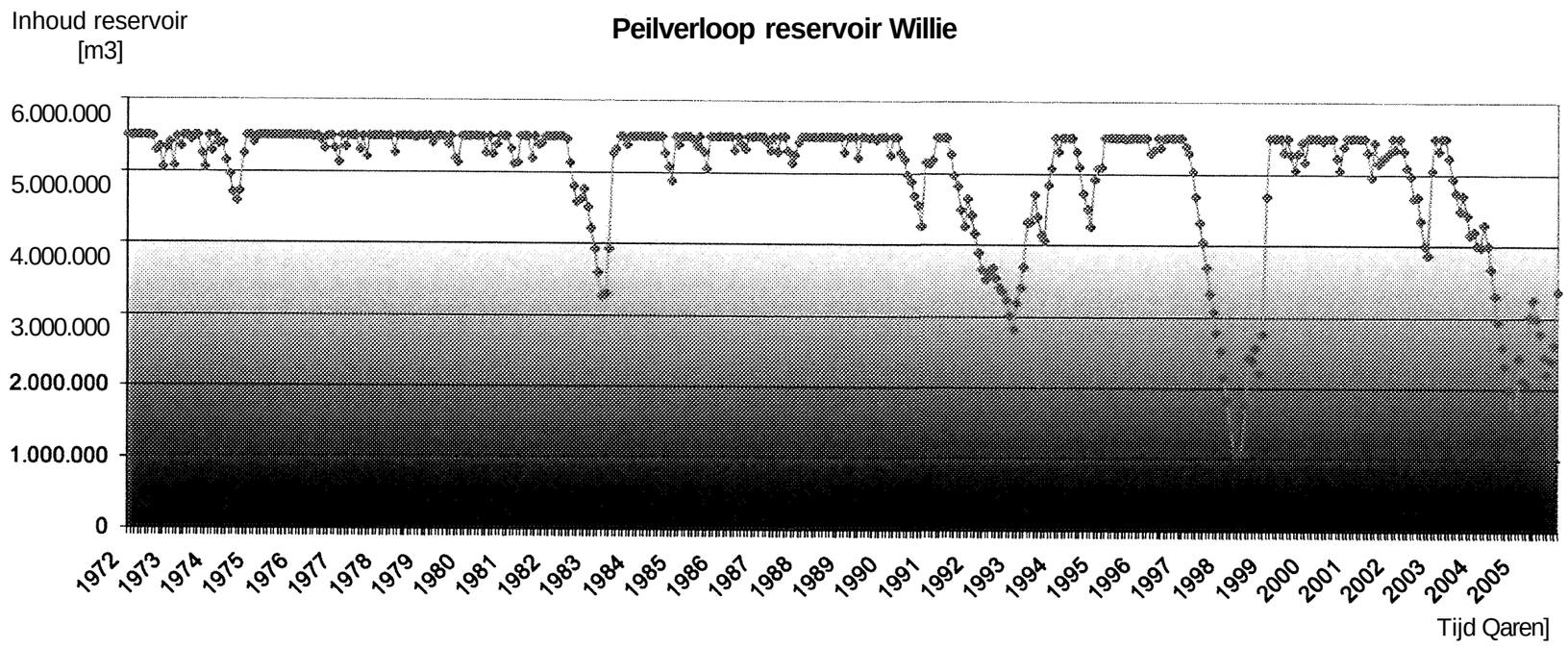


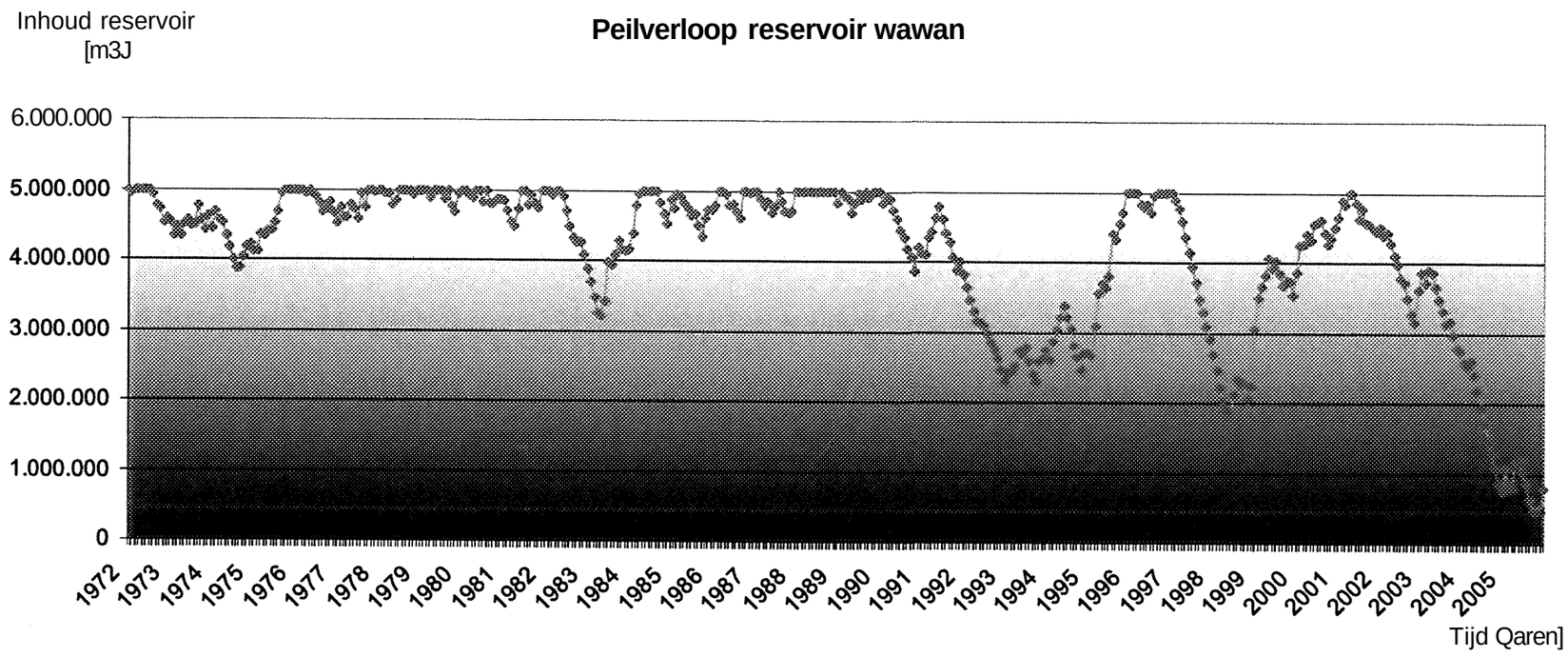


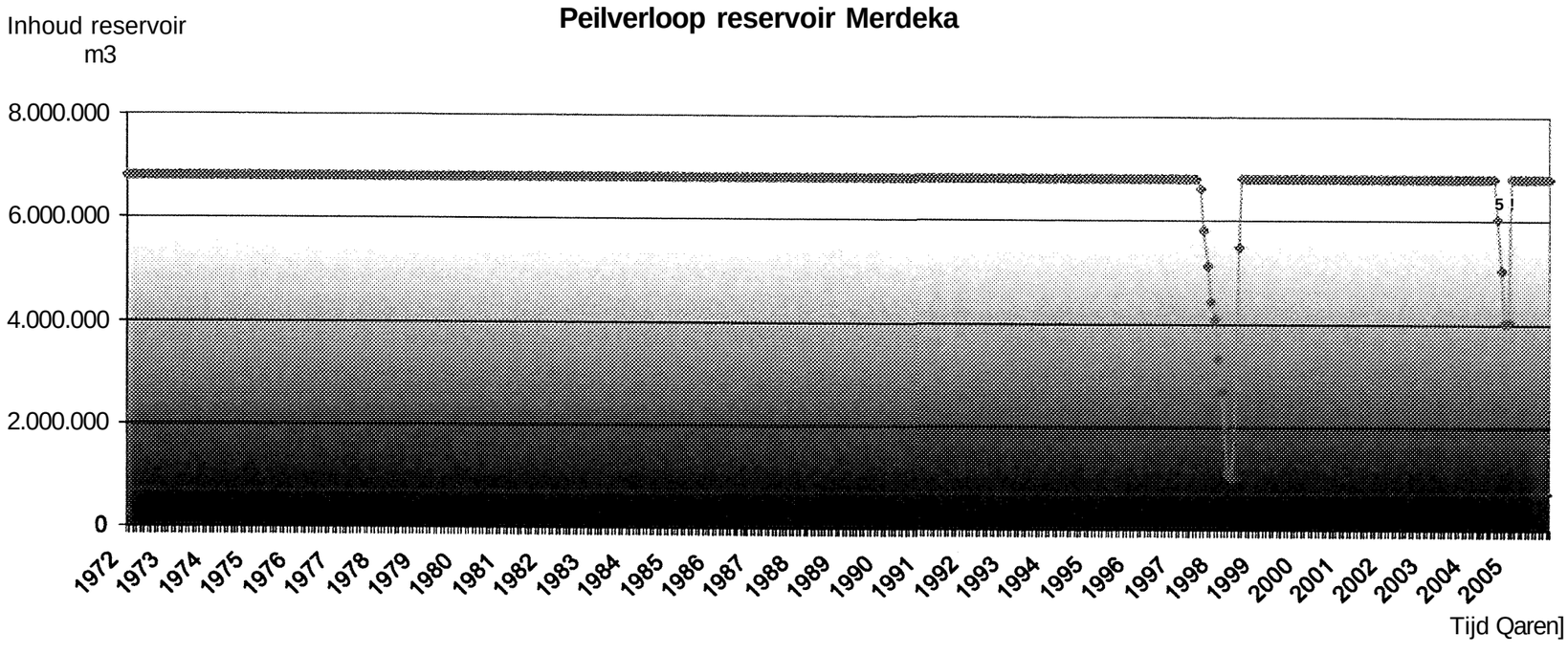
Maximaal met grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	**489**	1.759	15.410.000	10,3%	0%	100,0%
Wawan → Willie	**69**	248	2.170.000	83,5%	0%	100,0%
Willie → Zuivering	96	345	3,020.000	55,4%	0%	100,0%
Totaal	653	**2.352**	**20.600.000**			

	H Stat.	H Dynda.	$H_{man.}$	P [kW]	$E_{verbruik/jaar}$ [kW/uur]
Merdeka → Zuivering	60 m^1	27,7	78,7	**925**	8.105.800
Wawan → Zuivering	30 m^1	0,6	30,6	**46**	401.160
Willie → Zuivering	35 m^1	0,3	35,3	**55**	24.243
Totaal				**1026**	**484.960**

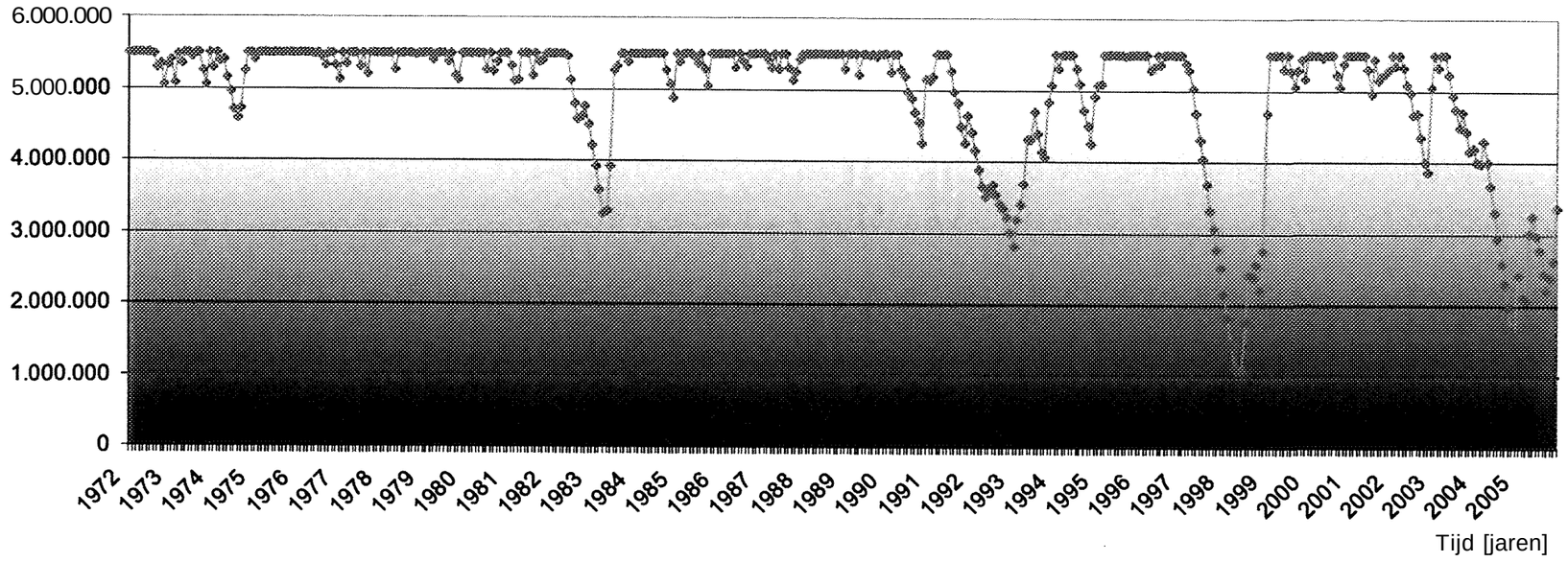


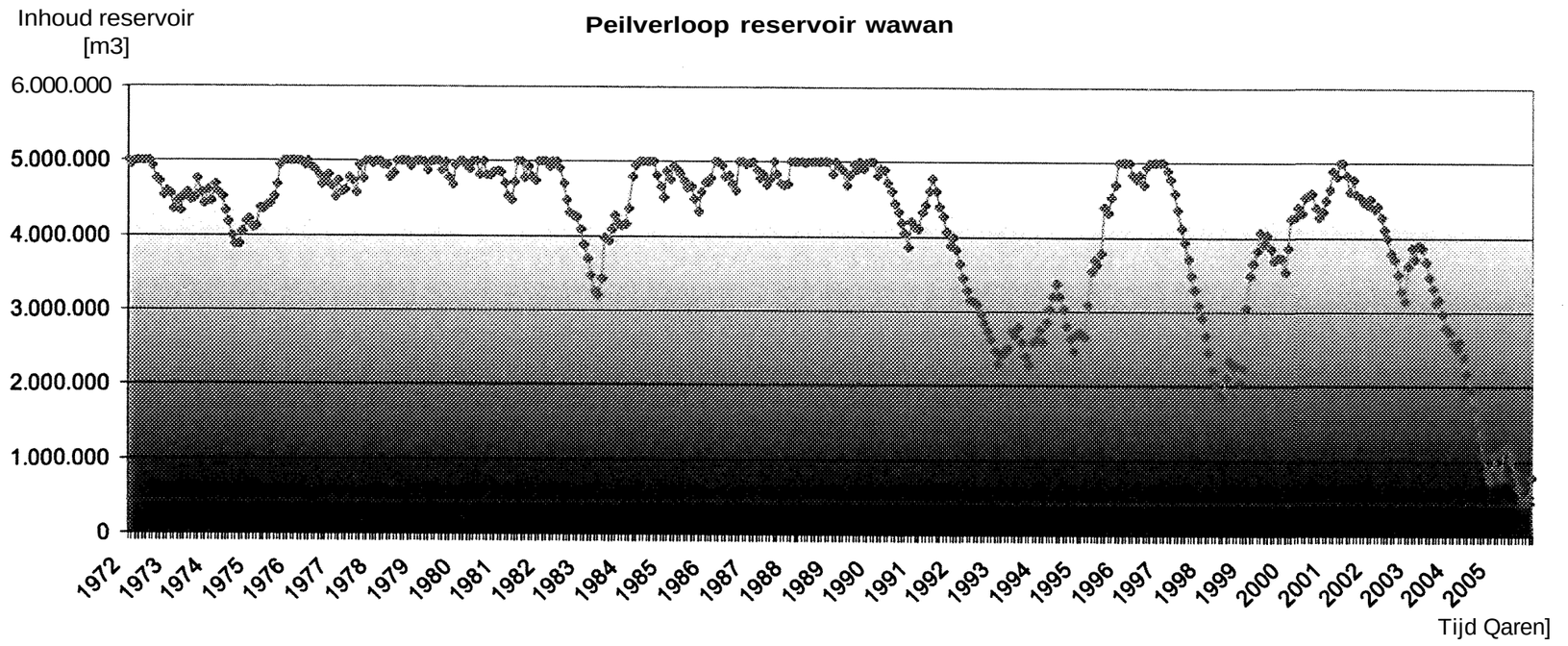


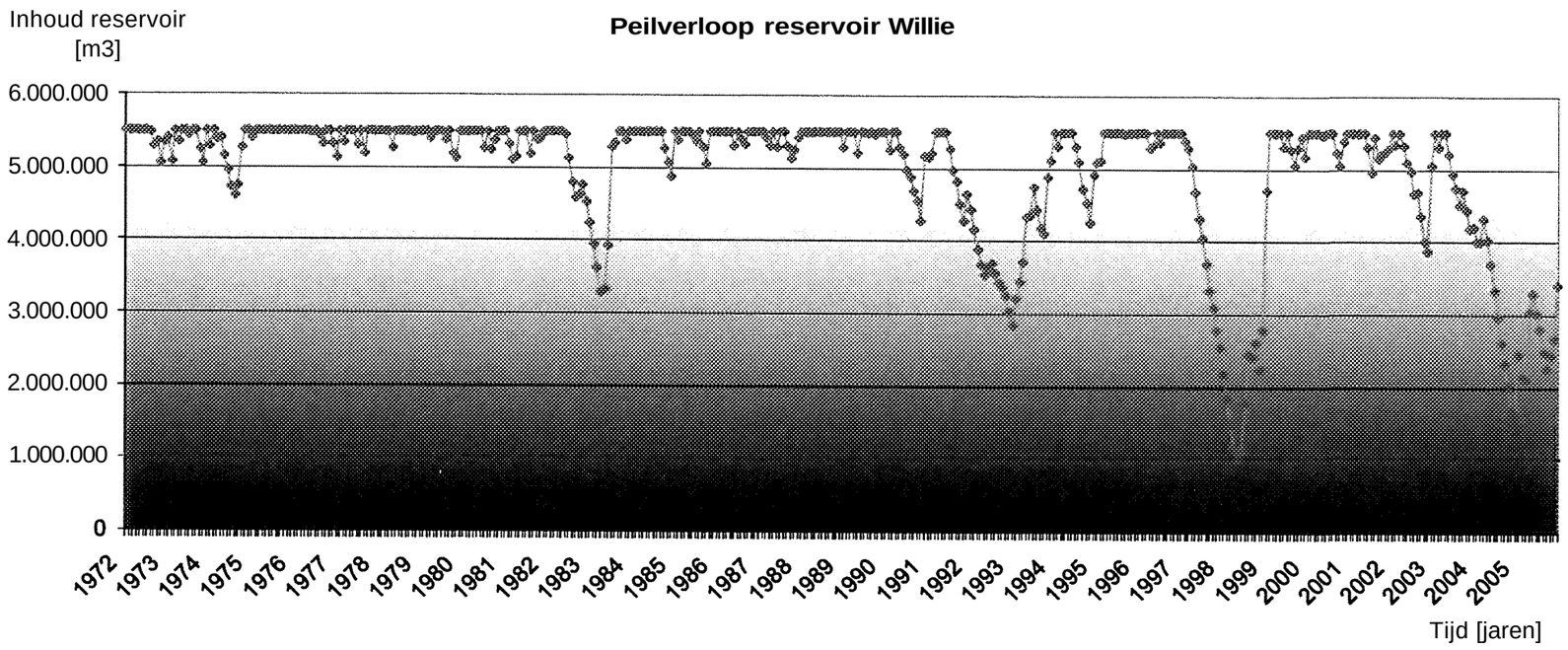


Maximaal zonder grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	341	1227	6.000.000	7,0%	0%	100,0%
Wawan → Willie	63	228	2.000.000	77,5%	0%	100,0%
Willie → Zuivering	95	342	3.000.000	55,0%	0%	100,0%
Totaal	499	1,707	11.000.000			







Bijlage XIII

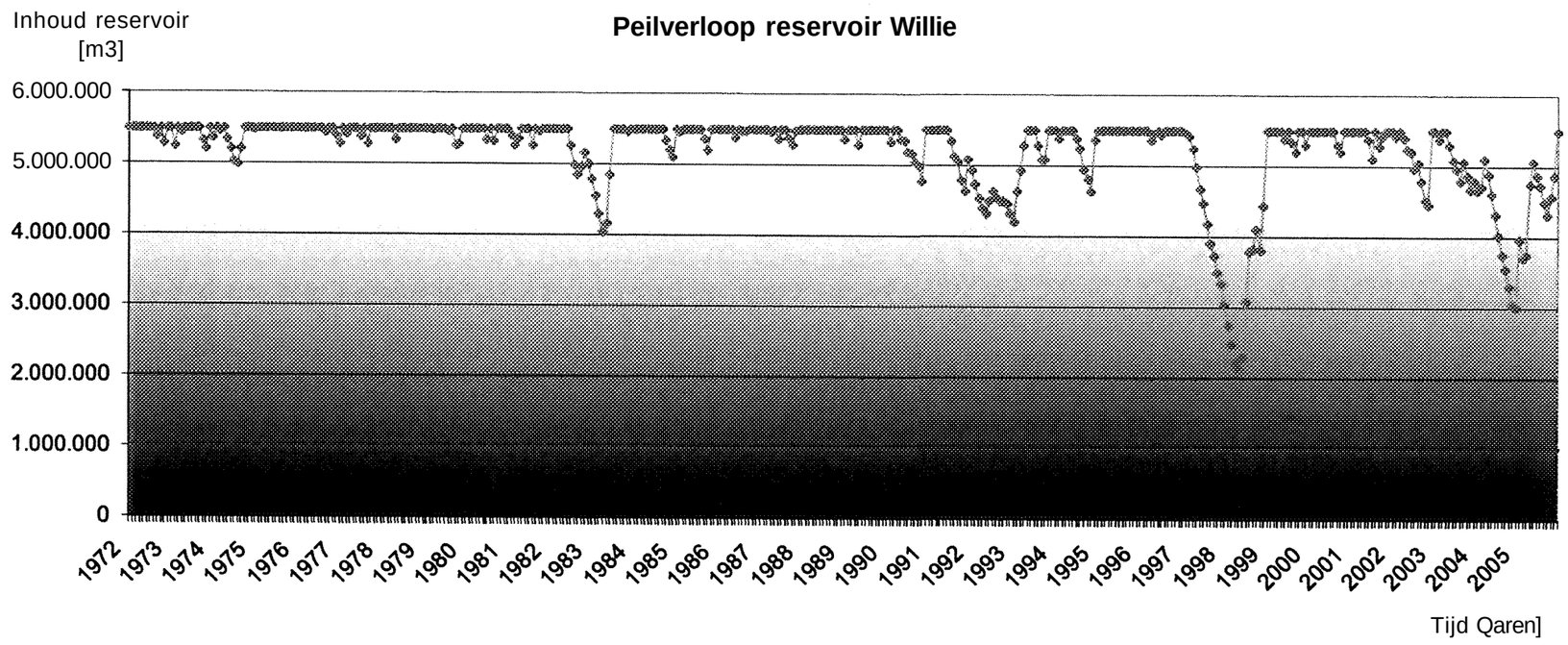
XIII	Resultaten beheerstrategie II	4

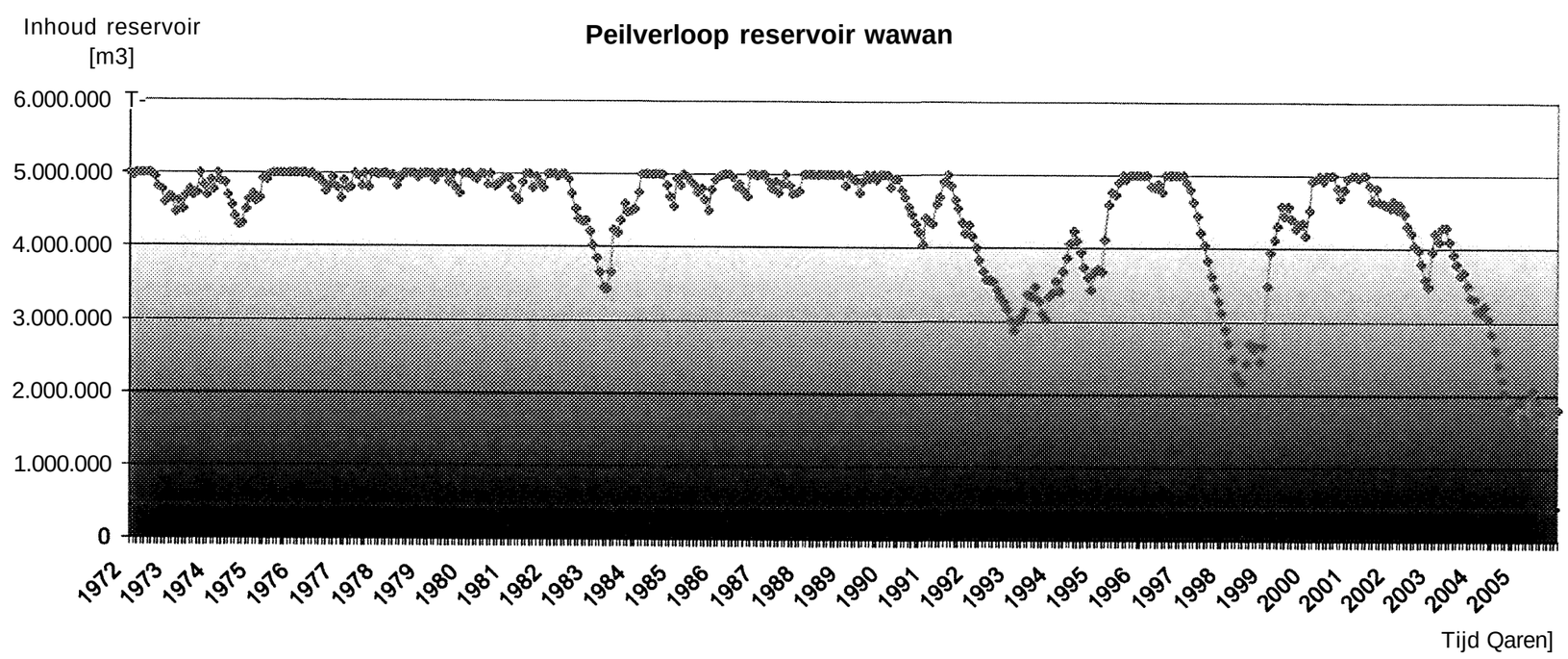
Resultaten hydrologisch model [beheerstrategie II]

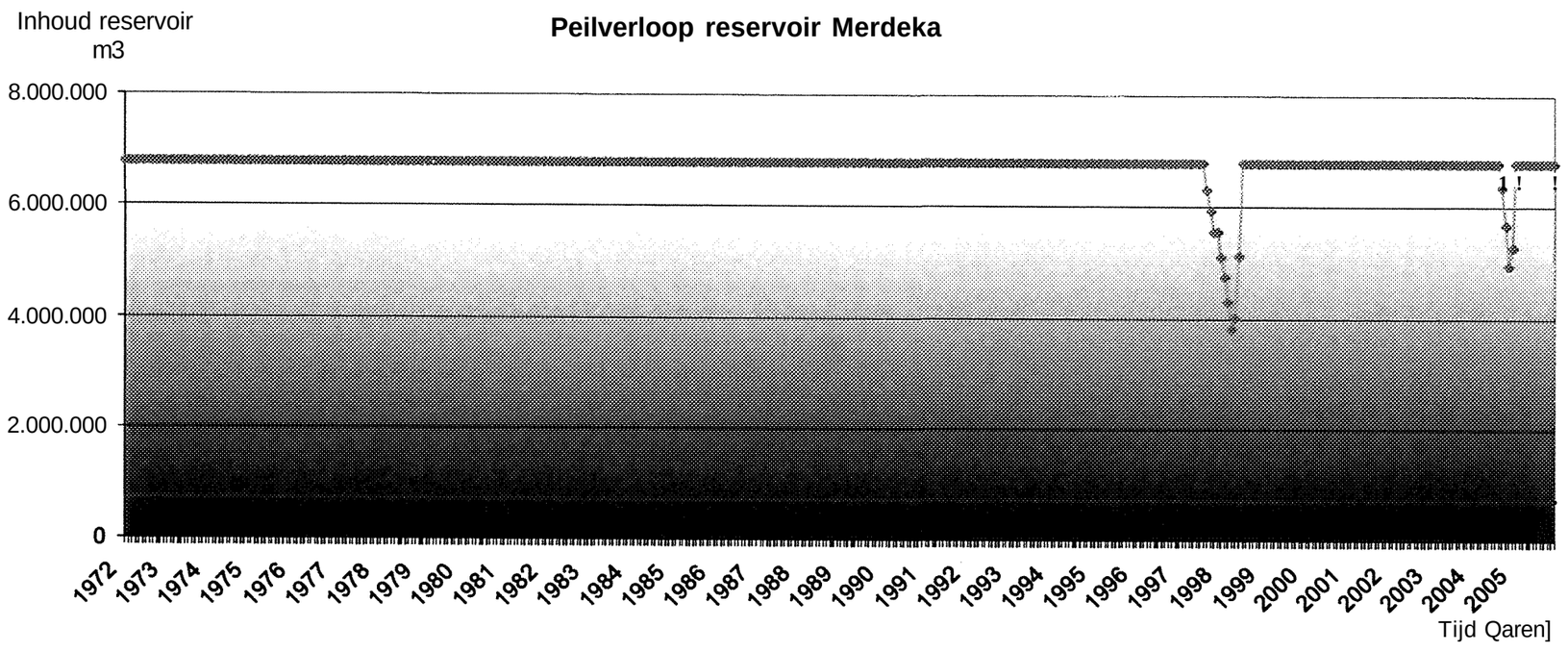
Met grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	6 effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	369	1.330	11.650.000	7,8%	0%	100,0%
Wawan → Willie	431	1.553	13.600.000	75,8%	0%	100,0%
Willie → Zuivering	499	1.798	15.750.000	40,3%	0%	100,0%
Totaal	**1299**	**4681**	**41.00.000**			

	H Stat.	H Dynda.	$H_{man.}$	P [kW]	$E_{verbruik/jaar}$ [kW/uur]
Merdeka → Zuivering	44 m^1	7,83	51,8	313	2.742.380
Wawan → Zuivering	13 m^1	13,8	26,8	189	1.657.400
Willie → Zuivering	35 m^1	13,3	48,3	394	3.451.520
Totaal				**896**	**7.851.300**

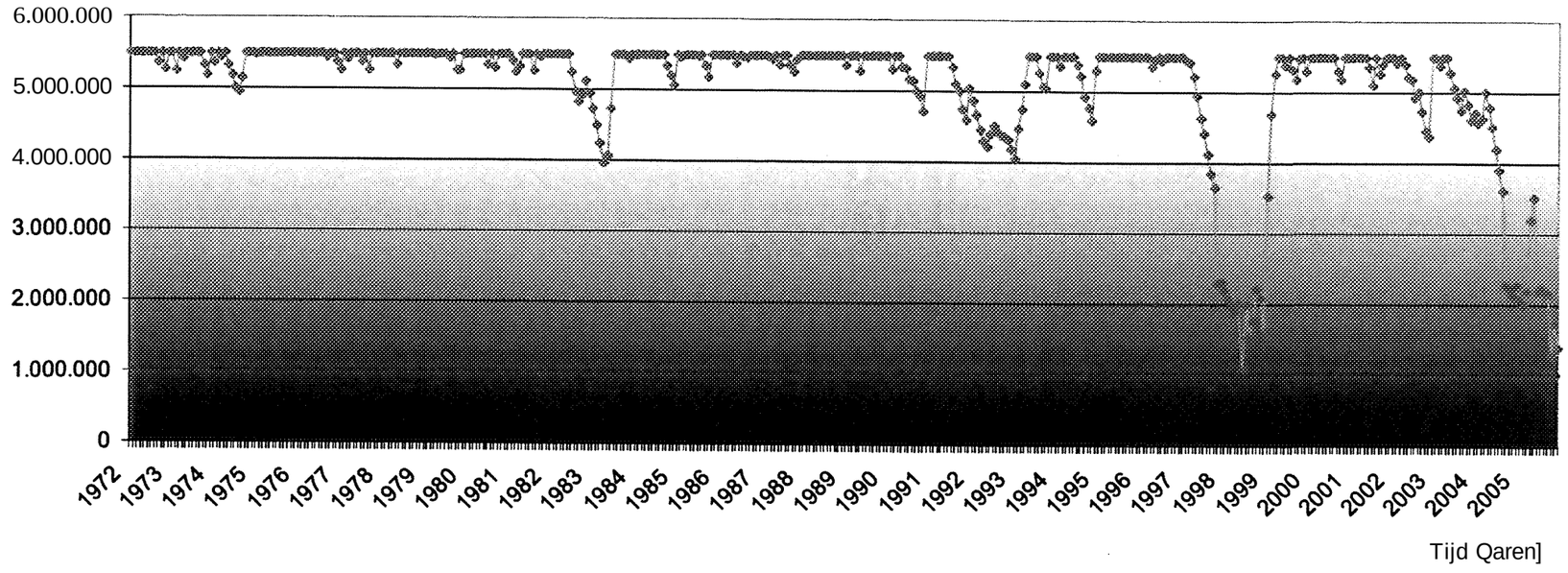


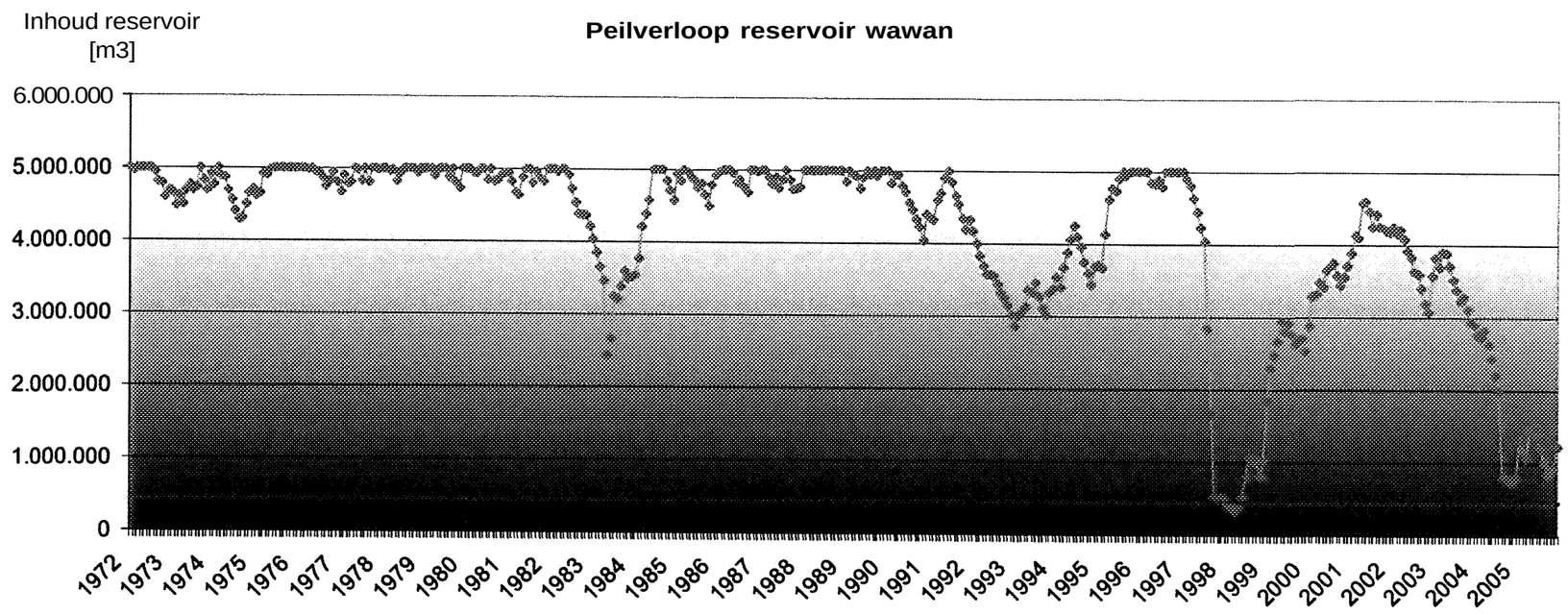


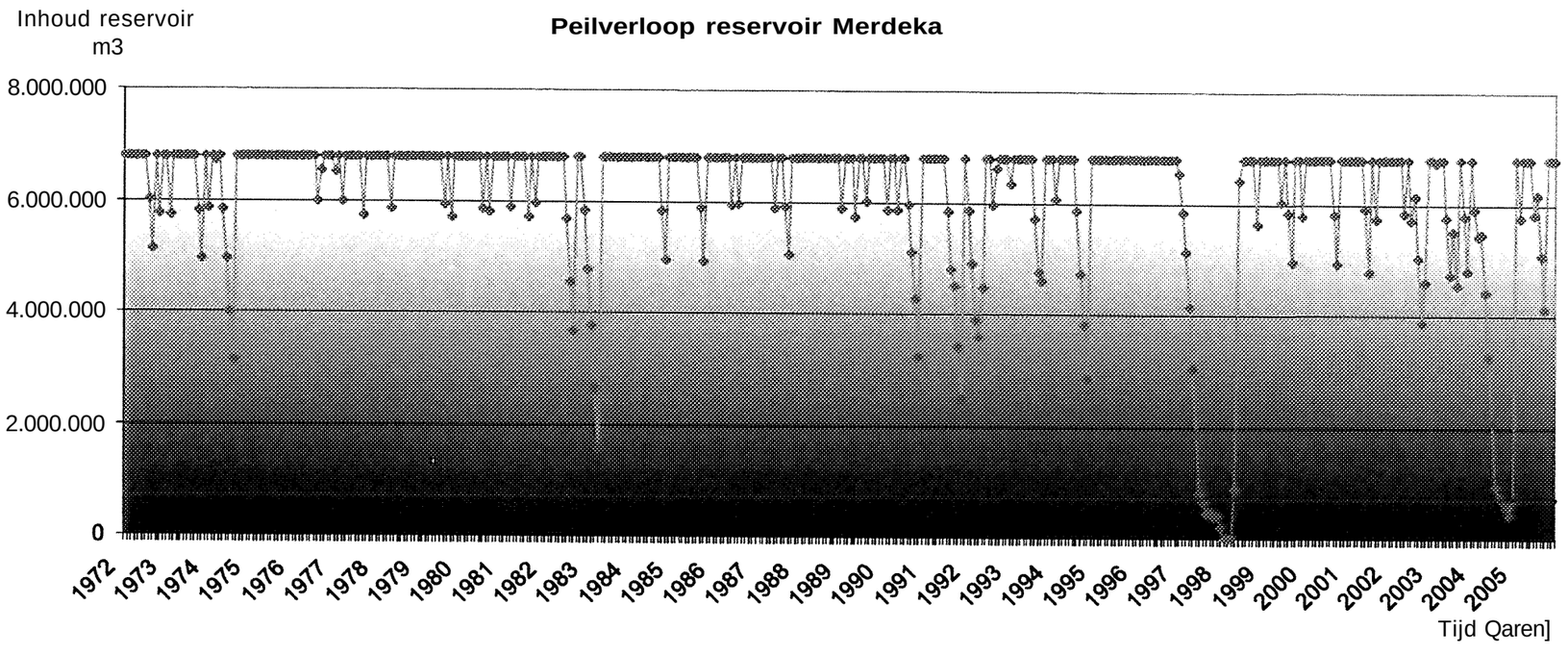


Zonder grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	369	1.330	11.650.000	7,5%	4,4%	100,0%
Wawan → Willie	431	1.553	13.600.000	78,5%	6,9%	100,0%
Willie → Zuivering	499	1.798	15.750.000	43,6%	4,7%	100,0%
Totaal	1299	4681	41.00.000			



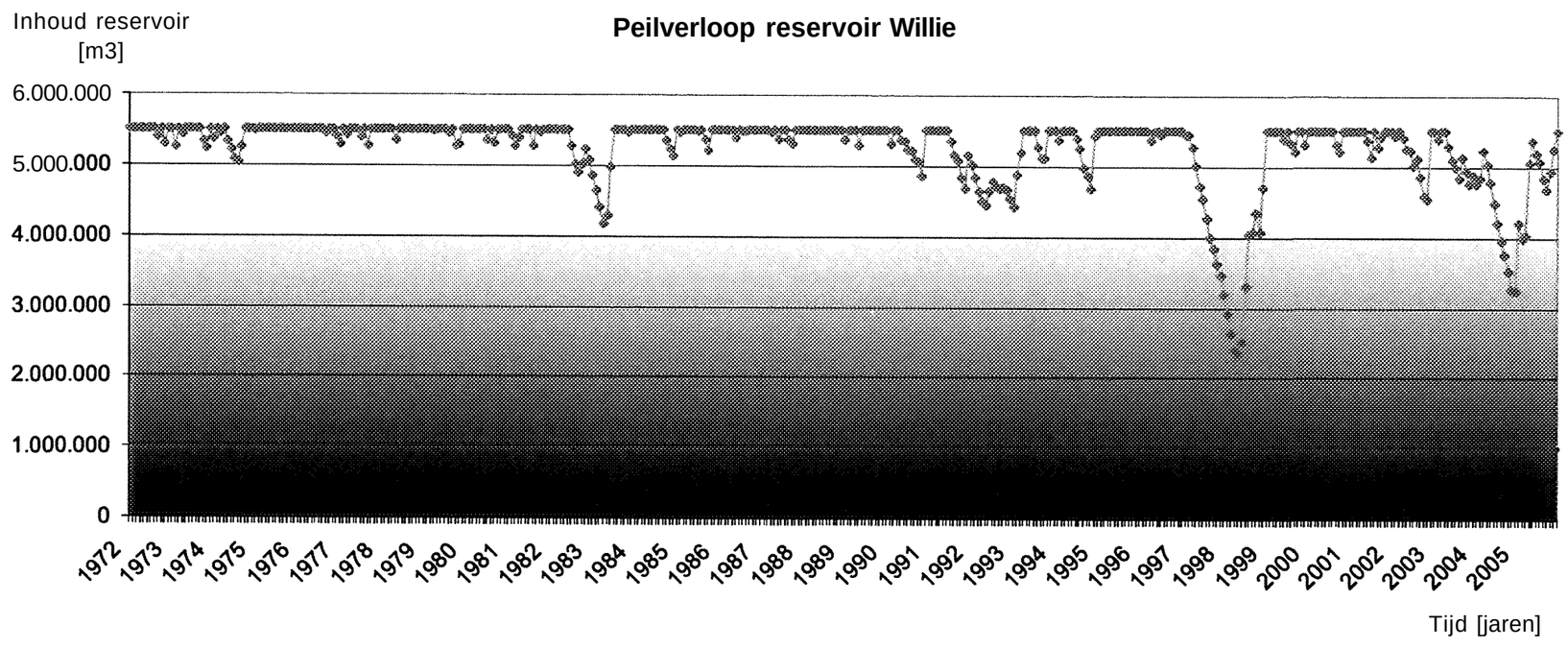


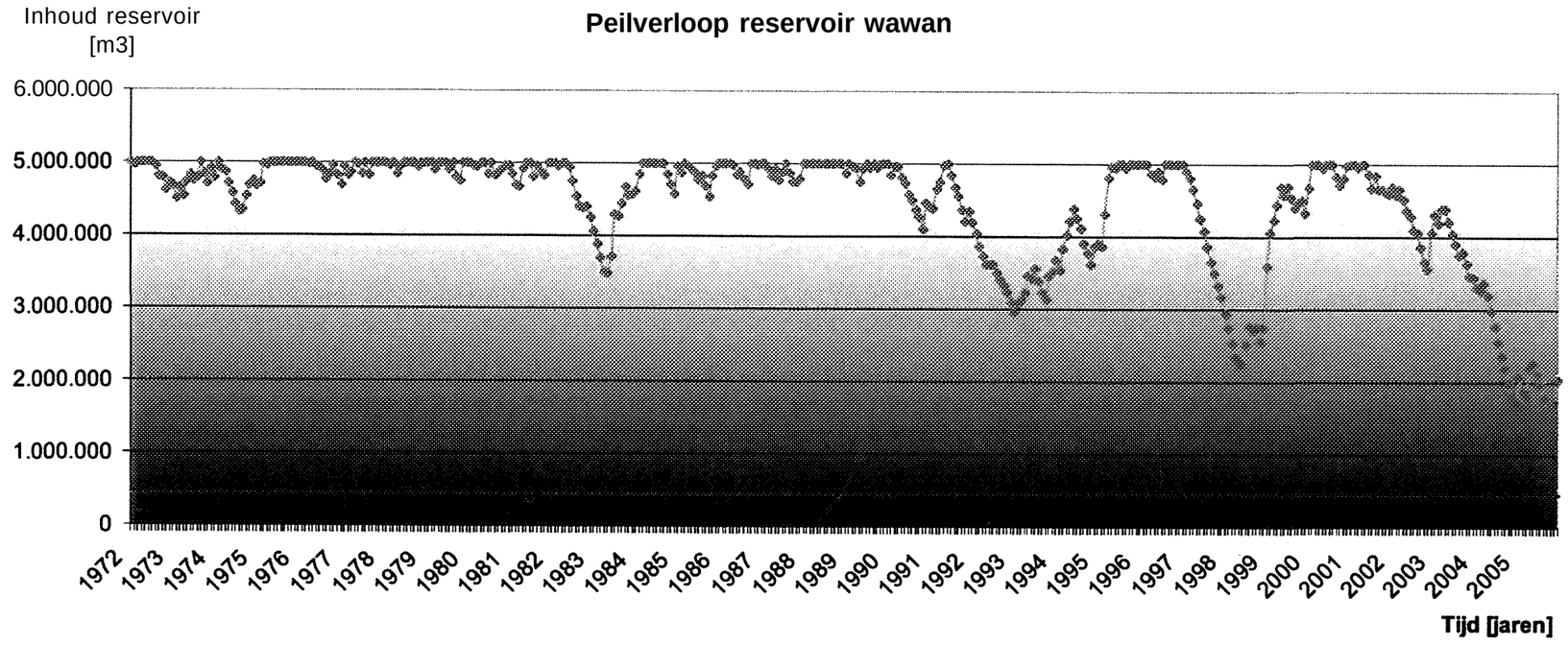


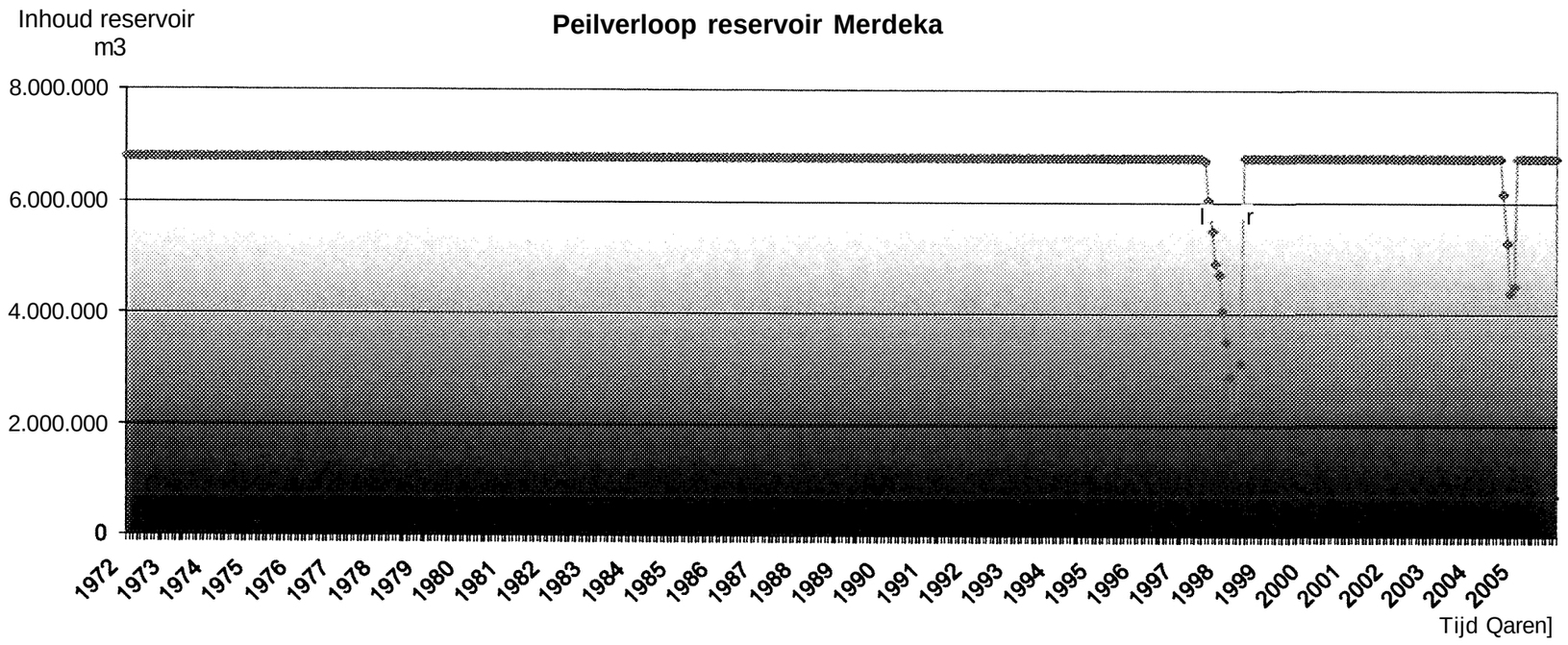
Maximaal met grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	444	1.598	14.000.000	9,3%	0%	100,0%
Wawan → Willie	504	1.815	15.900.000	74,0%	0%	100,0%
Willie → Zuivering	568	2.043	17.900.000	37,5%	0%	100,0%
Totaal	**1516**	**5456**	**47.800.000**			

	H Stat.	H Dynda.	$H_{man.}$	P [kW]	$E_{verbruik/jaar}$ [kW/uur]
Merdeka → Zuivering	44 m^1	11,3	55,3	401	3.516.700
Wawan → Zuivering	13 m^1	18,9	31,9	263	2.304.120
Willie → Zuivering	35 m^1	17,1	52,1	484	4.236.900
Totaal				**1148**	**10.057.720**

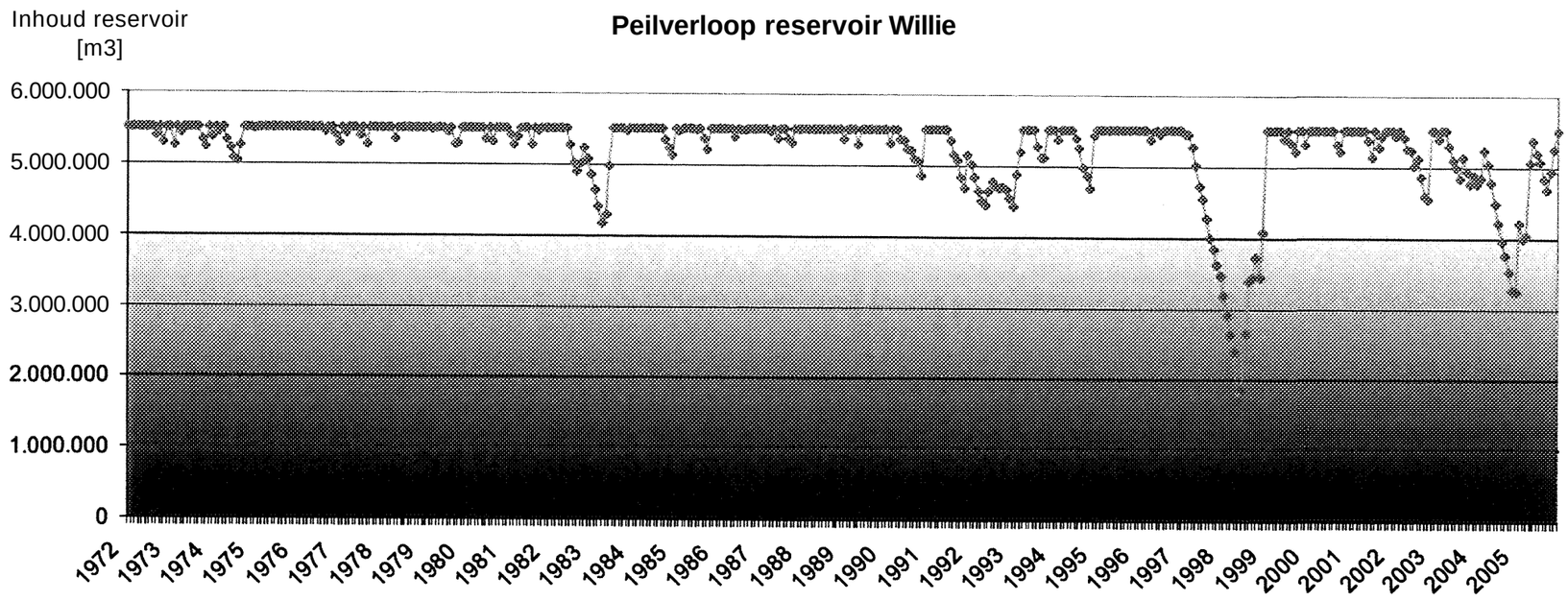


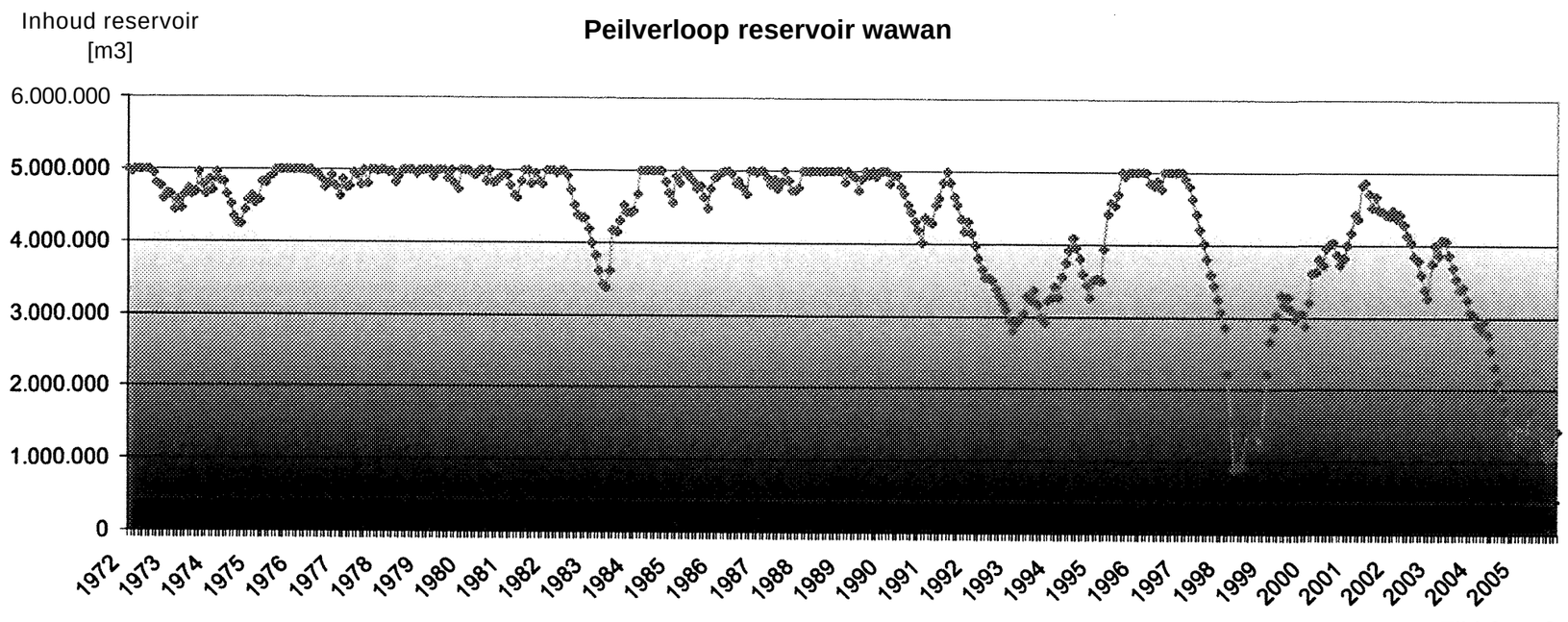


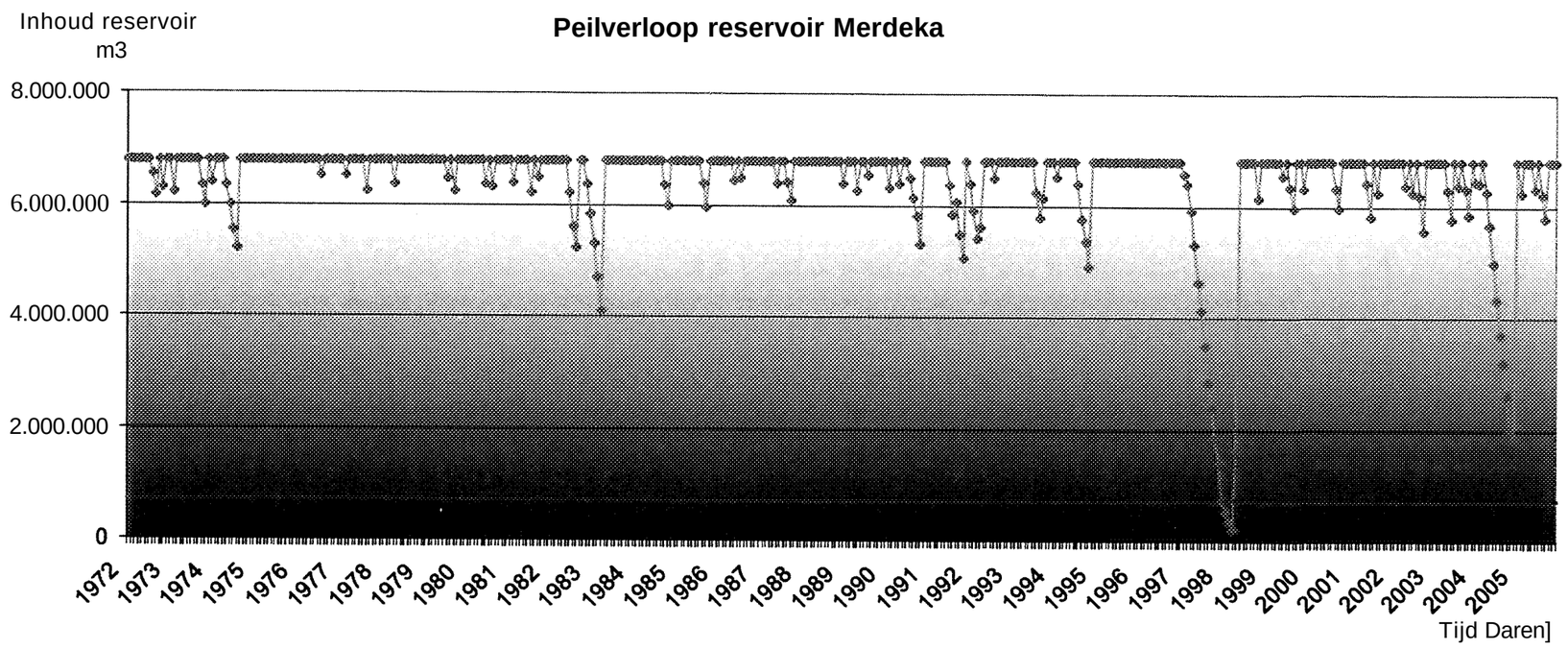


Maximaal zonder grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	**174**	628	5.500.000	3,7%	1%	100,0%
Wawan → Willie	**238**	856	7.500.000	78,8%	0%	100,0%
Willie → Zuivering	**301**	1084	9.500.000	37,8%	0%	100,0%
Totaal	**1516**	**5456**	**22.500.000**			







Bijlage XIV

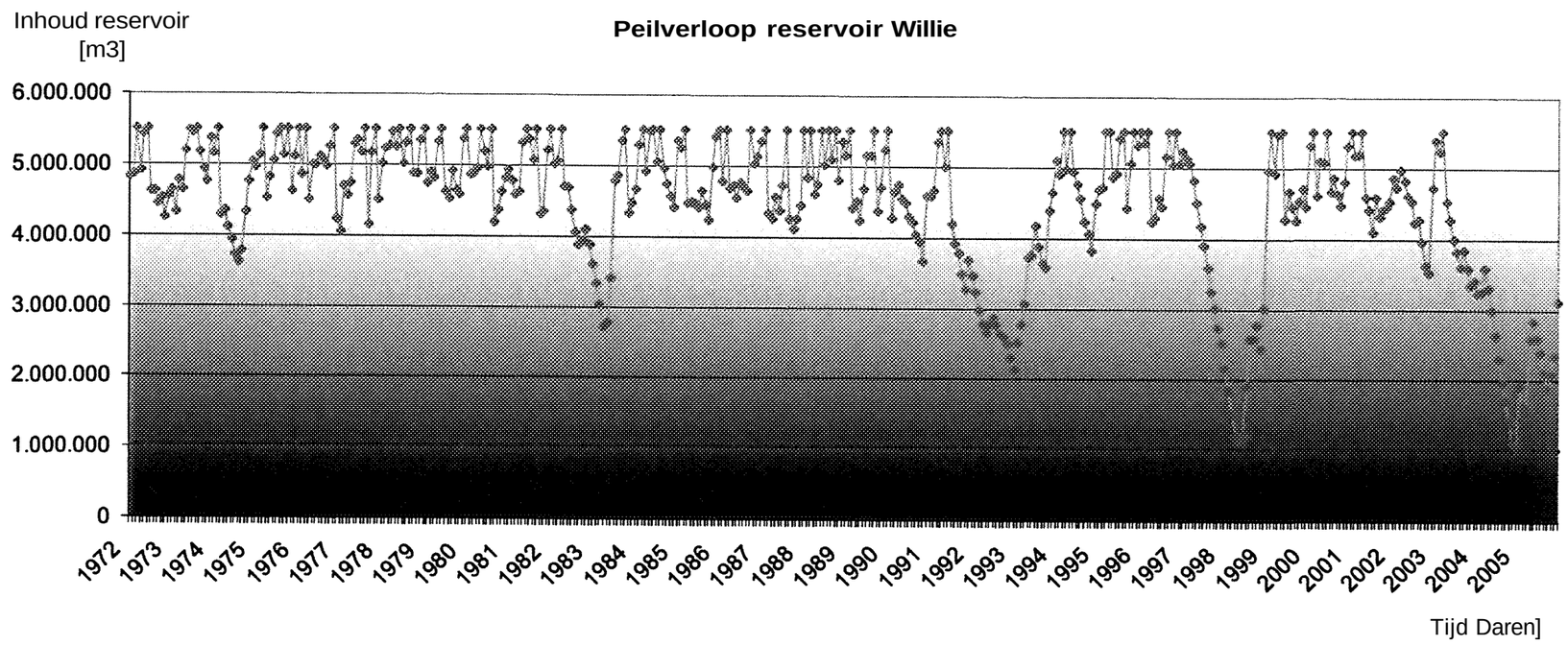
I	Schema's Lesser Slenken-dijk	1
II	Geologische gesch-rijving Samsoe Lesser	2
III	Grondonderzoek Samsoe Lesser	10
IV	inventarisatie grondonderzoek	1
V	Neerslagdata (Vlaardingen van 1972 - 2005)	1
VI	Berekening van de potentiele evapotranspiratie met de Penman formule	1
VII	Tabel met gewasfactoren	1
VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam	2
IX	Debietmetingen in het stroomgebied van reservoir Wilde	1
X	Bereken van pompvermogen	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheerstrategie I	4
XIII	Resultaten beheerstrategie II	4
XIV	**Resultaten beheerstrategie III**	**4**
XV	Resultaten beheerstrategie IV	4

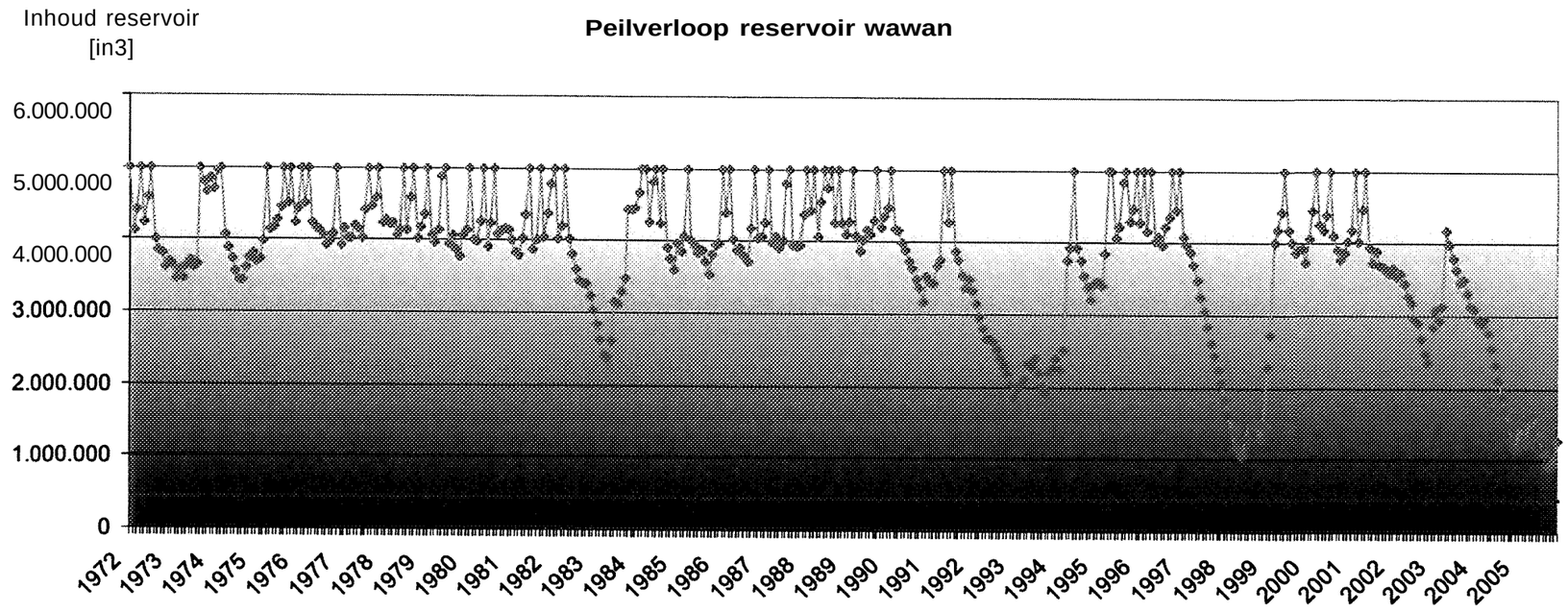
Resultaten hydrologisch model [beheerstrategie III]

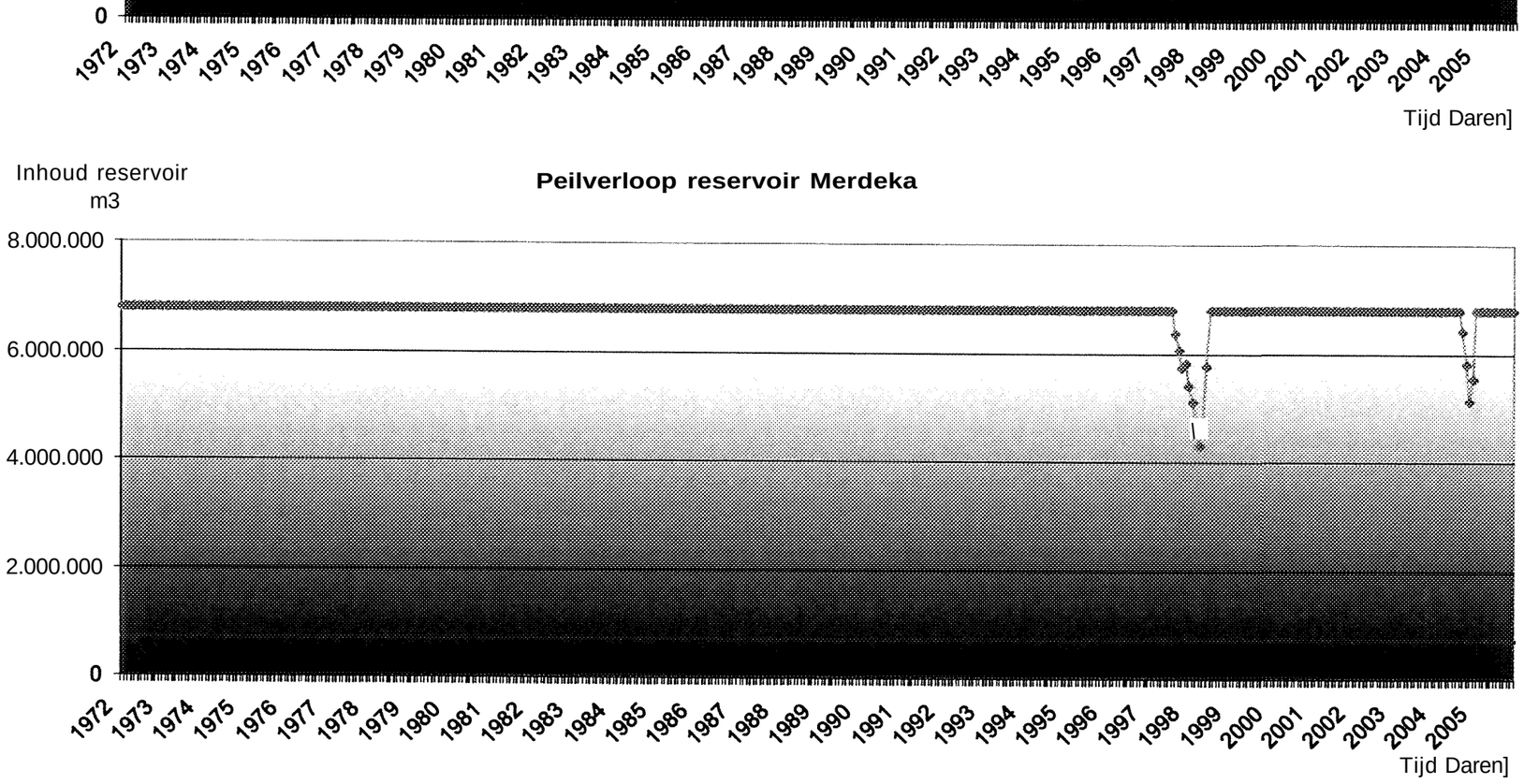
Met grondwaterstroming

	l/Sec	m^3/UUr	m^3/jaar	e effectiviteit	Ddowntume	Ooperatetime
Merdeka -* Wawan	346	1244	10.900.000	6,2%	0%	88,8%
*Wmm * Witfe*	412	1.484	13.000.000	«6,0%	0%	85,0%
	499	- 1,796	15.750.000	86,1%	0%	100,0%
Ttofetal	**1257**	**4.526**	**39.650.000**			

	H Stat.	H Dynda,	Hman.	P[kW]	Everbruik/jaar [(kW/uur]
Merdeka → Wawan	44 m^1	6,9	50,9	287	2.159.640
Wawan → Willie	13 m^1	12,6	25,6	173	1.287.440
Willie → Zuivering	35 m^1	13,3	48,3	394	3.451.520
Totaal				**854**	**6.898.600**

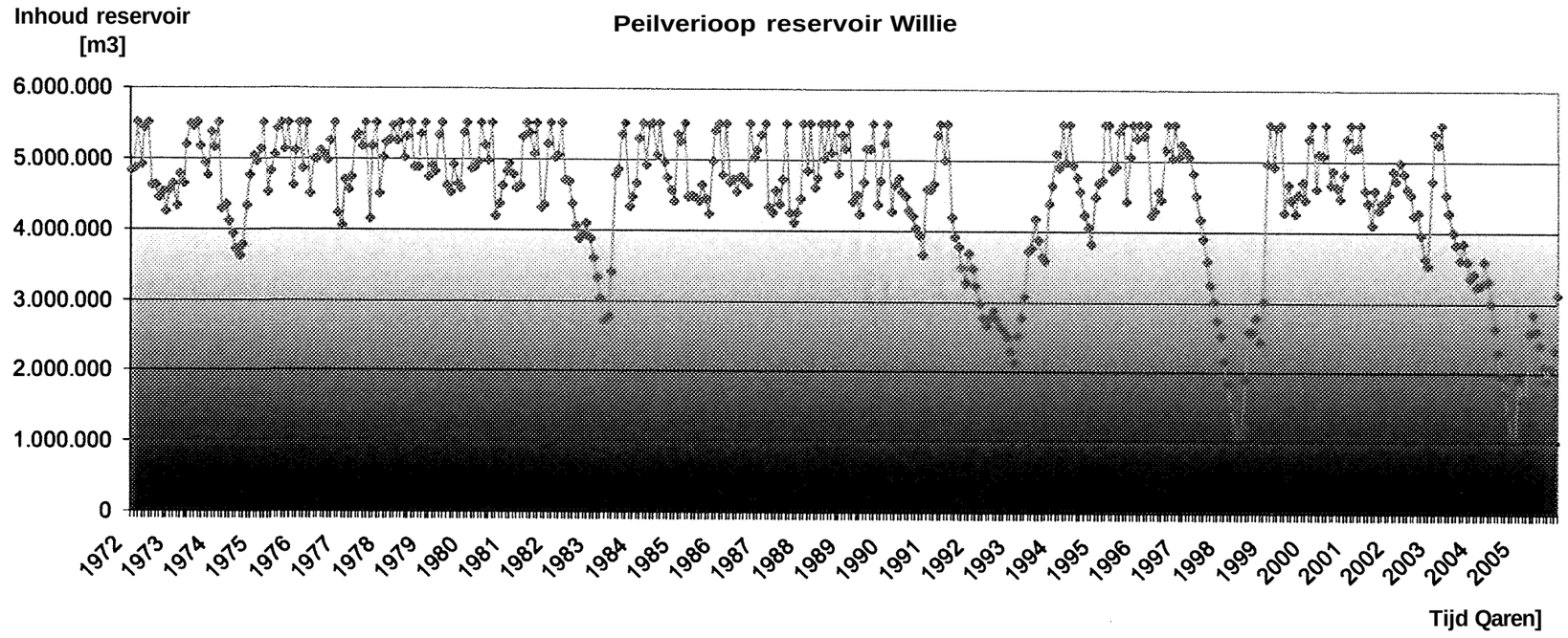


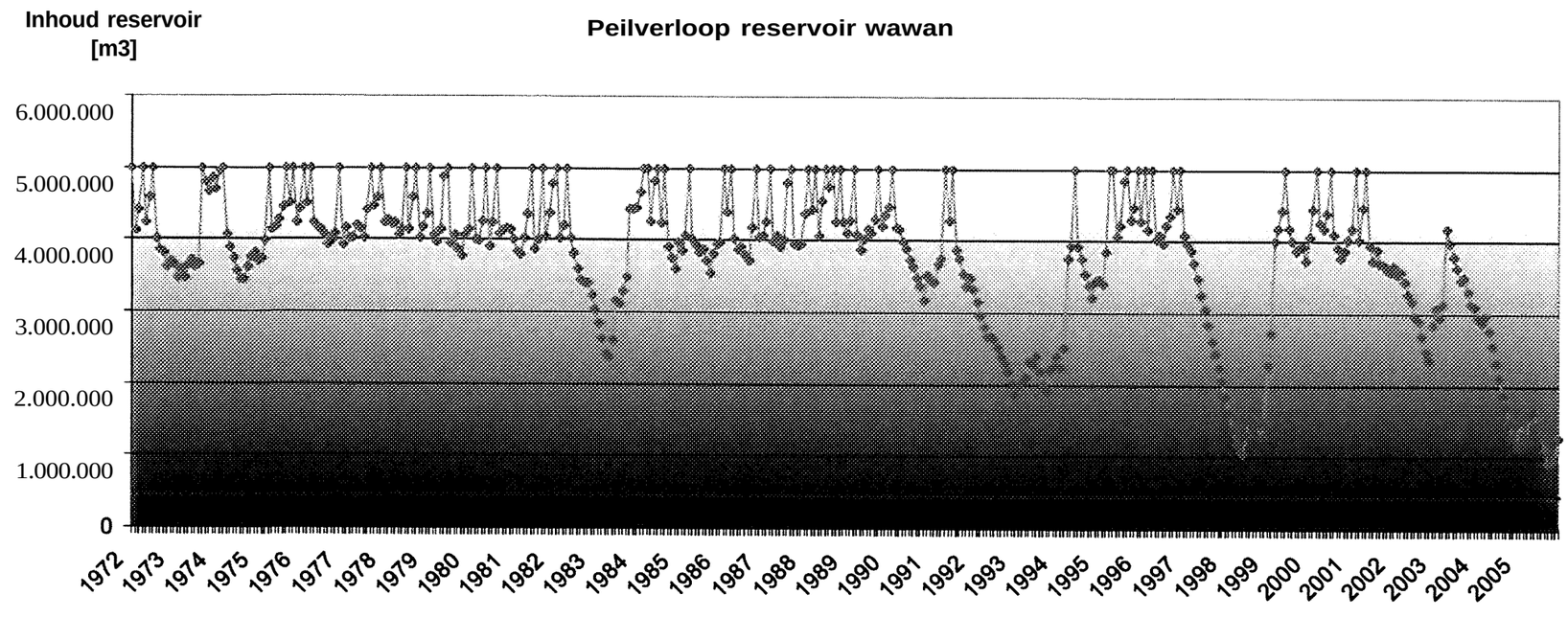


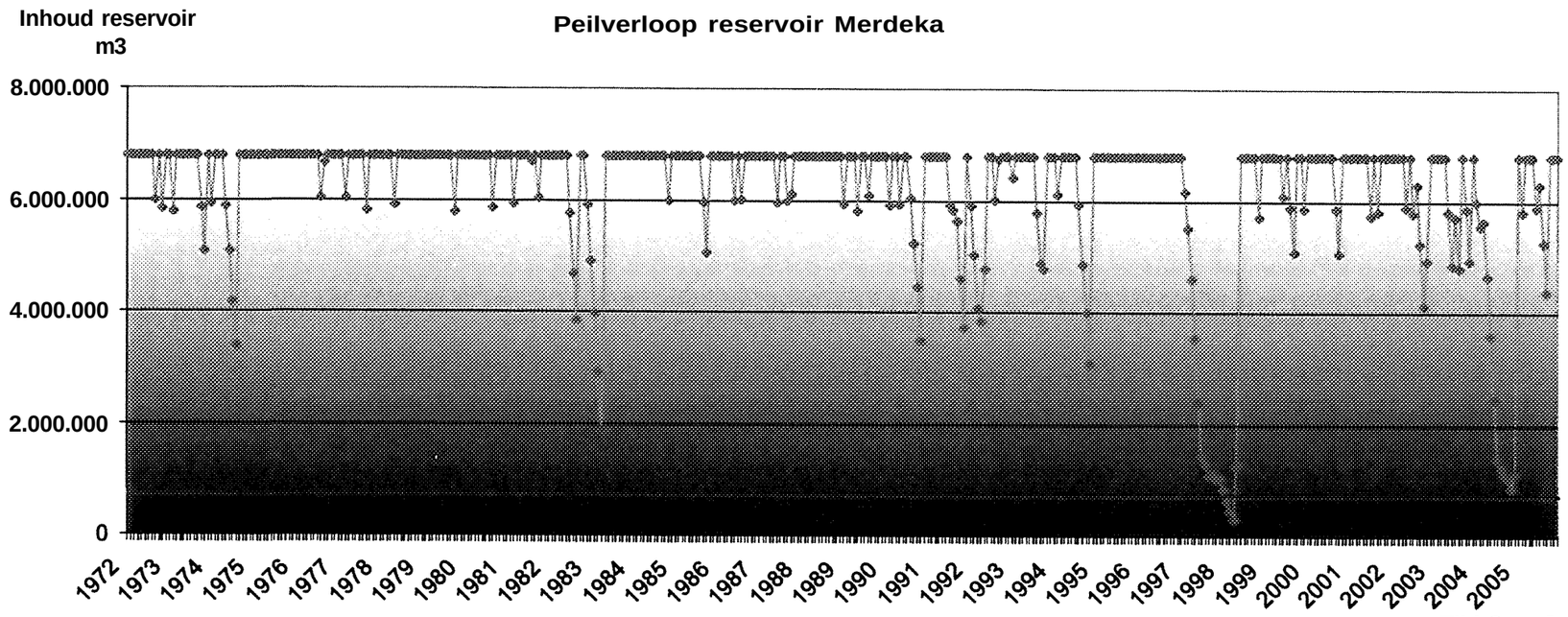


Zonder grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Wawan	346	ï3*t	10.900.000	6,2%	3,4%	85,8%
Wawan -» Willie	412	1484	13.000.000	66,0%	0%	85,0%
Willie → Zuivering	499	1798	15.750.000	86,1%	0%	100,0%
Totaal	1257	4.526	39.650.000			



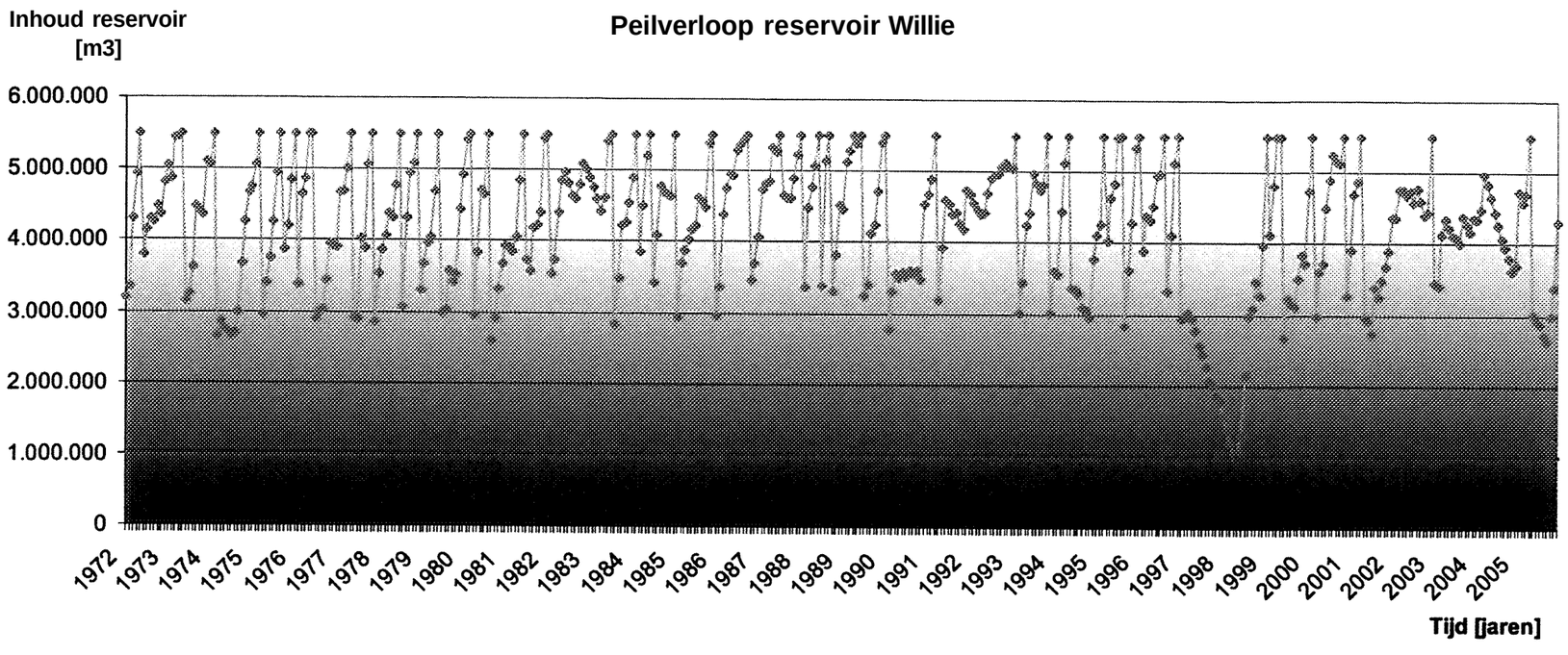


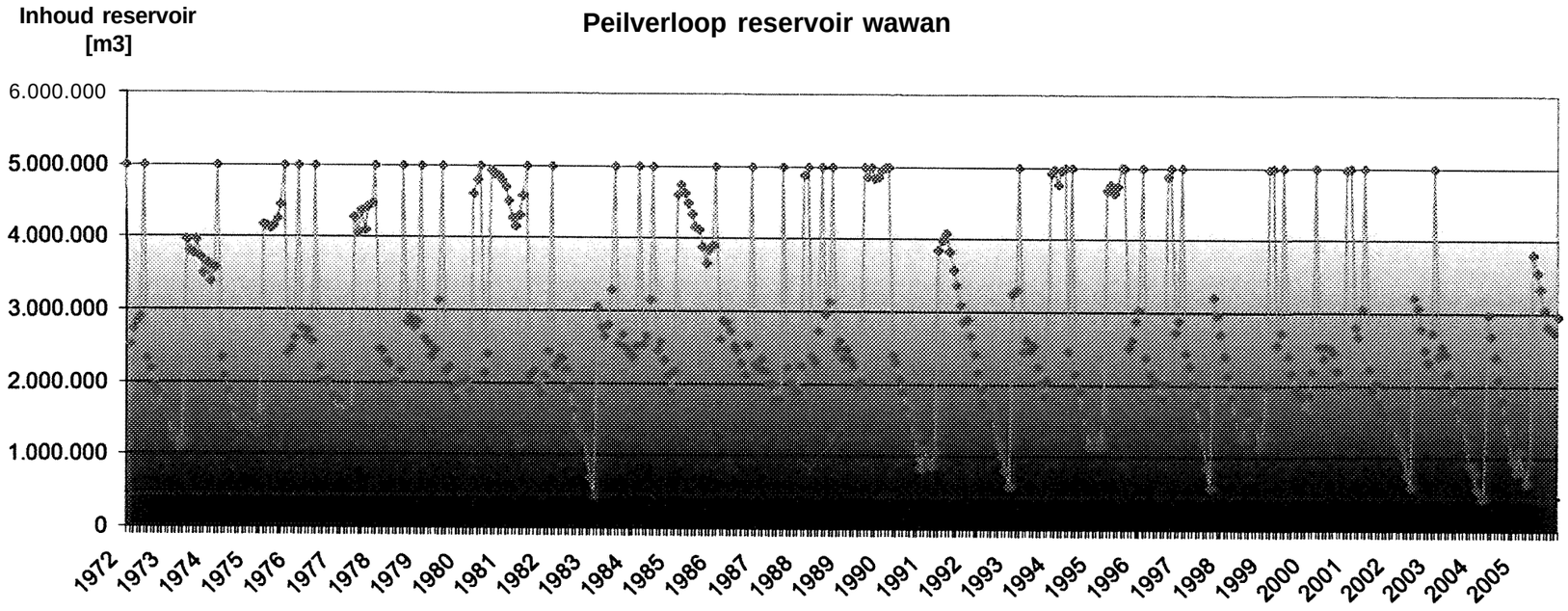


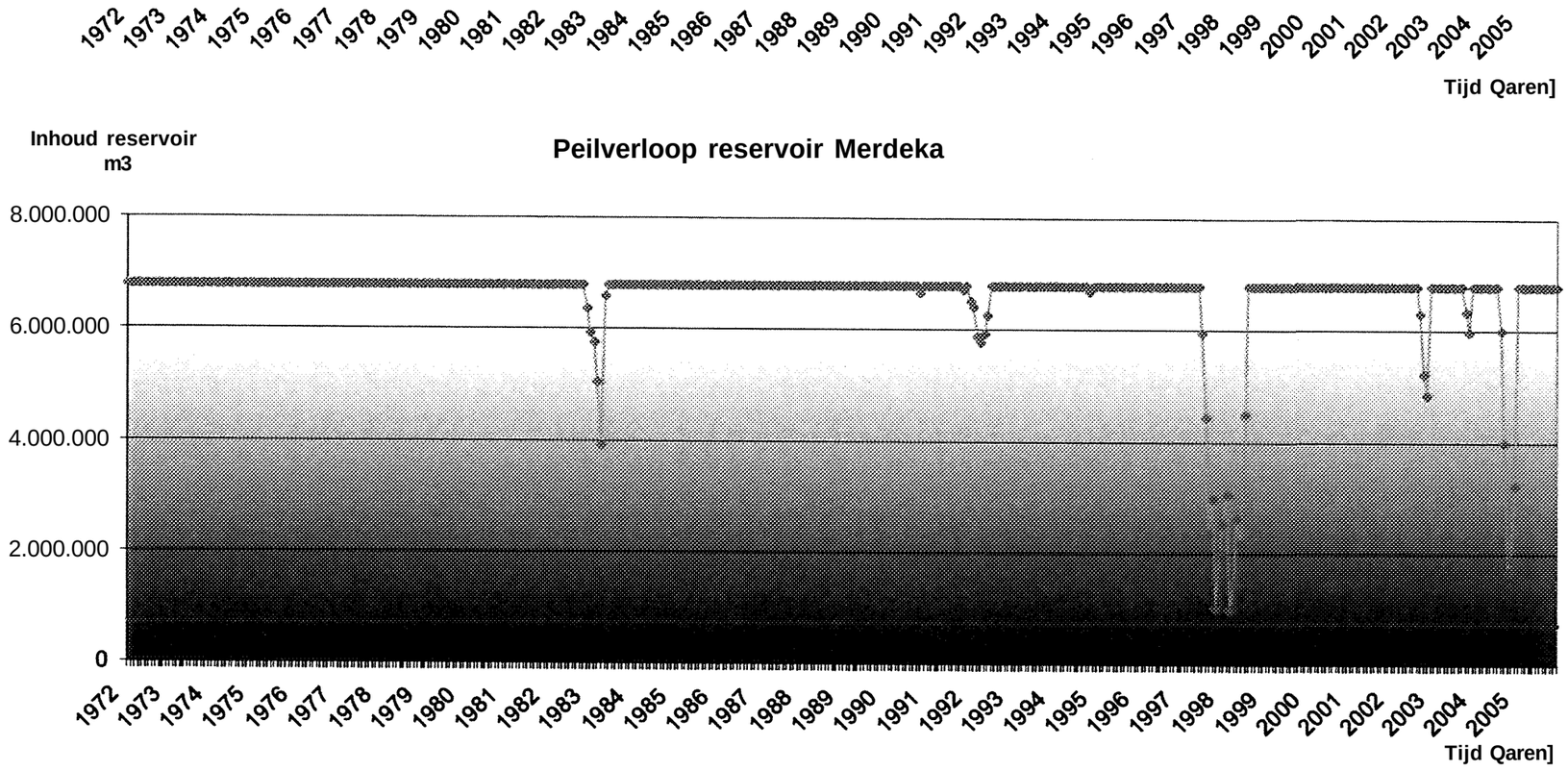
Maximaal met grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
MerdeKa •* Wawan	983	3.539	**31.000.000**	**18,4%**	2,0%	90,7%
Wawan -> Willie	1077	3.876	**33.950.000**	**65,3%**	1,2%	89,0%
	1110	3.995	**35.000.000**	**87,7%**	0,0%	100,0%
Totaal	**3170**	114ït	**99.950.000**			

	H Stat.	H Dynda,	Hman.	P[kW]	Everbruik/jaar [kW/uur]
Merdeka → Wawan	44 m^1	55,45	99,5	**1598**	12.697.120
Wawan → Willie	13 m^1	86,2	99,2	**1746**	13.609.200
Willie → Zuivering	35 m^1	65,44	100,4	**1823**	15.966.120
Totaal				**5167**	**42.272.440**

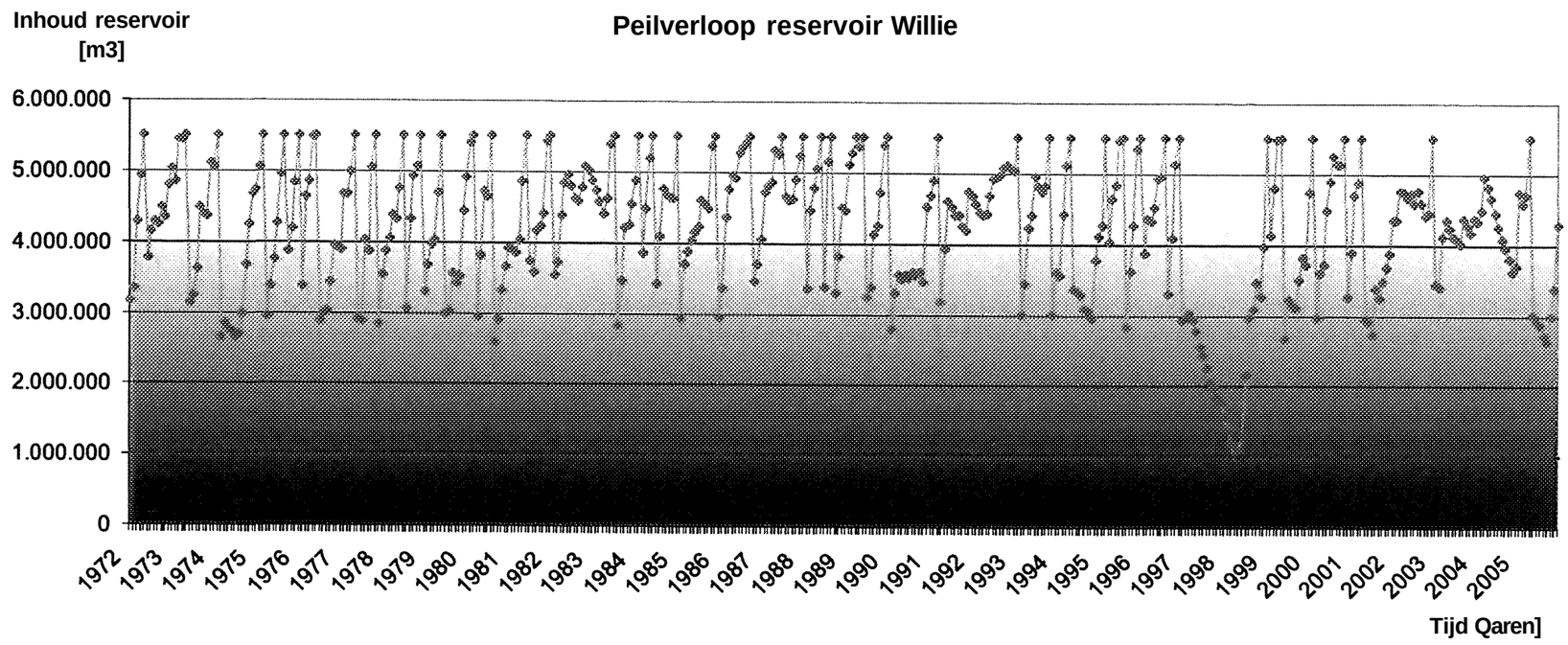


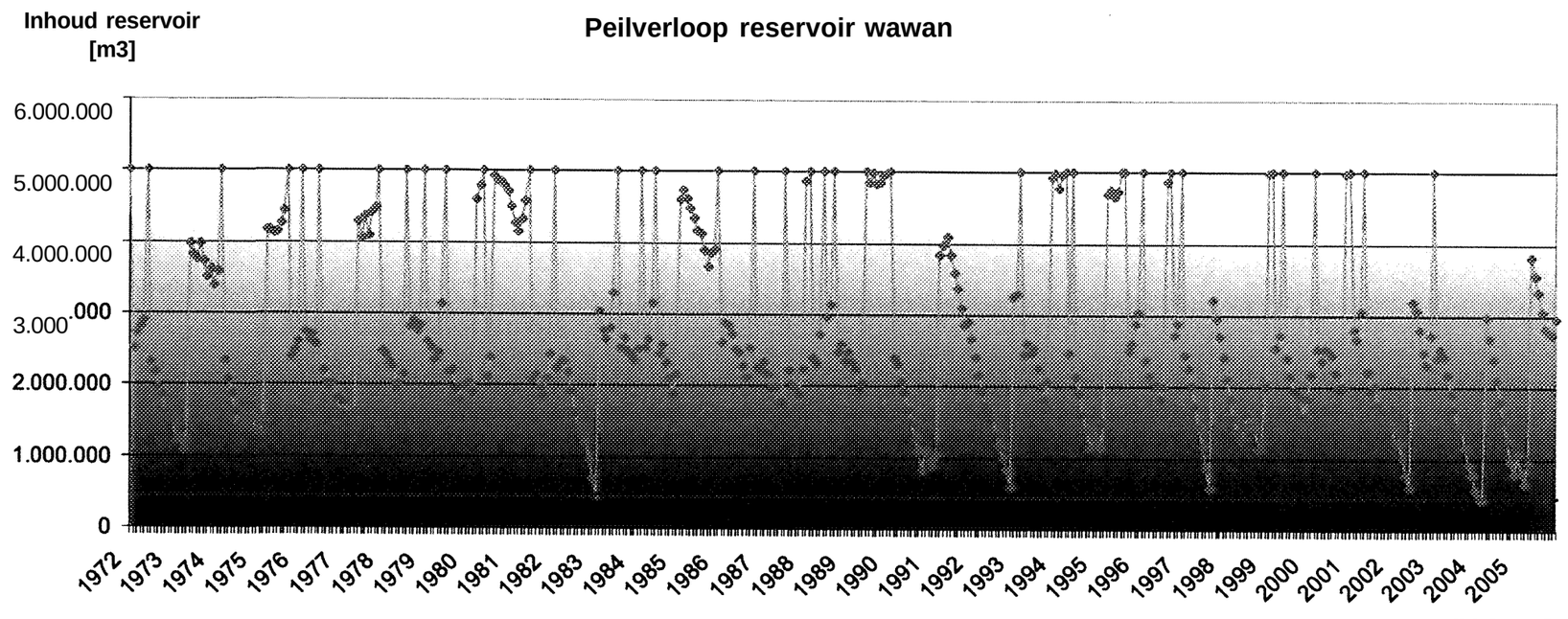


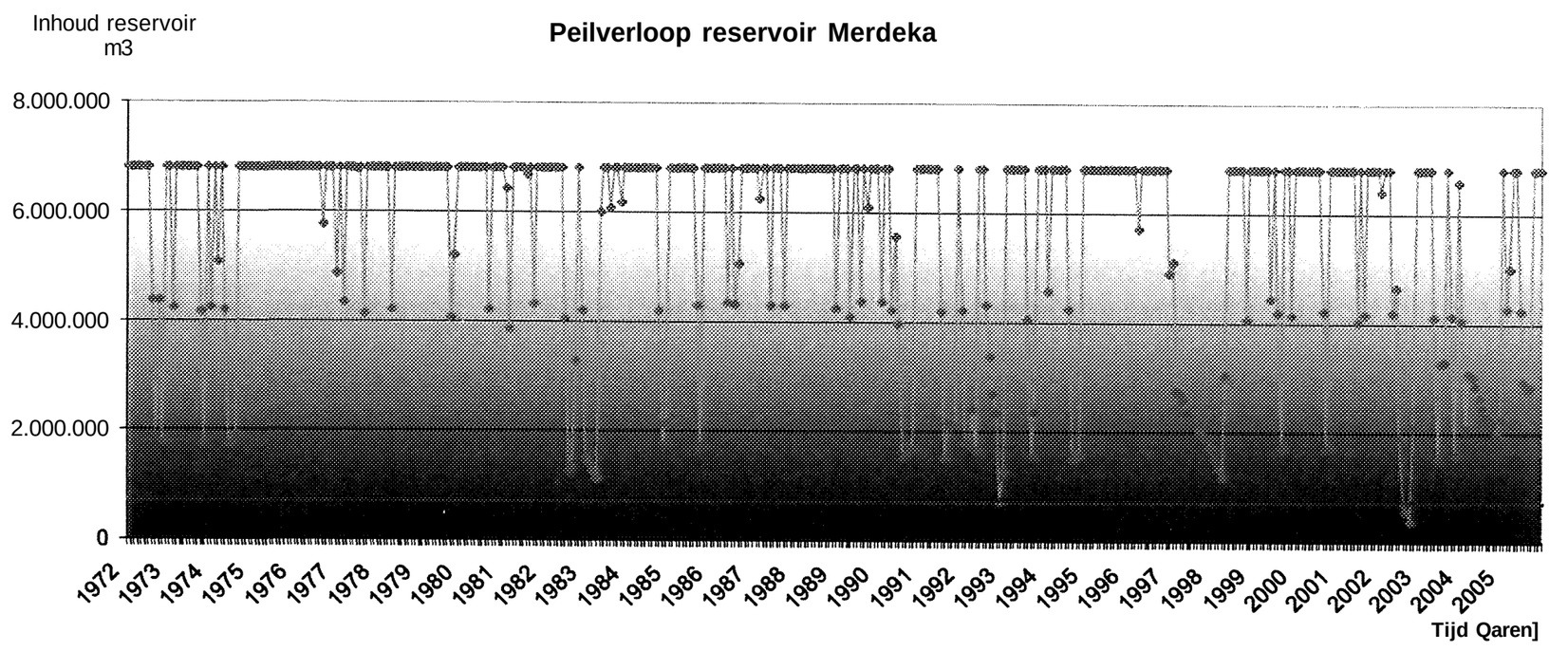


Maximaal zonder grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	operate time
Merdeka -> Wawan	983	3.539	31.000.000	16,4%	12,4%	
Wawan *fr Willie	1077		33.950.000	65,3%	12%	mm
Wülie -» Zuivering	1110	a$85	35.000.000	88,7%	0%	100,0%
Totaal	3170	11.410	99.950.000			







Bijlage XV

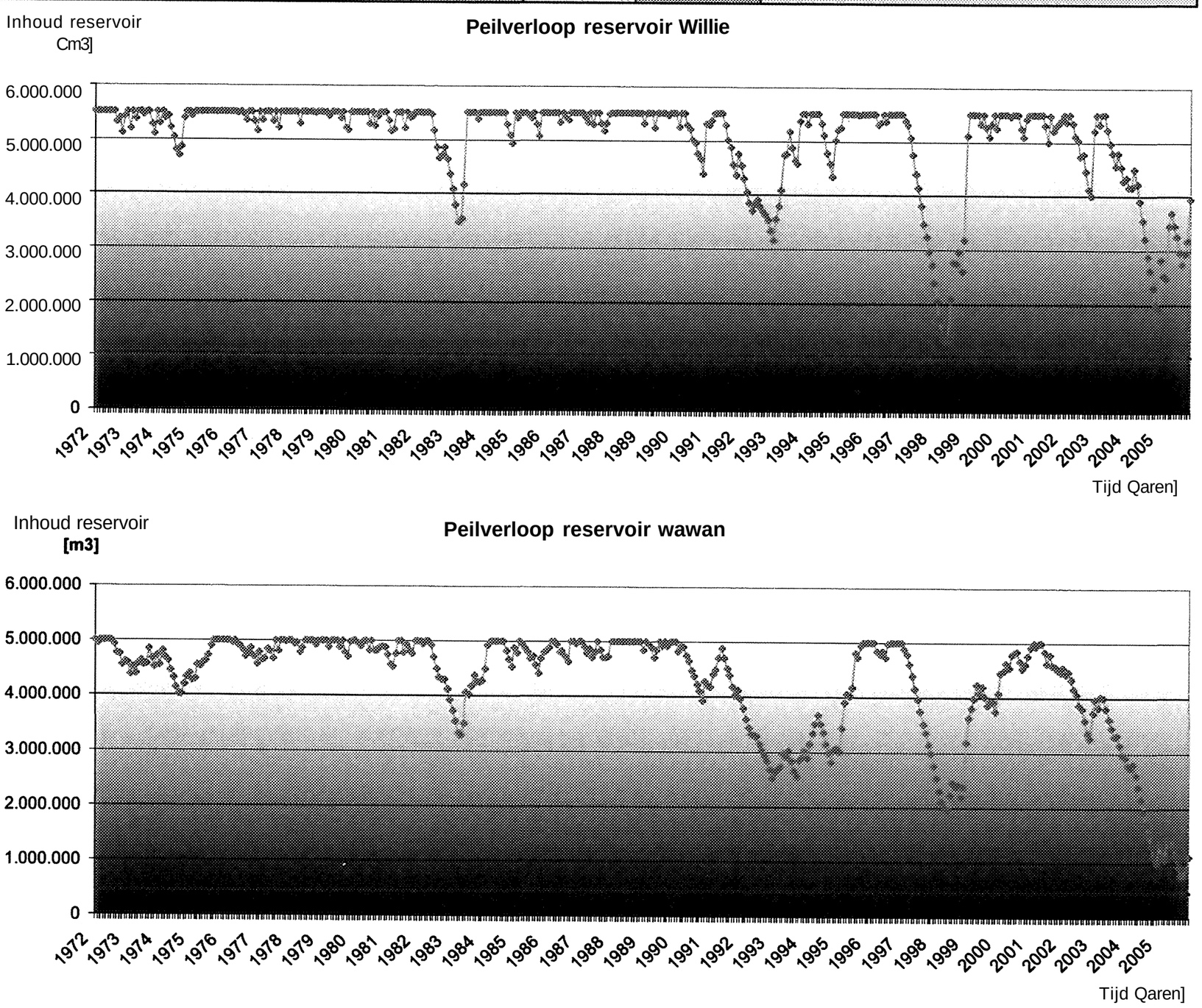
I	Samba - Lesten wijzigen	
II	Bepalen de grondwaterstand Samba Lesten	
III	Grondwaterstand Samba Lesten	
IV	Inventarisatie grondonderzoek	
V	Neerslagdata (maandgemiddelden 1972 - 2005)	
VI	Berekening van de potentiële evapotranspiratie met de Penman formule	
VII	Tabel met gewasfactoren	
VIII	Waterdoorlatendheid berekeningen van de dam	
IX	Deformaties in het grondlichaam van reservoir Villa	
X	Berekenen van compvermogen	1
XI	Digitale versie van het hydrologische model	1
XII	Resultaten beheerstrategie I	4
XIII	Resultaten beheerstrategie II	4
XIV	Resultaten beheerstrategie III	4
XV	**Resultaten beheerstrategie IV**	**4**

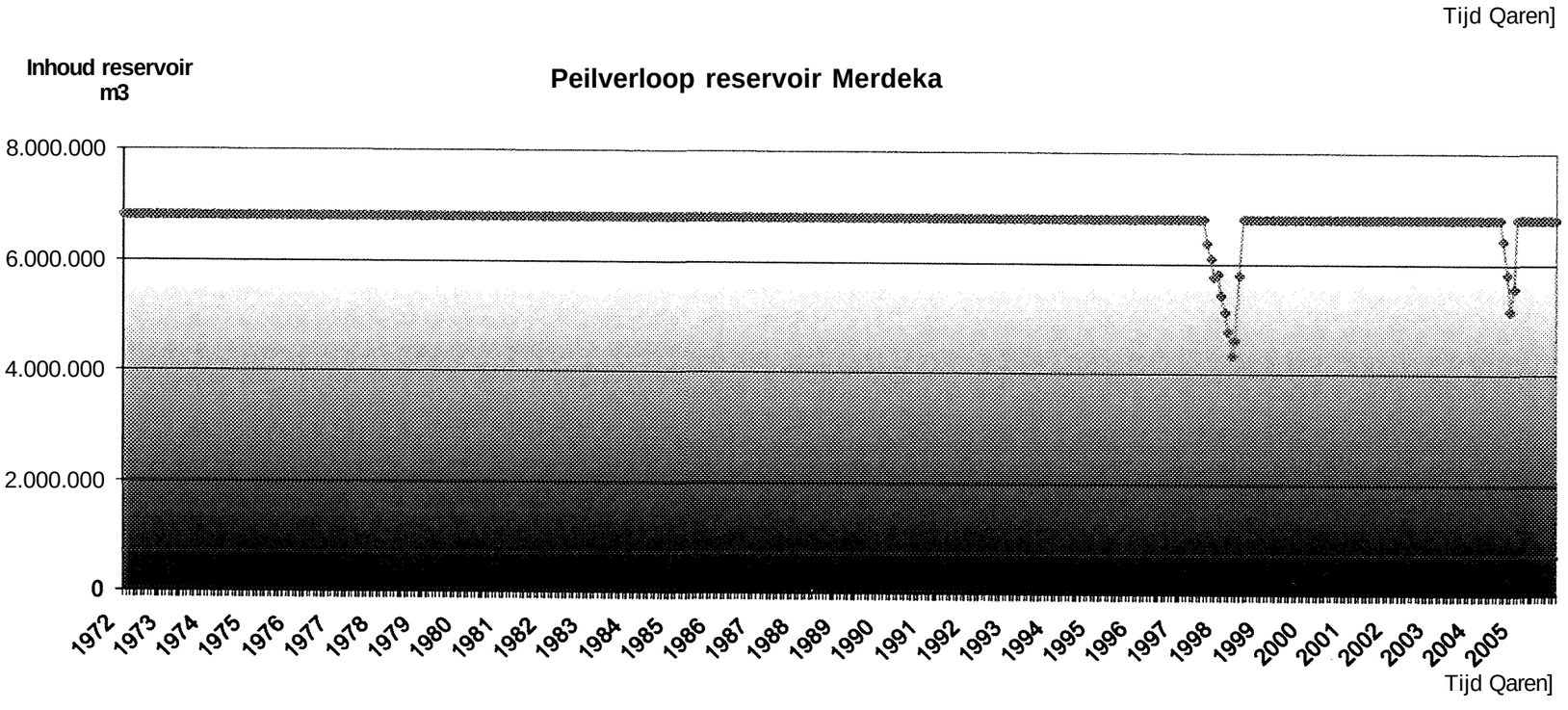
Resultaten hydrologisch model [beheerstrategie IV]

Met grondwaterstroming

	!/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Zuivering	344	1.239	10.850.000	741%	0%	100%
Merdeka -> Wawan	-	-	-	-	-	-
Wawan → Zuivering	67	240	2.100.000	81,1%	0%	100%
Wawan → Willie	-	-	-	-	-	-%
Willie → Zuivering	89	320	2.800.000	51,6%	0%	100%
Totaal	499	1.798	15.750.000			

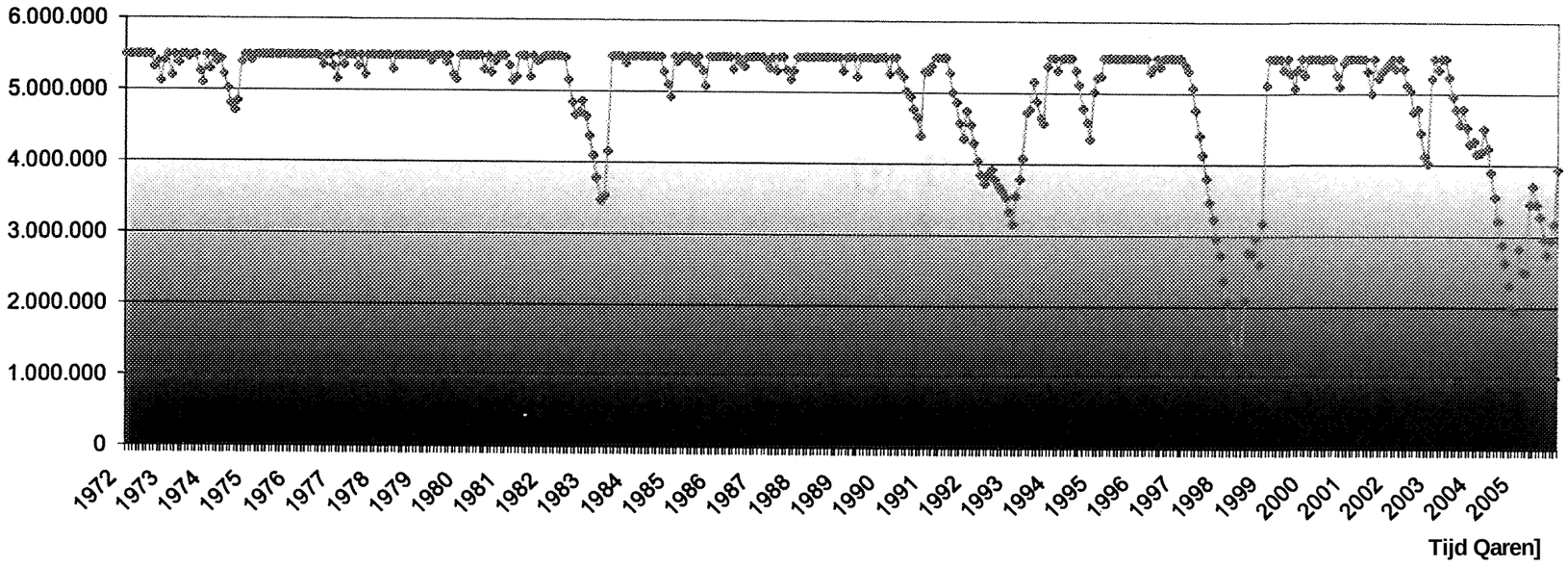
	H Stat.	H Dynda.	$H_{man.}$	P[kW]	$E_{verbruik/jaar}$ [kW/uur]
Merdeka → Zuivering	60 m^1	27,7	87,7	493	4.320.200
Merdeka → Wawan [2]	-	-	-	-	-
Wawan → Zuivering	40 m^1	0,7	40,7	44	387.800
Merdeka → Willie [2]	-	-	-	-	-
Willie → Zuivering	35 m^1	0,4	35,4	51	487.800
Totaal				588	**5.195.800**

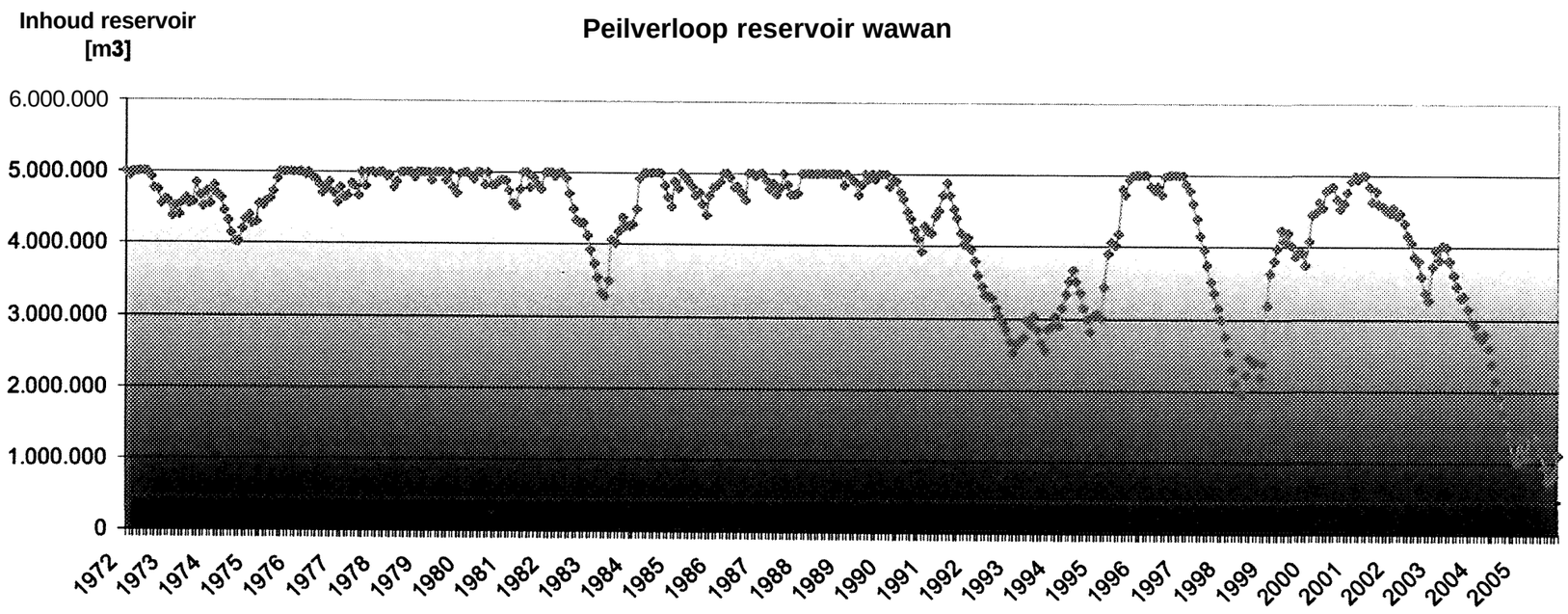


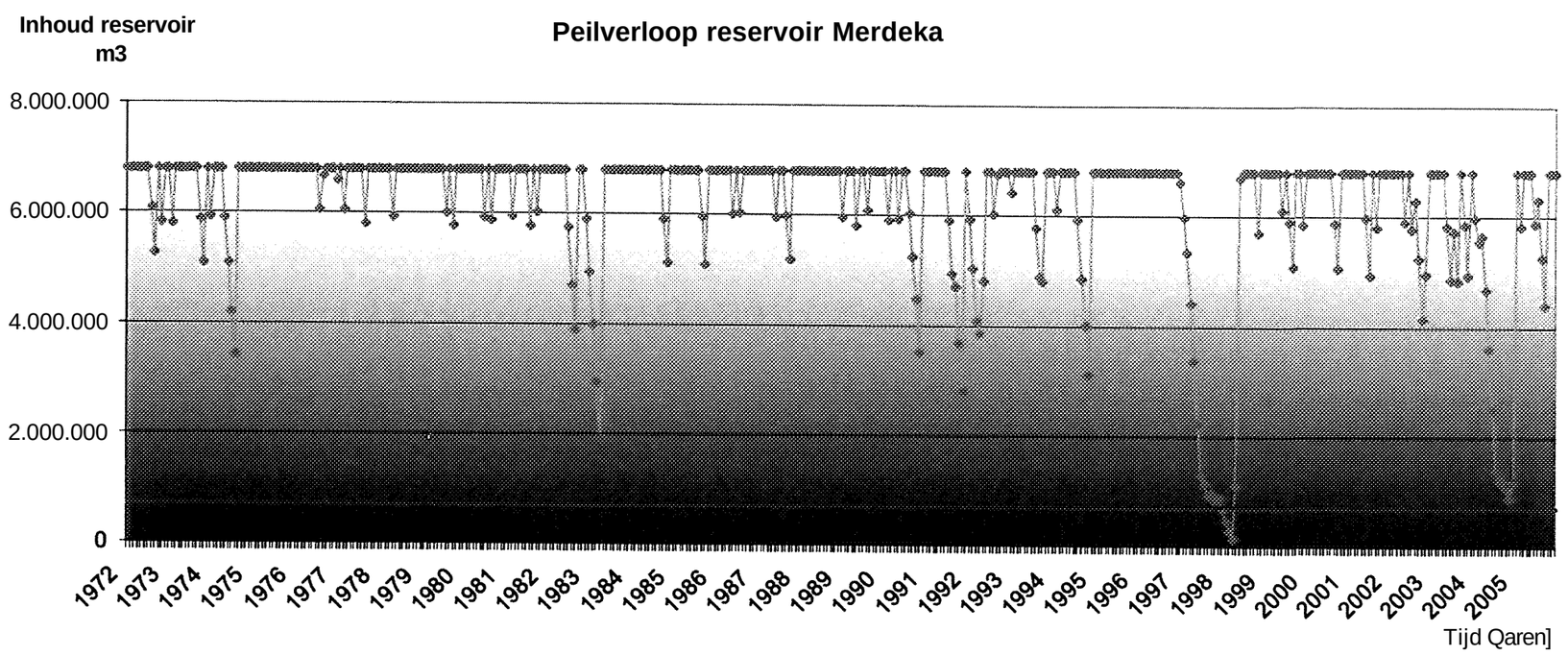


Zonder grondwaterstroming

	!/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Zuivering	344	1.239	10.850.000	7,6%	3,43%	100%
Merdeka → Wawan	-	-	-	-	-	-
Wawan → Zuivering	67	240	2.100.000	81,1%	0%	100%
Wawan → Willie	-	-	-	-	-	-
Willie → Zuivering	89	320	2.800.000	51,6%	0%	100%
Totaal	499	1.798	15.750.000			



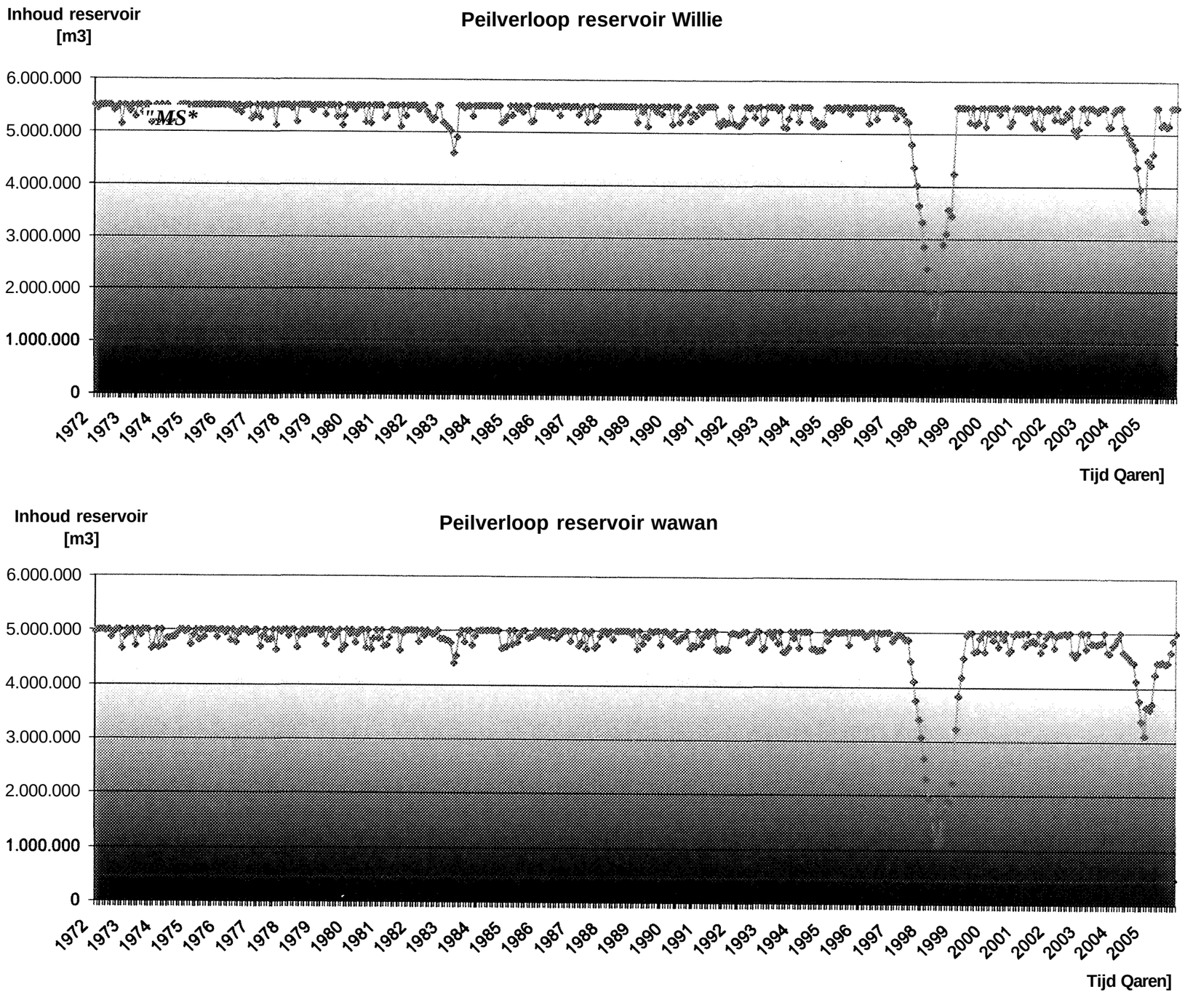


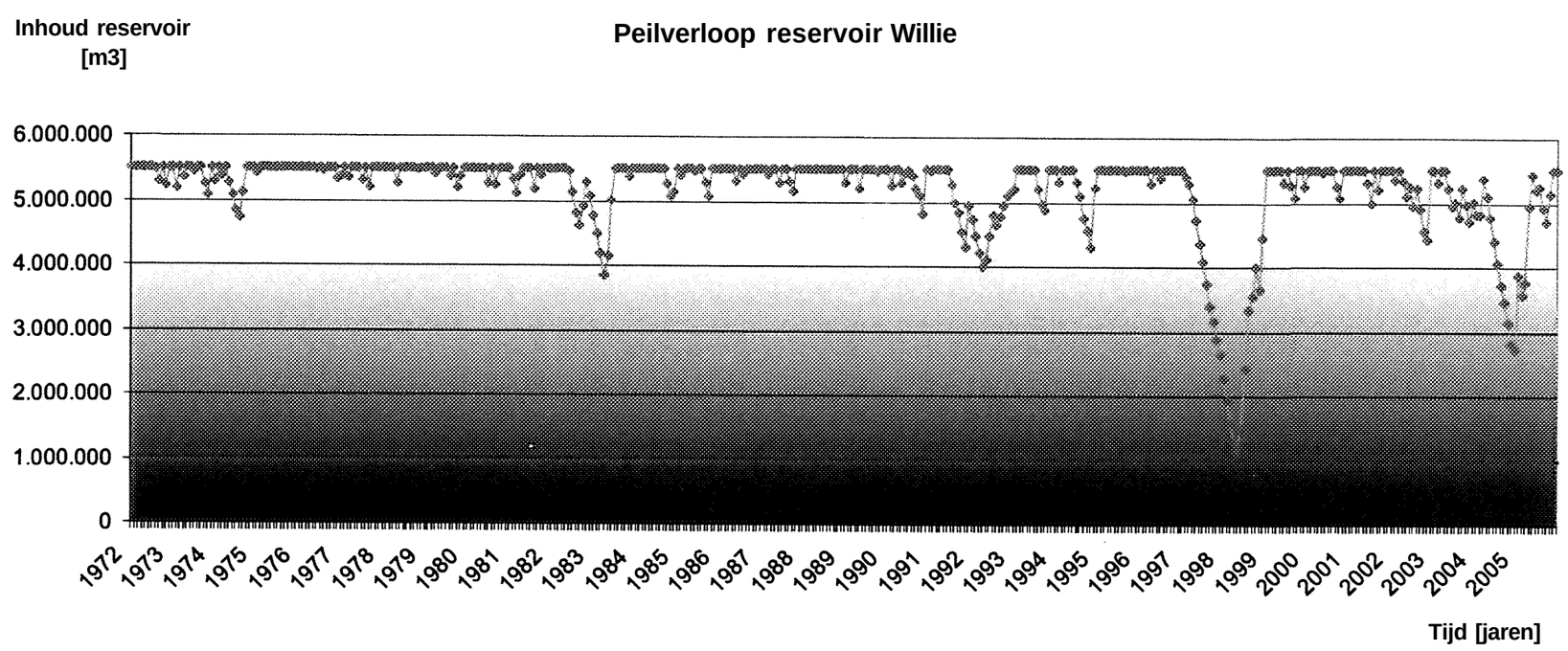
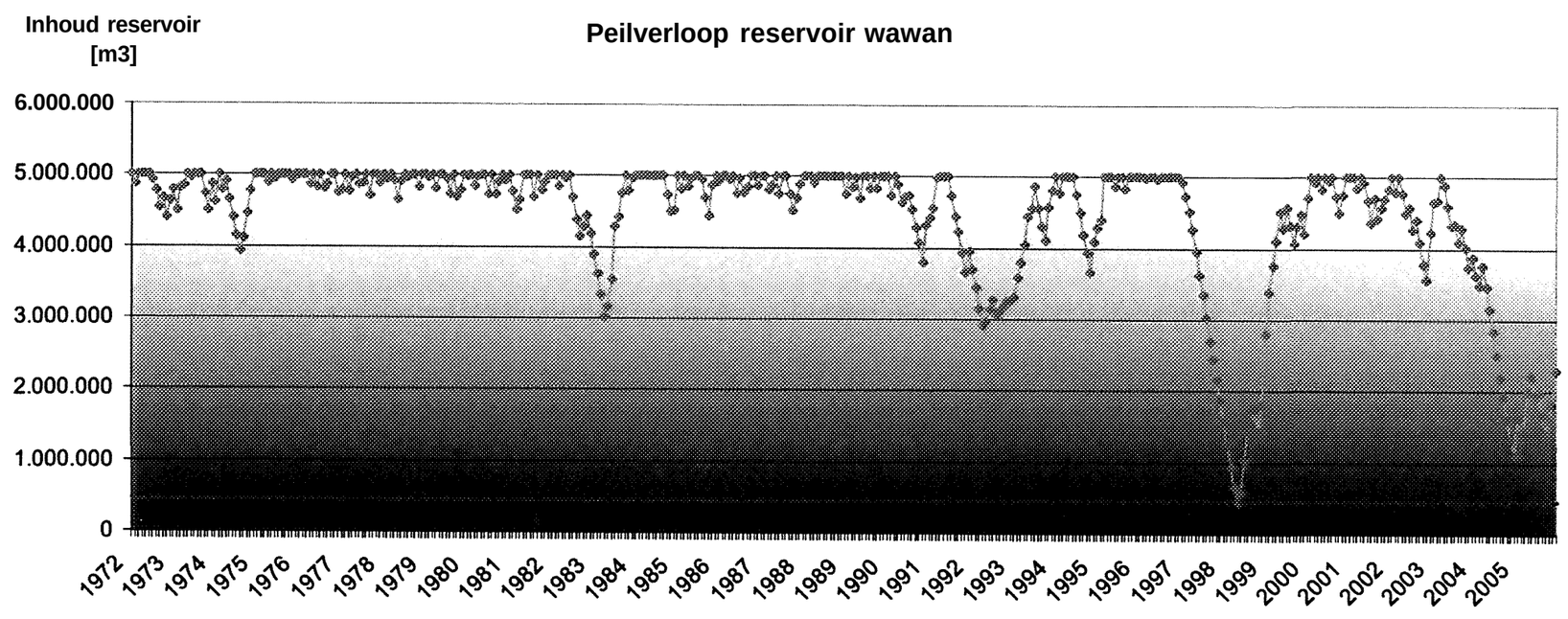
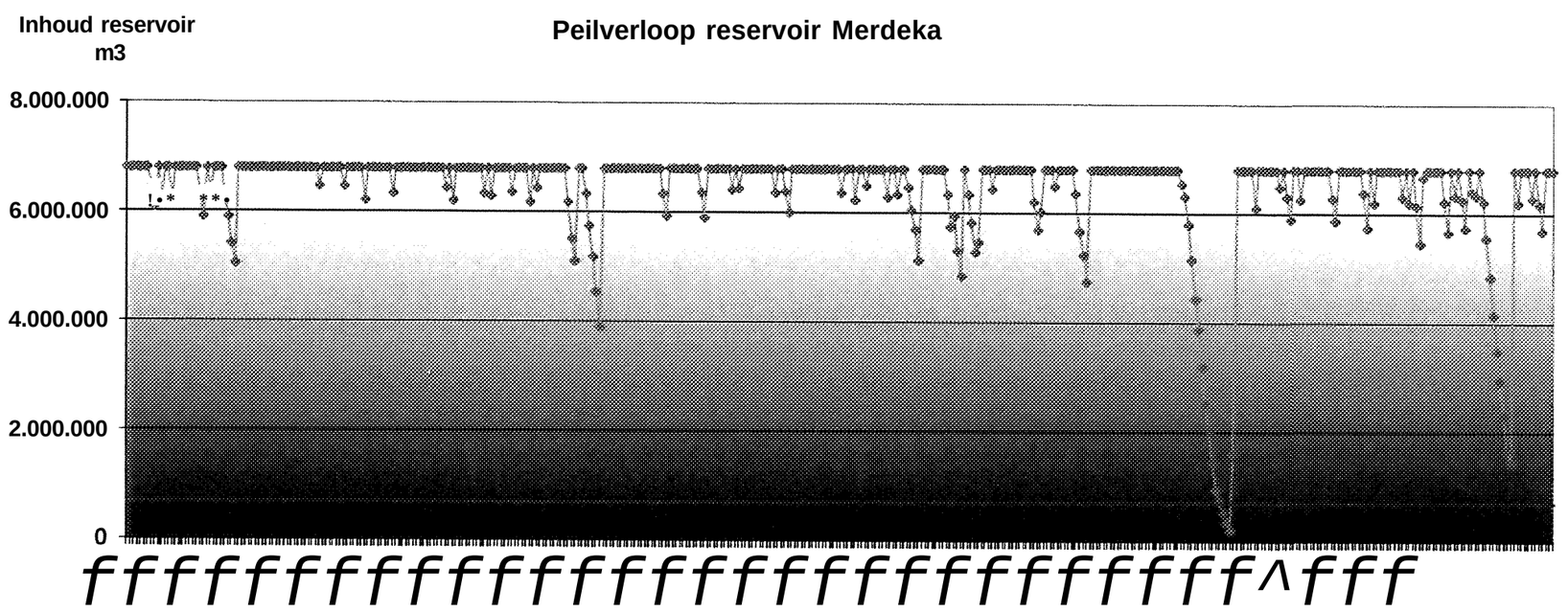


Maximaal met grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	e effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Zuivering	571	2.055	18.000.000	12,2%	0%	100,0%
Merdeka → Wawan	254	913	8.000.000	12,2%	0%	60,3%
Wawan → Zuivering	127	46?	4.000.000	70,1%	0%	100,0%
Wawan → Willie	127	457	4.000.000	70,1%	0%	41,2%
Willie → Zuivering	127	mr	4.000.000	55,4%	0%	100,0%
Totaal	1206	4.339	38.000.000			

	H Stat.	H Dynda.	Hman.	P[kW]	Everbruik/jaar [kW/uur]
Merdeka → Zuivering	60 m^1	158,9	218,9	2951	25.584.320
Merdeka → Wawan	44 m^1	3,7	47,7	198	1.044.800
Wawan → Zuivering	40 m^1	9,75	206,0	206	1.801.160
Wawan → Willie	13 m^1	1,2	14,2	29	106.200
Willie → Zuivering	35 m^1	0,9	35,8	74	651.360
Totaal				3458	29.187,840



Maximaal zonder grondwaterstroming

	l/sec	m^3/uur	m^3/jaar	6 effectiviteit	D downtume	O operate time
Merdeka → Zuivering	190	685	6.000.000	4,5%	0%	100,0%
Merdeka -» Wawan	193	696	6.100.000	4,5%	0%	43,1%
Wawan → Zuivering	101	385	3.200.000	77,1%	0%	100,0%
Wawan → Willie	92	331	2.900.000	77,1%	0%	25,0%
Willie → Zuivering	92	331	2.900.000	46,2%	0%	100,0%
Totaal	**668**	2.408	**21.100.000**