

POE.

DE TOEKOMST VAN DE HUIDIGE AFVALVERWERKING OP CURAÇAO

Een onderzoek naar milieutechnische en planologische aspecten

Arthur Con

Delft, Maart 1994

Afstudeerhoogleraar : Prof. ir. H.M. Oudshoorn

Begeleiders : Ir. P. van Eck (Vakgroep Infrastructuur)

Ir. J. van der Heide (Vakgroep Gezondheidstechniek en Waterbeheersing)


TU Delft

Technische Universiteit Delft

Faculteit der Civiele Techniek
Vakgroep Infrastructuur

INHOUDSOPGAVE

1.	Inleiding	1
1.1	Inleiding en probleembeschrijving	1
1.2	Onderzoeksopzet	1
2.	Beschrijving van de situatie	3
2.1	Beschrijving van Curaçao	3
2.1.1	Topografie	3
2.1.2	Bodem	3
2.1.3	Klimaat en begroeiing	3
2.1.4	Economie	4
2.1.5	Bevolking	5
2.1.6	Drinkwater	5
2.1.7	Afvalwater	6
2.2	Historie vuilverwerking	6
2.3	Het afvalverwerkingsproces	8
2.3.1	Opslag bij de bron	8
2.3.2	Het inzamelen	9
2.3.3	Het verwerken	10
2.4	Beschrijving van de stortplaats Malpais	10
2.4.1	Topografische situatie	10
2.4.2	Geologische situatie	10
2.4.3	Geohydrologische situatie	12
2.4.4	Bedrijfsvoering	12
2.4.5	Aangeboden afvalcategorieën	13
2.4.6	Vuilhoeveelheden per afvalcategorie	16
3.	Levensduur van de stortplaats Malpais	19
3.1	Inleiding	19
3.2	Bepaling van de huidige levensduur	19
3.2.1	Invloedsfactoren	19
3.2.2	Beschrijving van het rekenmodel	23
3.3	Probleemstelling	24
3.4	Randvoorwaarden en uitgangspunten	25
3.5	Oplossingsrichting	26
3.5.1	Verkleining van de vraag naar afdekmateriaal	26
3.5.1.1	Recycling	26
3.5.1.2	"schoon" afval apart	28
3.5.2	Vergroting van de voorraad afdekmateriaal	28
3.5.2.1	Aanvoer van afdekmateriaal van elders	28
3.5.2.2	Lokaal uitgraven	28
3.6	Alternatieven	28
3.6.1	Alternatief 1: aanvoer van afdekmateriaal van elders	29
3.6.2	Alternatief 2: lokaal uitgraven van afdekmateriaal	29
3.6.3	Alternatief 3: lokaal uitgraven van afdekmateriaal en bouw- en sloopafval apart	30
3.7	Resultaten ten aanzien van de levensduur	32
3.8	Keuze	34
3.8.1	Afwegingscriteria	35
3.8.2	Afweging van de alternatieven	38

4.	Percolaat	41
4.1	Kwantiteit	41
4.1.1	Inleiding	41
4.1.2	Beschrijving van de invloedsfactoren	42
4.1.2.1	Neerslag	42
4.1.2.2	Oppervlakte-afvoer	42
4.1.2.3	Infiltratie	43
4.1.2.4	Vochthoudend vermogen	44
4.1.2.5	Evapotranspiratie	44
4.1.2.6	Microbiologische afbraak	46
4.1.2.7	Percolatie	46
4.1.3	Berekening van de invloedsfactoren	48
4.1.3.1	Berekening van de neerslag	48
4.1.3.2	Berekening van de oppervlakte-afvoer	48
4.1.3.3	Berekening van de infiltratie	49
4.1.3.4	Berekening van het vochthoudend vermogen	50
4.1.3.5	Berekening van de evapotranspiratie	50
4.1.4	Bepaling van de hoeveelheid percolaat	52
4.1.4.1	Tijdens uitvoering van de huidige stortmethode	52
4.1.4.2	Na voltooiing van de huidige stortmethode	57
4.1.4.3	Tijdens uitvoering van de voorgestelde stortmethode	57
4.1.4.4	Na voltooiing van de voorgestelde stortmethode	58
4.1.5	Conclusie	58
4.2	Kwaliteit	59
4.2.1	Inleiding	59
4.2.2	Beschrijving van de invloedsfactoren	59
4.2.2.1	Samenstelling van het afval	59
4.2.2.2	Behandeling van het afval	59
4.2.2.3	Leeftijd van de stortplaats	61
4.2.2.4	Waterinfiltratie	62
4.2.2.5	Diepte van het stortlichaam	63
4.2.2.6	Temperatuur van het stortlichaam	63
4.2.2.7	Samenvatting	64
4.2.3	Percolaatmeting op de voormalige stortplaats	64
5.	Gebruik van de stortplaats na voltooiing	67
5.1	Inleiding	67
5.2	Beperkende factoren	67
5.3	Mogelijke functies na voltooiing	68
5.4	Meest geschikte functie	70
6.	Toekomstige stortlocatie op Curaçao	71
6.1	Inleiding	71
6.2	Potentiële stortlocaties	72
6.3	Afwegingscriteria	76
6.4	Visies	86
6.5	Resultaten	87
6.6	Gevoeligheidsanalyse	88
6.7	Conclusie	93

Literatuurlijst**Bijlagen:**

- 1 Eilandelijk ontwikkelingsplan voor Curaçao 1991
- 2 Aanwezige grondsoorten te Malpais
- 3 Samenstelling huisvuil op Curaçao
- 4 Voorwaarden voor hindervergunning voor Landfill Malpais
- 5 Uitwerking van het rekenmodel ter bepaling van de huidige levensduur
- 5a Berekening benodigde stortoppervlakte
- 5b Berekeningen alternatieven
- 6 Geschiktheid van verscheidene grondsoorten als afdekmateriaal
- 7 Overzicht van klimatologische gemiddelden, periode 1961-1990
- 8 Berekening van de evapotranspiratie
- 9 Grondeigenschappen
- 10 Toetsingstabel voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in de bodem
- 11 Bepaling van het zwaartepunt van het vuilophaalgebied
- 12a Veto-criterium 1: Gebieden ver van het dichtbevolkte deel
- 12b Veto-criterium 2: Bebouwde gebieden
- 12c Veto-criterium 3: Ontwikkelingsgebied
- 12d Veto-criterium 4: Conserveringsgebied
- 12e Veto-criterium 5: Omgeving vliegveld
- 12f Veto-criterium 6: Rotsachtige gebieden
- 13 Kaartbeeld na de zeefanalyse
- 14 Potentiële stortlokaties
- 15 Uitbreidingsmogelijkheid
- 16 Grondsoort
- 17 Afstand tot waterputten t.b.v. agrarische doeleinden
- 18 Afstand tot bebouwd gebied
- 19 Afstand tot benedenwindse bebouwing
- 20 Zones volgens de Thematische Geocode Atlas van Curaçao (CBS en DROV, 1986)
- 21 Ligging t.o.v. het zwaartepunt van het ophaalgebied
- 22 Ligging t.o.v. het overslagstation
- 23 Bestemmingskaart (DROV, 1991)
- 24 Waterlopen

HOOFDSTUK 1

INLEIDING

1.1 Inleiding en probleembeschrijving

In Nederland neemt de zorg voor het milieu een belangrijke plaats in de maatschappij in. Op Curaçao is pas de laatste tijd een stijgende tendens in de milieubewustwording waar te nemen. Dit is mede te danken aan inspanningen van de milieudienst op Curaçao en milieugroepen zoals Friends of the earth en de stichting milieudefensie. Dit afstudeerrapport is bedoeld om een positieve bijdrage te leveren aan het milieu op Curaçao. Het betreft een onderzoek naar de afvalverwerking op Curaçao en met name naar de huidige stortplaats op het eiland. Met betrekking tot deze stortplaats zijn een aantal problemen gesignaleerd, die in dit rapport behandeld zullen worden.

Ten eerste heerst er grote onzekerheid over de levensduur van de stortplaats. De oorspronkelijk beoogde **levensduur** blijkt bij lange na niet gehaald te kunnen worden. Na een algemene beschrijving in hoofdstuk 2, wordt in hoofdstuk 3 op basis van verschillende invloedsfactoren een onderbouwde schatting van de levensduur gegeven. Ook eventuele maatregelen om de levensduur te verlengen worden hier behandeld.

Eén van de grootste bedreigingen van de stortplaats voor de omgeving is het verontreinigde water (**percolaat**) dat van het stortlichaam afkomstig is. Op de huidige stortplaats worden geen maatregelen getroffen ter minimalisering of behandeling van het percolaat. De kans op verontreiniging van de bodem en grondwater is dan ook zeer groot. Daarom wordt in hoofdstuk 4 uitvoerig aandacht besteed aan de bodem- en grondwaterverontreiniging ten gevolge van de stortplaats, zowel in kwantitatieve als in kwalitatieve zin.

Vervolgens is de **functie** van de stortplaats **na voltooiing** niet bepaald. Dit punt wordt uitgewerkt in hoofdstuk 5. Omdat er tot nu toe geen richtlijnen gebruikt zijn om de lokatie van een stortplaats te bepalen zijn er in het verleden wellicht ondoordachte keuzes gemaakt. Om dit in de toekomst te ondervangen wordt in hoofdstuk 6 een onderzoek gedaan om de meest geschikte **stortlokatie** te bepalen.

Tenslotte worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen samengevat in hoofdstuk 7.

1.2 Onderzoeksopzet

In deze paragraaf wordt op een rij gezet hoe de bovengenoemde problemen aangepakt zullen worden.

Met betrekking tot de levensduur zullen de volgende stappen ondernomen worden:

- Bepaling van factoren die de levensduur beïnvloeden.
- Bepaling van de resterende levensduur van de huidige stortplaats. Dit zal gebeuren met behulp van een rekenmodel waarin verschillende invloedsfactoren en beperkingen (randvoorwaarden en uitgangspunten) opgenomen worden.
- In geval van een te korte levensduur zullen er alternatieven ontwikkeld worden om de levensduur te verlengen. Uit deze alternatieven zal het meest geschikte alternatief gekozen worden.

Wat betreft het percolaat zullen de volgende stappen ondernomen worden:

- Bepaling van factoren die de hoeveelheid percolaat beïnvloeden.
- Bepaling van de te verwachten hoeveelheid uittredend percolaat, zowel tijdens als na voltooiing van de stortactiviteiten.
- Maatregelen ter minimalisering van de hoeveelheid percolaat.
- Bepaling van factoren die de percolaatkwaliteit beïnvloeden.
- Verklaring van de resultaten van de percolaatmetingen van de voormalige stortplaats.

Ter bepaling van een geschikte functie voor de stortplaats na voltooiing zullen de volgende stappen ondernomen worden:

- Bepaling van factoren die de mogelijke functies van een stortplaats na voltooiing beperken.
- Bepaling van de mogelijke functies voor de stortplaats na voltooiing.
- Keuze van de meest geschikte functie.

Ten aanzien van de stortlokatie worden de volgende stappen ondernomen:

- Het uitzeven van gebieden waar geen stortplaats mag komen, het zogenaamde zeefanalyse.
- Het aangeven van potentiële stortlokaties.
- Opstelling van afwegingscriteria.
- Afweging van de lokaties (inclusief Malpais).
- Advies omtrent de meest geschikte stortlokatie.

Tenslotte worden de belangrijkste conclusies en aanbevelingen gepresenteerd.

HOOFDSTUK 2

BESCHRIJVING VAN DE SITUATIE

2.1 Beschrijving van Curaçao

2.1.1 Topografie

Curaçao ligt op 12°1' N.B. en 68°6' W.L. in de Caraïbische Zee. Van de zes caraïbische eilanden (te weten de vijf eilanden van de Nederlandse Antillen en Aruba) die behoren tot het Nederlandse Koninkrijk, is Curaçao het grootste en het dichtst bevolkte eiland en zetelt er de centrale regering die zeggenschap heeft over de constellatie. De hoofdstad is Willemstad en dit is tevens de hoofdstad van de Nederlandse Antillen. De oppervlakte is 440 km², met een lengte van 60 km van Westpunt tot Oostpunt en breedten van maximaal 12 km (in het noordwesten en in het zuidoosten) en minimaal 4 km in het midden. De afstand tot de kust van Venezuela is 100 km.

2.1.2 Bodem

Het landschap van Curaçao is vrij heuvelachtig. Het oudste gedeelte van de geologische structuur is de Curaçao Lava Formatie in de noordwestelijke en zuidoostelijke centrale gedeeltes van het eiland, die gezorgd heeft voor lage, ronde heuvels en glooiende vlakten. Het hoogste punt is de Sint Christoffelberg met een hoogte van 375 m. Curaçao beschikt in het algemeen over een vrij draagkrachtige bodem. Aan de kuststrook komt men voornamelijk kalksteen tegen, meer binnenlands treft men verweerd en onverweerd diabaas (een vulkanisch gesteente) en kleigronden aan. Op Curaçao lopen geen rivieren, hooguit een klein stroompje dat uit de bodem komt (bijv. de Bron van San Pedro). Het grondwaterpeil zit over het algemeen beneden de 5 meter en de bodem is dus droog.

2.1.3 Klimaat en begroeiing

Het klimaat van Curaçao is warm en voornamelijk droog, met sterk heersende passaatwinden uit het oosten. De temperatuurvariëaties door het jaar heen zijn klein, met een minimum rond 26 °C in januari en februari en een maximum van 29 °C in september. Regenen doet het voornamelijk van oktober tot januari, met een hoog maandelijks gemiddelde van 99 mm in december in tegenstelling tot een minimum van 14 mm in maart, hetgeen een jaarlijks gemiddelde geeft van 553 mm, verspreid over ongeveer 70 dagen met significante neerslag (1 mm of meer, zie bijlage 7). Het eiland wordt zelden blootgesteld aan tropische stormen, want het ligt een stuk ten zuiden van de orkaanzone.

Door het droge klimaat en de hoge verdamping op Curaçao, kan maar 5% van het regenwater het grondwaterpeil bereiken. Dit

beperkt de natuurlijke begroeiing veelal tot doornstruiken, cactussen en andere droogtebestendige planten. Op betere bodems, alsmede aan de voet van de hellingen, hoopt het bodemvocht zich op zodat bomen en andere bosbegroeiing kunnen gedijen. De beschut gelegen zuidkust is ook gedeeltelijk bebost en steekt af bij de vlakke dorre noordkust, die onder een voortdurende aanval van sterke oostelijke winden en zeewater blootstaat.

De overbegrazing op het eiland door het grote aantal loslopende geiten verergert de schaarsheid van de plantengroei en veroorzaakt erosie. Op een paar plaatsen, waar de water- en bodemomstandigheden het toelaten, levert de tuinbouw kleine hoeveelheden commerciële producten op. Door de noodzaak van irrigatie, samen met een traditie die een geringe neiging tot landbouw heeft, is het landbouwpotentieel beperkt. In stedelijke woongebieden worden bloeiende bomen en struiken gekweekt en verspreid.

2.1.4 Economie

De belangrijkste bronnen van inkomsten op Curaçao zijn de olie-industrie, off-shore banking, scheepsreparatie en het toerisme. De olie-industrie en de off-shore banking beslaan samen met buitenlandse hulp, de voornaamste bronnen van overheidsinkomsten, en door hun weelderige belasting-bijdragen in het verleden hebben zij bewerkstelligd dat de overheid op het moment de grootste werkgever is op het eiland.

Meer dan een halve eeuw lang heeft Shell de industriële productie op Curaçao gedomineerd met haar olieraffinaderij. Echter de dalende wereldvraag naar olie en de daarbij horende dalende prijzen hebben de maatschappij gedwongen in 1985 de lokale werkzaamheden te staken, hoewel er hevig geïnvesteerd was in de voorgaande jaren om de concurrentiepositie van de raffinaderij te verbeteren. In juli 1985 werden alle installaties verkocht aan de eilandsregering en in oktober verliet Shell het eiland toen een venezolaanse oliemaatschappij de raffinaderij overnam op basis van een tijdelijk contract, dat inmiddels verlengd is tot 1994. Nu worden nog ongeveer 85% van de vroegere inkomsten door een evenzogroot percentage van het aantal werknemers behaald, waarmee verwacht wordt dat de raffinaderij quitte draait. De werkgelegenheid is dus grotendeels gewaarborgd, maar het inkomen van de overheid is door het vertrek van Shell wel drastisch gereduceerd. De toekomst van de raffinaderij na 1994 is, ondanks het sterk gestegen productieniveau, echter onzeker.

De groei van het toerisme op Curaçao in de jaren 70 en begin 80 is achtergebleven bij de groei op de concurrerende eilanden Aruba en St. Maarten. Dit is voornamelijk te wijten aan het beleid dat de overheid op dit gebied voerde, dat niet gericht was op verbetering van het toeristisch product, maar alleen op de promotie ervan, zodat men bijna geheel afhankelijk was van

het venezolaanse koopjetoerisme. In 1984 was op de twee genoemde eilanden het toeristenaantal t.o.v. 1970 verdubbeld, terwijl op Curaçao zich een daling aftekende. De storm van kritiek die deze situatie ontketende, heeft ertoe geleid dat er een enorme druk ontstaan is om het toerisme te verbeteren en de deels verloren markt terug te winnen. Na 1984 is er dan ook een stijging in het toeristenaantal en bijbehorende uitgaven door buitenlanders te zien. Om deze stijging in stand te houden en voort te zetten wordt er door de overheid geïnvesteerd in verbetering van de infrastructuur en stadsaanzicht (voornamelijk de binnenstad), en heeft het toerisme nu de hoogste prioriteit in zowel de investeringen als in de werkbesteding.

2.1.5 Bevolking

Het bevolkingsaantal op Curaçao is in sterke mate afhankelijk van de heersende economische situatie. Gedurende perioden van hoge werkeloosheid is er een sterke tendens om te migreren (naar Nederland) op zoek naar werk. Zo vertoont het bevolkingsaantal in de jaren na 1985 een daling, als gevolg van de, aanvankelijke, sluiting van de olieraffinaderij en de gevolgen daarvan voor de algehele economie. In 1990 lag het aantal inwoners op 146.500. De bevolkingsdichtheid varieert van 87 inwoners per km² (in het westen van het eiland) tot 1903 inwoners per km² (in de stadsomgeving). Voor heel Curaçao geldt een gemiddelde bevolkingsdichtheid van 335 personen per km².

Wat betreft het verloop van het bevolkingsaantal in de komende jaren, blijft de migratie natuurlijk een onvoorspelbare factor. Daarom wordt er verder in dit rapport gewerkt met twee scenario's voor de te verwachten bevolkingsgrootte, namelijk uitgaande van een minimale en een maximale migratie (zie verder hoofdstuk 3). Met een gemiddelde huishoudgrootte van 4,1 wordt het totaal aantal woningen geschat op 36.000 (CBS en DROV, 1986). Van het totaal aantal woningen ligt 80% in Willemstad en omgeving.

2.1.6 Drinkwater

Vroeger was men op Curaçao voor het drinkwater afhankelijk van regenbakken en putten. Het schaarse regenwater is namelijk de enige natuurlijke bron van zoetwater. Vanwege het groeiend tekort aan drinkwater en de industrialisatie moest de regering in 1928 starten met de ontzilting van zeewater voor de productie van drinkwater op Curaçao. De productie van dit drinkwater (en tevens electriciteit-opwekking) valt onder de verantwoordelijkheid van K.A.E. N.V. (Kompania di Awa i Elektricidat N.V.). Op het ogenblik is de totale capaciteit van de drinkwaterproductie van de K.A.E. 47.000 m³ per dag. Het gemiddelde gebruik op het eiland is 34.000 m³ per dag.

2.1.7 Afvalwater

Ongeveer 40% van de woningen in Willemstad en omgeving is aangesloten op rioleringsystemen, die meestal direct in zee lozen. Er zijn echter drie onafhankelijke systemen met een eigen rioolwaterzuiveringsinstallatie, die aparte gebieden van Willemstad bedienen. Dit zijn Klein Hofje, met een capaciteit van 40.000 p.e., Klein Kwartier en Tera Cora, beide met een capaciteit van 4.000 p.e.. Het overgrote deel van de rest van de woningen maakt gebruik van beerputten met doorlatende bodems. Verontreiniging van het grondwater hierdoor wordt niet uitgesloten. Onderzoek hiernaar heeft echter niet plaatsgevonden.

2.2 Historie vuilverwerking

Vanwege de concentratie van de bevolking in het stedelijke gebied heeft men op Curaçao vooral te maken met stedelijk vast afval, d.w.z. huishoudelijk-, openbaar reinigings- en bedrijfsafval. Heel vroeger ging men naar een verafgelegen plaats buiten de stad of bebouwde kom en daar wierp men al het stadsafval op een grote vuilnisbelt. Men noemt dit open dumping. Dit systeem is niet al te bevorderlijk voor de volksgezondheid. Naast stank en ontsiering van het landschap vormt het ook een broedplaats voor insecten en ongedierte.

Vanaf de jaren 40 werd het opgehaalde vuil bij Shute aan de noordkant van Curaçao in zee gedumpt. Dit is één van de meest goedkope manieren om de eerder genoemde problemen van open dumping op te lossen. Medisch gezien waren er geen bezwaren tegen. De verontreiniging ervan in zee was vroeger, biologisch gezien, ook niet alarmerend groot. Tegenwoordig is, door allerlei giftige stoffen die in het huishoudelijk afval zitten, deze vorm van afvalverwerking niet meer aanvaardbaar. Een tweede bezwaar is dat door de wind en de stroom een groot deel van het vuil westwaarts drijft en door de golven op de kust wordt getild, terwijl een ander deel baaien binnenspoelt en deze baaien een afzichtelijke aanblik geeft. Voorbeeld van dit laatste is Boca Ascencion, die nu beter bekend staat als de "plastic baai".

Het in zee storten is officieel tot het verleden gaan behoren, toen een landsverordening door de regering werd afgekondigd met voorschriften ter voorkoming van de verontreiniging van de zee door afval en andere stoffen (STINAPA, 1980). Daarbij had Nederland in 1973 het MARPOL verdrag ondertekend (Internationaal verdrag ter voorkoming van verontreiniging door schepen). De ondertekening van internationale verdragen in koninkrijksverband brengt met zich mee, dat deze ook in het gebied van het rijksdeel Nederlandse Antillen moeten worden nageleefd.

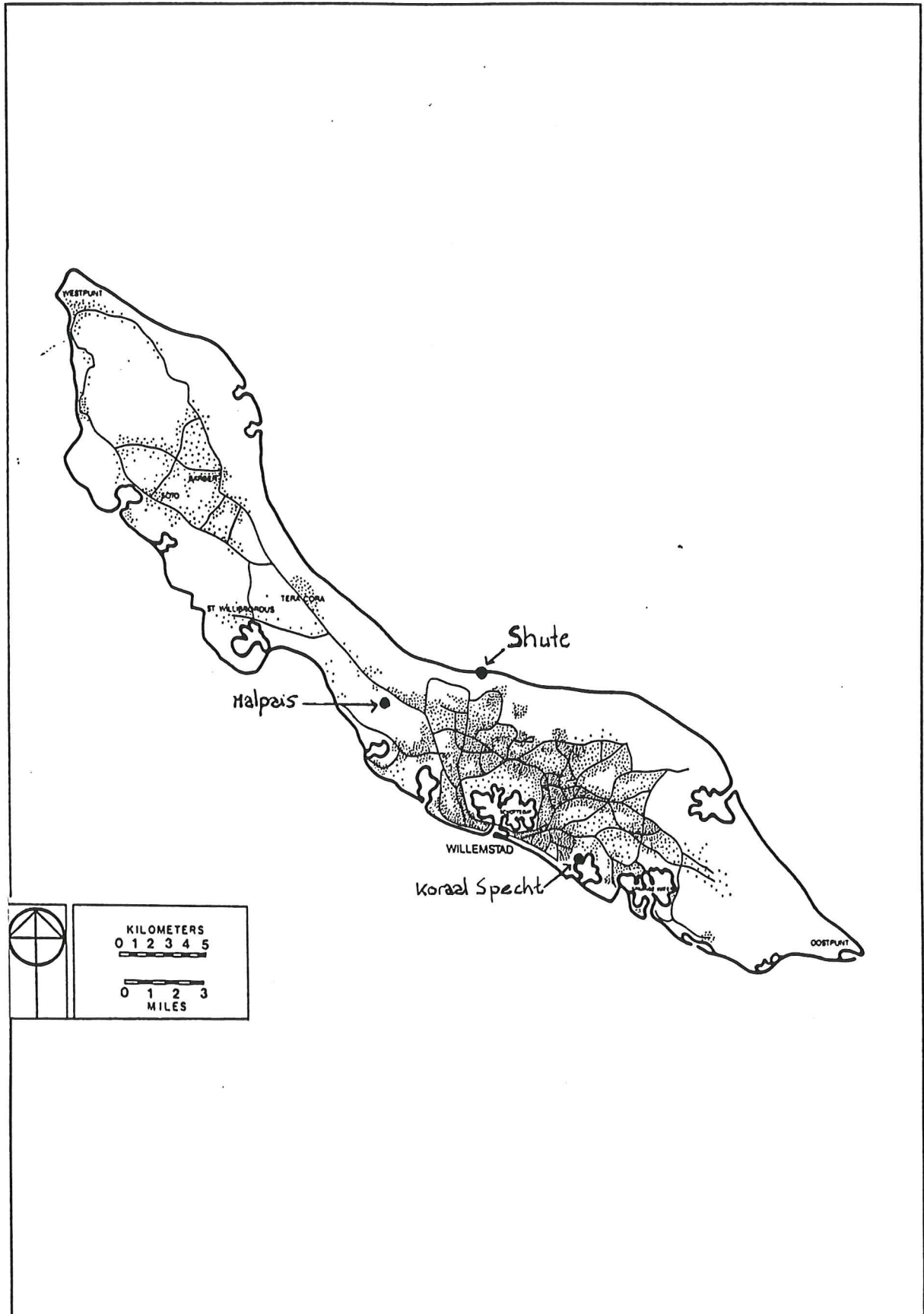


Fig. 2.1 Ligging van de stortplaatsen

In oktober 1974 werd te Koraal Specht het project Sanitary Landfill gestart. Doel van deze gecontroleerde stortplaats was om de milieuhygiënische en esthetische bezwaren van open vuilnisbelten en het storten in zee te ondervangen. Het terrein dat hiervoor bestemd was, heeft een oppervlakte van 25 ha. Met het zicht op de beperkte levensduur van deze stortplaats opende men begin 1985 een tweede stortplaats te Malpais die de taak van de eerste stortplaats moest overnemen. Zie voor de ligging van beide stortplaatsen figuur 2.1.

Vooruitlopend op de sluiting van de stortplaats Koraal Specht werd de stortplaats Malpais gebruikt ter verwerking van het ingezamelde afval afkomstig van het dunbevolkte westelijke deel van Curaçao. In november 1989 moest de stortplaats Koraal Specht, die zijn capaciteit al bijna bereikt had, sluiten wegens te veel overlast voor de buurtbewoners. Er waren veelvuldig klachten ten aanzien van:

- stofoverlast
- stankoverlast t.g.v. onbedekt huisvuil wegens mankementen aan het materieel
- overlast van wegwaaiend vuil, zoals papier en plastic
- overlast door insecten en ongedierte
- rookontwikkeling t.g.v. smeulende brandjes die spontaan ontstonden.

Sinds de sluiting van de stortplaats Koraal Specht in november 1989 is de stortplaats Malpais de enige (gecontroleerde) stortplaats op Curaçao.

2.3 Het afvalverwerkingsproces

Het afvalverwerkingsproces op Curaçao heeft drie aspecten, die in de volgende paragrafen beschreven worden, namelijk:

- opslag bij de bron,
- het inzamelen en
- het verwerken.

2.3.1 Opslag bij de bron

Op Curaçao zijn er voornamelijk vrijstaande eengezinswoningen. Tot 1986 werd het huisvuil in "drums" (open 200 liter olievaten) aan de ophaaldienst aangeboden. Om milieuhygiënische redenen en ter verbetering van de arbeidsomstandigheden is men overgegaan tot het verplicht aanbieden van huishoudelijk afval in de daarvoor bestemde plastic zakken. Ieder huishouden wordt geacht zijn vuil in de gratis verstrekte huisvuilzakken te verzamelen en op de dag van ophaal afgesloten langs de weg aan de ophaaldienst aan te bieden. De omgang met deze zakken laat nog te wensen over. Voorwerpen die er niet in thuis horen, zoals zware of onverpakte scherpe voorwerpen, zorgen ervoor dat tijdens het overbrengen naar de ophaalwagen scheuren in de zak ontstaan. Hier valt het afval uit, waardoor de straat vervuild raakt.

Het afval dat op de weg terecht komt wordt niet door de vuilnismannen meegenomen.

Een bijkomend probleem wordt gevormd door loslopende dieren (honden en geiten) die de vuilniszakken openscheuren en het vuil verspreiden, hetgeen geen fraai gezicht is. Het vuil dat niet in de vuilniszakken kan (grof vuil), kan op verzoek door de ophaaldienst opgehaald worden. Dit laatste is echter bij de bevolking niet voldoende bekend. Bij hotels en grote bedrijven wordt het afval (in plastic zakken) in containers van 3 à 4 m³ aangeboden. Het legen van deze containers geschiedt mechanisch met speciaal hiervoor ingerichte wagens.

2.3.2 Het inzamelen

Het huisvuil op Curaçao wordt net als in Nederland huis aan huis opgehaald. Dit ophalen valt onder de overheidsdienst Selikor. Momenteel wordt al het ingezamelde afval direct van de bron naar de stortplaats Malpais gebracht. Hier komt binnenkort verandering in, door de komst van een vuiloverslagstation (te Koraal Specht) als tussenschakel.

De ophaaldienst Selikor beschikt over modern inzamelmaterieel, maar aangezien reparatie van defecte ophaalwagens lang op zich laat wachten, wordt niet in alle wijken het vuil regelmatig opgehaald. Om toch van het afval af te komen, hebben de bewoners zo hun eigen methodes. Men kan het vuil zelf naar de stortplaats brengen, maar omdat de afstand groot is, komt het meeste afval niet zover en belandt in de dichtstbijzijnde open plek ("mondi") of open riool. Ook worden andermans, hotel- of bedrijfscontainers gebruikt om het vuil in of naast te gooien. Bij het transport van het afval door particulieren wordt het afval bovendien niet afdoende of helemaal niet afgedekt, zodat het tijdens het transport de weg op waait.

De ligging van de stortplaats Malpais is niet alleen voor de particulieren, maar ook voor Selikor ongunstig. De ophaalwagens zijn nu, vergeleken met de voormalige stortplaats Koraal Specht, langer onderweg om hun ingezamelde vuil te transporteren. Dit brengt diverse problemen met zich mee zoals meer slijtage, dus hogere onderhouds- en reparatiekosten, hogere brandstofkosten, en er kan minder afval ingezameld worden, want rijtijd gaat ten koste van inzameltijd.

Om de situatie, toen de stortplaats Koraal Specht nog open was, te benaderen, heeft men het plan gevat om op het terrein van deze nu gesloten stortplaats een vuiloverslagstation te bouwen. Met de bouw van dit overslagstation is begonnen in 1990 en het zou in 1992 voltooid zijn, maar tot heden is dit niet het geval. De bedoeling is dat al het ingezamelde vuil uit het oostelijk deel van Curaçao hier verzameld en gecompriemd worden, en vervolgens in grote containers naar Malpais getransporteerd worden. Ook particulieren kunnen dan met hun afval bij het overslagstation terecht.

2.3.3 Het verwerken

Nadat het vuil is ingezameld, moet het worden verwerkt. Op Curaçao gebeurt dit door gecontroleerd storten. Dit is een wijze van vuilverwerking, waarbij het afval op of in de bodem gebracht wordt op een zodanige manier dat tijdens en na de stortactiviteiten milieuhygiënische noch esthetische bezwaren optreden en het afvalstoffenterrein na beëindiging van de stortactiviteiten een positieve functie in het landschap kan vervullen. Dit gebeurt op de stortplaats Malpais. De precieze beschrijving van de stortplaats Malpais wordt behandeld in de volgende paragraaf.

2.4 Beschrijving van de stortplaats Malpais

2.4.1 Topografische situatie

In tegenstelling tot de stortplaats Koraal Specht ligt de stortplaats Malpais buiten het bebouwde deel van Curaçao. Het terrein beslaat een oppervlakte van circa 48 ha. Ten westen van de stortplaats ligt een terrein van de Dienst LVV (Landbouw, Veeteelt en Visserij), waar men varkens houdt en maïs teelt. Verder is de stortplaats omgeven door "mondi" (vrije natuur), zie figuur 2.2. Het merendeel hiervan is opgenomen als conserveringsgebied (Bijlage 1: eilandelijk ontwikkelingsplan voor Curaçao 1991).

2.4.2 Geologische situatie

Het terrein bestemd voor het storten is vrij heuvelachtig. Ter plaatse van het terrein zijn twee grondsoorten aanwezig namelijk:

- Midden Curaçao Formatie en
- Curaçao Lava Formatie.

De Midden Curaçao Formatie is een siltachtig materiaal (zavel), dat zeer geschikt is voor de landbouw. De Curaçao Lava Formatie is een verweerd vulkanisch materiaal. Het is de meest voorkomende grondsoort op Curaçao. Het bestaat uit een laag verweerde diabaas (een uitvloeiingsgesteente, behorende tot de Gabbro-groep) met een hoog waterdoorlatend vermogen. Deze laag is tevens de belangrijkste watervoerende laag op Curaçao. Naarmate men dieper gaat, gaat de verweerde diabaaslaag over in een onverweerde diabaaslaag. Deze laatste is nagenoeg waterdoorlatend. Via scheurtjes en spleten kan wel transport van grondwater plaatsvinden. In bijlage 2, de Soil Potential Map, is een overzicht gegeven van de gebieden waar de twee bovengenoemde grondsoorten aangetroffen worden. De Curaçao Lava Formatie wordt hier aangegeven met Class IV en de Midden Curaçao Formatie met Class I.

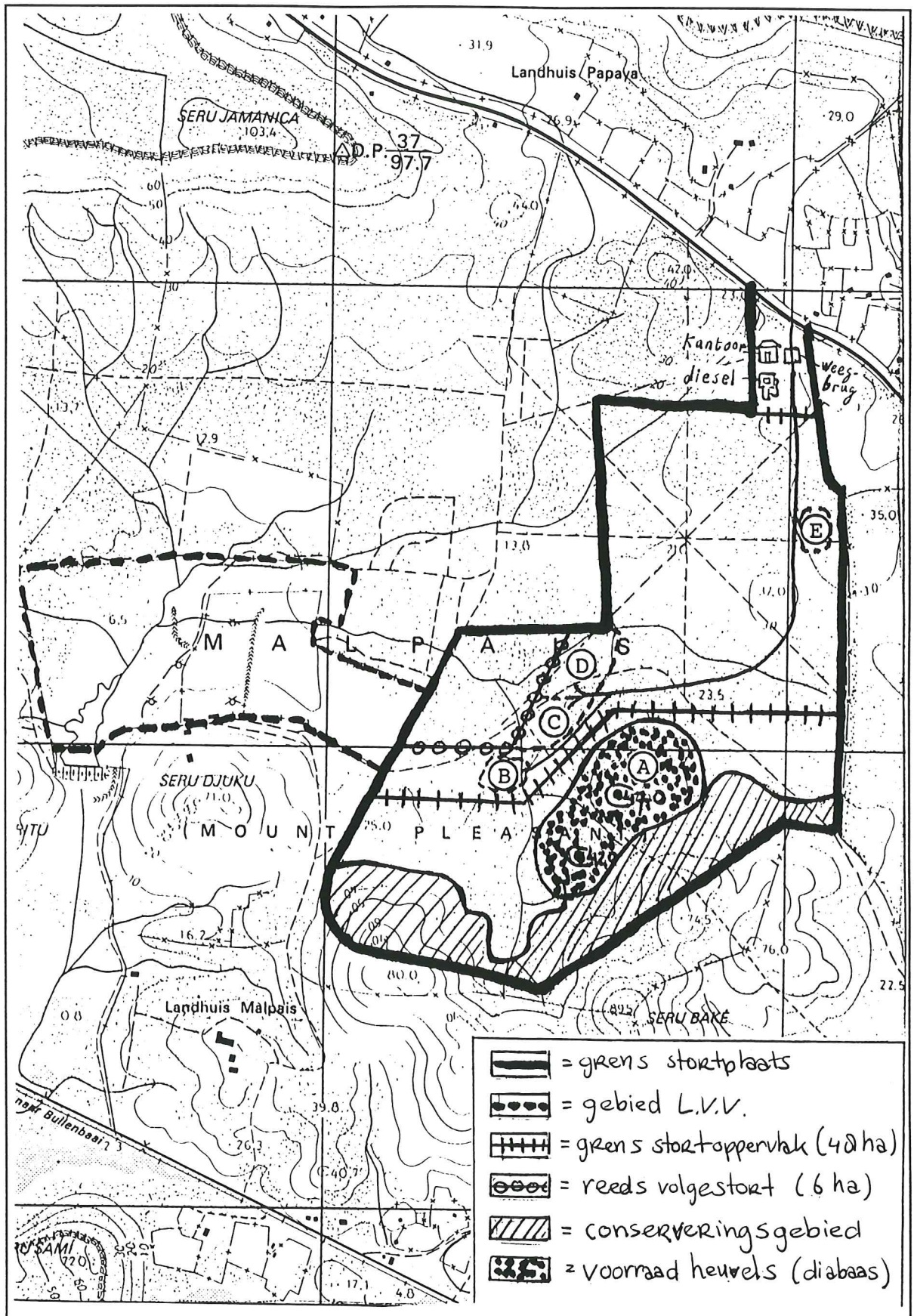


Fig. 2.2 De stortplaats Malpais en omgeving

2.4.3 Geohydrologische situatie

Het grondwaterpeil op het stortterrein zit meer dan 5 meter onder het oorspronkelijke maaiveld. Betrouwbare en gedetailleerde informatie over grondwaterstanden en grondwaterbeweging is niet beschikbaar. Daarom wordt volstaan met een globaal beeld, namelijk de redelijk betrouwbare aanname dat het grondwater via de watervoerende laag naar lagere niveaus zal stromen. Dat wil zeggen dat de grondwaterstroming in grote lijnen dezelfde richting volgt als de afstroomrichting van de (oorspronkelijke) droogwaterlopen, namelijk naar het westen.

2.4.4 Bedrijfsvoering

De stortplaats Malpais ligt ten zuiden van de Weg naar Westpunt. Naast Selikor kunnen er ook burgers en particuliere transportbedrijven met hun afval terecht. Hier zijn geen kosten aan verbonden. Bij de ingang bevindt zich een weegbrug waar alleen het door Selikor aangevoerde afval gewogen en geregistreerd wordt. Dat de weegbrug functioneert is echter meer uitzondering dan regel. Verder bevindt zich bij de ingang een voorzieningsgebouw voor de beamtten en een pompstation (diesel) voor de vracht- en inzamelwagens van Selikor.

Het eigenlijke stortterrein is in vergelijking tot zijn directe omgeving vrij vlak. Vóór het gebruik van het terrein als stortplaats vindt er geen grootschalig grondverzet plaats. Het storten geschiedt vrijwel direct op het bestaande maaiveld. Het aangevoerde afval wordt gestort en met behulp van bulldozers geëgaliseerd en gecompacteerd. Aan het eind van iedere werkdag wordt het bovenvlak en de taluds (hellingen) van de laag gestort afval met ca. 15 cm verweerd diabaas afgedekt, zodat cellen met afval (zgn. stortcellen) ontstaan.

Op de stortplaats Malpais vinden verschillende handelingen plaats. Naast het voorzieningsgebouw, pompstation (diesel) en de weegbrug bevinden zich er de volgende onderdelen:

- A. Winplaats van het afdek materiaal
- B. Stortplaats voor afvalbanden
- C. Stortplaats voor bouw- en sloopafval, grof huisvuil en saneerafval (slib e.d.)
- D. Stortplaats voor huishoudelijk, bedrijfs-, ziekenhuis-, veeg- en marktafval
- E. Open stortplaats voor glas

- A. Winplaats van het afdek materiaal:
Hier worden twee ten zuiden gelegen heuvels (zie Fig. 2.2) afgegraven ter winning van het afdek materiaal (verweerd diabaas).

- B. Stortplaats voor afvalbanden:
Hier worden de, voornamelijk door bandenreparatie-bedrijven aangevoerde, afvalbanden begraven.
- C. Open stortplaats voor bouw- en sloopafval, grof huisvuil en saneerafval:
Hier wordt bouw- en sloopafval, grof huisvuil en saneerafval gestort zonder (dagelijks) afgedekt te worden. Dit mede om te besparen op de hoeveelheid afdek materiaal.
- D. Stortplaats voor huishoudelijk, bedrijfs-, ziekenhuis-, veeg- en marktafval:
Hier vindt de storting van huishoudelijk en bedrijfs-, ziekenhuis-, veeg- en marktafval plaats. Het afval wordt hier wel dagelijks afgedekt.
- E. Open stortplaats voor glas:
Hier wordt het apart aangevoerde glas gedumpt zonder later afgedekt te worden (open dumping), dit met het oog op hergebruik in de toekomst.

De locatie van deze onderdelen is te zien in figuur 2.2. Als de maximale storthoogte (6 m) bereikt is in de onderdelen C en D wordt het afval (definitief) afgedekt met een laag verweerd diabaas. Deze definitieve afdeklaag heeft een dikte van circa 60 cm.

2.4.5 Aangeboden afvalcategorieën

Op de stortplaats Malpais vindt de storting plaats van de volgende afvalcategorieën:

1. Huishoudelijk afval
2. Grof huisvuil
3. Bedrijfsafval
4. Ziekenhuisafval
5. Bouw- en sloopafval
6. Saneerafval
7. Afvalbanden
8. Glas (apart)
9. Veegafval
10. Marktafval

1. Huishoudelijk afval:
Stoffen van beperkte omvang en/of massa, die binnen particuliere huishoudingen vrijkomen, zoals etensresten, verpakkingsmateriaal, oude kleren, kranten e.d. Ook schadelijke stoffen komen in deze categorie voor. Hiertoe behoren onder andere chloor, ammonia, TL-lampen, batterijen, cosmetica, schoensmeer, medicijnen en bakolie.

In 1988 is er een onderzoek gedaan naar de samenstelling van het huishoudelijk afval van Curaçao. Het onderzoek

was in de vorm van een steekproef. Het resultaat van dit onderzoek is te vinden in bijlage 3. De samenstelling van het huishoudelijk afval voor heel Curaçao is op grond van dit onderzoek echter niet met voldoende zekerheid te schatten, daar de verhoudingen in iedere wijk zeer (significant) verschillend zijn (Kook, 1989). Deze resultaten geven dus slechts een indicatie.

2. Grof huisvuil:

Stoffen van grote omvang en/of massa met veel holle ruimtes zoals meubels, tuinafval e.d. Witgoed (koelkasten, airco's en gasfornuizen) wordt afgevoerd naar de schroothandelaar te Schottegat. Dit afvalcategorie kan, op enkele verblijken na, als schoon beschouwd worden. Het niet (dagelijks) afdekken van grof huisvuil heeft wel de volgende nadelen:

- het ontstaan van broedplaatsen voor insecten en ongedierte in de regentijd, wat een bedreiging is voor de volksgezondheid, en
- wegwaaiend vuil, zoals bladeren, papier en plastic, die de omgeving vervuilen.

3. Bedrijfsafval:

Afval dat vrijkomt bij activiteiten van bedrijven. Tot bedrijven worden kantoren, restaurants, hotels, winkels en dergelijke gerekend. Behalve bij restaurants en hotels is bedrijfsafval voor een groot deel opgebouwd uit papier en verpakkingsmateriaal. In deze categorie komen ook schadelijke stoffen voor zoals inkt, correctie-vloeistof, verdunner en diskettes.

N.B. Afval van de olieraffinaderij wordt niet afgevoerd naar Malpais, maar wordt op eigen terrein verwerkt.

4. Ziekenhuisafval:

Afval dat vrijkomt bij instellingen van de intra- en extramurale gezondheidszorg. Het ziekenhuisafval dat gestort wordt bestaat dan voornamelijk uit afval afkomstig uit keuken, eetzaal en recreatie-afdeling. Oude medicijnen en besmet afval (gebruikt verband, pleisters e.d.) komen er ook in voor. Radioactief en gevaarlijk chemisch afval gaan terug naar de leverancier. Anatomisch afval en cadavers van proefdieren worden bij Shute in zee gedumpt.

5. Bouw- en sloopafval:

Afval dat vrijkomt bij bouw- en sloopwerkzaamheden, zoals beton, steen, grond, hout e.d. Door het warme klimaat kent men op Curaçao geen spouwmuren. Er wordt dan ook geen isolatiemateriaal in de bouw toegepast. Deze categorie kan als schoon beschouwd worden, op enkele verblijken na zijn er weinig milieu onvriendelijke stoffen.

6. Saneerafval:
Slib afkomstig van rioolwaterzuiveringsinstallaties en baggerwerkzaamheden in de haven. De baggerspecie die vrijkomt bij het uitbaggeren van de haven kan echter verontreinigd zijn met schadelijke stoffen afkomstig van de industriële lozingen of activiteiten zoals gritstralen bij de Dokmaatschappij (Milieubeleidsplan Curaçao 1990). Bovendien heeft deze specie een hoog zoutgehalte (het is afkomstig van zee).
7. Afvalbanden:
Afgedankte banden van personenauto's, bussen en vrachtwagens. Nadelen van afvalbanden zijn:
- autobanden bevatten schadelijke stoffen die bodem en grondwater kunnen verontreinigen,
 - autobanden kunnen water opvangen, in geval van onvoldoende afdekking kan dit een mogelijke broedplaats voor ongedierte worden,
 - inefficiënt ruimtegebruik, gezien het feit dat de banden uit ruim 70% lucht bestaan,
 - door hun fysische eigenschappen en luchtgehalte vinden de banden hun weg naar de oppervlakte van de stortplaats.
8. Glas (apart):
Hier gaat het om glas zoals:
- uit de enkele glasbakken die in Curaçao aanwezig zijn,
 - afgedankte flessen van de frisdrankfabriek en de bierbrouwerij,
 - grote glasstukken (afkomstig van bijvoorbeeld de sloop van bedrijfsruimten).
- Deze afvalcategorie is opzich niet schadelijk voor het milieu. De wijze van verwerking (open dumping) is echter onverantwoord gezien de mogelijkheid voor het ontstaan van broedplaatsen voor insecten en ongedierten met alle gevolgen van dien voor de volksgezondheid.
9. Veegafval:
Afval dat door vegen, hetzij met de hand, hetzij mechanisch met behulp van een veegauto, wordt verzameld van straten, stoepen pleinen e.d. Deze categorie bevat voornamelijk wegwerpverpakkingen, bekers, folders, flessen etc. Olie en rubber afkomstig van gemotoriseerde voertuigen komen ook voor in deze categorie. Ook afval van snoeiwerkzaamheden en periodieke schoonmaakacties langs de weg (bladeren, takken en zwerfvuil) wordt bij deze categorie meegerekend.
10. Marktafval:
Afval dat vrijkomt tijdens en na afloop van de markt (inclusief drijvende markt). Het bestaat voornamelijk uit

verpakkingsmateriaal en organisch materiaal (plantenresten, groente-, fruit-, vis- en slachtafval).

Ter verduidelijking worden de afvalcategorieën vermeld die officieel niet op de stortplaats Malpais gestort worden, namelijk:

- Autowrakken:
Autowrakken worden verwerkt door de firma Antillian Metal and Scrap N.V. te Hato.
- Afgewerkte olie:
Het gaat hier voornamelijk om afgewerkte motorolie en andere minerale olieën. Deze afvalstoffen worden verbrand door Nareco en de olieraffinaderij.
- Dierlijk afval en krengen:
Afval van dierlijke aard afkomstig van het abattoir, cadavers afkomstig van het dierenasiel en ingezamelde krengen langs openbare wegen worden bij Shute in zee gedumpt.
- Ziekenhuisafval:
Ziekenhuisafval zoals radioactief en gevaarlijk chemisch afval gaan terug naar de leverancier. Anatomisch afval en cadavers van proefdieren worden bij Shute in zee gedumpt.
- Afvalwater:
Afval afkomstig van septictanks en beerputten van zowel bedrijven als particuliere huishoudens wordt door vacuümtrucks in zee geloosd.
- Mest:
Mest afkomstig van de weinige veehouderijen op het eiland wordt gebruikt voor verbetering van landbouwgronden.

Deze laatste afvalcategorieën vallen buiten het bereik van dit rapport en zullen dus niet nader besproken worden. Wel wordt aanbevolen om de gevolgen van de lozingen in zee nader te onderzoeken en eventuele maatregelen te nemen.

2.4.6 Vuilhoeveelheden per afvalcategorie

De jaarlijkse vuilhoeveelheden per afvalcategorie zijn gebaseerd op gegevens van de voormalige stortplaats Koraal Specht, waar men in 1984 een vrij volledige registratie van de verschillende afvalcategorieën bijgehouden heeft (Nos Futuro, 1986) en op gesprekken met de heer W. Kook van Selikor.

1. Huishoudelijk afval:
De hoeveelheid huishoudelijk afval voor heel Curaçao wordt geschat op **30.000 ton** (146.500 inw. * 205 kg/inw.). Hier wordt uitgegaan van 205 kg/inwoner (totaal 31.557 ton in 1984 gedeeld door het inwonersaantal toen van 152.800).

2. Grof huisvuil:
De hoeveelheid grof huisvuil wordt geschat op **6000 ton**, uitgaande van een verhouding van 1 : 5 huishoudelijk afval.
3. Bedrijfsafval:
De hoeveelheid bedrijfsafval (exclusief Isla) wordt geschat op **35.000 ton** (Selikor, 1991).
4. Ziekenhuisafval:
De hoeveelheid ziekenhuisafval dat gestort wordt op Malpais wordt geschat op **1.000 ton** (Selikor, 1991).
5. Bouw- en sloopafval:
De hoeveelheid bouw- en sloopafval gestort door zowel Selikor als door particulieren wordt geschat op **47.000 ton**, gebaseerd op een registratie van 1981 (Imagen Ambiental, 1983) minus 6000 ton grof huisvuil. De gegevens over 1984 zijn hier niet te gebruiken omdat alleen het door Selikor aangevoerde puin geregistreerd is.
6. Saneerafval:
Voor de hoeveelheid saneerafval wordt uitgegaan van **5.000 ton** (Nos Futuro, 1986).
7. Afvalbanden:
Wat de hoeveelheid afvalbanden betreft wordt uitgegaan van een aanvoer van **46.000** afvalbanden.
Er is hier gekozen voor de maximaal geschatte hoeveelheid afvalbanden die, volgens een door de Milieudienst verricht onderzoek in 1983-1984, door bandenreparatiebedrijven per jaar afgevoerd wordt naar de stortplaats (Milieudienst, 1984). Er is uitgegaan van deze hoge schatting, omdat er geen gegevens zijn over de hoeveelheid gestorte afvalbanden afkomstig van autowrakken (5 banden per wrak). Verder is niet bekend hoeveel afvalbanden voor andere doelen gebruikt worden, bijvoorbeeld als stootkussens in de haven of op de skelterbaan. Ook krijgt een onbekend aantal afvalbanden de "mondi" als eindbestemming.
8. Glas (apart):
De hoeveelheid aangevoerd glas (afkomstig van glasbakken, de frisdrankfabriek, de bierbrouwerij en sloop) is vrij gering en wordt verder niet meegenomen in de berekeningen.
9. Veegafval:
De hoeveelheid afval afkomstig van veeg- en snoeiwerkzaamheden wordt geschat op **4.000 ton** (Selikor, 1991).
10. Marktafval:
De hoeveelheid marktafval wordt geschat op **2.000 ton** (Selikor, 1991).

HOOFDSTUK 3

LEVENSDUUR VAN DE STORTPLAATS MALPAIS

3.1 Inleiding

Bij de opening van de stortplaats Malpais in oktober 1985 werd ingeschat dat deze stortplaats voor een periode van 40 jaar kon worden benut. Een nauwkeurige bepaling van de levensduur van de stortplaats Malpais heeft echter niet plaatsgevonden. De schattingen liggen tussen de 10 en 60 jaar:

- 40 jaar (Imagen Ambiental, 1985)
- 40 à 60 jaar (Kook, 1989)
- 25 à 30 jaar (Kook, 1991)
- 10 à 15 jaar (DROV, 1991)

Een stortplaats met een lange levensduur heeft als groot voordeel, boven meerdere stortplaatsen per tijdvak, dat de investeringskosten over een lange periode afgeschreven kunnen worden. Andere voordelen liggen op het organisatorische en milieutechnische vlak. Verder is in het algemeen de maatschappelijke acceptatie van één stortplaats beter dan van meerdere stortplaatsen.

In dit hoofdstuk wordt ten eerste geprobeerd om tot een betrouwbare schatting van de levensduur van de stortplaats Malpais te komen. In geval van een onacceptabel korte levensduur worden er alternatieven aangedragen om de levensduur te verlengen.

3.2 Bepaling van de huidige levensduur

3.2.1 Invloedsfactoren

De belangrijkste factoren die de levensduur van een stortplaats beïnvloeden zijn:

1. Het afvalvolume

Met het afvalvolume wordt bedoeld het volume van het aangeboden afval nadat het (mechanisch) verdicht is. Het afvalvolume wordt bepaald door twee factoren namelijk het afvalaanbod en de dichtheid.

Het afvalaanbod is de hoeveelheid afval die door de bron (huishoudens, bedrijven) wordt aangeboden ter verwerking. Deze hoeveelheid wordt meestal gegeven in ton/jaar (zie paragraaf 2.4.6).

Het afvalaanbod is echter niet elk jaar gelijk. Ter bepaling van de jaarlijkse toename van het afvalaanbod wordt aangenomen dat het afvalaanbod evenredig zal toenemen met de bevolkingsgroei en/of economische groei. Dit laatste is gebaseerd op een door het RIVM verrichte

studie naar de relatie tussen het nationaal inkomen en de hoeveelheid huishoudelijk afval (RIVM, 1991). Uit deze studie is gebleken dat er een vrij stabiele relatie bestaat tussen de welvaartsontwikkeling en de hoeveelheid huishoudelijk afval.

Met betrekking tot de te verwachten toekomstige bevolkingsgrootte en economische ontwikkeling van Curaçao wordt uitgegaan van twee scenario's namelijk:

- een hoog scenario, waarbij de bevolking toeneemt met 0,4 procent per jaar en een jaarlijkse economische groei van 1 procent. Dit geeft een jaarlijkse toename van het afvalaanbod van 1,4 procent.
- een laag scenario, waarbij de bevolking afneemt met 1 procent per jaar en een stagnering van de economie (groei van 0 procent). Dit resulteert in een jaarlijkse toename van -1 procent.

De verwachtingen ten aanzien van de bevolkingsgroei en de economie zijn gebaseerd op prognoses van het CBS op Curaçao (CBS Curaçao, 1990) en economische gegevens van het CBS van de jaren 1982 t/m 1985 (CBS en DROV, 1986).

Op Malpais geschiedt het verdichten van het afval met behulp van een bulldozer (voor puin, saneerafval en grof huisvuil) en een compactor (voor huishoudelijk en bedrijfsafval). Voor de dichtheden (na compacteren) van de verschillende (gecombineerde) afvalcategorieën, gebaseerd op waarden gevonden in de literatuur en eigen berekeningen, wordt uitgegaan van de volgende waarden:

- 0,8 ton/m³ voor huishoudelijk, bedrijfs-, ziekenhuis-, veeg- en marktafval.
- 0,5 ton/m³ voor grof huisvuil.
- 1,3 ton/m³ voor bouw- en sloopafval.
- 1,6 ton/m³ voor saneerafval.
- 18 stuks/m³ voor afvalbanden.

2. De hoeveelheid afdek materiaal

Naast de voorraad afdek materiaal is het van belang om te weten hoeveel afdek materiaal er nodig is om te dienen als primaire afdekking en definitieve afdekking.

De (resterende) voorraad afdek materiaal bestaande uit de twee ten zuiden gelegen heuvels, wordt geschat op 136.000 m³. Bij deze schatting is uitgegaan van een oorspronkelijk (heuvel)volume van 202.000 m³ plus 5.000 m³ afkomstig van de uitgravingen voor de afvalbanden, minus 81.000 m³ gebruikt afdek materiaal voor het voltooide stortdeel. Verder wordt de voorraad afdek materiaal jaarlijks aangevuld met afdek materiaal afkomstig uit de stortplaats voor afvalbanden. Bij dit laatste wordt uitgegaan van 2/3 van het volume van de afvalbanden.

Ter bepaling van de hoeveelheid primair afdek materiaal die nodig is voor het dagelijks afdekken van het huishoudelijk, bedrijfs-, veeg- en marktafval wordt uitgegaan van een volumeverhouding (afdekmat.: afval) van 1:6. Deze verhouding is berekend door de jaarlijkse hoeveelheden afval om te rekenen naar het afvalvolume dat per dag (260 dagen/jaar) gemiddeld gestort wordt (een stortcel). Uitgaande van een hoogte van de stortcel van 2 m en de taluds van 1:4 is de oppervlakte van de stortcel bepaald. De nodige hoeveelheid afdek materiaal voor de stortcel kan nu berekend worden door de oppervlakte te vermenigvuldigen met de dikte van de afdeklaag (15 cm).

Het wat meer zuidelijk gestorte bouw- en sloopafval, saneerafval en grof huisvuil wordt niet (dagelijks) afgedekt, alleen bij het bereiken van de maximale storthoogte krijgt deze gecombineerde afvalcategorie een (definitieve) afdeklaag.

De hoeveelheid afdek materiaal (primair en definitief) ter afdekking van afvalbanden wordt buiten beschouwing gelaten. Hier wordt ervan uitgegaan dat 1/3 van de hoeveelheid grond (verweerd diabaas) die uitgegraven wordt om de afvalbanden te begraven gebruikt wordt om de afvalbanden af te dekken. De overige 2/3 wordt gebruikt als afdek materiaal voor de andere afvalcategorieën.

De definitieve afdeklaag is de laag afdek materiaal die op de bovenste stortlaag (afval) komt, en heeft een dikte van minstens 60 cm. De hoeveelheid definitief afdek materiaal wordt verkregen door de uiteindelijke oppervlakte van het stortlichaam (zie Bijlage 5, TOP en ZIJ) te vermenigvuldigen met de dikte van de definitieve afdeklaag.

3. **Het stortvolume**

Hier gaat het om de maximaal beschikbare ruimte in m³ op het afvalstortterrein die voor het storten van afval aanwezig is. Het stortvolume is afhankelijk van de beschikbare stortoppervlakte, de taluds en de maximale storthoogte.

De nog beschikbare stortoppervlakte is 42 ha. Dit is de oorspronkelijke 48 ha minus een volgestorte oppervlakte van 6 ha (in januari 1991).

De taluds van het stortlichaam mogen niet steiler zijn dan 1:4.

De maximale storthoogte boven het oorspronkelijke maaiveld is 6 m, dit komt overeen met 3 stortlagen.

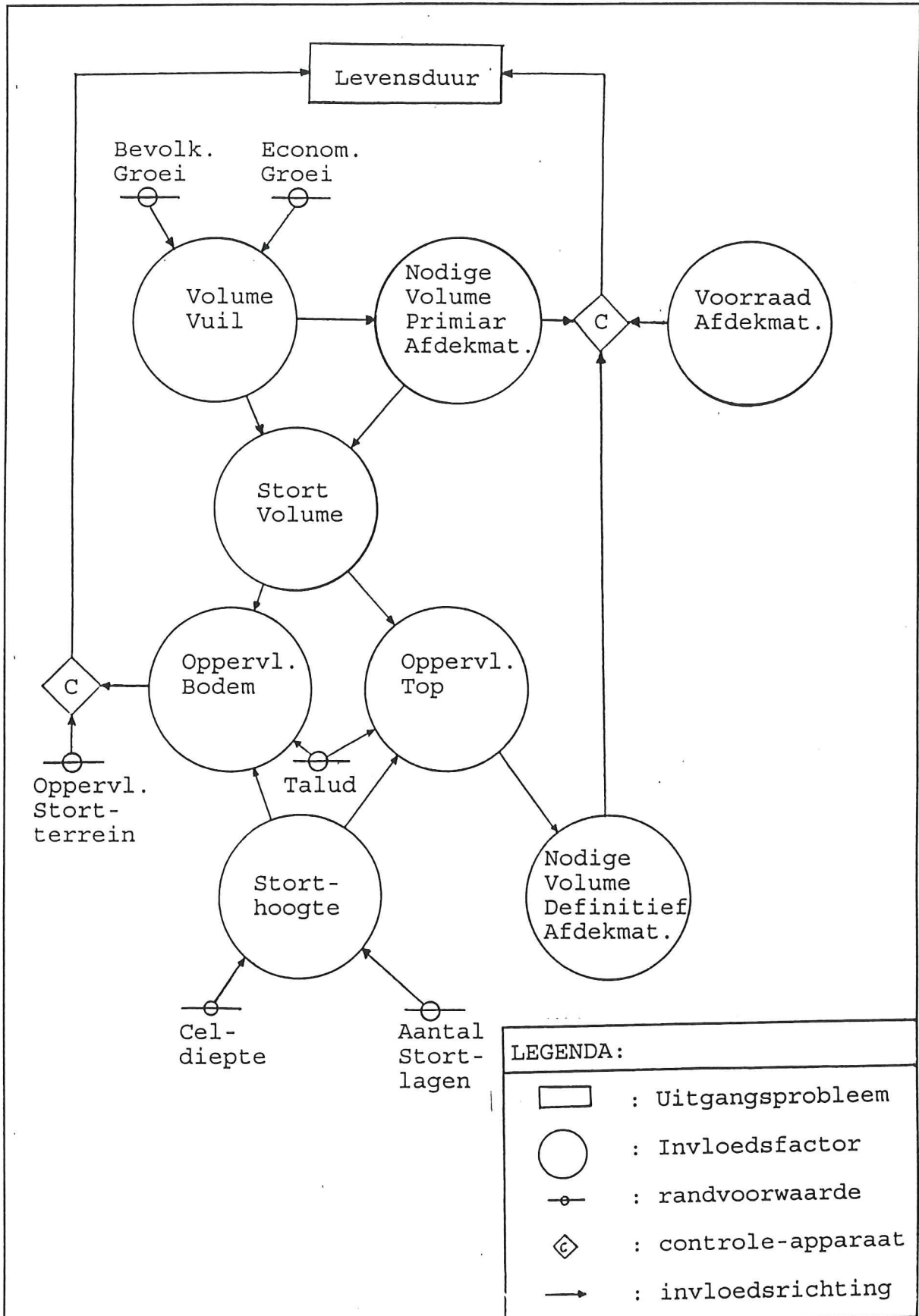


Fig. 3.1 Logisch model ter bepaling van de levensduur

3.2.2 Beschrijving van het rekenmodel

Nu de factoren die de levensduur van de stortplaats beïnvloeden bekend zijn, kan een poging gewaagd worden om met behulp van een niet al te ingewikkeld rekenmodel een redelijke schatting van de levensduur van de stortplaats Malpais te maken. Eerst wordt er een logisch model gemaakt om het probleem beter te begrijpen. Een logisch model is een netwerk dat hulp biedt bij het begrijpen van de volgende problemen (Polak, 1981):

- Wat zijn de invloedsfactoren?
- Welke factoren beïnvloeden elkaar?
- Wat is de invloedsrichting?

In figuur 3.1 is een logisch model opgenomen ter bepaling van de levensduur van een stortplaats. Naast de invloedsfactoren en invloedsrichtingen komen in het logisch model enkele andere begrippen voor die als volgt gedefinieerd zijn:

- uitgangsprobleem: het probleem dat tot het creëren van een netwerk leidt.
- controle-apparaat: een element dat het verschil meet tussen een benodigde hoeveelheid en een beschikbare hoeveelheid van iets (bijvoorbeeld (afdek)materiaal, oppervlakte).

Uitgaande van het logisch model is er een rekenmodel ontwikkeld dat hieronder kort besproken wordt (zie ook Bijlage 5).

Ten eerste wordt de jaarlijkse toename of afname van het afvalaanbod, als gevolg van de economische (EG) en bevolkingsgroei (BG), omgerekend naar een gemiddelde vuilhoeveelheid per jaar (zie Bijlage 5, GF).

Vervolgens worden de gemiddelde afvalhoeveelheden met behulp van de geschatte dichtheden (D) omgewerkt naar gemiddelde afvalvolumes (VV). Dan is onmiddellijk de benodigde hoeveelheid primair afdekmateriaal (PA) bekend met behulp van de in de paragraaf 3.2.1 berekende volumeverhoudingen (P). Het afvalvolume en het volume van het afdekmateriaal vormen samen het gemiddelde stortvolume, en vermenigvuldigd met de (geschatte) levensduur (L) volgt hieruit het totale stortvolume.

De volgende stap is het berekenen van de oppervlakte van de zijkanten (ZIJ), bovenkant (TOP) en onderkant (NOS) van het stortlichaam, uitgaande van het totale stortvolume, de taluds en hoogte van het stortlichaam.

De benodigde hoeveelheid definitief afdekmateriaal kan nu bepaald worden door de oppervlakte van het stortlichaam (TOP + ZIJ) te vermenigvuldigen met de dikte van de definitieve afdeklaag (DFC).

De bepaling van de levensduur vindt nu plaats in een iteratief proces:

- 1 Kies een willekeurige levensduur.
- 2 Bereken de (gemiddelde) toename van het afvalaanbod.
- 3 Bereken het stortvolume.
- 4 Bepaal de benodigde hoeveelheid afdek materiaal.
- 5 Bepaal de benodigde stortoppervlakte.
- 7 Toets zowel de benodigde stortoppervlakte (NOS) als de benodigde hoeveelheid afdek materiaal ($\Sigma PA + FC$) aan de beschikbare oppervlakte (OS) resp. de beschikbare hoeveelheid afdek materiaal (VA).
- 8 Als $NOS > OS$ en/of $(\Sigma PA + FC) > VA$, ga dan terug naar stap 1 en kies een kortere levensduur.
Als daarentegen beide factoren kleiner zijn, ga ook terug naar stap 1, maar kies een langere levensduur.
- 9 De gezochte levensduur is nu de maximale waarde waarbij zowel de benodigde oppervlakte als de benodigde hoeveelheid afdek materiaal de beschikbare oppervlakte resp. hoeveelheid afdek materiaal niet overschrijden.

In bijlage 5 zijn de exacte formules gegeven en tot een spreadsheet-programma verwerkt. De resultaten van dit model ter bepaling van de huidige levensduur zijn hieronder samengevat:

Levensduur (vanaf 1991) (L)	: 5 jaar
Resterend stortoppervlak (COS)	: 26 ha
Resterend voorraad afdek materiaal (CVA)	: 0 (x1000) m ³

Uit deze resultaten blijkt dat de stortplaats Malpais met de huidige uitvoeringsmethode slechts tot het jaar 1996 kan functioneren, terwijl een groot deel van het stortterrein niet benut wordt. Oorzaak van deze vroegtijdige sluiting is dat de huidige voorraad afdek materiaal al binnen 5 jaar op zal zijn.

In tegenstelling tot de oorspronkelijk geschatte levensduur van 40 jaar ligt de hier gevonden levensduur veel lager. Dit komt doordat er bij de oorspronkelijke schattingen alleen gekeken is naar de beschikbare stortoppervlakte, terwijl in het geval van de stortplaats Malpais juist de beschikbare hoeveelheid afdek materiaal doorslaggevend is.

3.3 Probleemstelling

Met de bevindingen uit de voorgaande paragraaf komen we tot de volgende probleemstelling:

De stortplaats Malpais heeft, met de huidige uitvoeringsmethode, een te korte levensduur.

Uitgaande van het bovenstaande wordt de volgende doelstelling geformuleerd:

Verlenging van de levensduur van de stortplaats Malpais op een milieutechnisch en economisch verantwoorde manier.

3.4 Randvoorwaarden en uitgangspunten

Bij het zoeken naar een geschikte oplossing voor het gestelde probleem zullen de volgende randvoorwaarden (zie ook bijlage 4) in acht genomen worden:

- Er mag niet in het grondwater gestort worden.
- De dikte per stortlaag moet ca. 2 m zijn voor huishoudelijk en bedrijfsafval, voor puin, grof vuil en saneerafval mag het meer zijn.
- De dikte van de primaire afdeklaag moet 15 cm zijn voor huishoudelijk en bedrijfsafval. Voor puin, grof vuil en saneerafval mag de dikte minder zijn.
- De dikte van de definitieve afdeklaag moet minstens 60 cm zijn.
- De op het stortterrein aanwezige grondsoorten zijn Class I (klei) en Class IV (verweerd diabaas) (zie bijlage 2).
- Wat de dikte van de twee voorkomende grondlaagsoorten en de diepte van het grondwaterpeil betreft worden de volgende waarden aangenomen:
 - * Een dikte van 10 m voor de verweerde diabaaslaag (Class IV). Dit is gebaseerd op de gemiddelde dikte gevonden bij de voormalige stortplaats.
 - * Een dikte van minimaal 1 m voor de aanwezige kleilaag (Class I). Deze schatting is gebaseerd op het feit dat deze grondlaag geregistreerd staat in de Soil Potentiality Map van Curaçao en dus een niet verwaarloosbare dikte heeft. Lokale metingen moeten echter de betrouwbaarheid van deze schatting natrekken. Onder deze kleilaag bevindt zich de verweerde diabaaslaag tot de eerder gestelde diepte van 10 m onder het maaiveld.
 - * Een diepte van meer dan 5 m onder het maaiveld voor het grondwaterpeil. Dit is een schatting en lokale metingen moeten de betrouwbaarheid van deze schatting natrekken. In het algemeen zit het grondwaterpeil op Curaçao vrij diep. Rekening houdend met capillaire opstijging moet de bodem van de stortplaats minimaal 1,5 meter boven het hoogste grondwaterpeil zijn.

- De bevolkingsgrootte in januari 1991 is 146.500 (CBS Curaçao, 1991).

Verder wordt voor dit onderzoek uitgegaan van het volgende:

- Er wordt uitgegaan van 250 werkdagen per jaar, hierbij is rekening gehouden met een vijfdaagse werkweek en feestdagen.
- De oplossing voor het gestelde probleem moet op korte termijn uitvoerbaar zijn.
- Uit esthetisch oogpunt wordt gesteld dat de stortplaats uit het zicht moet blijven. Dit houdt in dat de storthoogte niet boven de zichtlijn vanaf de weg (Weg naar Westpunt) mag komen.

3.5 Oplossingsrichting

De levensduur van de stortplaats Malpais wordt vooral bepaald door de nodige hoeveelheid afdek materiaal en de voorraad afdek materiaal. Met andere woorden een samenspel tussen vraag en aanbod van afdek materiaal. De vraag naar afdek materiaal wordt bepaald door de hoeveelheid afval die afgedekt moet worden. De voorraad afdek materiaal (aanbod) wordt bepaald door de hoeveelheid afdek materiaal die ter plekke uitgegraven kan worden of van elders aangevoerd kan worden.

Oplossingen ter verlenging van de levensduur zullen dan ook gezocht moeten worden in de volgende twee (hoofd)richtingen:

1. Verkleining van de vraag naar afdek materiaal.
2. Vergroting van de voorraad afdek materiaal.

3.5.1 Verkleining van de vraag naar afdek materiaal

Om de vraag naar afdek materiaal te verkleinen zal er gekeken worden naar de volgende twee methoden:

- Recycling
- "Schoon" afval apart

3.5.1.1 Recycling

Recycling houdt in hergebruik en nuttige toepassing. Hergebruik is het toepassen van afvalstoffen of daaruit afgescheiden of bereide componenten voor hetzelfde doel als waarvoor ze oorspronkelijk bestemd waren (bijvoorbeeld loopvlakvernieuwing van vrachtwagenbanden). Nuttige toepassing is het gebruik van afvalstoffen of daaruit afgescheiden of bereide componenten als zodanig of als grondstof voor een ander doel dan waarvoor ze oorspronkelijk waren bestemd (bijvoorbeeld het gebruik van afvalbanden als stootkussen in de haven). Een onderdeel van recycling is recuperatie.

Recuperatie omvat de inzameling van afvalstoffen en het geschikt maken ervan voor verdere verwerking, bijvoorbeeld het inzamelen en schredde van autowrakken. Recycling is dus recuperatie (inzameling en bewerking) plus verwerking tot eindprodukt.

Wegens een gebrek aan grondstofverwerkende industrieën die afvalprodukten opnieuw kunnen verwerken, zullen op Curaçao de bovengenoemde activiteiten beperkt blijven tot recuperatie en/of nuttige toepassing (Richardson, 1986).

Over de mogelijkheden van recycling op Curaçao zijn verschillende rapporten verschenen o.a.

- Recycling op de Antillen (Nijkerk, 1986).
- Recycling als milieubeleidsinstrument (Richardson, 1986).

Voordelen van recycling voor Curaçao zijn onder andere:

- besparing van grondstoffen
- besparing van deviezen
- bescherming van het milieu
- het creëren van werkgelegenheid.

Recycling is echter geen eindoplossing voor de afvalproblematiek op Curaçao, aangezien een groot deel van het afval toch verwerkt (gestort) zal moeten worden. Daarbij manifesteren zich op Curaçao de volgende knelpunten:

- Het milieubewustzijn bevindt zich nog in de kinderschoenen.
- De (exacte) samenstelling en hoeveelheid van de verschillende afvalstoffen is onbekend.
- Er zijn geen grondstofverwerkende industrieën die afvalprodukten opnieuw kunnen verwerken.
- Er wordt te weinig afval geproduceerd om op een financieel aantrekkelijke wijze te verwerken.
- Er moet een markt gevonden worden voor de "recycled" produkten.

Gezien de bovengenoemde knelpunten is verlenging van de levensduur van de stortplaats door middel van recycling op korte termijn niet haalbaar. In dit rapport zal daarom recycling niet als oplossingsrichting worden meegenomen, maar als een mogelijk scenario (zie § 3.7.1). Hierbij wordt getoond wat de effecten van recycling op de levensduur kunnen zijn.

Wat afvalpreventie betreft valt er op korte termijn ook weinig te verwachten. Dit komt voornamelijk door de grote afhankelijkheid van producten die in het buitenland geproduceerd worden en het huidige milieubewustzijn op Curaçao. Door bovenstaande redenen zal in dit rapport afvalpreventie niet verder behandeld worden.

3.5.1.2 "Schoon" afval apart

Met "schoon" afval apart wordt bedoeld het apart storten van bepaalde afvalcategorieën die niet (primair) afgedekt hoeven te worden, waarbij er geen milieuhygiënische bezwaren optreden. Een afvalcategorie die te Malpais hiervoor in aanmerking komt is bouw- en sloopafval.

Bouw- en sloopafval is een redelijk schone afvalcategorie die op zichzelf geen verontreiniging van de bodem veroorzaakt. Het niet afdekken van puin veroorzaakt verder geen hinder ten gevolge van ongedierte, brand, stank en zwerfvuil.

3.5.2 Vergroting van de voorraad afdek materiaal

De huidige voorraad afdek materiaal, bestaande uit verweerd diabaas afkomstig van afgraving van de twee heuvels en uitgravingen ten behoeve van afvalbanden, blijkt niet toereikend te zijn voor een significante levensduur. Om de voorraad afdek materiaal te vergroten zijn de volgende twee methoden voorhanden:

- Aanvoer van afdek materiaal van elders
- Lokaal uitgraven.

3.5.2.1 Aanvoer van afdek materiaal van elders

Hier wordt de huidige voorraad afdek materiaal aangevuld door aanvoer van afdek materiaal afkomstig van uitgravingen elders op het eiland en/of door het afgraven van andere heuvels in de omgeving (natuurgebied).

3.5.2.2 Lokaal uitgraven

Hier wordt al het materiaal dat nodig is voor (primaire en definitieve) afdekking ter plaatse uitgegraven. Alvorens men begint met storten wordt het maaiveld tot een diepte van 1 à 2 meter uitgegraven.

3.6 Alternatieven

De resterende levensduur van de stortplaats Malpais is zeer kort. Oplossingen ter verlenging van de levensduur moeten op zeer korte termijn uitvoerbaar zijn. Zoals eerder vermeld biedt recycling hier, gezien het korte tijdsbestek, geen uitkomst. Oplossingen moeten gevonden worden door:

- vergroting van de voorraad afdek materiaal door **aanvoer van elders** of **lokale uitgravingen**, en/of
- verkleining van de vraag naar afdek materiaal en wel door het **apart storten van bouw- en sloopafval** zonder primaire afdekking.

Bij het ontwikkelen van de alternatieven is geen combinatie gezocht tussen "aanvoer van afdek materiaal van elders" en de andere twee oplossingsrichtingen ("lokaal uitgraven" en "bouw- en sloopafval apart"). Dit om de volgende redenen:

- Aanvoer van afdek materiaal van elders veroorzaakt ten gevolge van afgravingen ter winning van afdek materiaal, een grote aantasting van de omgeving.
- Met lokaal uitgraven kan genoeg afdek materiaal gewonnen worden, hetgeen de aanvoer van afdek materiaal van elders overbodig maakt.
- Bij voortzetting van de huidige stortmethode levert het apart storten van bouw- en sloopafval geen extra besparing van afdek materiaal op, omdat deze zoals eerder vermeld (met de huidige uitvoering) niet primair afgedekt wordt.

Wel zal gekeken worden naar een alternatief met de combinatie "lokaal uitgraven" en "bouw- en sloopafval apart". Het bovenstaande heeft geleid tot de volgende drie alternatieven:

- Alternatief 1: aanvoer van afdek materiaal van elders
- Alternatief 2: lokaal uitgraven van afdek materiaal
- Alternatief 3: lokaal uitgraven van afdek materiaal en bouw- en sloopafval apart

Hieronder volgt een korte beschrijving van de genoemde alternatieven met van ieder alternatief een schetsmatige weergave.

3.6.1 Alternatief 1: aanvoer van afdek materiaal van elders

Bij dit alternatief wordt uitgegaan van de huidige uitvoeringsmethode die eerder ter sprake is geweest. Een verschil is echter dat nadat de voorraad afdek materiaal, afkomstig van de twee heuvels, op is, afdek materiaal van elders van het eiland aangevoerd wordt (Louwman, 1992). Verder worden afvalbanden tussen het grof afval gestort. In figuur 3.2 staat dit alternatief schematisch weergegeven.

3.6.2 Alternatief 2: lokaal uitgraven van afdek materiaal

Bij dit alternatief worden de heuvels, die tot nu toe moesten dienen als voorraad van afdek materiaal, niet verder afgegraven. Dit ter voorkoming van een verdere aantasting van de omgeving. Het afdek materiaal wordt gegraven uit de (kleihoudende) bodem waarop later de verschillende afvalcategorieën gestort zullen worden (zie figuur 3.3). Een voordeel hiervan is dat men nu gebruik maakt van een afdek materiaal (kleihoudend) dat minder waterdoorlatend is dan het huidige afdek materiaal (verweerd diabaas). Als gevolg zal er dan ook nagenoeg geen regenwater het stortlichaam infiltreren.

Voordat men begint met storten wordt het stortterrein tot een diepte tussen de 1 à 2 meter afgegraven. Dit hoeft echter niet in één keer. De afgegraven grond wordt in een depot gelegd en dient als afdek materiaal. De bovenste aardlaag kan het best apart gedeponerd worden om bij de definitieve afdekking te dienen als toplaag, in verband met latere groenvoorziening.

Het storten kan nu plaatsvinden volgens de huidige uitvoeringsmethode, waarbij echter de heuvels niet verder afgegraven worden en de afvalbanden tussen het puin, grof vuil en saneerafval gestort worden. Verder worden in tegenstelling tot de huidige uitvoering alle afvalcategorieën dagelijks afgedekt. Dit ter voorkoming van ongedierte, brand, visuele hinder, stank, zwerfvuil en contact met gevaarlijke stoffen, en ter beperking van het indringen van regenwater.

3.6.3 Alternatief 3: lokaal uitgraven van afdek materiaal en bouw- en sloopafval apart

Dit alternatief is een variant op alternatief 2, het verschil is dat het bouw- en sloopafval apart gestort wordt zonder het primair af te dekken (zie figuur 3.4). Dit leidt tot een besparing van afdek materiaal zonder dat er zich milieuhygiënische bezwaren voordoen. Om infiltratie van regenwater in of in de nabijheid van het stortlichaam te vermijden moet het bouw- en sloopafval los van de rest van het stortlichaam gestort worden. Deze apart gestorte afvalcategorie kan hergebruikt worden als materiaal voor bodemophoging, landaanwinning, in de wegenbouw, voor eventueel herstel van de aangetaste heuvels, etc.

Om esthetische redenen moet na het beëindigen van de stortactiviteiten te Malpais de (resterende) hoop bouw- en sloopafval wel (definitief) afgedekt worden.

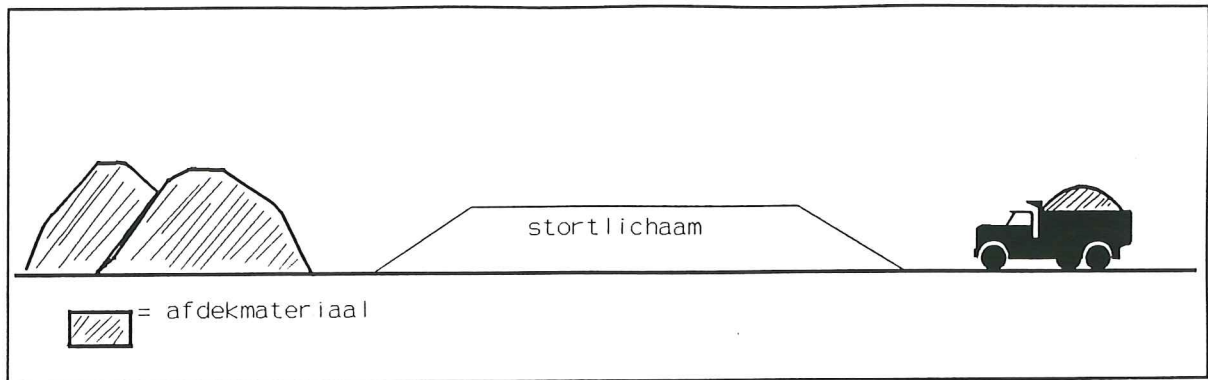


Fig. 3.2 Alternatief 1: aanvoer van afdekmetaal vanuit elders

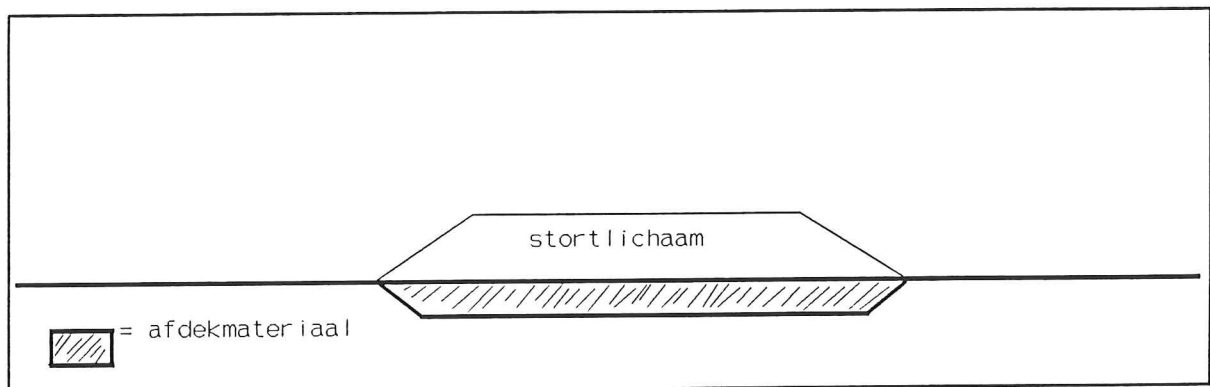


Fig. 3.3 Alternatief 2: lokaal uitgraven van afdekmetaal

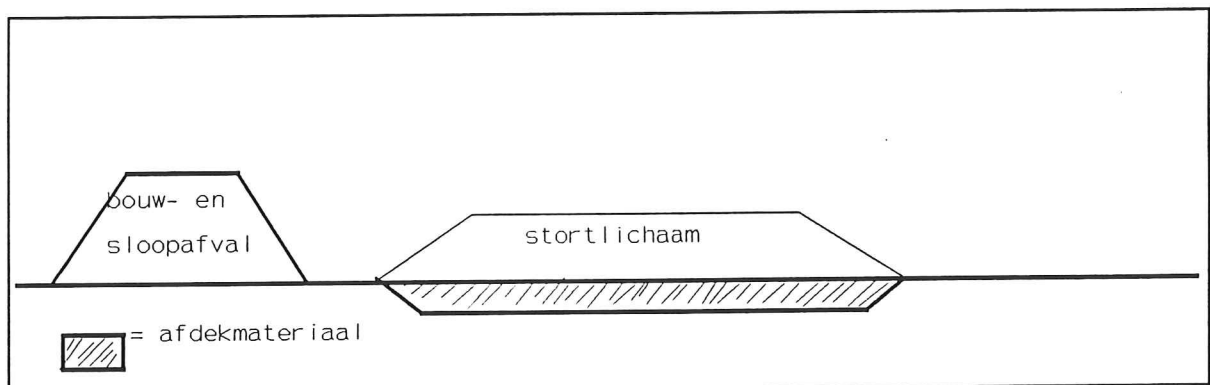


Fig. 3.4 Alternatief 3: lokaal uitgraven van afdekmetaal en bouw- en sloopafval apart

3.7 Resultaten ten aanzien van de levensduur

In deze paragraaf zal geprobeerd worden om de levensduur van de verschillende alternatieven vast te stellen. Door onzekerheden met betrekking tot bepaalde ontwikkelingen in de toekomst is het niet mogelijk om precies vast te stellen wat de levensduur is. Om toch een uitspraak te kunnen doen worden er een aantal scenario's gecreëerd. Met deze scenario's wordt geprobeerd om een beeld te krijgen van wat de effecten op de levensduur zullen zijn ten gevolge van de volgende ontwikkelingen:

1. Bevolking en economie
 2. Recycling
 3. Storthoogte 6→10m
1. Bevolking en economie:
Er wordt uitgegaan van twee extreme ontwikkelingen namelijk:
 - **B&E↑**: Een situatie waarbij de bevolking en de economie jaarlijks met respectievelijk 0,4% en 1% zullen groeien.
 - **B&E↓**: Een situatie waarbij de bevolking jaarlijks met 1% terugloopt en een gestagneerde economie (0%).
 2. Recycling:
In geval van recycling zal worden uitgegaan van de volgende (eigen) schattingen:
 - een reductie van 30% van de hoeveelheid huishoudelijk en bedrijfsafval (t.g.v. compostering en recuperatie van oud papier).
 - een reductie van 20% van de hoeveelheid puin (t.g.v. toepassingen bij grondverbetering, bodemophoging, wegebouw e.d.).
 - een reductie van 100% afvalbanden (vermalen en export naar bijvoorbeeld Venezuela)
 3. Storthoogte 6→10m:
Op de huidige stortplaats wordt gestort tot een hoogte van maximaal 6 m boven het maaiveld. Afhankelijk van het te dienen belang in afweging tegen de mogelijke hinder of ontsiering voor de omgeving, kan een vergunning verkregen worden om te storten tot een grotere hoogte (DROV, 1988). In dit geval wordt ervan uitgegaan dat een vergunning verkregen wordt om te storten tot een hoogte van 10 m boven het maaiveld. Dit conform de voorschriften met betrekking tot industriegebieden waarbij een bouwhoogte tot 10 m toegestaan is (DROV, 1988).

Uitgaande van het bovenstaande worden alle mogelijke scenario's gecreëerd behalve B&E↓ in combinatie met Recycling, omdat dit geen realistisch scenario is. Hiermee komen we tot de volgende combinaties:

- Scen.1 B&E↑
- Scen.2 B&E↑ + Recycling
- Scen.3 B&E↑ + 6→10m
- Scen.4 B&E↑ + 6→10m + Recycling
- Scen.5 B&E↓
- Scen.6 B&E↓ + 6→10m

Voor deze scenario's is de levensduur bepaald voor ieder alternatief. Hiervoor is het rekenmodel gebruikt dat beschreven is in § 3.2.3, waarbij de vuilhoeveelheden overeenkomstig de verschillende scenario's aangepast zijn. De levensduur van de verschillende alternatieven is uitgezet in de figuur 3.5. De spreadsheet programma's zijn te vinden in bijlage 5.

Opgemerkt moet worden dat de ontwikkelingen ten aanzien van "Bevolking en Economie" en "Recycling" vrij moeilijk te beïnvloeden zijn door de bestuurders van het eiland. Anderzijds is het besluit om een maximale storthoogte van 10 m in plaats van 6 m makkelijk door te voeren.

De belangrijkste conclusies die uit figuur 3.5 getrokken kunnen worden zijn:

- Het verhogen van de storthoogte **6→10m** heeft een groter effect op de levensduur dan **Recycling**.
- Alternatief 1 heeft bij alle scenario's een kortere levensduur dan de alternatieven 2 en 3. Dit komt omdat bij de alternatieven 2 en 3 door het uitgraven van de bodem ter winning van afdekmateriaal, een grotere stortvolume (capaciteit) verkregen wordt.
- Alternatief 2 en 3 hebben een gelijke levensduur, behalve bij een verhoging van de storthoogte (6→10m), dan is alternatief 2 beter.
- De ontwikkelingen in de bevolkingsgrootte en de economie kunnen maximaal een verschil in de levensduur van 3 jaar veroorzaken of, bij verhoging van de storthoogte, van 7 jaar.

Uit het bovenstaande blijkt dat het verhogen van de maximale storthoogte van 6 meter naar 10 meter zeer de moeite waard is. Wel moeten de landschappelijke aspecten in acht genomen worden.

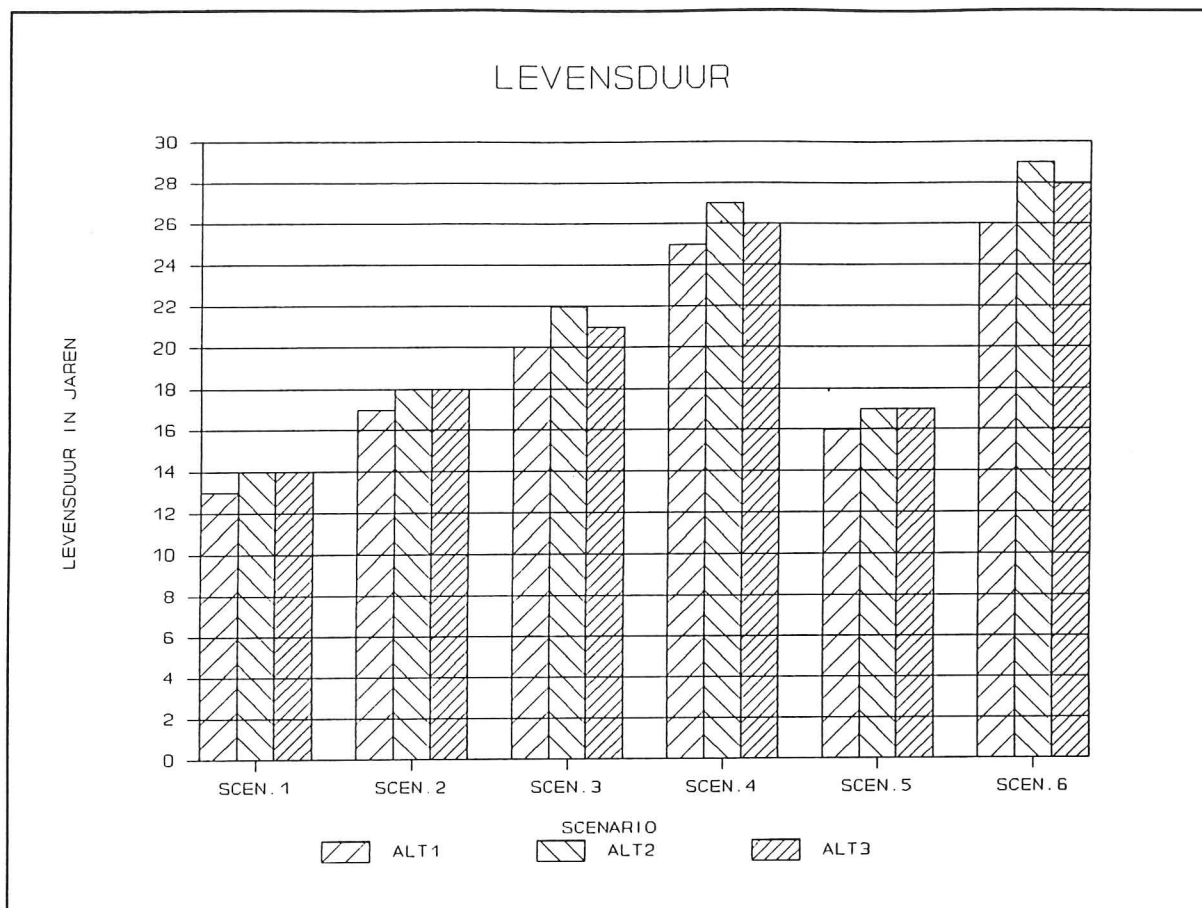


Fig. 3.5 Levensduur

SCEN.1: B&E↑

SCEN.4: B&E↑+6→10m+Rec.

SCEN.2: B&E↑+Rec.

SCEN.5: B&E↓

SCEN.3: B&E↑+6→10m

SCEN.6: B&E↓+6→10m

ALT1: aanvoer van afdek materiaal van elders

ALT2: lokaal uitgraven van afdek materiaal

ALT3: lokaal uitgraven van afdek materiaal en bouw- en sloopafval apart

3.8 Keuze

In de vorige paragraaf is duidelijk geworden dat, wat betreft de levensduur alternatief 1 als slechtste uit de bus komt ongeacht het scenario. Alternatief 2 en 3 zijn daarentegen bijna even goed. Naast de levensduur kunnen er echter meerdere criteria zijn om tot een keuze te komen. De volgende criteria worden overwogen:

1. Hoeveelheid afdek materiaal per jaar
2. Energieverbruik bij winning van afdek materiaal
3. Infiltratie van regenwater
4. Filterwerking van de bodem
5. Aantasting van de omgeving
6. Maatregelen i.v.m. regen
7. Hinder

8. Hergebruik van puin

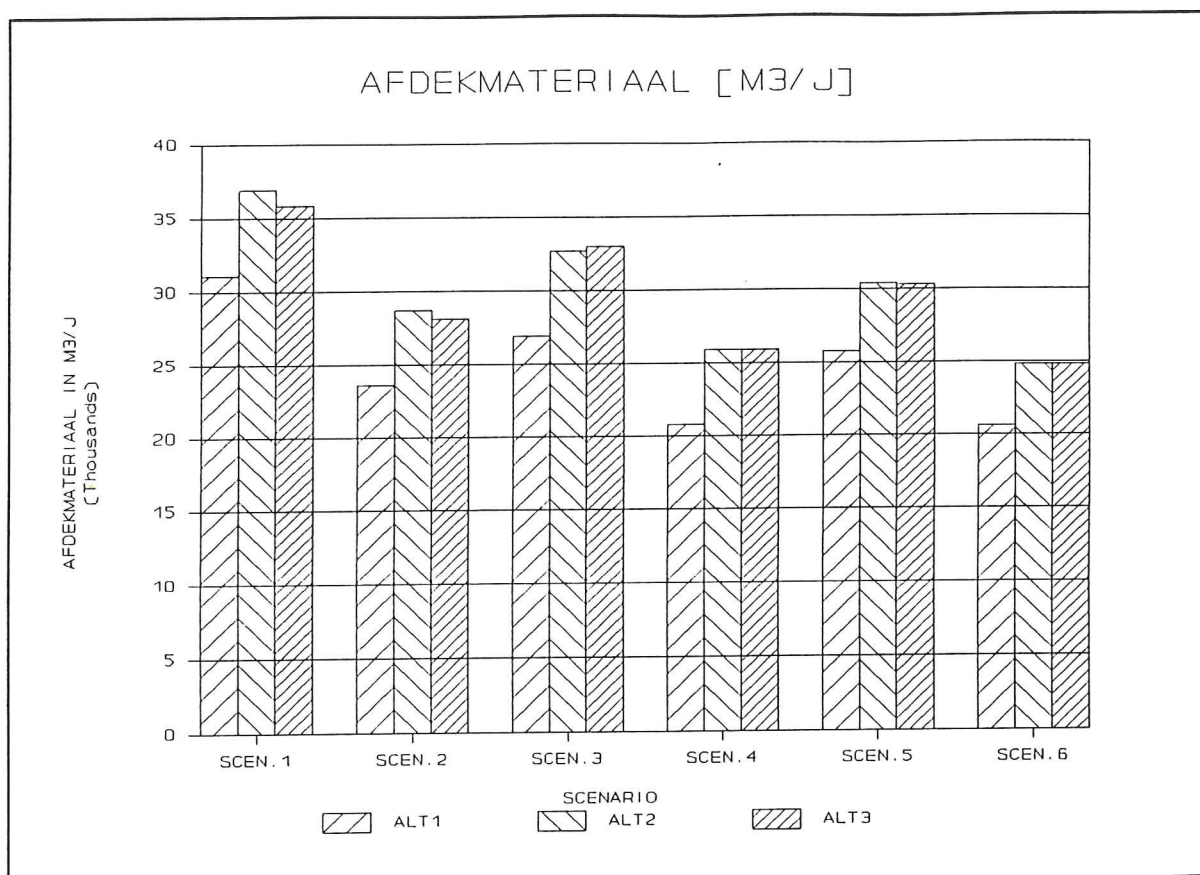


Fig. 3.6 Jaarlijkse hoeveelheid afdekmateriaal.

SCEN.1: B&E↑

SCEN.2: B&E↑+Rec.

SCEN.3: B&E↑+6→10m

SCEN.4: B&E↑+6→10m+Rec.

SCEN.5: B&E↓

SCEN.6: B&E↓+6→10m

ALT1: aanvoer van afdekmateriaal van elders

ALT2: lokaal uitgraven van afdekmateriaal

ALT3: lokaal uitgraven van afdekmateriaal en bouw- en sloopafval apart

3.8.1 Afwegingscriteria

1. Hoeveelheid afdekmateriaal per jaar

De hoeveelheid afdekmateriaal die nodig is voor het afdekken van het afval heeft een grote invloed op de verwerkingskosten van het afval. In figuur 3.6 zijn de hoeveelheden afdekmateriaal per jaar per scenario te zien. Uit deze figuur blijkt dat voor alternatief 1, afhankelijk van bepaalde ontwikkelingen in de toekomst (scenario), jaarlijks tussen de 20.000 en 31.000 m³ afdekmateriaal nodig is. Voor de alternatieven 2 en 3 ligt dit tussen de 25.000 en 37.000 m³.

Ondanks het apart storten van bouw- en sloopafval zonder primaire afdekking (alternatief 3) is de nodige hoeveelheid afdekmateriaal bij alternatief 2 en alternatief 3 nagenoeg

gelijk. Dit komt omdat door het apart storten van bouw- en sloopafval bij alternatief 3 een grotere (totaal) oppervlakte definitief afgedekt moet worden en dit vergt een grote hoeveelheid afdek materiaal.

2. Energieverbruik bij winning van afdek materiaal

Men beschouwt hier de hoeveelheid energie die nodig is om het afdek materiaal te winnen. Immers: Hoe meer energieverbruik, hoe hoger de kosten. Uitgangspunt is dat het uitgraven van diabaas meer energie kost dan het uitgraven van klei. Verder speelt de uitgraafdiepte ook een rol. Hier geldt hoe dieper hoe meer energieverbruik. Gezien het bovenstaande kost het winnen van afdek materiaal bij alternatief 1 het meeste energie (diabaas, relatief grote diepte). Tevens brengt het van elders aanvoeren van afdek materiaal extra (transport)kosten met zich mee. Veel minder energie kosten alternatief 2 en 3, omdat hier uit een veel minder harde grond wordt gegraven. Bij alternatief 2 wordt iets minder diep uitgegraven dan bij alternatief 3. Alternatief 2 verbruikt het minste energie bij de winning van afdek materiaal.

3. Infiltratie van regenwater

De grootste bedreiging voor de bodem en het grondwater vormt de hoeveelheid regenwater die door de afdek laag in het stortlichaam sijpelt en vervolgens de bodem indringt (percolaat). Hoe minder water in het stortlichaam komt hoe minder percolaatvorming en dus hoe minder bedreiging voor bodem en grondwater.

Bij alternatief 1 is een hoge infiltratie van regenwater te verwachten en dit om de volgende redenen:

- De afvalcategorieën zoals grof vuil en saneerafval (verontreinigd havenslib met hoog zoutgehalte) worden niet primair afgedekt.
- Het toegepaste afdek materiaal (verweerde diabaas) ter afdekking van de overige afvalcategorieën (o.a. huishoudelijk-, bedrijfs- en ziekenhuisafval) is zeer waterdoorlatend.

Bij de alternatieven 2 en 3 is er nagenoeg geen infiltratie te verwachten omdat:

- Het afdek materiaal afkomstig van de bodemuitgraving, bestaande uit een kleihoudende laag, slecht waterdoorlatend is.
- Het afdek materiaal, ten gevolge van de klei, een hoog vochthoudend vermogen (zie § 4.1.2.6) bezit. Hierdoor kan het water dat in de afdek laag opgenomen wordt later weer verdampen in plaats van in het stortlichaam te dringen.
- Alle afvalcategorieën afgedekt worden, behalve het bouw- en sloopafval bij alternatief 3, maar dit kan, zoals eerder gezegd, geen kwaad.

4. Filterwerking van de bodem

Hoe dikker de bodemlaag tussen stortlichaam en grondwaterpeil, hoe beter het percolaat gefiltreerd wordt. Bij alternatief 1 wordt het maaiveld niet uitgegraven. Hierdoor zal het percolaat een betere natuurlijke filtratie ondergaan dan bij de alternatieven 2 en 3 waar het oorspronkelijke maaiveld uitgegraven tot een diepte van respectievelijk 1,25 à 1,75 m en 1,65 à 2,35 m.

5. Aantasting van de omgeving

Bij alternatief 1 is sprake van een verdere aantasting van de omgeving ten gevolge van het afgraven van de nabij gelegen heuvels. Afgravingen elders op het eiland zullen ook niet ongezien blijven. Bij de alternatieven 2 en 3 is al het afdek materiaal afkomstig van de bodem waar later op gestort wordt. Hierdoor is de aantasting van de omgeving ten gevolge van winning van afdek materiaal minimaal.

6. Maatregelen i.v.m. regen

Het betreft hier maatregelen die getroffen moeten worden om bij hevige regenbuien een goede bedrijfsvoering te garanderen. Alternatief 1 ondervindt weinig hinder van regen. Dit omdat het toegepaste afdek materiaal (diabaas) goed berijdbaar blijft. Bij de alternatieven 2 en 3 moeten bij zware regenbuien (stalen) rijplaten gebruikt worden om op de klei houdende afdek laag te kunnen rijden. Ook moet bij deze alternatieven het water dat in de buurt van het stortlichaam (uitgravingen om afdek materiaal te winnen) blijft zitten afgevoerd worden. Dit laatste kan gebeuren door afvoerkanalen aan te leggen of te pompen.

7. Hinder

Hier gaat het om hinder ten gevolge van zwerfvuil, ongedierte, geluid, afzichtelijkheid e.d. Alternatief 1 geeft in vergelijking met de andere twee alternatieven het meeste hinder. Dit wordt veroorzaakt door:

- het niet afdekken van grof huisvuil (zwerfvuil),
- het niet afdekken van saneerafval (contaminatie met zware metalen),
- afgraafwerkzaamheden ter winning van diabaas (geluid),
- mogelijke broedplaats voor ongedierte in het niet afgedekte afval (ongedierte),
- het niet afdekken van verschillende afvalcategorieën (afzichtelijkheid).

Ook de aanvoer van afdek materiaal via de openbare weg kan voor de nodige hinder (vervuiling, geluid, drukte, onveiligheid) langs de aanvoerwegen zorgen.

Door het dagelijks afdekken van alle afvalcategorieën is er bij alternatief 2 weinig hinder te verwachten. Bij alternatief 3 kunnen er esthetische bezwaren zijn ten gevolge van het niet primair afdekken van het apart gestorte bouw- en sloopafval.

8. Hergebruik van puin

Door het apart storten van bouw- en sloopafval is alternatief 3 het enige alternatief waarbij puin gebruikt kan worden voor nuttige toepassingen (zie § 3.6.3).

3.8.2 Afweging van de alternatieven

In tabel 3.1 staat samenvattend aangegeven hoe de verschillende alternatieven ten opzichte van elkaar (in rangorde) scoren voor elk criterium. Hierbij geldt dat het alternatief met "****" het beste, het alternatief met "*" het slechtste en het alternatief met "***" er tussen in scoort.

Tabel 3.1 Scoretabel van de alternatieven m.b.t. de criteria

	Alt.1	Alt.2	Alt.3
0. Levensduur	*	***	**
1. Min. afdek materiaal per jaar	***	*	**
2. Min. energieverbruik winning afdek materiaal	*	***	**
3. Min. infiltratie regenwater	*	**	***
4. Filterwerking v.d. bodem	***	**	*
5. Min. aantasting omgeving	*	**	***
6. Maatregel i.v.m. regen	***	*	**
7. Min. hinder	*	***	**
8. Hergebruik (puin)	**	*	***

Op milieuhygiënisch gebied scoort alternatief 1 in vergelijking tot de andere twee alternatieven heel slecht. Bezwaren bij dit alternatief m.b.t. het milieu zijn:

- Verontreiniging van de bodem en grondwater ten gevolge van hoge infiltratie van regenwater.
- Onherstelbare schade aan de omgeving ten gevolge van afgravingen ter winning van afdek materiaal.
- Vervuiling van de omgeving ten gevolge van het niet afdekken van grof huisvuil (zwerfvuil).
- Bedreiging voor de volksgezondheid ten gevolge van onafgedekte afvalcategorieën (contact met gevaarlijke stoffen, broedplaatsen van ongedierte e.d.).
- Hinder langs aanvoer routes van afdek materiaal (geluid, vervuiling, verkeersdrukte, onveiligheid).

Ook de kosten kunnen bij alternatief 1 zeer hoog oplopen. Oorzaken hiervoor zijn:

- Er moet zwaar materieel ingezet worden om het harde diabaas af te graven. Tevens treedt er bij het afgraven van diabaas een snellere slijtage op dan bij het afgraven van klei.

- Door aanvoer van afdek materiaal van elders worden er extra (transport)kosten gemaakt.
- Kosten voor het schoonmaken van de vervuilde omgeving.
- Kosten ter sanering van de verontreinigde bodem (deze zijn gigantisch).

Gezien het bovenstaande is de keuze voor alternatief 1 onverantwoord. Daarom wordt dit alternatief verworpen en wordt verder gezocht naar een keuze tussen de alternatieven 2 en 3. Deze alternatieven zullen door hun grote gelijkenis samen besproken worden. Het verschil tussen deze twee alternatieven is dat bij alternatief 3 het bouw- en sloopafval apart gestort wordt, terwijl bij alternatief 2 dit niet het geval is. Omdat bij deze alternatieven alle afvalcategorieën (behalve bouw- en sloopafval bij alternatief 3) afgedekt worden, zullen de volgende problemen tot het verleden behoren:

- Hoge infiltratie van regenwater in het stortlichaam hetgeen een bedreiging vormt voor de bodem en grondwater.
- Scavengers (mensen, vogels, honden e.d.) die het gestorte afval doorzoeken. Het in contact komen met gevaarlijke stoffen vormt een bedreiging voor de volksgezondheid.
- Insekten die het stilstaand water in blikken, autobanden en ander afval als broedplaats gebruiken. Naast hinder kunnen ook ziekten als dengue overgedragen worden.
- Vervuiling van de omgeving door zwerfvuil.
- Visuele hinder door onafgedekt afval.

Enkele minpunten bij de alternatieven 2 en 3 zijn:

- Er is nu jaarlijks $\pm 5.500 \text{ m}^3$ meer afdek materiaal nodig dan bij alternatief 1 om alle afvalcategorieën af te dekken.
- Bij zware regenbuien moeten er extra maatregelen getroffen worden, zoals:
 - * het berijdbaar houden van het gedeelte van de bovenste afdeklaag waarover het afval aangevoerd wordt. Het plaatsen van stalen rijplaten kan hier een uitweg bieden, en
 - * het wegpompen van regenwater dat in de uitgravingen ter winning van afdek materiaal blijft zitten.

Uit het bovenstaande volgt dat bij de alternatieven 2 en 3 milieuhygiënische noch esthetische bezwaren optreden. Zoals eerder vermeld verschillen de alternatieven 2 en 3 weinig van elkaar. Maar juist door de mogelijkheid van hergebruik van bouw- en sloopafval wordt **alternatief 3** als het beste alternatief beschouwd. Dit ondanks de iets kortere levensduur bij een verhoging van de storthoogte 6→10m.

Indien het mogelijk zou zijn om het bouw- en sloopafval buiten de beschikbare stortoppervlakte (42 ha) te plaatsen komt de levensduur van alternatief 3 zo'n 30 procent hoger te liggen. Mogelijkheden om bouw- en sloopafval op een geheel andere lokatie te storten dienen nader onderzocht te worden. Hierbij valt te denken aan bijvoorbeeld de oude steengroeve te Hato of

de niet meer in gebruik zijnde fosfaatmijn te Nieuwpoort. Het landschappelijk aspect dient natuurlijk weer in beschouwing genomen te worden.

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de milieuhygiënische aspecten van de stortplaats. Voor zowel de huidige situatie als voor het voorgestelde alternatief 3 zal de mogelijke verontreiniging van bodem en grondwater uitvoerig behandeld worden.

HOOFDSTUK 4

PERCOLAAT

4.1 Kwantiteit

4.1.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk was te zien hoe met weinig inspanningen de resterende levensduur (5 jaar) van stortplaats Malpais verlengd kan worden tot nog minstens 14 jaar. Er is echter niet gekeken naar de gevolgen voor de omgeving. Eén van de grootste problemen die men bij een stortplaats kan verwachten is bodem- en grondwaterverontreiniging door het water dat uit het stortlichaam treedt (het percolaat). Omdat er in Malpais geen maatregelen getroffen zijn om het infiltreren van regenwater in het stortlichaam te beperken is de kans op verontreiniging groot. In dit hoofdstuk zullen daarom de verschillende factoren die de hoeveelheid percolaat van een stortplaats beïnvloeden worden behandeld (zie fig. 4.1). Verder zal aangegeven worden hoe iedere component kan worden berekend.

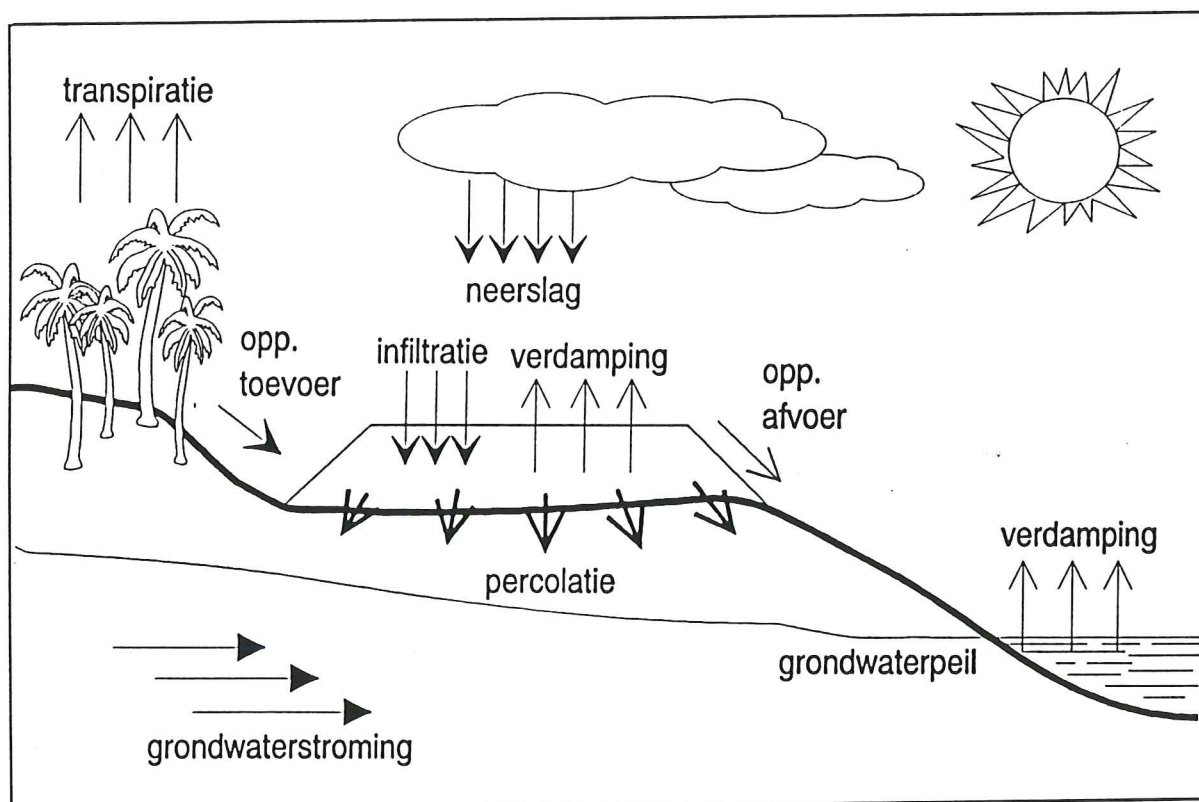


Fig. 4.1 De hydrologische balans

De vorming van percolaat is direct afhankelijk van de aanwezigheid van water. Het water kan afkomstig zijn van geïnfiltreerde hemelwater, oppervlaktetoevoer, indringing van het grondwater. Ook bevat het afval zelf water, dat vrij kan komen. Het water dat de stortplaats bereikt d.m.v. neerslag,

oppervlaktetoevoer kan infiltreren door het oppervlak, het terrein verlaten als oppervlakte-afvoer of verdampen. Er wordt ook water afgevoerd via stortgas (verdamping in het stortlichaam ten gevolge van temperatuur verhoging ten gevolge van microbiologische afbraak).

4.1.2 Beschrijving van de invloedsfactoren

4.1.2.1 Neerslag

De neerslagcomponent geeft in haar eentje de grootste bijdrage aan de vorming van percolaat, vooropgesteld dat de bijdragen van indringing van het grondwater en samenvoeging van vloeibaar afval minimaal zijn. Neerslag omvat regen en sneeuw. In de tropen hebben we echter alleen met regen te maken.

De vier eigenschappen van neerslag die invloed hebben op percolaatvorming zijn de hoeveelheid (hoeveelheid regen die het grondoppervlak bereikt uitgedrukt in waterdiepte (mm)), intensiteit (hoeveelheid regen per eenheid van tijd (mm/uur)), frequentie (herhaald voorkomen van een bepaald regenpatroon in een bepaalde periode) en duur (duur van een regenbui (uur)). De regen representeert hierbij de totale hoeveelheid water die het grondoppervlak bereikt gedurende een bepaalde periode op een gegeven plaats.

De intensiteit beïnvloedt het effect van regendruppels op de oppervlaktebodemdeeltjes en daardoor de mate van infiltratie, de frequentie en duur hebben naast de infiltratie, ook invloed op de oppervlakte-afvoer. In alle gevallen verandert de hoeveelheid percolaat. Zoals bij elk geval van infiltratie, treedt de meest kritieke toestand op tijdens perioden van lichte regen gedurende een lange tijd. Korte uitbarstingen van zware regenbuien zullen resulteren in een snelle verzadiging van het afdek materiaal met als gevolg dat een groot deel van het water verdwijnt als oppervlakte-afvoer, dus de netto infiltratie is dan klein. Dit geldt echter alleen voor afdekmaterialen, zoals zavel, klei of zeer fijn zand, met een een niet al te hoge doorlatendheid. Bij zand en grind zal door de hoge doorlatendheid vrijwel al het water infiltreren.

Meetgegevens over de neerslag zouden moeten worden verkregen ter plekke of anders van het dichtstbijzijnde meteorologische station. Voor grootte-orde berekeningen, bijvoorbeeld in haalbaarheidstudies, kunnen hydrografische kaarten gebruikt worden.

4.1.2.2 Oppervlakte-afvoer

De belangrijkste factoren die de oppervlakte-afvoer (of toevoer) van regenwater beïnvloeden zijn de topografie van het grondoppervlak, de bodemstructuur, het soort afdek materiaal, de begroeiing, de doorlatendheid van de bodem, het aanwezige bodemvocht en de geïnstalleerde afvoersystemen. Met de topografie wordt bedoeld de grootte, helling, vorm, ligging,

hoogte en configuratie van het oppervlak (ruwheid e.d.). De topografie bepaalt de afstroming aan het oppervlak. Van de topografische factoren is de helling wel het meest significant.

Het materiaal aan het bodemoppervlak, de doorlatendheid van de bodem en het aanwezige bodemvocht beïnvloeden de mate van infiltratie en dus ook de oppervlakte-afvoer. De begroeiing op het stortterrein heeft ook effect op de oppervlakte-afvoer. De grootte van dit effect hangt af van de samenstelling, leeftijd, en dichtheid van de begroeiing, alsmede van het seizoen.

4.1.2.3 Infiltratie

Infiltratie is het indringen van water in de bodem (afdeklag). Dit is een van de mogelijke wegen voor het water dat bovenop de stortplaats terecht komt, de andere twee mogelijkheden zijn oppervlakte-afvoer en evapotranspiratie. Hierdoor zullen de factoren die de oppervlakte-afvoer en de evapotranspiratie bepalen ook indirect de mate van infiltratie bepalen. De eigenschappen van het afdek materiaal (doorlatendheid, vochtgehalte, poreusheid, organisch gehalte, graad van verdichting, dikte van de doorlatende oppervlaktelagen etc.), de topografie van het oppervlak (helling, opnamecapaciteit etc.), de begroeiing en de afvoermogelijkheid aan de onderkant zijn de factoren die de infiltratie direct beïnvloeden.

De meest bepalende factor voor de infiltratie is gewoonlijk het vochtgehalte van het afdek materiaal. De mate van infiltratie daalt bij een stijging van het vochtgehalte in de top laag. Dit wordt geïllustreerd in Chow (1964), waar de veranderingen in de mate van infiltratie tijdens een regenbui bekeken worden. Naarmate de bodem vochtiger wordt zal de hoeveelheid infiltratie een minimum bereiken. Dit minimum benadert, onder normale omstandigheden, de hoeveelheid percolaat in de bodem.

Infiltratie in het oppervlak van een stortplaats wordt mede bepaald door de structuur van de grondlaag aan het oppervlak. Belangrijke grondeigenschappen die de infiltratie kunnen tegenhouden zijn een hoge niet-capillaire poreusheid (d.w.z. het deel met lucht gevulde ruimtes in een poreus medium bij veldcapaciteit) en een hoog organisch gehalte in de bodemlaag.

Regendruppels die op de kale grond vallen hebben de neiging om de oppervlaktelaag samen te persen en fijne deeltjes in de grote poriën te spoelen, waardoor ook een sterke daling in de infiltratie veroorzaakt wordt. De soort en dichtheid van de begroeiing op de stortplaats zijn andere significante factoren die de mate van infiltratie beïnvloeden. Aanwezige begroeiing beschermt het bodemoppervlak tegen de invloed van regen. Ook vertraagt begroeiing de stroomsnelheid aan het oppervlak, zodat het water langer vastgehouden wordt op het stortoppervlak.

Het regenwater kan de bodem niet sneller binnendringen dan het in de bodem naar beneden kan stromen. Drainage in de onderlaag verandert dan ook de infiltratie. Als de onderlagen onverzadigd zijn zal de mate van infiltratie bepaald worden door de doorlatendheid van de bovenlagen. Als daarentegen de onderlagen verzadigd zijn, dan zal de laag met de kleinste doorlatendheid (permeabiliteit) bepalend zijn voor de infiltratie.

4.1.2.4 Vochthoudend vermogen

Het vochthoudend vermogen van de grond is het vermogen om in de onverzadigde zone (dat is de zone boven de grondwaterspiegel) vocht vast te houden en kan uitgedrukt worden als het verschil van de veldcapaciteit en het verwelkingspunt. Op een stortplaats zal de diepte van de wortelzone beperkt worden door de afdeklaag, vanwege het moeizaam doordringen van wortelstructuren in het afval. Daarom wordt het verwelkingspunt alleen in het vochthoudend vermogen van de afdeklaag meegenomen, en wordt voor het afval aangenomen, dat het vochthoudend vermogen gelijk is aan de veldcapaciteit minus het initiële vochtgehalte. Factoren die het vochthoudend vermogen van de afdeklaag beïnvloeden zijn de grondsoort, de mate van verdichting, en de dikte van de afdeklaag. Wat het afval betreft, is de veldcapaciteit afhankelijk van de samenstelling, deeltjesgrootte en dichtheid van het afval.

4.1.2.5 Evapotranspiratie

Evapotranspiratie is het totale waterverlies door evaporatie (verdamping) en transpiratie (waterconsumptie van planten). De factoren die de evaporatie en transpiratie bepalen zijn bekend, maar een kwantitatieve evaluatie ervan is moeilijk vanwege hun samenhangende effecten. In het geval van een vrij wateroppervlak is de mate van evaporatie afhankelijk van de dampdruk van het waterlichaam en die van de lucht. Belangrijke factoren die deze dampdrukken beïnvloeden zijn onder andere de temperatuur (van zowel het water als van de lucht), de wind, de vochtigheid, de atmosferische druk, de kwaliteit van het water en de aard en vorm van het oppervlak.

De evaporatie is dan evenredig met het dampdrukverschil tussen het water in de bodem en de lucht, zodat een temperatuurstijging de mate van evaporatie niet evenredig zal beïnvloeden en geconcludeerd kan worden dat er geen grote correlatie te verwachten valt tussen de luchttemperatuur en de evaporatie. De wind verwijdert de watermoleculen uit de bodemlaag aan de oppervlakte, en zal zo de mate van evaporatie doen toenemen. Vochtigheid en de atmosferische druk zijn omgekeerd evenredig met de evaporatie. De mate van evaporatie neemt af bij toenemende concentraties van opgeloste vaste stoffen. De mate van evaporatie daalt ongeveer 1% bij 1% stijging van de soortelijke massa (Keen et al., 1926).

De evaporatie van water uit grondoppervlakken wordt bepaald door dezelfde factoren die de evaporatie van water uit vrije wateroppervlakken bepalen. Een verschil is dat bodemdeeltjes de neiging hebben om watermoleculen vast te houden en zo evaporatie voorkomen. Deze aantrekkende kracht is een functie van het vochtgehalte en de kenmerken van de bodem. Onverzadigde vochtige bodems behouden een bijna constante mate van evaporatie bij uiteenlopende vochtgehaltes. De evaporatie neemt af tot aan of onder het verwelkingspunt van de bodem. Het verwelkingspunt is het vochtgehalte van de bodem waarbij het water zo aan de grond gebonden is dat de wortels het water niet meer kunnen onttrekken, met als gevolg het sterven van de begroeiing. Evaporatie van het bodemoppervlak zal doorgaan net zolang als de ondiepe oppervlaktelaag (ca. 100 mm voor kleigronden en ca. 200 mm voor zand) vocht bevat boven het verwelkingspunt. De evaporatie uit dieper gelegen grond is verwaarloosbaar (Chow, 1964).

De transpiratie wordt bepaald door fysiologische en omgevingsafhankelijke factoren. De fysiologische factoren omvatten de soort en dichtheid van de begroeiing, de bladstructuur en de conditie en leeftijd van de planten. Verzamelde gegevens (Urquhart, 1959) laten zien dat transpiratie een niet onbelangrijk deel van het water uit de bodem kan verwijderen.

De transpiratiebepalende factoren, afhankelijk van de omgeving, zijn het seizoen, de temperatuur, de zonbestraling, de relatieve vochtigheid, de windsnelheid en de bodemvochtigheid bij het bereiken van het verwelkingspunt. Het seizoen in het jaar en de bijbehorende zonnestand zullen de temperatuur van de bladeren en zo de transpiratie beïnvloeden. Zonbestraling is erg belangrijk omdat hierdoor de bewakerscellen gestimuleerd worden de huidmondjes te openen. Ongeveer 95% van de dagelijkse transpiratie vindt plaats tussen zonsop- en zonsondergang.

Door het verwijderen van de waterdamp rond het bladoppervlak door de wind, kan de transpiratie ook toenemen. Bij een windsnelheid van 8 tot 24 km/uur, stijgt de mate van transpiratie met 20% en 50% vergeleken met de situatie waarbij de windsnelheid nul is. De transpiratie is ook afhankelijk van het vochtgehalte in de bodem, wanneer dit is gedaald tot het verwelkingspunt.

Evaporatie en transpiratie kunnen moeilijk apart worden gemeten. Daarom wordt het waterverlies aan de atmosfeer meestal aangeduid met de totale evapotranspiratie. Als de jaarlijkse gemiddelde evapotranspiratie bepaald is, kan de jaarlijkse gemiddelde netto neerslag berekend worden door het verschil te nemen van de neerslag en de potentiële evapotranspiratie. Negatieve waarden van de netto neerslag duiden op potentieel waterverlies van het landoppervlak aan de atmosfeer (d.w.z. evapotranspiratie > neerslag). Stortplaatsen die gelegen zijn in gebieden met een negatieve netto neerslag hebben naar alle waarschijnlijkheid dan ook een

verwaarloosbare hoeveelheid percolaat afkomstig van neerslag (Cossu et al., 1989).

4.1.2.6 Microbiologische afbraak

Door afbraak van in het afval aanwezig organisch afbreekbaar materiaal wordt er water geproduceerd. Dit afbraakwater zal ook bijdragen aan de totale hoeveelheid percolaat afkomstig van het stortlichaam. Het afbraakproces kan zowel aëroob als anaëroob geschieden. Factoren die het afbraakproces beïnvloeden zijn voornamelijk het aanwezige vochtgehalte, de zuurgraad, de temperatuur, de aanwezige hoeveelheid zuurstof, de samenstelling en deeltjesgrootte van het afval.

Uit de weinige beschikbare gegevens over deze materie kan echter geconcludeerd worden dat de hoeveelheid geproduceerd water door microbiologische afbraak zeer gering is in vergelijking tot de andere factoren die de hoeveelheid percolaat beïnvloeden (Lu et al., 1985).

Gezien het bovenstaande wordt de hoeveelheid water geproduceerd door microbiologische afbraak niet in de percolaatberekening meegenomen.

Verder brengt de microbiologische afbraak een verhoging van de temperatuur met zich mee, hierdoor vindt er verdamping van water in het stortlichaam plaats. Verwacht wordt echter dat de hoeveelheid water die zal verdampen, ten gevolge van geringe dampdrukverschillen in het stortlichaam, zeer klein zal zijn in vergelijking met de andere invloedsfactoren (zie § 4.1.2.5). Dit laatste wordt dan ook verder buiten beschouwing gelaten.

4.1.2.7 Percolatie

Het percolaat afkomstig van een stortlichaam is gelijk aan de geïnfiltreerde hoeveelheid water die de veldcapaciteit van het afval overschrijdt, als ervan uitgegaan wordt dat veranderingen in vochthoudend vermogen en biochemische bijdragen verwaarloosbaar zijn. In theorie zal er geen stroming van water door een samengeperste afvalmassa plaatsvinden totdat de veldcapaciteit van het afval bereikt is, maar in praktijk vindt er in meer of mindere mate kanalisering plaats, als gevolg van de heterogene structuur van het afval.

Hierdoor zal er eerder dan het bereiken van de veldcapaciteit percolaat gevormd worden. Het effect van deze kanalisering is moeilijk te schatten. Vanwege het feit dat afval zelden het verzadigingspunt bereikt, en het hoge absorberend vermogen van het meeste afval, zal de kanalisering vrij klein zijn en wordt dan ook vaak verwaarloosd (Fenn et al., 1975).

Bij de verticale filtratie van water door een stortlichaam, worden lagen met verschillende structuren en eigenschappen gepasseerd. Als water door een verzadigde laag afval sijpelt,

zullen de zwaartekracht en drukkrachten, die de hydraulische gradiënt vormen, de beweging van het water beïnvloeden. De snelheid en het debiet van dit percolaat wordt bepaald door de wet van Darcy:

$$V = K * i$$

en $Q = K * A * i$

met V = stroomsnelheid (m/s)
 Q = debiet (m³/s)
 K = doorlatendheid van het afval (m/s)
 A = oppervlakte doorsnede loodrecht op de stroomrichting (m²)
 i = hydraulische gradiënt (verhang)

De doorlatendheid van het afval K is een van de belangrijkste parameters in de bepaling van de hoeveelheid percolaat in de verzadigde toestand. In het algemeen wordt aangenomen dat de doorlatendheid afhankelijk is van de deeltjesgrootte en dichtheid van het afval. Studies verricht door Fungaroli et al. (1979) hebben geen sterk verband getoond tussen de doorlatendheid, de dichtheid en deeltjesgrootte van het afval in verzadigde toestand. De gemeten waarden variëren van maximaal 10⁻¹ mm/s voor afval met een lage dichtheid (< 300 kg/m³) tot 10⁻³ mm/s voor afval met een hoge dichtheid (> 300 kg/m³). Deze waarden zijn ook waargenomen door Ettala (1987).

In de onverzadigde laag afval is de waterstroming afhankelijk van de zwaartekracht, drukkrachten, capillaire krachten en thermo-osmose. Thermo-osmose kan waterstroom beïnvloeden door diffusie van waterdamp in de bodem of afvalporiën. Dit fenomeen is zeker significant bij hoge temperaturen, resulterend in waterverdamping met als gevolg een verhoging van de dampspanning. Helaas is er nog geen onderzoek verricht naar het thermo-osmose effect voor waterstroming in onverzadigde lagen. Volgens Chow (1964) zijn de capillaire potentiaalgradiënten hoog en zullen over het algemeen de waterstroming bepalen bij de meeste vochtgehalten die voorkomen in de onverzadigde laag. Hieruit is een gemodificeerde wet van Darcy afgeleid voor de onverzadigde toestand, gebaseerd op de zwaartekracht- en de vochtspanning-potentiaal, waarin de doorlatendheid K een niet-lineaire functie van het vochtgehalte is.

De wet van Darcy voor onverzadigde stroming geeft weer dat elk vochttransport in de richting van afnemende zwaartekracht- en vochtspanningpotentiaal moet plaatsvinden. In een stortlichaam is de zwaartekracht-potentiaal constant en zal alleen het verschil in de vochtspanningpotentiaal van twee grenzende onverzadigde lagen afval de hoeveelheid percolaat bepalen. Bij een grondwaterstand dieper dan ca. 60 cm beneden de wortelzone, is er echter nauwelijks sprake van vochttransport in de onverzadigde zone (Rijtema, 1969), zodat we deze factor kunnen verwaarlozen.

4.1.3 Berekening van de invloedsfactoren

De berekening van de hoeveelheid percolaat is gebaseerd op de waterbalans, een één-dimensionaal stromingsmodel dat het massabehoud weergeeft in een vergelijking met de verschillende componenten die van invloed zijn op de percolaatvorming en daarbij rekening houdt met de vasthoudendheids- en doorlatingseigenschappen van het afval en het afdek materiaal.

In formule wordt de waterbalans:

$$P = I + R$$

$$PER_s = I - E - \Delta S_s$$

$$L = PER_s - \Delta S_r$$

met

- P = neerslag
- R = oppervlakte-afvoer
- E = evapotranspiratie
- I = infiltratie
- PER_s = water dat door de afdeklaag heen sijpelt
- ΔS_s = verandering waterberging in het afdek materiaal
- ΔS_r = verandering waterberging in het afval
- L = percolaat afkomstig vanuit het stortlichaam

De neerslag P die terecht komt op het stortlichaam, zal of verdwijnen als oppervlakte-afvoer R , of als infiltratie in de afdeklaag I . Een gedeelte van het geïnfiltreerde water zal verdwijnen als evapotranspiratie E en een gedeelte zal opgenomen worden in de afdeklaag. Als de veldcapaciteit van de afdeklaag bereikt is, zal het water door het afval geabsorbeerd worden, maar als ook de veldcapaciteit van het afval bereikt is, wordt er percolaat L gevormd.

Om de hoeveelheid percolaat te kunnen berekenen, moeten er topografische, geologische, hydrologische, klimatologische en meteorologische gegevens voorhanden zijn. Omdat vele factoren in de waterbalans nauwelijks bekend zijn, moet er gebruik gemaakt worden van empirische, rationele of experimentele methoden. Er zijn dan ook talloze concepten om de hoeveelheid percolaat te berekenen. In dit hoofdstuk zullen echter alleen de methoden besproken worden die gebruikt zijn in dit onderzoek.

4.1.3.1 Berekening van de neerslag

Voor de neerslaggegevens wordt gebruikt gemaakt van maandcijfers verstrekt door de plaatselijke meteorologische dienst (zie bijlage 7).

4.1.3.2 Berekening van de oppervlakte-afvoer

De oppervlakte-afvoer wordt berekend met de rationele methode, een empirische methode die veelvuldig toegepast wordt en erg

eenvoudig is. Deze methode is gebaseerd op de algemene formule

$$R = C * P$$

waarin **R** en **P** respectievelijk de oppervlakte-afvoer en neerslag zijn (beide in dezelfde eenheid uitgedrukt, bijv. mm/dag of mm/maand). **C** is de afvoercoëfficiënt, die het gedeelte van de totale neerslag aangeeft dat afgevoerd wordt van het oppervlak, en varieert als functie van de geaardheid van de bodem, de helling en de soort en aanwezigheid van begroeiing.

Er zijn talloze rapporten over de waarde van **C**, maar voor het grootste deel hebben deze betrekking op de pieken tijdens korte hevige regenval. Het is duidelijk dat, als er m.b.t. de neerslag gebruik wordt gemaakt van maandcijfers, deze aanpak leidt tot een overschatting van de oppervlakte-afvoer. Tevens wordt bij gebruik van alleen deze piekgegevens de oppervlakte-afvoer gedurende lange perioden van lichte regen niet berekend, hoewel deze zeker van belang kan zijn.

Tabel 4.1 C-waarden voor de rationele methode (Salvato et al., 1971)

Soil cover	Slope (%)	Soil texture		
		Sandy loam	Loamy clay	Clay
Grassed soil	0-5	0.10	0.30	0.40
	5-10	0.16	0.36	0.55
	10-30	0.22	0.42	0.60
Bare soil	0-5	0.30	0.50	0.60
	5-10	0.40	0.60	0.70
	10-30	0.52	0.72	0.82

Voor de berekening van de waterhuishouding van een stortplaats hebben Salvato et al. (1971) **C**-waarden voorgesteld die te vinden zijn in tabel 4.1. Waarden uit deze tabel kunnen gebruikt worden voor grootte-orde berekeningen, waarin het vochtgehalte van de bodem, de duur en hevigheid van de neerslag (in de tabel wordt uitgegaan van globale jaarcijfers) en de ruwheid van het terrein buiten beschouwing worden gelaten.

4.1.3.3 Berekening van de evapotranspiratie

Voor de berekening van de evapotranspiratie wordt een theoretische vergelijking gebruikt, de Penman-Rijkoort vergelijking:

$$E_0 = E_1 + E_2 + E_3$$

$$E_1 = 1 + 4P \frac{T^4}{10^{12}} \cdot \frac{D}{D+0,486} \cdot (30,115\sqrt{H} \cdot E - 183,82)$$

$$E_2 = 0,00315 \cdot S \cdot (1 + 2,4P) \cdot \frac{D}{D+0,486}$$

$$E_3 = 0,1701 \cdot (1-H) \cdot (0,5 + 0,54U) \cdot \frac{E}{D+0,486}$$

waarin E_0 = evapotranspiratie in mm/dag
 P = % zonneshijn
 T = absolute temperatuur
 D = dE/dT
 H = relatieve vochtigheid
 E = maximale dampdruk bij t °C
 S = zonbestraling in dampkring (cal/cm^2 dag)
 U = windsnelheid op 2 m hoogte in m/s

Deze vergelijking geeft de theoretische verdamping weer van open water. Ter bepaling van de verdamping op het stortoppervlak E dient de gevonden waarde E_0 te worden vermenigvuldigd met een correctiefactor cf . Er geldt dus

$$E = cf * E_0$$

waarbij $cf = 0,5$ voor droge poreuze grond (Grabowsky & Poort, 1990). De berekening is te vinden in bijlage 8.

4.1.3.4 Berekening van de infiltratie

Zoals eerder aangegeven is de potentiële infiltratie de maximale hoeveelheid regenwater die tijdens een regenbui in de afdeklaag kan dringen. Deze kan bepaald worden door de eerder geschatte oppervlakte-afvoer af te trekken van hoeveelheid gevallen regen.

De formule luidt dan:

$$I = P - R$$

met I = potentiële infiltratie
 P = neerslag
 R = oppervlakte-afvoer

4.1.3.5 Berekening van het vochthoudend vermogen

Voor het vochthoudend vermogen (bergingscapaciteit) van de afdeklaag wordt de relatie gebruikt

$$\text{vochthoudend vermogen} = \text{veldcapaciteit} - \text{verwelkingspunt}$$

In figuur 4.2 is de veldcapaciteit en het verwelkingspunt van enkele grondsoorten weergegeven, en hiermee kan het vochthoudend vermogen eenvoudig bepaald worden.

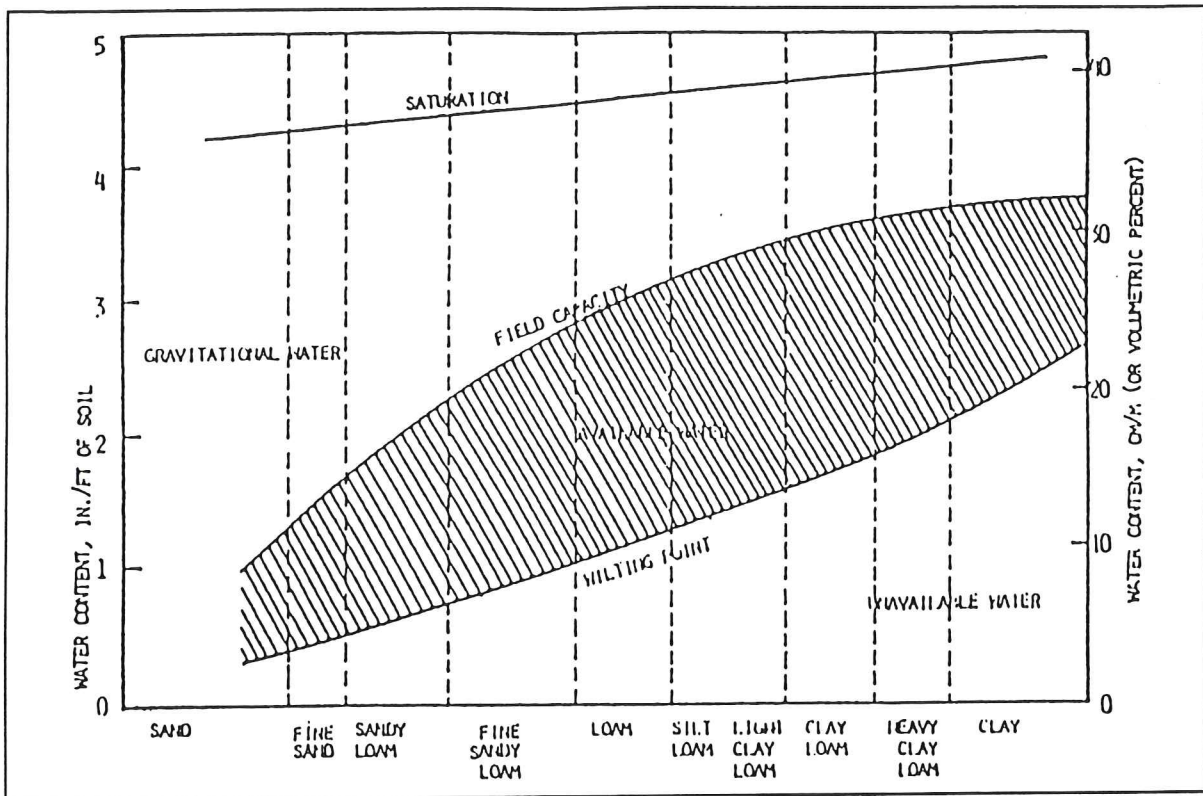


Fig. 4.2 Vochthoudend vermogen van enkele grondsoorten (Lutton et al., 1979)

Wat het afval betreft, zijn er verscheidene veldexperimenten gedaan om de veldcapaciteit van het afval te schatten. Volgens Holmes (1980) ligt de veldcapaciteit tussen de 20 en 50 volumepercent, Fenn et al. (1975) vonden een volumepercentage tussen de 20 en 35. Er is echter al vocht aanwezig in het afval, zodat het vochthoudend vermogen het verschil wordt tussen de absolute veldcapaciteit en het initiële vochtgehalte. Voor het initiële vochtgehalte worden volumepercentages voorgesteld van 15 tot 25 (Holmes) en 10 tot 20 (Fenn), zodat het vochthoudend vermogen van het afval zich bevindt tussen de 0 en 25 volumepercent volgens Fenn en tussen de 0 en 35 volumepercent volgens Holmes. Dit geldt voor zowel onbewerkt als bewerkt (gemalen) afval.

Verder zijn er gegevens over het initiële vochtgehalte in en de veldcapaciteit van de verscheidene vuilcomponenten (Stone, 1974). Als de samenstelling van het afval bekend is, kan op deze manier een vrij redelijke schatting van de veldcapaciteit van het afval gemaakt worden. Echter aangezien er geen betrouwbare cijfers zijn t.a.v. de samenstelling van het huisvuil op Curaçao (zie paragraaf 2.4.5) is het niet mogelijk om op basis van de verscheidene vuilcomponenten een schatting te maken van de veldcapaciteit van het gecombineerde huishoudelijk en bedrijfsafval. Daarbij zijn er over de samenstelling van het bedrijfsafval helemaal geen cijfers bekend, alhoewel men weet dat dit grotendeels uit verpakkingsmateriaal (voornamelijk papier en karton) bestaat.

Uitgaande van de door Holmes en Fenn verrichtte studies en een hoog percentage papier en karton (d.w.z. een groot absorberend vermogen) in het gecombineerde huishoudelijk en bedrijfsafval van Curaçao, wordt in dit onderzoek het initiële vochtgehalte en de veldcapaciteit geschat op respectievelijk 10% en 30% van het afvalvolume. Dit geeft een bergingscapaciteit van 20 procent.

Voor het grof afval (bouw- en sloopafval, grof huisvuil, saneerafval en afvalbanden) wordt uitgegaan van een bergingscapaciteit van 5 procent.

4.1.4 Bepaling van de hoeveelheid percolaat

Als alle componenten die voorkomen in de waterbalans berekend zijn, kan de hoeveelheid percolaat bepaald worden. Men dient te beseffen dat de bergingscapaciteit van het afval alleen een vertraging van het tijdstip van uittreden van het percolaat (L) veroorzaakt. Als de veldcapaciteit van het afval eenmaal bereikt is zal de hoeveelheid uittredend percolaat (L) gelijk zijn aan de hoeveelheid regenwater die door de afdeklaag heen sijpelt (PER_g). De te verwachten hoeveelheid uittredend percolaat wordt bepaald voor de volgende vier gevallen:

1. Tijdens uitvoering van de huidige stortmethode (met diabaas als primair afdek materiaal)
2. Na voltooiing van de huidige stortmethode (met een definitieve afdeklaag van 60 cm diabaas)
3. Tijdens uitvoering van het voorgestelde alternatief (met zavel als primair afdek materiaal)
4. Na voltooiing van het voorgestelde alternatief (met een definitieve afdeklaag van 60 cm zavel)

4.1.4.1 Tijdens uitvoering van de huidige stortmethode

Bij de huidige stortmethode dient ter bepaling van de hoeveelheid regenwater die door de afvallaag heen kan sijpelen, een onderscheid gemaakt te worden tussen het gedeelte van de stortplaats dat **niet** primair afgedekt wordt en het gedeelte dat **wel** primair afgedekt wordt.

Het gedeelte dat **niet** primair afgedekt wordt, bestaat uit de afvalcategorieën bouw- en sloopafval, grof huisvuil en saneerafval. Al het regenwater dat op deze afvallaag terecht komt, dringt er ook in. Door de kleine bergingscapaciteit van deze afvallaag zal vrijwel al het geïnfiltreerde regenwater al dan niet verontreinigd uittreden. Voor de bepaling van de hoeveelheid percolaat kan dan ook uitgegaan worden van de stelling: "Wat er in stroomt, stroomt er ook weer uit".

Bij het gedeelte dat **wel** primair afgedekt wordt, worden de gestorte afvalcategorieën zoals huishoudelijk, bedrijfs-, ziekenhuis-, veeg- en marktafval dagelijks afgedekt met een

laag verweerd diabaas met een dikte van 15 cm. Deze laag heeft een hoge waterdoorlatendheidscoëfficiënt ($K > 2 \text{ m/etm}$). Door het zeer ruwe oppervlak zal de oppervlakte-afvoer nihil zijn. Het regenwater dat op deze afdeklaag terecht komt zal vrij snel deze laag infiltreren.

Voor deze afdeklaag wordt uitgegaan van de volgende waarden:

laagdikte	=	150 mm		
verwelkingspunt	=	2% * 150 mm	=	3 mm
veldcapaciteit	=	6% * 150 mm	=	9 mm

Verder wordt ervan uitgegaan dat doorsijpeling van het water naar de onderliggende afvallaag alleen kan plaatsvinden als de veldcapaciteit van de afdeklaag bereikt is. Met betrekking tot de verdamping wordt ervan uitgegaan dat alleen de in de afdeklaag opgeborgen hoeveelheid water kan verdampen. Door de hoge jaarlijkse verdamping ($> 1100 \text{ mm}$) en het karakter van de regenbuien op Curaçao voornamelijk kortstondige regenbuien gevolgd (direct of de volgende dag) door zonneshijn, kan ervan uitgegaan worden dat het in de afdeklaag (tot een diepte van 200 mm voor verweerd diabaas en 100 mm voor kleigronden) opgeborgen water na elke regendag weer zal verdampen. Voor de berekening van de hoeveelheid percolaat is het verder nodig om te weten hoeveel regen er op de regendagen op de afdeklaag valt. Door het ontbreken van gegevens hieromtrent wordt er gerekend met gemiddelde maandcijfers (P) gedeeld door het gemiddelde aantal regendagen (RD) van elke maand.

De resultaten van de berekening ter bepaling van de hoeveelheid percolaat zijn samengevat in tabel 4.2. Hieronder volgt een korte uitleg van de stappen die in deze tabel genomen zijn:

- In rij 1 staat de gemiddelde maandregenval (P).
- Rij 2 geeft de resultaten weer van de in bijlage 8 berekende waarden voor de maandelijkse potentiële evapotranspiratie (E).
- In rij 3 is de maandelijkse oppervlakte-afvoer (R) weergegeven. In principe wordt deze berekend volgens de rationele methode, uitgaande van een oppervlakte-afvoer coëfficiënt (C) (afgeleid van tabel 4.1). Hierbij geldt $R = C * P$. Voor de oppervlakte-afvoer op verweerd diabaas wordt echter ervan uitgegaan dat $R = 0$ (zie boven).
- Vervolgens wordt in rij 4 de hoeveelheid water die beschikbaar is voor infiltratie (I) bepaald volgens $I = P - R$.
- Rij 5 geeft de gemiddelde aantal regendagen (RD) per maand weer. Hier gaat het om regendagen met $\geq 1 \text{ mm}$ regen.
- Rij 6 geeft de hoeveelheid water weer, die in de afdeklaag kan worden geborgen (dS_g) om vervolgens te

verdampen. $dS_s = (\text{veldcapaciteit} - \text{verwelkingspunt}) * \text{laagdikte}$. Hierbij is laagdikte maximaal 200 mm voor verweerd diabaas en 100 mm voor kleigronden.

- In rij 7 is de maandelijkse bergingscapaciteit (B) weergegeven. Deze wordt bepaald volgens $B = RD * dS_s$.
- Rij 8 geeft de "werkelijke" verdamping (AE):
 $AE = E$ als $E - B < 0$;
 $AE = B$ als $E - B > 0$.
- Tenslotte wordt in rij 9 de hoeveelheid regenwater die door de afdeklaag heen sijpelt (PER_s) gegeven:

$$\begin{aligned} PER_s &= 0 && \text{als } I - AE < 0; \\ PER_s &= I - AE && \text{als } I - AE > 0. \end{aligned}$$

Als de waarde van $(I - AE)$ negatief is, dan wil dat niet meteen zeggen dat er geen regenwater door de afdeklaag heen kan sijpelen, omdat gedurende een urenlange zware regenbui of dagenlange aanhoudende regen er wel sprake kan zijn van doorsijpeling. De resultaten in tabel 4.2 moeten meer als een ondergrens gezien worden, dus 140 mm van de 554 mm sijpelt minstens door.

Voor de onderliggende afvallaag geldt dus dat er bij dit, met diabaas (primair) afgedekte, gedeelte van de stortplaats minstens een kwart van de jaarlijkse hoeveelheid regen in de afvallaag dringt. Een deel van het geïnfiltreerde regenwater zal in de afvallaag geborgen worden. In theorie zal stroming van water door de afvallaag heen alleen plaatsvinden als de veldcapaciteit van het afval bereikt is. Uitgaande van een bergingscapaciteit van 20 procent kan er in de afvallaag met een dikte van 2 meter 400 mm water geborgen worden. Dit zou betekenen dat met een jaarlijkse infiltratie van circa 140 mm regenwater het ongeveer 3 jaar zal duren voordat er percolaat uit deze afvallaag zal treden. In werkelijkheid zal ten gevolge van kanalisering uittreding van percolaat eerder plaatsvinden.

De jaarlijkse hoeveelheid uittredend percolaat zal (als de veldcapaciteit bereikt is) even groot zijn als de jaarlijkse infiltratie van regenwater. Voor het met diabaas (15 cm) afgedekte stortdeel geldt dus dat er jaarlijks zo'n 140 mm percolaat uit zal treden.

Tabel 4.2 Berekening van de hoeveelheid percolaat tijdens uitvoering van de huidige stortmethode.

			JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
1.	P	(mm)	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,4	45,0	83,4	96,3	99,3	553,6
2.	E	(mm)	89,1	90,6	104,1	102,5	106,0	108,9	115,0	113,3	106,5	96,3	83,0	82,5	
3.	R	(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4.	I	(mm)	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,4	45,0	83,4	96,3	99,3	
5.	RD	(-)	8,1	5,4	3,2	3,3	2,6	3,2	6,1	5,0	4,6	8,0	10,0	12,0	
6.	dSs	(mm)	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0	
7.	B	(mm)	48,6	32,4	19,2	19,8	15,6	19,2	36,6	30,0	27,6	48,0	60,0	72,0	
8.	AE	(mm)	48,6	32,4	19,2	19,8	15,6	19,2	36,6	30,0	27,6	48,0	60,0	72,0	
9.	PERs	(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	2,0	0,0	11,4	17,4	35,4	36,3	27,3	139,7

Tabel 4.3 Berekening van de hoeveelheid percolaat na voltooiing van de huidige stortmethode.

			JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
1.	P	(mm)	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,4	45,0	83,4	96,3	99,3	553,6
2.	E	(mm)	89,1	90,6	104,1	102,5	106,0	108,9	115,0	113,3	106,5	96,3	83,0	82,5	
3.	R	(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4.	I	(mm)	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,4	45,0	83,4	96,3	99,3	
5.	RD	(-)	8,1	5,4	3,2	3,3	2,6	3,2	6,1	5,0	4,6	8,0	10,0	12,0	
6.	dSs	(mm)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	
7.	B	(mm)	64,8	43,2	25,6	26,4	20,8	25,6	48,8	40,0	36,8	64,0	80,0	96,0	
8.	AE	(mm)	64,8	43,2	25,6	26,4	20,8	25,6	48,8	40,0	36,8	64,0	80,0	82,5	
9.	PERs	(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7	0,0	0,0	1,4	8,2	19,4	16,3	3,3	53,3

Tabel 4.4 Berekening van de hoeveelheid percolaat tijdens uitvoering van de voorgestelde stortmethode.

			JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
1.	P	(mm)	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,4	45,0	83,4	96,3	99,3	553,6
2.	E	(mm)	89,1	90,6	104,1	102,5	106,0	108,9	115,0	113,3	106,5	96,3	83,0	82,5	
3.	R	(mm)	13,9	8,3	4,4	5,8	7,7	6,4	10,2	12,4	13,5	25,0	28,9	29,8	
4.	I	(mm)	32,4	19,3	10,2	13,6	17,9	14,8	23,8	29,0	31,5	58,4	67,4	69,5	
5.	RD	(-)	8,1	5,4	3,2	3,3	2,6	3,2	6,1	5,0	4,6	8,0	10,0	12,0	
6.	dSs	(mm)	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	
7.	B	(mm)	162,0	108,0	64,0	66,0	52,0	64,0	122,0	100,0	92,0	160,0	200,0	240,0	
8.	AE	(mm)	89,1	90,6	64,0	66,0	52,0	64,0	115,0	100,0	92,0	96,3	83,0	82,5	
9.	PERs	(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

Tabel 4.5 Berekening van de hoeveelheid percolaat na voltooiing van de voorgestelde stortmethode.

			JAN	FEB	MRT	APR	MEI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DEC	JAAR
1.	P	(mm)	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,4	45,0	83,4	96,3	99,3	553,6
2.	E	(mm)	89,1	90,6	104,1	102,5	106,0	108,9	115,0	113,3	106,5	96,3	83,0	82,5	
3.	R	(mm)	4,6	2,8	1,5	1,9	2,6	2,1	3,4	4,1	4,5	8,3	9,6	9,9	
4.	I	(mm)	41,7	24,8	13,1	17,5	23,0	19,1	30,6	37,3	40,5	75,1	86,7	89,4	
5.	RD	(-)	8,1	5,4	3,2	3,3	2,6	3,2	6,1	5,0	4,6	8,0	10,0	12,0	
6.	dSs	(mm)	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	
7.	B	(mm)	324,0	216,0	128,0	132,0	104,0	128,0	244,0	200,0	184,0	320,0	400,0	480,0	
8.	AE	(mm)	89,1	90,6	104,1	102,5	104,0	108,9	115,0	113,3	106,5	96,3	83,0	82,5	
9.	PERs	(mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0

4.1.4.2 Na voltooiing van de huidige stortmethode

Als de maximale storthoogte bereikt is wordt het afval (definitief) afgedekt met een 60 cm dikke laag verweerd diabaas. Bepaling van de hoeveelheid uittredend percolaat kan gebeuren op een soortgelijke wijze als in de vorige paragraaf. Let wel dat (bij afwezigheid van begroeiing) slechts het opgeborgen water in de bovenste 200 mm van de definitieve afdeklaag, ten gevolge van evaporatie, kan verdampen (zie § 4.1.2.4). Voor de hoeveelheid water die in de definitieve afdeklaag geborgen kan worden om vervolgens te verdampen geldt nu $dS_s = (6\% - 2\%) * 200 \text{ mm} = 8 \text{ mm}$.

Uit de berekening (zie tabel 4.3) blijkt dat er jaarlijks circa 10 procent van de jaarlijkse hoeveelheid regenval door de definitieve afdeklaag heen sijpelt en de onderliggende afvallaag infiltreert. Hierdoor zal de hoeveelheid percolaat die uiteindelijk uit het stortlichaam zal treden rond de $(53 \text{ mm} * 48 \text{ ha} =) 25.440 \text{ m}^3$ per jaar zijn. Net als in de vorige paragraaf moet dit (i.v.m. gemiddelde regenval) echter als ondergrens gezien worden.

4.1.4.3 Tijdens uitvoering van de voorgestelde stortmethode

Bij de voorgestelde methode (alternatief 3) worden alle afvalcategorieën (behalve bouw- en sloopafval dat apart gestort wordt) dagelijks afgedekt met een 15 cm dikke laag zavel. Om de hoeveelheid regenwater te bepalen die door de afdeklaag heen kan sijpelen wordt dezelfde rekenmethode als in § 4.1.4.1 gebruikt. Verschil is dat slechts het opgeborgen water in de bovenste 100 mm van de afdeklaag door evaporatie kan verdampen (zie § 4.1.2.4). De hoeveelheid water die in de resterende onderste 50 mm van de afdeklaag geborgen kan worden, is verwaarloosbaar ten opzichte van de jaarlijkse regenval en wordt in deze berekening dus buiten beschouwing gelaten. Voor zavel wordt uitgegaan van een verwelkingspunt van 10% en een veldcapaciteit van 30%. Voor de hoeveelheid water die opgeborgen kan worden om later weer te verdampen geldt nu $dS_s = (30\% - 10\%) * 100 \text{ mm} = 20 \text{ mm}$.

De potentiële verdamping (E) zou (i.v.m. een hogere capillaire opstijging in zavel) hoger liggen dan de in tabel 4.2 gebruikte waarden. Door de moeilijke bepaling van de exacte nieuwe waarde van E, zullen in deze berekening de in tabel 4.2 genoemde E-waarden toch gebruikt worden. Omdat in werkelijkheid de E groter is, zal de werkelijke situatie gunstiger zijn dan de nu voorgestelde situatie.

Voor wat betreft de maandelijkse oppervlakte-afvoer (R), berekend volgens de rationale methode, uitgaande van een oppervlakte-afvoer coëfficiënt van 0,30 (afgeleid van tabel 4.1, voor zavel (sandy loam) en helling 0-5 %) geldt:
 $R = 0,30 * P$.

De resultaten van de berekening ter bepaling van de hoeveelheid regenwater, die door de primaire afdeklaag (zavel)

heen kan sijpelen, zijn samengevat in tabel 4.4. Uit deze berekening blijkt dat er geen regenwater door deze primaire afdeklaag heen zal sijpelen. Er zal dus ook geen percolaatvorming ten gevolge van regenwater plaatsvinden.

Door scheuren in de afdeklaag kan echter toch water in de afvallaag infiltreren. Aangenomen mag worden dat het om een kleine hoeveelheid gaat en dat deze door de bergingscapaciteit van het afval in de afvallaag geborgen zal worden.

4.1.4.4 Na voltooiing van de voorgestelde stortmethode

In deze paragraaf gaat het om de hoeveelheid percolaat die als gevolg van het geïnfiltreerde regenwater uit het stortlichaam kan treden. De definitieve afdeklaag bestaat in dit geval uit een laag zavel (60 cm). De berekening van de hoeveelheid doorgesijpeld regenwater zal op de zelfde wijze plaatsvinden als in de vorige paragraaf. Verschil is echter dat aangenomen wordt dat het water dat in de bovenste 200 mm geborgen kan worden zal verdampen ten gevolge van evapotranspiratie (begroeiing aanwezig). Voor de hoeveelheid opgeborgen water die later weer kan verdampen geldt nu $dS_s = (30\% - 10\%) * 200 \text{ mm} = 40 \text{ mm}$. Een ander verschil is dat door aanwezigheid van begroeiing voor de oppervlakte afvoer (R) geldt: $R = 0.10 * P$.

De potentiële verdamping (E) zou door de aanwezigheid van begroeiing, waardoor ten gevolge van transpiratie meer water uit de definitieve afdeklaag kan verdampen, hoger zijn. Maar ook hier zullen de oorspronkelijke E-waarden gebruikt worden.

Uit de berekening (zie tabel 4.5) blijkt dat er geen regenwater het stortlichaam zal infiltreren. Er zal dus ook geen sprake zijn van percolaatvorming ten gevolge van regen. Met de voorgestelde stortmethode (alternatief 3) zal er dus geen percolaat uit het stortlichaam treden.

4.1.5 Conclusie

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat er met de huidige uitvoeringsmethode percolaat zal uittreden zowel tijdens uitvoering als na voltooiing van de stortplaats. Dit is een gevolg van de grote hoeveelheid regenwater die door de afdeklaag van verweerd diabaas heen het stortlichaam infiltreert.

Door het toepassen van een afdek materiaal met een hoog vochthoudend vermogen, zoals zavel in plaats van verweerd diabaas, zal ten gevolge van verdamping geen regenwater door de afdeklaag heen sijpelen. Er zal dan ook geen percolaat uit het stortlichaam treden.

In natte perioden kan de bereikbaarheid van het stortterrein enigszins aangetast worden, maar dit kan verholpen worden door rijplaten te gebruiken.

4.2 Kwaliteit

4.2.1 Inleiding

De samenstelling en dus kwaliteit van het percolaat is een functie van vele factoren, inclusief de eigenschappen van de afvalmassa en de locatie van de stortplaats, en kenmerken veroorzaakt door ontwerpers en stortplaatsbeheerders. Als afval beschouwd wordt als de representatie van een berg potentiële vervuilers, dan is het chemische en microbiologische karakter van het afval nauwelijks onder controle te houden. Eveneens zijn de luchttemperatuur en regenval op een stortplaats kenmerken die onveranderbaar zijn. Daarentegen kan de dichtheid, doorlatendheid en diepte van het afval en de waterinfiltratie op het stortterrein wel gereguleerd worden.

Deze factoren die de kwaliteit van het percolaat bepalen moeten geïdentificeerd worden om zo tot modelontwikkeling te komen en om controle-methoden en parameters voor een stortplaatsontwerp aan te kunnen passen voor een optimaal resultaat. De komende paragrafen beschrijven de effecten van verscheidene invloedsfactoren op de samenstelling van het percolaat, zowel controleerbaar als oncontroleerbaar.

4.2.2 Beschrijving van de invloedsfactoren

4.2.2.1 Samenstelling van het afval

De massa afval die in een stortplaats opgeborgen wordt, kan gezien worden als een bepaalde hoeveelheid vervuilende stoffen of verontreiniging. Het gedeelte hiervan dat beschikbaar is voor het percolaat is voor het grootste deel een functie van het natuurchemische karakter van het afval, de snelheid en mate van de stabilisatie in het afval, en de hoeveelheid infiltratie in het stortlichaam. Er zijn pogingen gedaan om de totale hoeveelheid verontreiniging die vrij kan komen uit een bepaalde hoeveelheid afval en de maximale concentratie van elke component in het percolaat te schatten. Deze studies geven aan dat er een groot verband is tussen de samenstelling van het afval en de samenstelling van het percolaat.

4.2.2.2 Behandeling van het afval

Behandeling van het afval verwijst naar het malen (shredding) en compacteren (baling) van het afval, met als doel om het volume van het afval op de stortplaats te reduceren.

Het effect van het malen kan verklaard worden als volgt. De fysische kenmerken van het afval worden door het malen veranderd. De deeltjesgrootte is beduidend minder vergeleken met ongemalen afval. Deze verkleinde deeltjesgrootte resulteert in de volgende effecten:

- Een toename in vuiloppervlakte en daarom een groter contact van het afval met het filtrerende water. Dit laat

- een grotere verwijdering van de vervuilende stoffen toe ten gevolge van convectie en biologische afbraak.
- Een versnelling van de vuildecompositie (verrotting). Het malen dient o.a. om papier en textielproducten uit elkaar te scheuren, en zo vezels bloot te stellen (aan het water en de bacteriën) die anders veel meer verbonden zouden vastzitten. Door het malen van het afval wordt het meer homogeen met als gevolg dat het water beter kan doordringen waardoor de decompositie verbeterd wordt.
 - Een toename in de contacttijd, verkregen door ofwel een lagere doorlatendheid, ofwel een grotere bergingscapaciteit, verhoogt de concentratie vervuilende stoffen in het percolaat.
 - Een vertraging van de eerste uittreding van percolaat ten gevolge van een grotere bergingscapaciteit.
 - Een toename in de dichtheid van het afval. De kleinere deeltjesgrootte maakt een grotere verdichting mogelijk.

De belangrijkste conclusie die hier getrokken kan worden is dat ten gevolge van het malen van het afval een grotere verwijdering van verontreinigende stoffen uit het afval mogelijk is.

Onderzoek (bijv. Fungaroli en Steiner, 1979) geeft aan dat de meeste van de hierboven genoemde (theoretische) effecten ook werkelijk plaatsvinden. In ieder geval bevestigen hun studies op dit gebied dat als een gevolg van het malen van het afval, het percolaat meer verontreiniging zal bevatten.

Om het volume van het afval zo veel mogelijk te reduceren, en de levensduur van een stortplaats dus te vergroten, wordt het afval meestal gecompecteerd. Dit compacteren heeft duidelijke gevolgen voor de kwantiteit en kwaliteit van het percolaat, die uitvoerig bestudeerd zijn door Kemper en Smith (1981). Zij concludeerden dat de hoeveelheid percolaat groter wordt door het compacteren, doordat de tijd die verstrijkt tot de eerste percolaatvorming veel korter wordt, het vochthoudend vermogen van het afval kleiner wordt en de totale hoeveelheid percolaat toeneemt. Compacteren leidt tot grote hoeveelheden relatief verdund percolaat van een stortplaats. De mate van verwijdering van vervuilende stoffen uit gecompecteerd afval is kleiner dan bij onbewerkt afval. Als echter het afval verzadigd is, worden de effecten van het compacteren teniet gedaan. Zie voor de resultaten van de metingen tabel 4.6.

Als het malen en compacteren van afval apart bekeken worden, dan veroorzaken ze tegengestelde effecten. Het malen en vervolgens compacteren van het afval (Cell 1) resulteert echter in een versterking van de effecten van het compacteren alleen (Cell 2). Het malen van het afval en vervolgens compacteren maakt een grotere verdichting van het afval mogelijk, wat leidt tot een nog meer verdund percolaat. Dit kan verklaard worden uit het feit dat het gemalen, gecompecteerde afval nog moeilijker voor water te infiltreren is dan gecompecteerd afval alleen, omdat de holle ruimtes in het afval nog verder verkleind zijn, en dus de stroming van

water het afval in en van vervuilende stoffen het afval uit tegengehouden wordt. Deze effecten gelden alleen voor de onverzadigde toestand. Als de veldcapaciteit van het afval eenmaal bereikt is, is er geen verschil in percolaatvorming tussen behandeld en onbehandeld afval. Zie weer tabel 4.6.

Tabel 4.6 Cumulatieve massa's van percolaatparameters per kg droog afval op basis van een gelijk percolaatvolume (Kemper en Smith, 1981)

Parameter	Cell 1*	Cell 2*	Cell 3*	Cell 4*	Cell 5*
Alk. mg/kg	5450	6960	9420	17200	9280
Solids mg/kg	10500	15200	21200	40200	24200
TOC mg/kg	6040	9950	13300	21700	16500
TKN mg/kg	241	411	514	712	729
COD mg/kg	9230	23200	36000	50000	34600
Fe mg/kg	273	714	1180	1940	540
Cu µg/kg	149	152	490	152	128
Cd µg/kg	60	76	78	112	84
Zn mg/kg	13	20	10	200	42
Ni µg/kg	539	789	1060	1950	759
Cr µg/kg	246	304	305	284	167
Pb µg/kg	598	654	564	856	577

- * Cell 1: Baled, shredded refuse
 Cell 2: Baled, unshredded refuse
 Cell 3: Baled, unshredded refuse saturated with water
 Cell 4: Shredded refuse
 Cell 5: Unshredded, unbaled refuse (control)

Uit tabel 4.6 blijkt het volgende:

- Malen van het afval (Cell 4) geeft een meer verontreinigd percolaat.
- Compacteren van het afval (Cell 2) geeft een minder verontreinigd percolaat.
- Malen en compacteren van het afval (Cell 1) geeft het minst verontreinigd percolaat.
- Verzadiging met water (Cell 3) maakt de effecten van compacteren ongedaan.

4.2.2.3 Leeftijd van de stortplaats

De veranderingen in de kwaliteit van het percolaat en de massaverwijdering van vervuilende stoffen uit het afval is in grote mate afhankelijk van de tijd die verstreken is sinds het

afval gestort is en sinds het eerste percolaat gevormd is. De tijdsfactor speelt een grote rol vanwege het karakter van de stabilisatieprocessen die plaatsvinden in het afval.

De literatuur is verzadigd met data die de kwaliteit van het percolaat beschrijven als functie van de tijd, en al deze studies beschrijven dezelfde algemene trend: de concentratie verontreiniging in het percolaat piekt bij percolaat-samenstellingen uit de eerste periode van de stortplaats, dat wil zeggen, binnen 2 tot 3 jaar van vuilstorting, en deze concentratie daalt dan geleidelijk in de volgende jaren. Dit geldt voor zowel de organische als de microbiologische bestanddelen. De zware metalen voldoen niet aan deze trend, deze concentraties fluctueren onafhankelijk van de verstreken tijd, en worden waarschijnlijk meer beïnvloed door de neerslag en door oplossings-, aantrekkings- en verbindingsmechanismen, dan door de stabilisatieprocessen.

4.2.2.4 Waterinfiltratie

De mate van waterinfiltratie in een stortplaats kan grote invloed hebben op de samenstelling van het percolaat en de verwijdering van vervuilende stoffen uit het afval. Ervan uitgaande dat de hoeveelheid toegevoegd water aan het stortlichaam evenredig is met de infiltratie door het materiaal van het stortlichaam, zal een grotere hoeveelheid toegevoegd water het bereiken van de veldcapaciteit van het stortlichaam versnellen. Wanneer eenmaal de veldcapaciteit is bereikt volgt de percolaatvorming nauwkeurig het patroon van de watertoevoeging, en dit geeft aan dat er weinig verandering optreedt in het interne vocht in het stortlichaam.

Vanwege dit "input-output" gedrag van percolaatvorming bij veldcapaciteit, wordt geconcludeerd dat een hogere mate van waterinfiltratie in een stortplaats een meer verdund percolaat zal genereren dan een kleinere mate van waterinfiltratie. Ook is aangetoond (Walsh en Kinman, 1981) dat de microbische activiteit samenhangt met het vochtgehalte, d.w.z. biologische afbraakprocessen nemen af als het vocht in het stortlichaam onder een bepaald gehalte blijft. In dit licht is het aannemelijk dat door hoge vochtgehalten in een afvalmassa percolaat van een bepaald andere samenstelling geproduceerd zal worden dan in afval met een lager vochtgehalte.

Een ander resultaat is dat, hoewel de concentraties van de bestanddelen van het percolaat kunnen variëren in de tijd, onder de invloed van de mate van waterinfiltratie, de cumulatieve massa van de bestanddelen per cumulatief volume percolaat ongeveer gelijk is, onafhankelijk van de mate van waterinfiltratie.

Wat betreft de praktijk van een stortplaats, maken de gevonden relaties duidelijk dat het verontreinigende potentieel van percolaat op de lange termijn verminderd kan worden door het initieel toevoegen van grote hoeveelheden water. Vooropgesteld dat de hoge percolaatvorming op de korte termijn opgevangen

kan worden, kan een hoge waterinfiltratie de grote verontreiniging die optreedt in het eerste stadium van het stortplaatsgebruik ondervangen.

4.2.2.5 Diepte van het stortlichaam

De diepte van het afval is een ontwerpvariabele die samenwerkt met de mate van waterinfiltratie in de beïnvloeding van de samenstelling van het percolaat. Om dit te illustreren wordt een stortplaats met compact afval beschouwd. Een gedeelte van het volume van het stortlichaam zal bestaan uit lege ruimtes, die water of gas kunnen bevatten. Het water dat de bovenlaag van het stortlichaam binnenkomt en door het afval naar beneden stroomt, zal zich van de ene lege ruimte naar de andere verplaatsen tot het uiteindelijk de onderkant van het stortlichaam bereikt. Vervuילend materiaal dat in contact komt met het filtrerende water zal overgaan van de vaste naar de vloeibare fase als gevolg van een verschil in concentratie. Aldus zal het water dat door het afval sijpelt continu vervuילende stoffen verzamelen totdat de oplosbaarheidsgrens van de filtrerende oplossing bereikt is en er geen verdere uitwisseling meer plaatsvindt. Voor een diepere stortplaats zijn de kansen dat het percolaat voor de verscheidene componenten de oplosbaarheidsgrens bereikt groter dan voor een ondiepe stortplaats, omdat de contacttijd tussen afval en percolaat langer is.

Er is echter ook veel afhankelijk van de snelheid van de waterinfiltratie door het afval. Water dat langzaam door een stortlichaam filtreert creëert een langere contacttijd en vergroot de kansen voor een geconcentreerd percolaat. Bij hoge infiltratiesnelheden is de contacttijd korter en wordt een meer verdund percolaat gevormd.

4.2.2.6 Temperatuur van het stortlichaam

Hoewel chemische en biologische processen in het algemeen temperatuurafhankelijk zijn, zowel wat betreft de snelheid ervan als de uiteindelijke evenwichtssituaties, is het niet mogelijk om, anders dan in algemene termen, in te gaan op het effect van de temperatuur op de samenstelling van het percolaat en de stabilisatie in het afval. Onderzoek (bijv. Fungaroli en Steiner, 1979) heeft uitgewezen dat er belangrijke verschillen in de temperatuur van het stortlichaam ontstaan onder invloed van de tijd, diepte en manier van beheren.

In het algemeen bereikt de temperatuur in de afvalmassa een maximum binnen een paar dagen na het storten van het afval. Verder blijkt de bovenste laag van het stortlichaam de jaarlijkse schommelingen in de gemiddelde omgevingstemperatuur te volgen. In de dieper gelegen lagen gebeurt dit veel minder. De verwachting is dat er een stortplaatsdiepte is waaronder de temperatuur ongeveer het hele jaar door gelijk blijft, en dat deze temperatuur de gemiddelde jaarlijkse omgevingstemperatuur dicht bij het grondoppervlak zal benaderen.

4.2.2.7 Samenvatting

Er kan geconcludeerd worden dat behandeling van het afval, inclusief malen en compacteren, de kwaliteit van het percolaat significant kan beïnvloeden. Door het malen van het afval zal

- een grotere verwijdering van vervuilende stoffen uit het afval toelaten dan bij ongemalen afval,
- de concentratie van verontreiniging in het percolaat groter zijn dan bij ongemalen afval, en
- een vertraging van de eerste uittreding van percolaat ten gevolge van een grotere bergingscapaciteit van het stortlichaam.

Daarentegen geeft het compacteren van het afval

- een kleinere verwijdering van vervuilende stoffen uit het afval ten opzichte van gemalen of ongecompacteerd afval,
- een meer verdund percolaat, en
- een versneld uittreden van percolaat ten gevolge van een kleinere bergingscapaciteit.

Wat betreft de waterinfiltratie, zorgen grote hoeveelheden voor een grotere verdunning van het percolaat en een grotere verwijdering van vervuilende stoffen als functie van de tijd dan kleine hoeveelheden water. Toevoeging van grote hoeveelheden water kan het grootste deel van de verontreiniging in het afval verwijderen in de eerste periode van het stortplaatsgebruik.

Het vergroten van de diepte van de stortplaats zal een meer onverdund percolaat tot gevolg hebben, maar bij een hoge infiltratie wordt dit effect geminimaliseerd. De temperatuur van het stortlichaam fluctueert mee met de schommelingen van de omgevingstemperatuur dicht bij het oppervlak, maar de amplitudes worden meer afgezwakt bij een toename van de stortplaatsdiepte.

4.2.3 Percolaatmeting op de voormalige stortplaats

In deze paragraaf zal geprobeerd worden een verklaring te geven voor de resultaten van de door Grabowsky en Poort verrichtte percolaatmetingen op Curaçao. Op de huidige stortplaats Malpais zijn geen metingen verricht. De enige percolaatmetingen die verricht zijn, zijn gedaan op de voormalige stortplaats Koraal Specht. Door de vergelijkbare verwerking van de afvalcategorieën op beide stortplaatsen kan aangenomen worden dat de kwaliteit van het percolaat van beide stortplaatsen niet veel zal verschillen.

Na sluiting van de stortplaats Koraal Specht in december 1989, is er een onderzoek uitgevoerd naar de verontreiniging ten gevolge van de stortplaats (Grabowsky en Poort, 1990). Om de kwaliteit van het uittredend percolaat te beoordelen, zijn er metingen gedaan in een aantal geboorde proefgaten (P1 t/m P6, D en M) tot een diepte van 2,5 m onder het maaiveld aan de voet van het stortlichaam. De metingen hebben plaatsgevonden

in het grondwater van een zeer goed waterdoorlatende zandige bodem op korte afstand (< 20 m) van de lagune Jan Thiel (met een zeer hoge zoutgehalte als gevolg van de vroegere functie als zoutpan). Een onderzoek naar de grondwaterstroming ter plaatse van de metingen heeft niet plaats gevonden. Grondwaterstroming vanuit de lagune richting het stortlichaam, ten gevolge van bijvoorbeeld getijbeweging, dient niet uitgesloten te worden.

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in tabel 4.7 (zie ook bijlage 10). Ten aanzien van de beoordeling of er sprake is van grondwater- en bodemverontreiniging door uittreding van verontreinigd percolaat wordt verder verwezen naar het rapport "Sanering stortplaats Koraal Specht" (Grabowsky en Poort, 1990). Als algemene conclusie werd gesteld dat geen indicatie aanwezig is dat het uittredend percolaat ontoelaatbare verontreiniging van de omgeving veroorzaakt.

De factoren die de resultaten van de meting gunstig beïnvloed zouden kunnen hebben zijn:

- De metingen hebben plaatsgevonden in het grondwater van een zeer goed waterdoorlatende zandige bodem op korte afstand van de lagune Jan Thiel. Verdunning van het percolaat is in dit geval zeer goed mogelijk.
- Het afval is gecompacteerd en dit leidt tot een verdunning van het percolaat (zie paragraaf 4.2.2.2).
- De hoeveelheid waterinfiltratie is erg groot, vanwege de grote doorlatendheid van de definitieve afdeklaag, hetgeen ook een verdunning van het percolaat tot gevolg heeft (zie paragraaf 4.2.2.4).

Concluderend kan het volgende gesteld worden. De resultaten van de percolaatmetingen te Koraal Specht zijn, gezien de mogelijke verdunning ten gevolge van de nabijheid van de lagune Jan Thiel ten opzichte van de meetpunten, niet representatief voor het percolaatkwaliteit te Malpais. Er zouden, om voor de huidige stortplaats uitspraken te kunnen doen, metingen op Malpais gedaan moeten worden.

Tabel 4.7 Percolaatmeting op Koraal Specht (Grabowsky en Poort, 1990)

monsterpunt parameter	P1	P2	P3	P4	P5	P6	D	M
Ph	6,9	7,2	7,2	7,1	6,9	7,3		
BVZ (biologisch zuurstofverbruik) (mg/l)	7,8	7,4	2,4	2,2	2,0	2,6		
NKj (Kjeldahl stikstof) (mg/l)	18,5	39,2	17,1	3,1	2,3	2,9		
Chloride (mg/l)	9150	3810	4950	10740	12230	3230		
PO ₄ (fosfaat) (mg/l)	0,12	0,13	0,13	0,15	0,14	0,15		
Zware metalen								
Cr (µg/l)	16	13				7	4	4
Cu (µg/l)	22	10				11	35	22
Pb (µg/l)	3	1				45	8000	<1
Hg (µg/l)	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2
As (µg/l)	14	19				14	14	10
Cd (µg/l)	0,2	0,1				0,1	15	0,1
Sn (µg/l)	14	14				14	13	12
Aromaten totaal	<1	<1				<1	<1	<1
Benzeen (µg/l)	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2
Tolueen (µg/l)	<0,2	<0,2				<0,2	<0,2	<0,2
Ethylbenzeen (µg/l)	0,2	0,2				0,3	0,2	0,4
Xyleen (µg/l)	0,5	0,6				0,5	0,6	0,5
Extraheerbaar Org. Chloor (EOCL) (µg/l)	<1	<1				<1	<1	<1
Minerale olie (µg/l)	<50	<50				<50	<50	<50

HOOFDSTUK 5

GEBRUIK VAN DE STORTPLAATS NA VOLTOOIING

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk gaat het nu om het bepalen van welke functie het stortterrein, na beëindiging van de stortactiviteiten, in het landschap moet gaan vervullen. Redenen die hier tot grondslag liggen zijn:

- Een braakliggend (voltooid) stortplaats vormt een ontsiering van het landschap.
- De definitieve afdeklaag kan beschadigd worden door erosie of dieren, met als gevolg infiltratie van regenwater in het stortlichaam. Dit kan leiden tot verontreiniging van de bodem en grondwater ten gevolge van uittredend percolaat.
- Het ongebruikt achterlaten van zo'n groot terreinoppervlak is een verspilling van schaarse landoppervlak.

In de volgende paragrafen zal ingegaan worden op factoren die beperkingen opleggen aan het gebruik van het voltooide stortterrein. Vervolgens wordt aangegeven voor welke functies het terrein wel en niet in aanmerking komt. Tenslotte wordt aangegeven welke functie het meest geschikt lijkt.

5.2 Beperkende factoren

Factoren die de mogelijke functies van de stortplaats na voltooiing beperken zijn voornamelijk:

1. Ongelijkmatige zettingen
 2. Gering draagvermogen
 3. Uittredende gassen
 4. Percolaat
-
1. Ongelijkmatige zettingen:
Deze vinden plaats door het verschil in zetting van de verschillende afvalcategorieën en de inhomogeniteit van het afval per categorie. De zetting is een gevolg van de samenstelling van het afval, de druk (hoogte stortlichaam), de mate van vochtdoordringing, de kruip en afbraak van organische verbindingen.
 2. Gering draagvermogen:
Hier gaat het met name om het draagvermogen van de bedrijfs- en huishoudelijke afvallaag. Bij het belasten van deze laag kunnen er zich grote zakkingen voordoen.

3. Uittredende gassen:

De belangrijkste gassen die uit het stortlichaam treden zijn CH_4 , CO_2 , H_2S en CO .

- CH_4 In de stabilisatiefase bestaat \pm 55% van de geproduceerde hoeveelheid stortgas uit methaan (CH_4). Aangezien methaan lichter is dan lucht, verdwijnt het via de boven- en zijkanten uit het stortlichaam. Omdat het CH_4 direct in de buitenlucht vervliegt, is het meestal ongevaarlijk (Bavelaar, 1989). Er moet wel voor worden gewaakt dat het CH_4 zich niet op kan stapelen, dan is er namelijk kans op explosie en brand.
- CO_2 Concentraties van meer dan 9% kooldioxyde (CO_2) in de lucht kunnen de dood veroorzaken (Cossu et al., 1989). Aangezien het stortgas in de stabilisatiefase uit \pm 40% kooldioxyde bestaat, zal het al bij een verhouding van 1:4 met lucht niet meer giftig zijn.
- H_2S Waterstofsulfide (H_2S) is een zeer giftig gas. De hoeveelheid H_2S die vrijkomt is echter te klein om gevaarlijk te zijn. Wel produceert deze kleine hoeveelheid een vreselijke stank.
- CO Koolmonoxyde (CO) is ook een giftig gas, bij concentraties boven de 1% CO kan het de dood veroorzaken. Door verdunning in de lucht levert het meestal geen gevaar op aan de oppervlakte van het stortlichaam.

4. Percolaat:

Het percolaat afkomstig van het stortlichaam kan licht tot zwaar verontreinigd zijn. Als dit percolaat in het grondwater terecht komt raakt dit ook verontreinigd. Door de stroming van het grondwater zal de verontreiniging zich niet beperken tot de grond onder het stortlichaam, maar zal zich uitbreiden naar de gebieden benedenstrooms van de stortplaats. Gebruik van dit verontreinigde grondwater in de landbouw kan leiden tot contaminatie van de gewassen en met als gevolg een aanslag op de gezondheid van de consument. Direct contact met verontreinigd water kan ook de nodige (huid)complicaties met zich meebrengen. Verder kan de aanwezige verontreiniging in het stortlichaam funderingspalen aantasten.

5.3 Mogelijke functies na voltooiing

Er wordt hier eerst ingegaan op de functies, die gezien de beperkende factoren van de stortplaats na voltooiing, niet in aanmerking komen. Deze functies zijn onder andere:

- Woning- en utiliteitsbouw wegens:
 - * gevaar van accumulatie van uittredende gassen (verstikking, explosie, stank),
 - * ongelijkmatige terreinzettingen,
 - * gering draagvermogen van het stortlichaam,
 - * aantasting van funderingspalen,
 - * gevaar bij winning van verontreinigd grondwater ten behoeve van bijvoorbeeld groenvoorziening.

- Agrarische activiteiten wegens:
 - * gevaar bij onttrekking van verontreinigd grondwater,
 - * gevaar ten gevolge van uittredende gassen (contaminatie van gewassen),
 - * kans op infiltratie van water in het stortlichaam ten gevolge van overbevloeiing.

Tabel 5.1 Mogelijke functies van de stortplaats Malpais na voltooiing

Activiteit	Voordelen	Nadelen
speelplaats	weinig voorzieningen nodig	concurrentie van de vele stranden op Curaçao
natuurbouw	opkomende natuurbewustwording	aanbrengen aardlaag voor bepaalde bomen
veldsport	populair	groot vlak gebied nodig (gevoelig voor zettingen)
golf	zeer populair bij de Amerikaanse toerist	hoge investering, veel onderhoud, niet populair bij de lokale bevolking
schietsport	opkomende populariteit	vlak gebied nodig, lawaaiërig
modelvliegtuig vliegen	populair	vlak gebied nodig, lawaaiërig
skelterbaan	populair	vlak gebied nodig, lawaaiërig
motorcrossbaan	gebrek aan gebieden ter beoefening van deze sport	lawaaiërig, mogelijke aantasting toplaag

Activiteiten die wel in aanmerking komen voor toepassing na sluiting van de stortplaats moeten aan de volgende eisen voldoen:

- Ze moeten een open karakter hebben (i.v.m. uittredende gassen).
- Er mag geen onttrekking van grondwater plaatsvinden op of in de directe omgeving van de stortplaats (i.v.m. mogelijk verontreinigd grondwater).
- De activiteiten moeten ongevoelig zijn voor terreinzettingen.

Verder dient men rekening te houden met het droge klimaat op Curaçao. Activiteiten met veel groen stellen hoge eisen aan de bevoeiing ervan. Ook moet nagegaan worden of er wel echt behoefte is aan een bepaalde activiteit en of een andere lokatie niet beter is.

Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat een voltooide stortplaats zich het beste leent voor recreatieve activiteiten met een open karakter. In tabel 5.1 staan enkele activiteiten vermeld die over het algemeen geschikt zijn voor toepassing bij voltooide stortplaatsen.

5.4 Meest geschikte functie

De stortplaats Malpais kan na voltooiing het beste een bestemming als **natuurbouw** krijgen. Redenen hiervoor zijn:

- Lage investerings- en onderhoudskosten.
- Uitvoerbaarheid in fasen d.w.z. dat al tijdens het in gebruik zijn van de stortplaats, voltooide delen ervan beplant kunnen worden.
- De begroeiing gaat erosie tegen en zorgt voor een minimale waterinfiltratie (ten gevolge van een hogere transpiratie).
- Goede inpassing in de rest van de omgeving (natuurgebied).
- Minimale verstoring van de fauna in het gebied.
- Gunstig effect op het ecologisch systeem ten gevolge van vergroting van het aangrenzende natuurgebied.

Het definitieve stortoppervlak dient dan bezaaid te worden met wildgras en beplant met in het gebied voorkomende droogtebestendige begroeiing zoals de divi-divi boom, de wabi boom, en de verschillende cactussoorten. Voor bomen met diepgaande wortels moet plaatselijk een dikkere aardlaag aangebracht worden. Wel moet er gezorgd worden dat de vele loslopende geiten op het eiland op een veilige afstand gehouden worden. Een omheining kan hier een uitweg bieden.

HOOFDSTUK 6

TOEKOMSTIGE STORTLOKATIE OP CURAÇAO

6.1 Inleiding

Uit de vorige hoofdstukken is gebleken dat een adekwaat uitgevoerde stortplaats milieuhygiënische noch esthetische bezwaren met zich mee hoeft te brengen. Ondanks het grote ruimtebeslag is het gecontroleerd storten op Curaçao een geschikte afvalverwerkingsmethode. Dit om de volgende redenen:

- Een gecontroleerde stortplaats is de goedkoopste wijze van (verantwoorde) afvalverwerking.
- Er kunnen vele afvalcategorieën verwerkt worden.
- De te verwachten toxische emissies zijn laag.
- Op Curaçao heeft men ruime ervaring met deze afvalverwerkingsmethode (al valt er het één en ander aan te verbeteren).
- Men is bij deze verwerkingsmethode minder afhankelijk van buitenlandse kennis en technologie.
- Storten heeft een hoge bedrijfszekerheid d.w.z. storingen zijn gemakkelijk te verhelpen en hebben in het algemeen geen rampzalige gevolgen voor de bedrijfsvoering.

Redenen genoeg om na voltooiing van de huidige stortplaats verder te gaan met deze wijze van afvalverwerking. Uit de bevindingen in hoofdstuk 3 is gebleken dat de stortplaats Malpais met de huidige uitvoeringsmethode slechts tot het jaar 1996 kan functioneren. Er is een voorstel gedaan om de huidige levensduur te verlengen tot 14 à 29 jaar. Indien de stortplaats Malpais, ondanks de mogelijke verlenging van de levensduur, problematisch wordt bevonden, kan er besloten worden tot een vervroegde sluiting. Indien het geval zich voordoet dat een andere aan te wijzen lokatie veel grotere voordelen biedt boven de huidige lokatie, kan ook besloten worden tot een vroegtijdige sluiting van de stortplaats. Bij dit laatste dient men wel de gedane investeringen te Malpais in de afweging mee te nemen.

Gezien de mogelijke sluiting van de stortplaats Malpais op korte termijn is het goed om alvast te zoeken naar de meest geschikte toekomstige stortlokatie. In de volgende paragrafen zal geprobeerd worden om de meest geschikte stortlokatie aan te wijzen. Om dit te doen wordt er als volgt te werk gegaan: Eerst worden door middel van een zeefanalyse die gebieden uitgesloten die niet in aanmerking komen voor een lokatie van een stortplaats. Uit de overgebleven gebieden worden potentiële lokaties gekozen (zie § 6.2). Verder worden criteria opgesteld (zie § 6.3) om vervolgens met een multicriteria-evaluatiemethode (EVAMIX) de potentiële lokaties af te wegen (zie § 6.4). Ter beoordeling van de geschiktheid van Malpais zal deze ook mee afgewogen worden. Uit de resultaten van de evaluatie moet blijken wat de meest geschikte toekomstige lokatie voor een stortplaats op Curaçao is.

6.2 Potentiële stortlokaties

Gezocht zal worden naar gebieden die het meest geschikt zijn voor de lokatie van een stortplaats. Dit gebeurt door middel van een zeefanalyse. In een zeefanalyse worden op een kaart aangegeven welke gebieden niet geschikt zijn voor de lokatie van een stortplaats. Hierdoor blijft er een kaartbeeld over, waarin verder gezocht wordt naar de meest geschikte lokatie. De gebieden die niet geschikt zijn vormen de veto-criteria. Dit zijn:

1. Gebieden ver van het dichtbevolkte deel
2. Bebouwde gebieden
3. Ontwikkelingsgebied
4. Conserveringsgebied
5. Omgeving vliegveld
6. Rotsachtige gebieden

1. Gebieden ver van het dichtbevolkte deel:
In het westelijk deel van Curaçao (ten westen van Malpais) woont minder dan 10 procent van de bevolking. Een lokatie ver van het dichtstbevolkte deel van Curaçao is, vanwege de grote transportafstand, niet haalbaar (zie bijlage 12a).

2. Bebouwde gebieden:
Hier gaat het om reeds bebouwde en geplande woon- en industriegebieden. Dit zijn de binnenstadsgebieden, het gebied Groot-Willemstad, de dorpen en de aan het bestaande stedelijk gebied grenzende randgebieden ten oosten van de agglomeratie. Naast de bestaande horen ook de reeds geprojecteerde industrieterreinen.

Wegens hoge kosten ten gevolge van onteigening, sloop en bouwrijp maken en hinder voor de omgeving is het plaatsen van een stortplaats in bebouwde gebieden niet verantwoord. Een voorwaarde hierbij is ook nog dat een mogelijke lokatie op minstens 200 m van bebouwing moet liggen (Bavelaar, 1989). In bijlage 12b zijn de bebouwde gebieden inclusief de zone van 200 m in kaart gebracht.

3. Ontwikkelingsgebied:
Deze bestemming bevat gebieden, die wegens hun ligging in de nabijheid van de binnenstad, de reeds aanwezige infrastructuur en/of hun bijzondere gebiedskenmerken in aanmerking komen voor een verdere ontwikkeling. Bij deze verdere ontwikkeling wordt het accent gelegd op recreatieve voorzieningen, vooral ten behoeve van toerisme. Stimulering van de visserij en bijzondere handels- en dienstverleningsinitiatieven, zoals het I.T.C. (International Trade Center) kunnen hier eveneens onder vallen.

Het plaatsen van een stortplaats in deze gebieden verhindert en/of vormt een bedreiging voor de bovengenoemde ontwikkelingen. Ook hier wordt gesteld dat

de stortplaats op een afstand van minstens 200 m van deze gebieden verwijderd moet zijn (zie bijlage 12c).

4. Conserveringsgebied:

Op basis van de monumenten-inventarisatie van Curaçao en een, in het kader van het ontwikkelingsplan, verricht nader onderzoek zijn een aantal gebieden aangewezen voor behoud en herstel van de aan deze gebieden eigen natuurwetenschappelijke waarden. De aanwezigheid van een stortplaats is hiermee niet verenigbaar (zie bijlage 12d).

5. Omgeving vliegveld:

Het betreft de bestemming van het huidige vliegveld met alle bijbehorende voorzieningen. Een stortplaats mag niet in de omgeving van het vliegveld geplaatst worden, omdat een stortplaats vogels aantrekt die op hun beurt het vliegverkeer in gevaar kunnen brengen. In overleg met de luchthavenautoriteiten kan een veilige afstand vastgesteld worden. In dit onderzoek wordt een minimale afstand van 1 km aangehouden (zie bijlage 12e).

6. Rotsachtige gebieden:

Dit zijn de gebieden met rotsachtige bodem, aangegeven op de soil potentiality map met grondsoort Class V. Door het ontbreken van de mogelijkheid om ter plaatse afdekmat- eriaal uit te graven is, ten gevolge van de hoge aanvoerkosten van afdek materiaal, het plaatsen van een stortplaats in deze gebieden niet gewenst (zie bijlage 12f).

Toepassing van de bovenstaande criteria levert een aantal gebieden op die niet geschikt zijn voor een stortlokatie. Deze gebieden zijn in figuur 6.1 zwart gekleurd (zie ook bijlage 13). Uit de overgebleven gebieden wordt een aantal potentiële lokaties gekozen.

Bij de selectie wordt gezocht naar gebieden die plaats kunnen bieden aan een stortplaats met een oppervlakte van minstens 25 hectare. Dit in verband met het behalen van een voldoende lange levensduur van de stortplaats, hetgeen gunstig is voor de jaarlijkse kapitaalafschrijvingen (zie hoofdstuk 3). Verder is bij het zoeken van een lokatie binnen de niet-uitgezeefde gebieden, het zeer waterdoorlatende grondsoort verweerd diabaas, dat minder geschikt is als afdek materiaal, zoveel mogelijk vermeden. Dit in verband met milieurisico's ten gevolge van mogelijke percolaatuittreiding (zie hoofdstuk 4). Op de soil potentiality map staat verweerd diabaas aangegeven met Class IV (zie bijlage 12f).

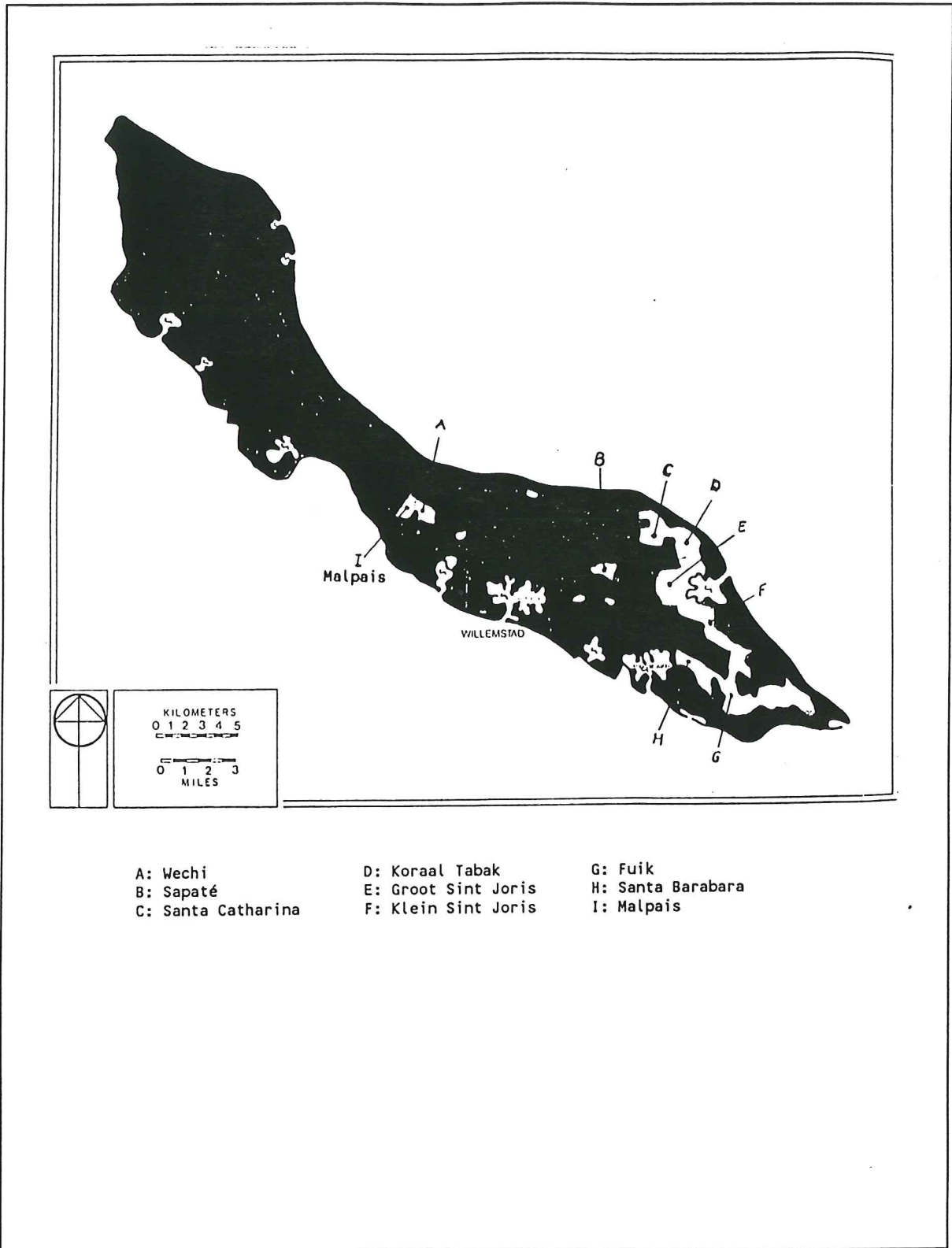


Fig. 6.1 Kaartbeeld na de zeefanalyse

Rekening houdend met het voorgaande zijn de volgende potentiële lokaties gekozen:

- A. Wechi
- B. Sapaté
- C. Santa Catharina
- D. Koraal Tabak
- E. Groot Sint Joris
- F. Klein Sint Joris
- G. Fuik
- H. Santa Barbara

In figuur 6.2 zijn deze lokaties in kaart gebracht (zie ook bijlage 14).

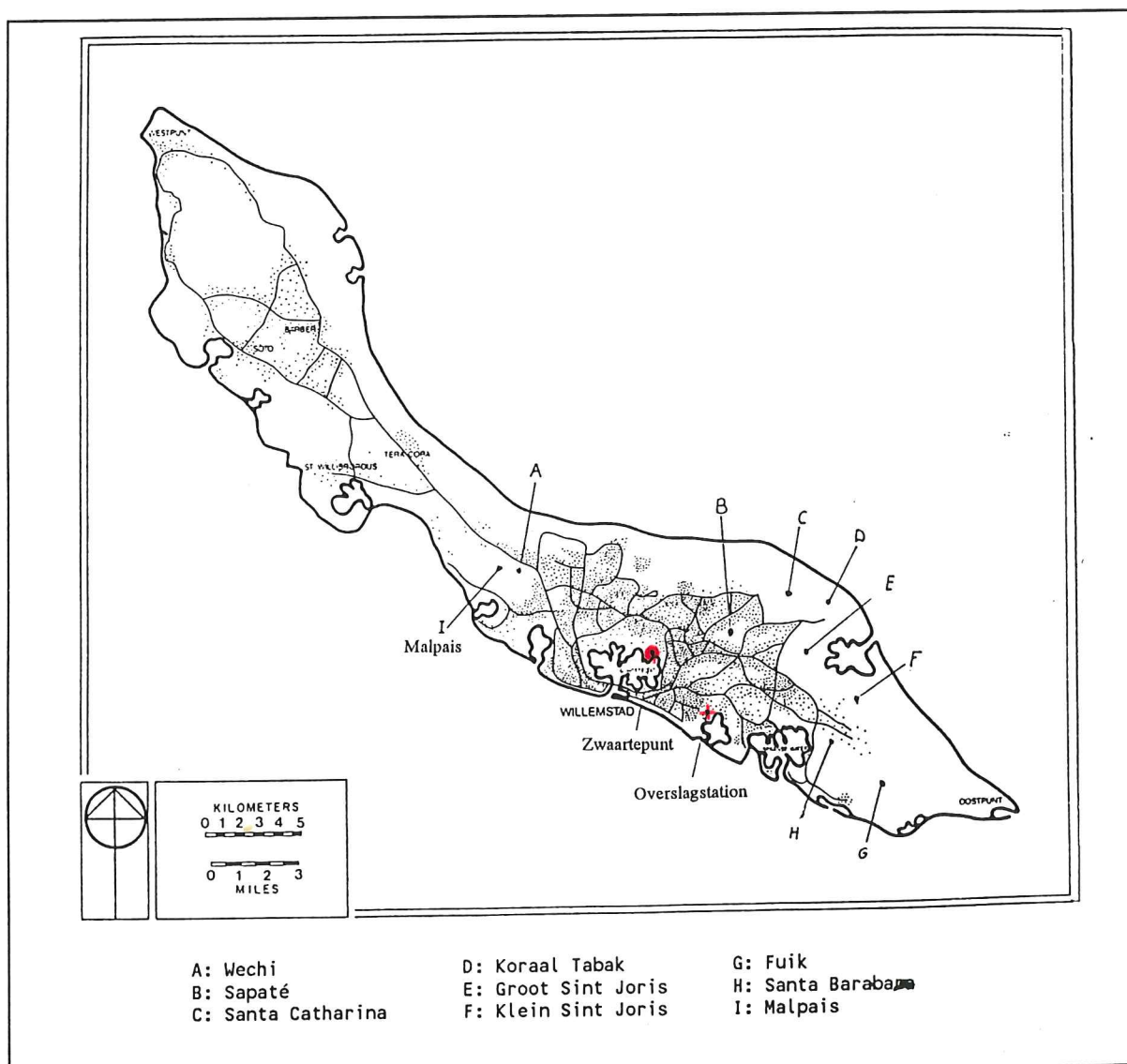


Fig. 6.2 Potentiële stortlokaties

6.3 Afwegingscriteria

De volgende stap is het toetsen van de potentiële lokaties aan een aantal afwegingscriteria. Ter afweging van de lokaties zijn de volgende criteria opgesteld:

1. Uitbreidingsmogelijkheid
2. Grondsoort
3. Afstand tot wateronttrekkingsgebieden
4. Hinder
5. Centrale ligging
6. Ligging t.o.v. overslagstation
7. Bestemmingsplan
8. Aan- en ontsluiting
9. Omleiding waterlopen

1. Uitbreidingsmogelijkheid:

In verband met onzekerheden omtrent het afvalaanbod in de toekomst kan er behoefte zijn aan uitbreiding van de basiscapaciteit (25 ha). Per lokatie is het dan van belang om te weten in hoeverre uitbreiding mogelijk is. Ter bepaling van de uitbreidingsmogelijkheid wordt per lokatie de beschikbare oppervlakte gemeten minus de basiscapaciteit (uitgedrukt in hectaren). Hierbij wordt gebruik gemaakt van topografische kaarten (1:25000) (Kadaster, 1982), de kaart "existing land use" (1:25000) (DROV, 1986) en de bestemmingskaart van het eilandelijk ontwikkelingsplan (DROV, 1991). In bijlage 15 zijn deze gebieden in kaart gebracht. De grenzen van het gebied waarin uitbreiding mogelijk is worden bepaald door:

- de uitgezeefde gebieden (zie § 6.2),
- bestaande agrarische gebieden, zoals aangegeven op de kaart "existing land use",
- plantagegrenzen, zoals aangegeven op de topografische kaarten, en
- hoogtelijnen van +10 meter bij gebieden die grenzen aan zee of binnenwateren. Bij gebrek aan gegevens omtrent het werkelijke grondwaterpeil, wordt er van uitgegaan dat het grondwaterpeil boven deze hoogtelijn op een veilige diepte ligt.

2. Grondsoort:

Bij dit criterium wordt gekeken naar de geschiktheid van de aanwezige grondsoorten als afdek materiaal, toplaag en filter onder de stortbodem. Hier wordt vooral gelet op minimale vochtinfiltratie en geschiktheid voor begroeiing. Gebruik makend van de soil potentiality map (Ministerie van WVC, 1967) (zie bijlage 16) en de in bijlage 6 opgenomen toetsingstabel volgens Brunner en Keller (1972) wordt de volgende waardering gehanteerd:

- Class I, Class II, Class III,
Class II/IV : 3 pnt. (goed)
- Class III-sa : 2 pnt.
- Class IV : 1 pnt. (slecht)

Bij lokaties met meerdere grondsoorten wordt de score van de meest ongunstige grondsoort toegekend. Een korte beschrijving van de verschillende grondsoorten is te vinden in bijlage 16. De grondsoort Class V is tijdens de zeefanalyse uitgezeefd.

Ook de dikte van de aanwezige grondlaag is van belang in verband met de nodige hoeveelheid afdek materiaal. Door het ontbreken van gegevens hierover wordt dit punt verder niet meegenomen. Metingen ter plaatse moeten aantonen of er een voldoende laagdikte aanwezig is.

3. Grondwateronttrekking:

Bij dit criterium gaat het om het gevaar van onttrekking van grondwater dat verontreinigd is t.g.v. de aanwezigheid van de stortplaats. Op Curaçao wordt grondwater onttrokken ten behoeve van agrarische activiteiten en groenvoorziening. (Voor drinkwater is men aangewezen op de waterleiding. Productie van drinkwater vindt plaats door ontzilting van zeewater (zie hoofdstuk 2). Dit criterium wordt onderverdeeld in de volgende subcriteria:

3a Wateronttrekking agrarisch gebied: Bij dit subcriterium wordt de afstand gemeten tussen de stortlokatie en het dichtstbijzijnde agrarisch gebied (uitgedrukt in meters) (zie bijlage 17). Hierbij wordt gebruik gemaakt van topografische kaarten en de kaart "existing land use".

3b Wateronttrekking bebouwd gebied: Bij dit subcriterium gaat het om onttrekking van grondwater door particuliere huishoudens ter besproeiing van eigen tuinen. Door het droge klimaat op Curaçao, het in het algemeen diep liggende grondwaterpeil en de hoge prijs van water afkomstig van de waterleiding, beschikken vele huishoudens over een waterput (met elektrische waterpomp). Bij dit subcriterium wordt de afstand gemeten tussen de stortlokatie en het dichtstbijzijnde bestaande en geplande bebouwd gebied (uitgedrukt in meters) (zie bijlage 18). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de bestemmingskaart (DROV, 1991).

Naast de afstand tussen stortlokatie en onttrekkingspunt (waterput) is ook de richting van de grondwaterstroming van belang. Gegevens omtrent grondwaterstromingen zijn echter niet voorhanden. Bij deze subcriteria zullen daarom alleen de afstanden gemeten worden (uitgedrukt in meters).

4. Hinder:

Hier gaat het om negatieve effecten van zowel de stortplaats als van het stortverkeer op de omgeving. Bij dit criterium zal alleen gekeken worden naar de bebouwde omgeving. Verder speelt de afstand tussen de bron en de

omgeving en de windrichting een rol. Dit criterium wordt daarom onderverdeeld in de volgende subcriteria:

- 4a Benedenwindse hinder: Hier gaat het om hinder ten gevolge van windrichtingsgevoelige effecten zoals stank, rook, stof, zwerfvuil, geluid e.d. Bij de meting van dit subcriterium wordt gekeken naar de afstand van de stortlokatie tot de benedenwindse (westen) bebouwde omgeving uitgedrukt in meters (zie bijlage 19). Hierbij is gebruik gemaakt van de bestemmingskaart (DROV, 1991).
- 4b Stort- en verkeershinder: Dit is hinder voor de omgeving veroorzaakt door zowel de stortplaats als het stortverkeer, zoals ongedierte, geluid, verkeersdrukke en zwerfvuil. Dit criterium wordt gemeten aan de hand van de woningdichtheid van de omgeving (won./km²). Dit uitgaande van de gemiddelde waarden voor de zones zoals aangegeven in de Thematische Geocode Atlas van Curaçao (CBS en DROV, 1986) (zie bijlage 20). Hierbij is het meest ongunstige geval, namelijk de aangrenzende zone met het hoogste gemiddelde aantal woningen per vierkante kilometer, als maatgevend genomen.
- 4c Visuele hinder: Hier gaat het om hinder ten gevolge van ontsiering van het landschap door de aanwezigheid van de stortplaats. Door het ontbreken van specifieke kenmerken van het gebied zoals de aanwezige begroeiing en andere natuurlijke barrières, wordt dit subcriterium alleen gemeten in de afstand tot de dichtstbijzijnde bestaande en geplande bebouwde omgeving uitgedrukt in meters (zie bijlage 18). Gebruik is gemaakt van de bestemmingskaart (DROV, 1991).
5. Centrale ligging:
De ligging van de stortplaats ten opzichte van het vuilophaalgebied (ten oosten van Malpais) is van grote invloed op de transportkosten. Het zwaartepunt van het vuilophaalgebied wordt beschouwd als de optimale lokatie. Door het ontbreken van gegevens over andere afvalproducenten (bedrijven e.d.) kan het zwaartepunt van het vuilophaalgebied alleen bepaald worden uit het zwaartepunt van de bevolkingsdichtheid. Gebruikmakend van wijkgegevens uit de Thematische Geocode Atlas van Curaçao en een mathematische formule (zie bijlagen 20 en 11) is het zwaartepunt bepaald. Deze ligt in de wijk Emmastad (zie figuur 6.2). Door het onbekend zijn van de (toekomstige) aanvoerroutes wordt bij dit criterium de afstand tot het zwaartepunt hemelsbreed gemeten en uitgedrukt in kilometers (zie bijlage 21).
6. Ligging t.o.v. overslagstation:
Door de opening van het overslagstation te Koraal Specht zal een deel van het ingezamelde afval vanaf het

overslagstation (in grotere eenheden) naar de stortplaats getransporteerd worden. De ligging van de stortplaats ten opzichte van het overslagstation is dan ook van invloed op de transportkosten. Bij dit criterium wordt de afstand tot het overslagstation (hemelsbreed) gemeten en uitgedrukt in kilometers (zie bijlage 22).

N.B. Criterium 5 en 6 zijn niet geheel onafhankelijk van elkaar, zie hiervoor § 6.4.

7. Bestemmingsplan:

Hier wordt gekeken naar de bestemmingen van de lokaties volgens de bestemmingskaart van het eilandelijk ontwikkelingsplan (DROV, 1991) (zie bijlage 23). De bestemmingen die na het zeven overgebleven zijn, zijn open land, parkgebied en agrarisch gebied. Deze bestemmingen zijn niet allemaal even geschikt om als stortplaats te dienen, hetgeen uitgedrukt wordt in de volgende puntenschaal:

- open land : 3 pnt.
- parkgebied : 2 pnt.
- agrarisch gebied : 1 pnt.

8. Aan- en ontsluiting:

Bij dit criterium gaat het om zowel de aansluiting op nutsvoorzieningen (water-, electriciteits- en telefoonleiding) gelegen langs hoofdwegen als het aanleggen van een ontsluitingsweg. Dit laatste is belangrijk voor de bereikbaarheid van de stortplaats. De kwaliteit van de aanvoerroutes wordt niet verder meegenomen omdat er uitgegaan wordt van de hoofdwegen (goede asfaltwegen) als aanvoerroutes. De afstand die overbrugd moet worden bepaalt in grote mate de hoogte van de aansluitingskosten. Met behulp van een wegenkaart van Curaçao (Curoil, 1989) wordt de afstand tussen de lokaties en nabijgelegen hoofdwegen bepaald in meters.

9. Omleiding waterlopen:

Bij dit criterium gaat het om de kosten ter omleiding van waterlopen. In verband met gevaar voor wateraccumulatie nabij het stortlichaam (percolaat, broedplaats voor insecten), moeten de aanwezige waterlopen omgeleid worden. Voor iedere lokatie wordt het aantal droogwaterlopen dat er doorheen loopt geteld. Gebruik is gemaakt van de topografische kaarten (Kadaster, 1982) (zie bijlage 24).

Andere criteria die een rol spelen bij de lokatiekeuze, maar door het ontbreken van gegevens niet verder uitgewerkt kunnen worden zijn:

- Grondwaterpeil: door het gevaar van verspreiding van verontreiniging mag er geen contact zijn tussen het afval en het grondwater. Het grondwaterpeil en de capillaire opstijging bepalen tot hoe diep uitgegraven kan worden.

In het algemeen wordt een diepte van minstens 1,5 meter onder de afvallaag (stortbodem) als veilig geacht.

- Grondwaterkwaliteit: een lokatie van een stortplaats op een gebied met een slechte grondwaterkwaliteit (bijv. brak, zout of verontreinigd water) is te wensen boven een lokatie boven een gebied met zoetwater.
- Grondlaagdikte: nagegaan moet worden of de aanwezige grondlaag voldoende is voor de benodigde hoeveelheid afdekmateriaal.
- Kosten van grondverwerving: in de eerste plaats moeten de eigenaren van de verschillende gebieden bekend zijn (overheid of particulier). Verder is voor het verloop van de onderhandelingen van invloed of het gebied verspreid is over meerdere eigendommen.
- Kosten ter schadeloosstelling van gedupeerden.
- Kosten voor uit het zicht houden van de stortplaats om esthetische redenen.
- Functie van de stortplaats na voltooiing.
- Het psychologische effect op de bevolking, wonend nabij een stortplaats. Voor een deel wordt dit afgewogen bij criterium 4 (hinder), maar er kunnen andere factoren van psychologische aard een rol spelen.
- Waardevermindering van onroerend goed ten gevolge van de nabijheid van een stortplaats.
- Effecten van de stortplaats op de flora en fauna uit de omgeving.

De scores van de potentiële lokaties op de afwegingscriteria 1 t/m 9 zijn als volgt:

1. Uitbreidingsmogelijkheid: (ha)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	47 ha
B. Sapaté	:	14 ha
C. Santa Catharina	:	69 ha
D. Koraal Tabak	:	57 ha
E. Groot Sint Joris	:	87 ha
F. Klein Sint Joris	:	25 ha
G. Fuik	:	63 ha
H. Santa Barbara	:	31 ha
I. Malpais	:	23 ha

2. Grondsoort: (kwalitatief)

(Lokatie)	(grondsoort)	:	(score)
A. Wechi	(IV, I)	:	1 pnt.
B. Sapaté	(II/IV, I)	:	3 pnt.
C. Santa Catharina	(II/IV)	:	3 pnt.
D. Koraal Tabak	(II/IV)	:	3 pnt.
E. Groot Sint Joris	(IV, I)	:	1 pnt.
F. Klein Sint Joris	(III-SA)	:	2 pnt.
G. Fuik	(II/IV)	:	3 pnt.
H. Santa Barbara	(II/IV)	:	3 pnt.
I. Malpais	(IV, I)	:	1 pnt.

3a. Wateronttrekking agrarisch gebied: (m)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	375 m
B. Sapaté	:	875 m
C. Santa Catharina	:	700 m
D. Koraal Tabak	:	1250 m
E. Groot Sint Joris	:	500 m
F. Klein Sint Joris	:	1125 m
G. Fuik	:	1500 m
H. Santa Barbara	:	500 m
I. Malpais	:	1000 m

3b. Wateronttrekking bebouwd gebied: (m)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	625 m
B. Sapaté	:	500 m
C. Santa Catharina	:	625 m
D. Koraal Tabak	:	1125 m
E. Groot Sint Joris	:	750 m
F. Klein Sint Joris	:	375 m
G. Fuik	:	1250 m
H. Santa Barbara	:	325 m
I. Malpais	:	750 m

4a. Benedenwindse hinder: (m)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	1750 m
B. Sapaté	:	1125 m
C. Santa Catharina	:	750 m
D. Koraal Tabak	:	1125 m
E. Groot Sint Joris	:	750 m
F. Klein Sint Joris	:	375 m
G. Fuik	:	3625 m
H. Santa Barbara	:	1000 m
I. Malpais	:	1000 m

4b. Stort- en verkeershinder: (won./km²)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	110 won./km ²
B. Sapaté	:	312 won./km ²
C. Santa Catharina	:	14 won./km ²
D. Koraal Tabak	:	38 won./km ²
E. Groot Sint Joris	:	235 won./km ²
F. Klein Sint Joris	:	72 won./km ²
G. Fuik	:	72 won./km ²
H. Santa Barbara	:	72 won./km ²
I. Malpais	:	110 won./km ²

4c. Visuele hinder: (m)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	625 m
B. Sapaté	:	500 m
C. Santa Catharina	:	625 m
D. Koraal Tabak	:	1125 m
E. Groot Sint Joris	:	750 m
F. Klein Sint Joris	:	375 m
G. Fuik	:	1250 m
H. Santa Barbara	:	325 m
I. Malpais	:	750 m

5. Centrale ligging: (km)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	8,4 km
B. Sapaté	:	4,1 km
C. Santa Catharina	:	8,0 km
D. Koraal Tabak	:	10,1 km
E. Groot Sint Joris	:	8,1 km
F. Klein Sint Joris	:	11,8 km
G. Fuik	:	14,6 km
H. Santa Barbara	:	11,5 km
I. Malpais	:	9,2 km

6. Ligging t.o.v. overslagstation: (km)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	13,4 km
B. Sapaté	:	4,2 km
C. Santa Catharina	:	7,6 km
D. Koraal Tabak	:	8,8 km
E. Groot Sint Joris	:	6,0 km
F. Klein Sint Joris	:	8,2 km
G. Fuik	:	9,6 km
H. Santa Barbara	:	6,7 km
I. Malpais	:	14,1 km

7. Bestemmingsplan: (kwalitatief)

(Lokatie)	(bestemming)	:	(score)
A. Wechi	(Open land)	:	3 pnt.
B. Sapaté	(Parkgeb.)	:	2 pnt.
C. Santa Catharina	(Open land)	:	3 pnt.
D. Koraal Tabak	(Open land)	:	3 pnt.
E. Groot Sint Joris	(Agr. geb.)	:	1 pnt.
F. Klein Sint Joris	(Open land)	:	3 pnt.
G. Fuik	(Open land)	:	3 pnt.
H. Santa Barbara	(Open land)	:	3 pnt.
I. Malpais	(Open land)*	:	3 pnt.

* : Oorspronkelijke bestemming

8. Aan- en ontsluiting: (m)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	625 m
B. Sapaté	:	625 m
C. Santa Catharina	:	875 m
D. Koraal Tabak	:	1000 m
E. Groot Sint Joris	:	1000 m
F. Klein Sint Joris	:	1750 m
G. Fuik	:	1250 m
H. Santa Barbara	:	500 m
I. Malpais	:	750 m

9. Omleiding waterlopen: (aantal)

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	1
B. Sapaté	:	1
C. Santa Catharina	:	0
D. Koraal Tabak	:	0
E. Groot Sint Joris	:	0
F. Klein Sint Joris	:	2
G. Fuik	:	2
H. Santa Barbara	:	2
I. Malpais	:	1

In tabel 6.1 is een totaaloverzicht van de bovenstaande scores (evaluatiematrix) te zien.

Tabel 6.1 Evaluatiematrix

LOKATIE CRITERIA	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Uitbreiding (ha)	47	14	69	57	87	25	63	31	23
2 Grondsoort (ordinal)	1	3	3	3	1	2	3	3	1
3a Wateronttrekking agrarisch gebied (m)	500	875	750	1250	500	1125	1500	500	1000
3b Wateronttrekking bebouwd gebied (m)	625	500	625	1125	750	375	1250	325	750
4a Benedenwindse hinder (m)	1750	1125	750	1125	750	375	3625	1000	1000
4b Hinder stortplaats en -verkeer (won/km ²)	110	312	14	38	235	72	72	72	110
4c Visuele hinder (m)	625	500	625	1125	750	375	1250	325	750
5 Centrale ligging (km)	8,4	4,1	8,0	10,1	8,1	11,8	14,6	11,5	9,2
6 Ligging t.o.v. overslagstation (km)	13,4	4,2	7,6	8,8	6,0	8,2	9,6	6,7	14,1
7 Bestemmingsplan (ordinal)	3	2	3	3	1	3	3	3	3
8 Aan/ontsluiting (m)	625	625	875	1000	1000	1750	1250	500	750
9 Waterlopen (aantal)	1	1	0	0	0	2	2	2	1

6.4 Visies

Bij de keuze van de meest geschikte lokatie speelt de waardering (gewicht) per criterium een belangrijke rol. Verschillende betrokkenen zullen hun eigen visie omtrent de belangrijkheid van de verschillende criteria hebben. Mogelijke belangenvertegenwoordigers die bij de lokatiekeuze van een stortplaats op Curaçao een rol kunnen spelen zijn:

- de plaatselijke overheid (financier),
- DROV (ruimtelijke ordening),
- Selikor (inzamelaar, beheerder en uitvoerder),
- omwonenden,
- milieugroepen.

Tabel 6.2 Prioriteitenmatrix

LOKATIE CRITERIA	Overhe id	DROV	Selik or	Omwonende n	Mili eu
1 Uitbreiding	8	6	9	1	1
2 Grondsoort	10	4	4	8	12
3a Wateronttrekking agrarisch gebied	3	11	3	7	11
3b Wateronttrekking bebouwd gebied	2	10	2	9	10
4a Benedenwindse hinder	6	8	6	12	6
4b Hinder stort- plaats en -verkeer	5	7	5	11	7
4c Visuele hinder	4	9	1	10	8
5 Centrale ligging	12	5	12	4	5
6 Ligging t.o.v. overslagstation	11	3	11	2	4
7 Bestemmingsplan	1	12	7	5	2
8 Aan/ontsluiting	9	1	10	3	3
9 Waterlopen	7	2	8	6	9

Per belangengroep wordt een bepaalde visie (gewichtenset) verondersteld. Deze gewichtenset bestaat uit een kwalitatieve

waardering (van 1 t/m 12) per criterium. Het criterium met de hoogste prioriteit krijgt de hoogste waardering. De verschillende gewichtensets resulteren in een prioriteitenmatrix. Tabel 6.2 geeft deze prioriteitenmatrix weer.

Opgemerkt dient te worden dat er een afhankelijkheid is tussen criterium 5 en 6. Criterium 5 wordt belangrijker naarmate er meer afval direct (vanaf de bron) naar de stortplaats getransporteerd wordt. Criterium 6 wordt belangrijker naarmate er meer afval indirect (via het overslagstation) naar de stortplaats getransporteerd wordt.

Door het ontbreken van gegevens omtrent de toekomstige verdeling van de afvalstromen (direct of indirect) is het niet mogelijk om op grond hiervan aan te geven welke van de twee criteria belangrijker is. Wel is het zo dat de overslag van afval een extra schakel is in het transportproces en dus extra kosten met zich mee zal brengen. Rekening houdend met de grootte van Curaçao, de investeringskosten en de exploitatiekosten van het te openen overslagstation, is het te betwijfelen of er enige financiële voordelen behaald zullen worden. Daarom is criterium 5 in de prioriteitenmatrix altijd hoger gewaardeerd dan criterium 6. Bij de gevoeligheidsanalyse (§ 6.6) zal nagegaan worden wat het effect op de resultaten zal zijn als het ene criterium beduidend belangrijker zou zijn dan het andere en andersom.

6.5 Resultaten

Nu de evaluatiematrix en de prioriteitenmatrix vastgesteld zijn, kunnen de lokaties met behulp van het multicriteria-evaluatieprogramma EVAMIX afgewogen worden. Met EVAMIX kunnen zowel kwantitatieve als kwalitatieve data verwerkt worden. Verder maakt dit computerprogramma gebruik van drie verschillende rekentechnieken. Nadere informatie over EVAMIX is te vinden in het boek *Multicriteria evaluation for urban and regional planning* (Voogd, 1983). De resultaten met behulp van EVAMIX zijn samengevat in tabel 6.3.

Tabel 6.3 Resultaten met behulp van EXAMIX.

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	C	B	D	E	G	A	H	I	F
DROV	G	D	C	I	A	E	B	F	H
Selikor	C	D	B	E	A	G	H	I	F
Omwonenden	G	D	C	I	A	B	E	H	F
Milieugroep	D	G	C	B	I	E	A	H	F

A: Wechi D: Koraal Tabak G: Fuik
 B: Sapaté E: Groot Sint Joris H: Santa Barabara
 C: Santa Catharina F: Klein Sint Joris I: Malpais

Uit de tabel blijkt dat:

- bij alle visies de lokaties C (Santa Catharina) en D (Koraal Tabak) binnen de eerste drie voorkeursplaatsen scoren,
- de lokatie C (Santa Catharina) volgens de visies "Overheid" en "Selikor" als beste bevonden wordt met respectievelijk de lokaties B (Sapaté) en D (Koraal Tabak) als tweede voorkeur,
- de lokatie D (Koraal Tabak) volgens de visie "Milieugroep" als beste bevonden wordt met lokatie G (Fuik) als tweede voorkeur,
- de lokatie G (Fuik) door de visies "DROV" en "Omwonenden" als beste bevonden wordt met de lokatie D (Koraal Tabak) als tweede voorkeur,
- de lokatie F (Klein Sint Joris) bij alle visies als slechtste bevonden wordt,
- de lokatie I (Malpais) bij alle visies middelmatig tot zeer slecht scoort.

6.6 Gevoeligheidsanalyse

Bij de bepaling van de scores van de lokaties per criterium is soms gebruik gemaakt van aannames, die af kunnen wijken van de werkelijke situatie. Hierdoor kan een afwijking in de resultaten geïntroduceerd zijn. In deze paragraaf zal nagegaan worden in hoeverre de resultaten veranderen indien er andere aannames, en dus andere scores, gehanteerd worden. De criteria waarbij met aannames gewerkt is, zijn criteria 1, 4b en 6.

Ook ten aanzien van de waardering van de criteria zijn bepaalde aannames gedaan die niet correct kunnen zijn. Dit geldt met name voor de waarderingen van criteria 3b, 5 en 6.

Voor de gevoeligheidsanalyse leidt dit dus tot zes wijzigingen in scores en waarderingen:

1. Wijziging scores criterium 1 (Uitbreidingsmogelijkheid). Bij de bepaling van de uitbreidingsmogelijkheid voor lokaties nabij open water is de hoogtelijn van +10 m als grens aangehouden. Dit wordt vervangen door de aanname dat er uitgebreid kan worden tot de hoogtelijn van +5 m. De scores zien dan als volgt uit:

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	47 ha
B. Sapaté	:	14 ha
C. Santa Catharina	:	69 ha
D. Koraal Tabak	:	113 ha
E. Groot Sint Joris	:	168 ha
F. Klein Sint Joris	:	56 ha
G. Fuik	:	487 ha
H. Santa Barbara	:	31 ha
I. Malpais	:	23 ha

2. Wijziging scores criterium 4b (Hinder stortplaats en -verkeer). Bij dit criterium wordt in plaats van het meest ongunstige geval het gunstigste geval genomen d.w.z. de zone met het laagste gemiddelde aantal woningen per vierkante kilometer is maatgevend. Dit geeft de volgende scores:

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	44 won./km ²
B. Sapaté	:	166 won./km ²
C. Santa Catharina	:	14 won./km ²
D. Koraal Tabak	:	38 won./km ²
E. Groot Sint Joris	:	214 won./km ²
F. Klein Sint Joris	:	72 won./km ²
G. Fuik	:	72 won./km ²
H. Santa Barbara	:	72 won./km ²
I. Malpais	:	44 won./km ²

3. Wijziging scores criterium 6 (Ligging t.o.v. overslagstation). Bij dit criterium is de afstand van het overslagstation tot de lokaties, in plaats van hemelsbreed, gemeten langs de meest waarschijnlijke aanvoerroute langs hoofdwegen. Hierbij is gebruik gemaakt van topografische kaarten (1:25.000) (Kadaster, 1982) en een wegenkaart (1:18.850) (Curoil, 1989).

De scores zijn dan als volgt:

(Lokatie)	:	(score)
A. Wechi	:	15,0 km
B. Sapaté	:	6,5 km
C. Santa Catharina	:	10,3 km
D. Koraal Tabak	:	11,0 km
E. Groot Sint Joris	:	8,8 km
F. Klein Sint Joris	:	9,9 km
G. Fuik	:	12,5 km
H. Santa Barbara	:	9,8 km
I. Malpais	:	16,3 km

4. Laagste waardering criterium 3b (Wateronttrekking bebouwd gebied).

De nieuwe criterium 3b krijgt bij alle visies de laagste waardering (1). Er wordt ervan uitgegaan dat één van de volgende gevallen zich zou kunnen voordoen:

- er stroomt geen grondwater van onder de stortplaats richting bebouwd gebied,
- er vindt nagenoeg geen onttrekking van grondwater in het bebouwd gebied plaats,
- de verontreiniging ten gevolge van de stortplaats is verwaarloosbaar in vergelijking tot de verontreiniging ten gevolge van de beerputten.

Dit wil zeggen dat het gevaar van onttrekking van verontreinigd grondwater, ten gevolge van de aanwezigheid van de stortplaats, zeer klein is.

5. Laagste waardering criterium 5 (Centrale ligging). Criterium 5 krijgt bij alle visies de laagste waardering (1). Dit is de situatie waarbij een overgroot deel van het afval via het overslagstation naar de stortplaats getransporteerd wordt.

6. Laagste waardering criterium 6 (Ligging t.o.v. overslagstation).

Criterium 6 krijgt bij alle visies de laagste waardering (1). Dit geldt, in tegenstelling tot het voorgaande geval, juist indien slechts een klein deel van het afval via het overslagstation getransporteerd wordt. Redenen hiervoor kunnen zijn:

- afhankelijk van de ligging van de stortplaats kan het voordeliger zijn om het afval direct van de bron naar de stortplaats te transporteren,
- slecht beheer of onderhoud waardoor het overslagstation niet optimaal kan functioneren.

De bovengenoemde gewijzigde scores en waarderingen worden verwerkt tot drie nieuwe evaluatiematrices en drie nieuwe prioriteitenmatrices. Per wijziging worden met behulp van EVAMIX de lokaties opnieuw afgewogen. De nieuwe resultaten zijn samengevat in tabel 6.4 t/m 6.9.

Tabel 6.4 Resultaten met behulp van EXAMIX na wijziging Criterium 1 (Uitbreiding).

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	B	C	D	G	E	A	H	I	F
DROV	G	D	C	I	A	B	F	H	E
Selikor	C	B	D	G	E	A	H	I	F
Omwonenden	G	D	C	I	A	B	E	H	F
Milieugroep	D	G	C	B	I	E	A	H	F

Tabel 6.5 Resultaten met behulp van EXAMIX na wijziging Criterium 4b (Stort- en verkeershinder).

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	C	D	B	E	G	A	H	I	F
DROV	G	D	C	I	A	B	E	F	H
Selikor	C	D	B	E	A	G	H	I	F
Omwonenden	G	D	C	I	A	B	E	H	F
Milieugroep	D	G	C	B	I	A	E	H	F

Tabel 6.6 Resultaten met behulp van EXAMIX na wijziging Criterium 6 (Ligging t.o.v. overslagstation).

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	C	D	B	E	G	A	H	I	F
DROV	G	D	C	I	A	B	E	F	H
Selikor	C	D	B	E	A	G	H	I	F
Omwonenden	G	D	C	I	A	B	E	H	F
Milieugroep	D	G	C	B	I	E	A	H	F

Tabel 6.7 Resultaten met behulp van EXAMIX met laagste waardering Criterium 3b (Wateronttrekking bebouwd gebied).

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	C	B	D	E	G	A	H	I	F
DROV	G	D	C	A	I	B	E	H	F
Selikor	C	D	B	E	A	G	H	I	F
Omwonenden	D	G	C	A	I	B	H	E	F
Milieugroep	D	G	C	B	E	I	A	H	F

Tabel 6.8 Resultaten met behulp van EXAMIX met laagste waardering Criterium 5 (Centrale ligging).

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	D	C	G	E	B	H	A	I	F
DROV	G	D	C	I	A	E	B	H	F
Selikor	C	D	G	E	B	H	A	I	F
Omwonenden	G	D	C	I	A	B	E	H	F
Milieugroep	D	G	C	B	I	E	A	H	F

Tabel 6.9 Resultaten met behulp van EXAMIX met laagste waardering Criterium 6 (Ligging t.o.v. overslagstation).

RANGORDE	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VISIE									
Overheid	D	C	G	B	A	E	I	H	F
DROV	G	D	C	I	A	E	B	F	H
Selikor	C	D	A	G	E	B	I	H	F
Omwonenden	G	D	C	I	A	B	E	H	F
Milieugroep	D	G	C	I	B	A	E	H	F

Vergelijking van bovenstaande tabellen met tabel 6.3 laat zien dat bij alle visies er nauwelijks verandering optreedt in de eerste twee voorkeurslokaties. De verschillen zijn:

- Bij de visie "Omwonenden" één wijziging, namelijk een wisseling in de volgorde van de eerste twee voorkeurslokaties.
- Bij de visie "Selikor" één keer anders in de tweede voorkeur (lokatie B als 2^{de} voorkeur in plaats van D).
- Bij de visie "Overheid" bestaan de eerste twee voorkeurslokaties voornamelijk uit C en D in plaats van C en B. Lokatie B (Sapaté) schuift namelijk in een aantal gevallen naar achteren. Dit is als volgt te verklaren: Sapaté heeft, buiten een geschikte grondsoort, als enige sterke punt de korte transportafstand. Zoals eerder vermeld legt de transportafstand een grote druk op de kosten. Als één van de criteria 5 of 6 sterk ondergewaardeerd wordt, heeft dit direct gevolgen voor de aantrekkelijkheid van deze lokatie voor de overheid aangezien deze als financier optreedt.

De andere twee visies zijn overal identiek in de 1^{ste} en 2^{de} voorkeur.

Geconcludeerd kan worden uit de gevoeligheidsanalyse dat de in de vorige paragraaf bevonden resultaten stabiel zijn.

N.B. In de vorige paragraaf is reeds een gevoeligheidsanalyse doorgevoerd doordat Evamix gebruik maakt van drie rekenmethodes en er is gewerkt met verschillende visies.

6.7 Conclusie

Een evaluatie van de resultaten leidt tot de volgende constatering. De lokaties die de beste perspectieven bieden zijn:

- Santa Catharina (C),
- Koraal Tabak (D) en
- Fuik (G).

Santa Catharina heeft als sterke punten de goede uitbreidingsmogelijkheid, een geschikte grondsoort (afdek materiaal) en de dunbevolkte omgeving. De zwakke punten zijn de korte afstanden tot wateronttrekkingsgebieden en bebouwde gebieden.

De lokaties Koraal Tabak en Fuik hebben beide als sterke punten de goede uitbreidingsmogelijkheid, een geschikte grondsoort, de grote afstand tot wateronttrekkingsgebieden en de grote afstand tot bebouwde gebieden. Een zwak punt van Fuik is dat deze lokatie op grote afstand van het (zwaartepunt van het) vuilophaalgebied en van het overslagstation ligt. Koraal Tabak heeft geen specifieke zwakke punten.

Volgens de visies "Overheid" en "Selikor" biedt Sapaté (B) ook goede perspectieven. Dit wordt enkel veroorzaakt door de zeer gunstige ligging, zowel ten opzichte van het vuilophaalgebied als ten opzichte van het overslagstation. Minpunten van deze lokatie zijn echter de beperkte uitbreidingsmogelijkheid, de korte afstand tot wateronttrekkingsgebieden en de korte afstand tot bebouwde gebieden. Bij deze lokatie zou dezelfde situatie kunnen optreden als bij Koraal Specht (namelijk sluiting t.g.v. overlast, zie § 2.2). Om deze redenen moet Sapaté zeer kritisch bekeken worden.

Door het ontbreken van nadere gegevens omtrent de grondwaterstand, grondwaterstroming, grondwaterkwaliteit, grondlaagdikte, aanvoerroutes, eigendomssituaties e.d. (zie paragraaf 6.3) en het ontbreken van de werkelijke visies van de betrokkenen, is het niet mogelijk om aan te geven welke van de drie lokaties Santa Catharina, Koraal Tabak of Fuik de meest geschikte is.

Verder moet geconstateerd worden dat, gezien de resultaten, de keuze voor de lokatie Malpais op z'n minst omstreden mag worden genoemd. Zwakke punten van Malpais zijn:

- de beperkte uitbreidingsmogelijkheid,
- een ongeschikte grondsoort,
- de korte afstand tot wateronttrekkingsgebieden en
- de grote afstand tot het overslagstation.

Het enige sterke punt van deze lokatie is dat er nauwelijks sprake is van visuele hinder.

Geconcludeerd mag worden dat de redenering van de plaatselijke autoriteiten dat verweerd diabaas noodzakelijk is als afdek materiaal (Selikor, 1991) en een lokatie in het oostelijk deel van Curaçao gezien de dichte bevolking niet mogelijk is (DROV, 1991) volkomen onterecht is.

HOOFDSTUK 7

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

In dit rapport zijn de resultaten en werkwijze beschreven van een onderzoek naar de afvalverwerking op Curaçao. Dit onderzoek bestond uit een aantal onderdelen.

Ten eerste is er met betrekking tot de levensduur van de huidige stortplaats Malpais nooit een nauwkeurige schatting gedaan. De bestaande schattingen lagen tussen de 10 en 60 jaar. Het eerste probleem dat in dit rapport is behandeld betreft het bepalen van deze levensduur. Hiervoor is een mathematisch model ontwikkeld, waarin de verschillende invloedsfactoren zijn meegenomen die bepalend kunnen zijn voor de levensduur van een stortplaats. Uit de resultaten blijkt dat met de huidige uitvoeringsmethode de stortplaats Malpais tot slechts het jaar 1996 kan functioneren. Dit wordt veroorzaakt door het opraken van de aanwezige voorraad afdekmateriaal, terwijl een overgroot deel van het stortterrein niet benut wordt.

Op grond hiervan is als doelstelling voor het verdere onderzoek geformuleerd: Het verlengen van de levensduur van de huidige stortplaats op een milieutechnische en economisch verantwoorde manier. Gezien de korte resterende levensduur moet de oplossing op korte termijn uitvoerbaar zijn. Hiertoe zijn een aantal alternatieven ontwikkeld en uitgewerkt. Geconstateerd is dat met betrekkelijk weinig inspanning, namelijk het lokaal uitgraven van afdekmateriaal, de levensduur verlengd kan worden tot minimaal het jaar 2005 en maximaal het jaar 2020, afhankelijk van de bevolkings-, en economische groei en het wel of niet verhogen van de storthoogte. Indien het mogelijk zou zijn om het bouw- en sloopafval buiten de beschikbare stortoppervlakte te storten wordt de levensduur met nog 5 à 10 jaar verlengd. Mogelijkheden om bouw- en sloopafval op een geheel andere lokatie te storten dienen nader onderzocht te worden.

Conclusie 1: De levensduur van de stortplaats Malpais reikt slechts tot het jaar 1996.

Aanbeveling: Het lokaal uitgraven van afdekmateriaal en het apart storten van bouw- en sloopafval, om de levensduur aanzienlijk te verlengen.

Ten tweede is er onderzoek gedaan naar de verontreiniging van de bodem en het grondwater door uittredend percolaat. De factoren die de hoeveelheid percolaat beïnvloeden zijn beschreven en berekend. Uit de berekeningen blijkt dat er met de huidige uitvoeringsmethode percolaat zal uittreden zowel tijdens uitvoering als na voltooiing van de stortactiviteiten. Metingen rond de stortplaats door middel van het nemen van bodemonsters dienen deze berekeningen te verifiëren. De vorming en vervolgens uittreding van het percolaat is een gevolg van de grote hoeveelheid regenwater die door de afdeklaag van verweerd diabaas heen het stortlichaam

infiltrereert. Door het toepassen van een afdek materiaal met een hoog vochthoudend vermogen, zoals zavel in plaats van verweerd diabaas, zal er geen regenwater door de afdeklaag heen sijpelen. Er zal dan ook geen percolaat uit het stortlichaam treden. In natte perioden kan de berijdbaarheid van het stortterrein enigszins aangetast worden, maar dit kan verholpen worden door rijplaten te gebruiken.

Conclusie 2.1: Er vindt te Malpais uittreding van percolaat plaats, er is dus sprake van bodemverontreiniging vindt.

Aanbeveling: Het toepassen van zavel in plaats van verweerd diabaas als afdek materiaal om percolaatvorming tegen te gaan.

Vervolgens zijn de factoren die de kwaliteit van het percolaat bepalen behandeld. Vanwege het ontbreken van percolaatmetingen op de huidige stortplaats, zijn de door Grabowsky & Poort uitgevoerde percolaatmetingen op de voormalige stortplaats geanalyseerd. Geconstateerd moet worden dat resultaten van deze percolaatmetingen niet geschikt zijn als indicatie voor de percolaatkwaliteit te Malpais, omdat door de nabijheid van een lagune het percolaat mogelijk verdund is. Om een uitspraak te kunnen doen over de kwaliteit van het percolaat te Malpais dienen nieuwe metingen op Malpais verricht te worden.

Conclusie 2.2: De kwaliteit van het percolaat te Malpais is niet bekend, er kan geen uitspraak gedaan worden over de mate van bodemverontreiniging.

Aanbeveling: Het uitvoeren van metingen in en rond het stortlichaam ter bepaling van de kwaliteit van het percolaat.

Verder is in dit onderzoek gekeken naar de mogelijke functies van de stortplaats na voltooiing. Rekening houdend met beperkende factoren zoals ongelijkmatige zettingen, gering draagvermogen, uittredende gassen en percolaat, en het droge klimaat op Curaçao in beschouwing genomen, blijkt dat de stortplaats Malpais na sluiting het beste een bestemming als natuurbouw kan krijgen. Hiertoe dient het definitieve stortoppervlak beplant te worden met in het gebied voorkomende (droogtebestendige) begroeiing. Tevens dient het gebied te worden voorzien van een omheining om de begroeiing te beschermen tegen de vele loslopende geiten.

Conclusie 3: Na sluiting van Malpais is de meest geschikte bestemming natuurbouw.

Aanbeveling: Het aanbrengen van een omheining ter bescherming.

Tenslotte is uitgezocht welke lokatie op Curaçao het meest geschikt is voor een stortplaats. Eerst zijn door middel van een zeefanalyse die gebieden uitgesloten die niet in aanmerking komen voor een stortlokatie. Uit de overgebleven gebieden zijn potentiële lokaties gekozen. Verder zijn criteria en visies opgesteld om vervolgens met een

multicriteria-evaluatiemethode de potentiële lokaties af te wegen. Ter beoordeling van de geschiktheid van Malpais is deze ook meegewogen. De resultaten leiden tot de conclusie dat er drie lokaties zijn die de beste perspectieven bieden. Dit zijn: Santa Catharina, Koraal Tabak en Fuik. Door het ontbreken van nadere gegevens (zoals grondwaterpeil, grondwaterkwaliteit, grondlaagdikte en eigendomssituatie) en de werkelijke visies is het niet mogelijk om aan te geven welke van deze drie lokaties de meest geschikte is. Malpais komt naar voren als een hoogstens middelmatige keuze.

Conclusie 4.1: Malpais is niet de meest geschikte lokatie voor een stortplaats.

Conclusie 4.2: De drie meest geschikte lokaties voor een stortplaats zijn: Santa Catharina, Koraal Tabak en Fuik.

Aanbeveling: Het bepalen van de ontbrekende gegevens van de bovenstaande lokaties om de meest geschikte stortlokatie op Curaçao aan te wijzen.

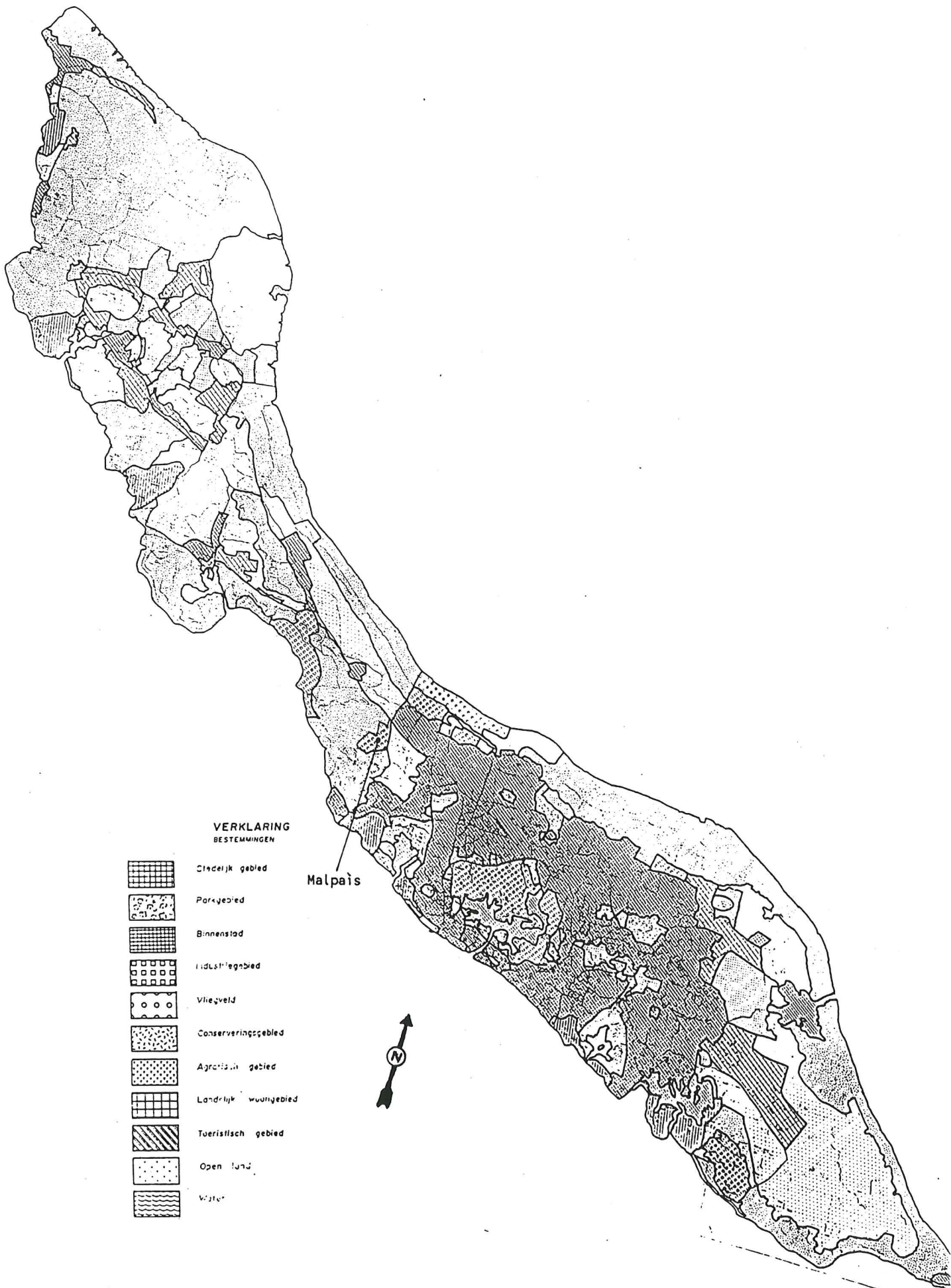
Bijlagen

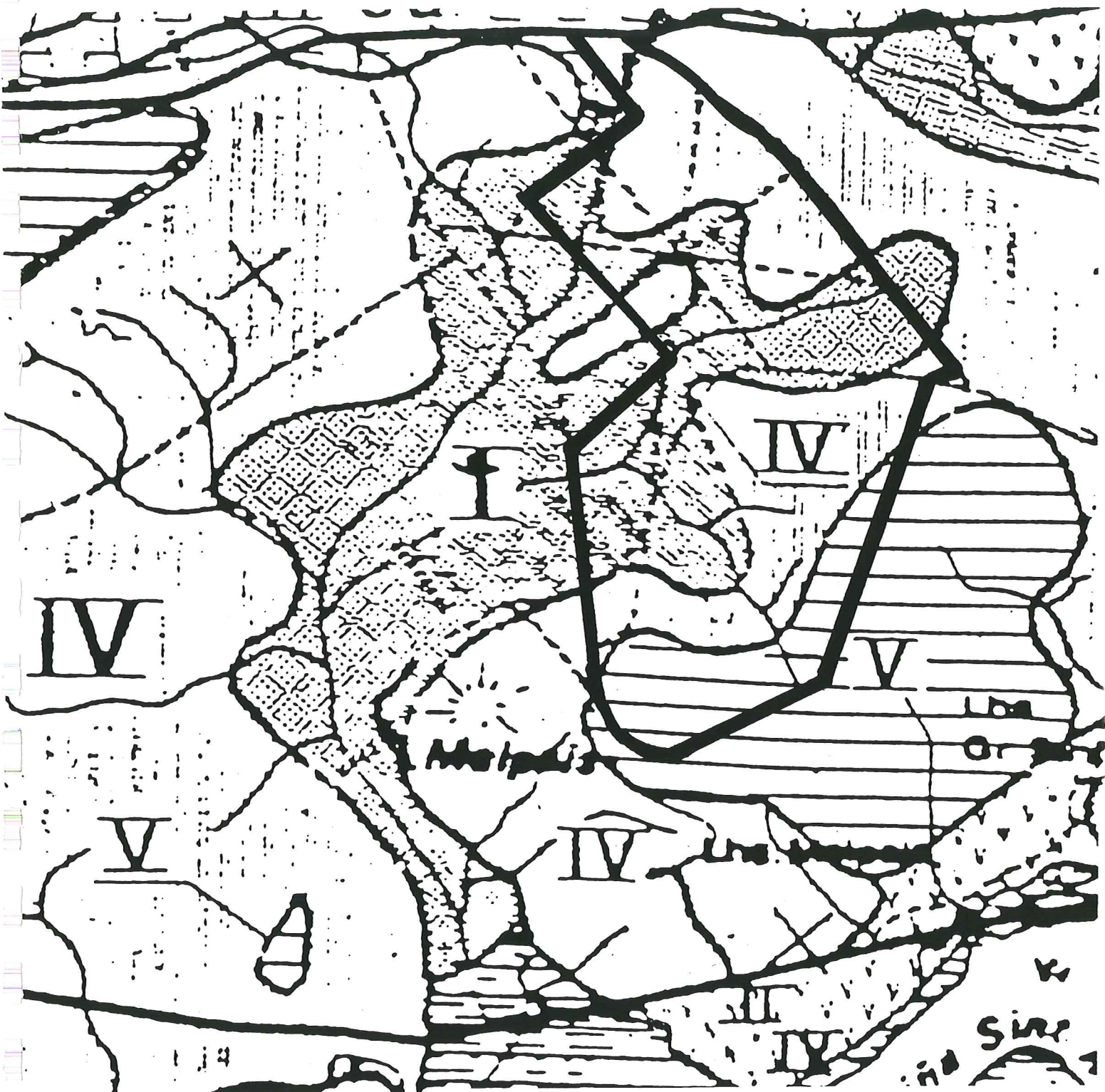
Bijlagen:

- 1 Eilandelijk ontwikkelingsplan voor Curaçao 1991
- 2 Aanwezige grondsoorten te Malpais
- 3 Samenstelling huisvuil op Curaçao
- 4 Voorwaarden voor hindervergunning voor Landfill Malpais
- 5 Uitwerking van het rekenmodel ter bepaling van de huidige levensduur
- 5a Berekening benodigde stortoppervlakte
- 5b Berekeningen alternatieven
- 6 Geschiktheid van verscheidene grondsoorten als afdekmateriaal
- 7 Overzicht van klimatologische gemiddelden, periode 1961-1990
- 8 Berekening van de evapotranspiratie
- 9 Grondeigenschappen
- 10 Toetsingstabel voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in de bodem
- 11 Bepaling van het zwaartepunt van het vuilophaalgebied
- 12a Veto-criterium 1: Gebieden ver van het dichtbevolkte deel
- 12b Veto-criterium 2: Bebouwde gebieden
- 12c Veto-criterium 3: Ontwikkelingsgebied
- 12d Veto-criterium 4: Conserveringsgebied
- 12e Veto-criterium 5: Omgeving vliegveld
- 12f Veto-criterium 6: Rotsachtige gebieden
- 13 Kaartbeeld na de zeefanalyse
- 14 Potentiële stortlokaties
- 15 Uitbreidingsmogelijkheid
- 16 Grondsoort
- 17 Afstand tot waterputten t.b.v. agrarische doeleinden
- 18 Afstand tot bebouwd gebied
- 19 Afstand tot benedenwindse bebouwing
- 20 Zones volgens de Thematische Geocode Atlas van Curaçao (CBS en DROV, 1986)
- 21 Ligging t.o.v. het zwaartepunt van het ophaalgebied
- 22 Ligging t.o.v. het overslagstation
- 23 Bestemmingskaart (DROV, 1991)
- 24 Waterlopen

Bijlage 1:

Eilandelijk ontwikkelingsplan voor Curaçao 1991
(DROV, 1991)





Class I		Suitable soils for irrigated agriculture.	LAND SUITED FOR CULTIVATION
Class II		Suitable soils for raindependent agriculture under special conditions.	
Class III		Suitable soils for grazing.	LAND NOT SUITED FOR CULTIVATION
Class IIIe		Saline soils and saline-siltalkali soils only suitable for special grass species.	
Class IV		Suitable soils for forestry and limited grazing.	
Class V		Land only suitable for watershed or recreational purposes or wildlife. (Partly also restoration for erosion control)	
Class II/IV		Complex of class II and class IV.	

Vaarsenbaai

Bijlage 3: Samenstelling huisvuil op Curaçao (Kook, 1989)

Fractie-component	Volumeprocent	Gewichtsprocent
Papier	29	21
Glas	10	18
Metaal	12	8
Kunststof	12	6
Organisch materiaal	16	25
Rest	21	22
Totaal	100	100

Bijlage 4: Voorwaarden voor hindervergunning voor Landfill Malpais (Selikor, 1991)

1. De inrichting moet steeds in goede staat van onderhoud verkeren.
2. Toegangshekken moeten buiten de tijden van openstelling gesloten worden gehouden.
3. Nabij de toegang moeten duidelijk leesbare opschriften zijn aangebracht met het verbod voor onbevoegden om het terrein te betreden, alsmede met de uren, waarop het terrein is opengesteld.
4. Gedurende de tijd, dat het terrein opengesteld is, moet toezicht aanwezig zijn; het storten van afval door particulieren mag slechts onder toezicht geschieden. De persoon die toezicht houdt moet bekend zijn met de vergunningsvoorwaarden en zijn geïnstrueerd over hun toepassing.
5. Er mag gelijktijdig op niet meer dan één plaats worden gestort, op andere gedeelten van het terrein mogen geen afvalstoffen uitgezonderd afdekmateriaal in onafgedekte toestand aanwezig zijn.
6. Het aangevoerde afval moet terstond na het storten met behulp van een mechanisch werktuig worden geëgaliseerd en verdicht.
7. De hellingen van de vuilnisstortplaats moeten, naarmate de afvalberg boven het maaiveld stijgt, onverwijld worden afgedekt onder een talud 1:4.
8. Aan het einde van iedere dag behoren bovenzvlak en taluds van het afval afgedekt te worden, met een laag diabaas van minstens 15 cm dik, zodat ongedierte en vogels geen toegang hebben tot het afval.
9. De dagelijkse afdekking moet ca. 15 cm zijn bij een geringe verdichting van het afval, doch kan bij een sterke verdichting minder zijn.
10. Na beëindiging van het stort moet het bovenzvlak worden afgedekt met tenminste 60 cm afdekkingsmateriaal waarop geen afval meer gestort mag worden.
11. Het afdekmateriaal moet inert en poreus zijn.
12. Het terrein-gedeelte waar tijdelijk niet afgedekt afval aanwezig is, inclusief de plaats, waar de vuilniswagens het aangevoerde afval op de bovenzijde van de stortbaan deponeren, moeten indien nodig i.v.m. mogelijke verspreiding van het vuil, aan lijzijde zijn afgezet met een verplaatsbare afrastering, van zodanige hoogte dat zich geen afval buiten deze afrastering kan verspreiden.

Indien, door welke oorzaak ook, zich afval buiten de afrastering verspreidt, dient dit te worden verzameld en in de stort verwerkt.

13. Op het terrein moet voortdurend een voldoende grote hoeveelheid afdek materiaal in depot aanwezig zijn voor het dagelijks afdekken van het gestorte afval.
14. De inrichting moet met zorg worden bediend en, evenals de omgeving ervan, steeds in ordelijke toestand worden gehouden, terwijl afrastering, toegangshek en opschriften alsmede de mechanische werktuigen steeds in goede staat van onderhoud moeten verkeren.
15. Alle mogelijke maatregelen dienen genomen te worden, om de bewoners in de omgeving zo min mogelijk overlast te bezorgen.
16. Er dienen doelmatige maatregelen te worden genomen waar opwaaiend stof een probleem vormt, zoals besproeien e.d.
17. Huisdieren in het algemeen, maar geiten en honden in het bijzonder moeten van het stort geweerd worden.
18. Autowrakken mogen niet op de landfill worden gestort.
19. Op het terrein mogen geen afvalstoffen worden gesorteerd of voor afvoer opgeslagen, tenzij dit bevorderlijk is voor het voldoen aan de andere eisen.
20. In de inrichting mag niet worden gestort of begraven: slachtafval en ander afval van dierlijke aard, fecaliën, kadavers, aardolieproducten zoals afgewerkte olie, ioniserende stralen uitzendende stoffen en stoffen waarvan de waterige oplossing reeds in geringe concentratie giftig is voor plantaardig en/of dierlijk leven.
Afvalstoffen, afkomstig van chemische fabrieken mogen alleen worden gestort, nadat een op deze afvalstoffen van toepassing zijnde gifvrijverklaring door de afleverende fabriek is afgegeven.
21. Het terrein, waar de vuilnisstorting plaats heeft, moet zodanig van waterlopen in de omgeving zijn afgesloten, dat geen verontreinigd water en geen afval in deze waterlopen kan geraken.
Uit de inrichting mag geen verontreinigd water op welke wijze ook in de bedoelde waterlopen worden geloosd.
22. In de inrichting mag geen afval worden verbrand.
23. Wanneer en door welke oorzaak ook het gestort vuilnis in brand zou geraken moeten onmiddellijk maatregelen worden genomen om de brand te blussen. Gereedschap hiertoe dient op of in de naaste omgeving van de inrichting aanwezig te zijn.

24. Tenminste eenmaal per maand moet een inspectie op de aanwezigheid van ratten en ander ongedierte worden verricht. Indien deze aanwezigheid wordt geconstateerd moeten afdoende maatregelen ter verdelging worden genomen.

25. Het in te zetten materieel voor de afvalverwerking mag geen geluidshinder veroorzaken voor bewoners in de omgeving van het stort.
De geluidsbelasting afkomstig van de in bedrijf zijnde motoren en andere werkzaamheden mag op de grens van de inrichting niet hoger zijn dan
 - a. 45 dB(A) tussen 17.00 en 07.00 uur.
 - b. 55 dB(A) tussen 07.00 en 17.00 uur.

Bijlage 5: Uitwerking van het rekenmodel ter bepaling van de huidige levensduur

Gebruikte formules

$$\begin{aligned}
 GF &= [(1 + BG + EG)^L + 1] / 2 \\
 VV &= IHV * GF / D \\
 PA &= P * VV \\
 TOP &= [\sqrt{[(\sum VV + \sum PA) * L] / (CD * ASL)} - 4 * CD * ASL]^2 \\
 ZIJ &= \sqrt{[(\sum VV + \sum PA) * L] / (CD * ASL)} * \sqrt{17 * CD * ASL} * 4 \\
 FC &= (TOP + ZIJ) * (DFC - DPA) \\
 BOD &= [\sqrt{[(\sum VV + \sum PA) * L] / (CD * ASL)} + 4 * CD * ASL]^2 \\
 VA &= VH + WA * L \\
 COS &= OS - BOD \\
 CVA &= VA - (\sum PA + FC)
 \end{aligned}$$

Lijst met gebruikte afkortingen

GF	: gemiddelde groeifactor	[1/j]
BG	: bevolkingsgroei	[%/j]
EG	: economische groei	[%/j]
L	: levensduur	[j]
VV	: vuilvolume	[m ³ /j]
IHV	: initiële hoeveelheid vuil	[t]
D	: vuildichtheid	[t/m ³]
PA	: volume primair afdekmateriaal	[m ³ /j]
P	: verhouding primaire afdekking : vuilvolume	
TOP	: oppervlak top stortplaats	[m ²]
ZIJ	: oppervlak zijanten stortplaats	[m ²]
CD	: celdiepte	[m]
ASL	: aantal stortlagen	
FC	: volume definitief afdekmateriaal	[m ³]
DPA	: dikte primaire afdeklaag	[m]
DFC	: dikte definitieve afdeklaag	[m]
BOD	: oppervlak stortbodem	[m ²]
VA	: voorraad afdekmateriaal	[m ³]
VH	: voorraad afkomstig van de heuvels	[m ³]
WA	: winning afdekmateriaal (stort afvalbanden)	[m ³ /j]
COS	: Resterende oppervlakte stortplaats (controle)	[m ²]
OS	: Oppervlakte stortplaats	[m ²]
CVA	: Resterende volume afdekmateriaal (controle)	[m ³]

Huishoudelijk & Bedrijfsafval :					
IHV :	30000	[t/j]	VV :	44560	[m3/j]
D :	0,7	[t/m3]	PA :	8912	[m3/j]
Grof afval :					
IHV :	6000	[t/j]	VV :	12477	[m3/j]
D :	0,5	[t/m3]	PA :	1782	[m3/j]
Puin :					
IHV :	47300	[t]	VV :	37830	[m3/j]
D :	1,3	[t/m3]	PA :	5404	[m3/j]
Saneerafval :					
IHV :	5100	[t]	VV :	3314	[m3/j]
D :	1,6	[t/m3]	PA :	473	[m3/j]
Afvalbanden :					
IHV :	46000	[st]	VV :	2657	[m3/j]
D :	18	[st/m3]	PA :	886	[m3/J]
			WA :	1771	[m3/J]
Definitieve afdekking :					
ASL :	3				
CD :	2	[m]			
TOP :	90199	[m2]			
ZIJ :	32094	[m2]			
DPA :	0,15	[m]			
DFC :	0,60	[m]	FC :	55032	[m3]
Levensduur :					
L :	5,5	[j]			
Controle :					
VA :	145743	[m3]	CVA :	-436	[m3]
TPA :	91147	[m3]			
FC :	55032	[m3]			
OS :					
OS :	42	[ha]	COS :	29,1	[ha]
BOD :	12,1	[ha]			

OAB :	1	[ha]			
SCENARIO'S:					
Bevolking & Economie:					
BG :	0,4	[%]			
EG :	1	[%]	GF :	1,04	
Recycling:					
H&B :	0	[%]			
Puin :	0	[%]			
Afvalb.:	0	[%]			



Bijlage 5a: Berekening benodigde stortoppervlakte

Gebruikte symbolen

$Z^2 = \text{TOP}$: oppervlak top stortplaats
 $Y^2 = \text{BOD1}$: benodigde stortoppervlak
 X^2 : oppervlak uitgegraven gedeelte
 a : storthoogte vanaf oorspronkelijke maaiveld
 b : diepte uitgraving
 V_1 : stortvolume boven het oorspronkelijke maaiveld
 V_2 : stortvolume onder het oorspronkelijke maaiveld
 V_{tot} : totale stortvolume

Uit de taluds volgt (de taluds van het uitgegraven gedeelte worden gelijk gesteld aan de gebruikte taluds van het stortlichaam):

$$Y = Z + 8a = X + 8b$$

ofwel

$$Z = Y - 8a \text{ en} \\ X = Y - 8b .$$

Verder geldt

$$V_{\text{tot}} = V_1 + V_2 .$$

De volumes worden gegeven door

$$V_1 = a/2 * (Y^2 + Z^2) \text{ en} \\ V_2 = b/2 * (Y^2 + X^2) .$$

Eliminatie van X en Z en optellen geeft

$$V_{\text{tot}} = a/2 * [Y^2 + (Y - 8a)^2] + b/2 * [Y^2 + (Y - 8b)^2] .$$

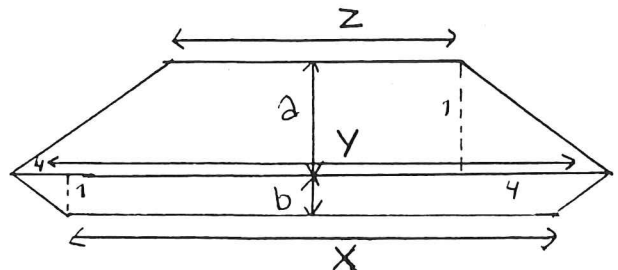
Uitwerken levert een vierkantsvergelijking voor Y op:

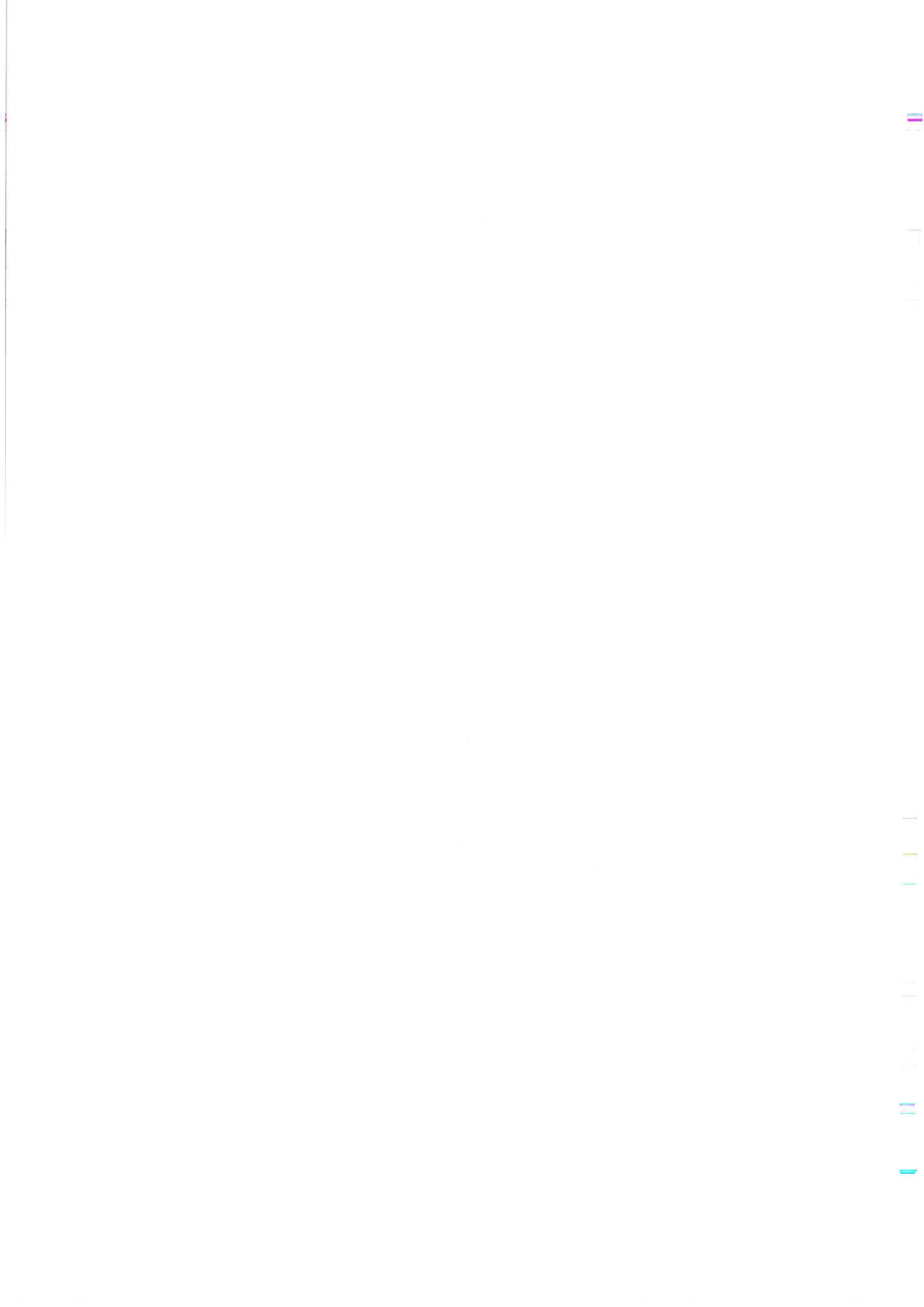
$$(a + b) Y^2 - 8(a^2 + b^2) Y + 32(a^3 + b^3) - V_{\text{tot}} = 0 .$$

De oplossing wordt gegeven door de abc-formule:

$$Y = [4(a^2 + b^2) + \sqrt{16(a^2 + b^2)^2 - (a + b) * (32(a^3 + b^3) - V_{\text{tot}})}] / (a + b) .$$

Kwadrateren geeft de benodigde stortoppervlakte BOD1.





Bijlage 5b: Berekeningen alternatieven

Alternatief 0⁺

Huishoudelijk & Bedrijfsafval :					
IHV :	30000	[t/j]	VV :	48570	[m3/j]
D :	0,7	[t/m3]	PA :	9714	[m3/j]
Grof afval :					
IHV :	6000	[t/j]	VV :	13600	[m3/j]
D :	0,5	[t/m3]	PA :	1943	[m3/j]
Puin :					
IHV :	47300	[t]	VV :	41235	[m3/j]
D :	1,3	[t/m3]	PA :	5891	[m3/j]
Saneerafval :					
IHV :	5100	[t]	VV :	3612	[m3/j]
D :	1,6	[t/m3]	PA :	516	[m3/j]
Afvalbanden :					
IHV :	46000	[st]	VV :	2896	[m3/j]
D :	18	[st/m3]	PA :	965	[m3/J]
			WA :	1931	[m3/J]
Definitieve afdekking :					
ASL :	3				
CD :	2	[m]			
TOP :	326398	[m2]			
ZIJ :	58909	[m2]			
DPA :	0,15	[m]			
DFC :	0,60	[m]	FC :	173388	[m3]
Levensduur :					
L :	17	[j]			
Controle :					
VA :	168824	[m3]	CVA :	-311646	[m3]
TPA :	307082	[m3]			
FC :	173388	[m3]			
OS :					
OS :	42	[ha]	COS :	1,2	[ha]
BOD :	38,4	[ha]			



OAB :	2	[ha]			
SCENARIO'S:					
Bevolking & Economie:					
BG :	0,4	[%]			
EG :	1	[%]	GF :	1,13	
Recycling:					
H&B :	0	[%]			
Puin :	0	[%]			
Afvalb.:	0	[%]			



Alternatief 1

Huishoudelijk & Bedrijfsafval :					
IHV :	30000	[t/j]	VV :	49065	[m3/j]
D :	0,7	[t/m3]	PA :	9813	[m3/j]
Grof afval :					
IHV :	6000	[t/j]	VV :	13738	[m3/j]
D :	0,5	[t/m3]	PA :	1963	[m3/j]
Puin :					
IHV :	47300	[t]	VV :	41655	[m3/j]
D :	1,3	[t/m3]	PA :	5951	[m3/j]
Saneerafval :					
IHV :	5100	[t]	VV :	3649	[m3/j]
D :	1,6	[t/m3]	PA :	521	[m3/j]
Afvalbanden :					
IHV :	46000	[st]	VV :	2926	[m3/j]
D :	18	[st/m3]	PA :	418	[m3/J]
Definitieve afdekking A.G.S.H.B :					
ASL :	3				
CD :	2	[m]			
TOP :	226943	[m2]			
ZIJ :	49515	[m2]			
DPA :	0,15	[m]			
DFC :	0,60	[m]	FC1 :	124406	[m3]
Definitieve afdekking P. :					
TOP :	110515	[m2]			
ZIJ :	35271	[m2]	FC2 :	87472	[m3]
Levensduur :					
L :	18,3	[j]			
Controle :					
VA :	136000	[m3]	CVA :	-308562	[m3]
TPA :	232684	[m3]			

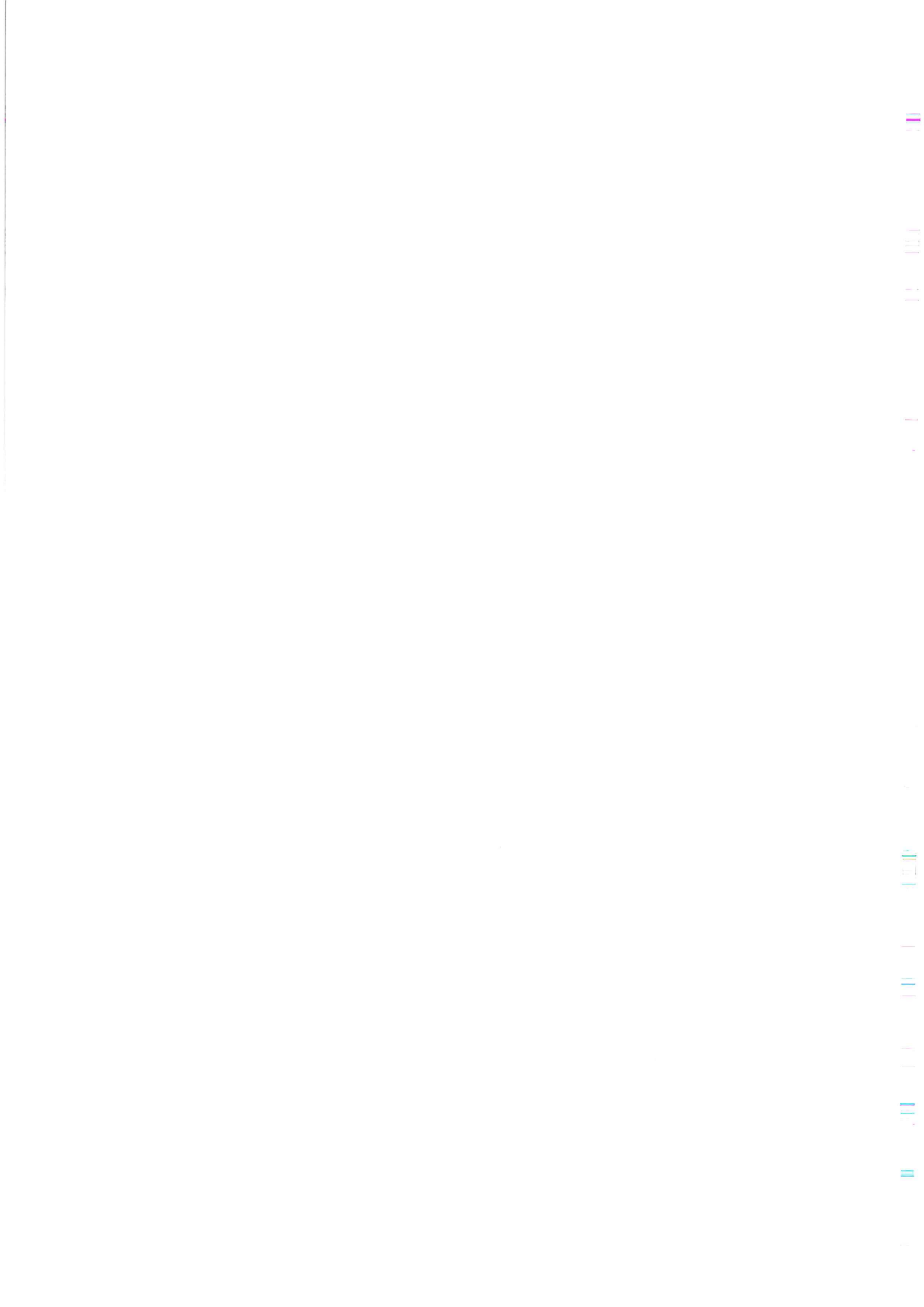


FC :	211878	[m3]			
OS :	42	[ha]	COS :	0,0	[ha]
BOD1 :	27,5	[ha]			
BOD2 :	14,5	[ha]			
SCENARIO'S:					
Bevolking & Economie :					
BG :	0,4	[%]			
EG :	1	[%]	GF :	1,14	
Recycling:					
H&B :	0	[%]			
Puin :	0	[%]			
Afvalb.:	0	[%]			



Alternatief 2

Huishoudelijk & Bedrijfsafval :					
IHV :	30000	[t/j]	VV :	50123	[m3/j]
D :	0,7	[t/m3]	PA :	10025	[m3/j]
Grof afval :					
IHV :	6000	[t/j]	VV :	14034	[m3/j]
D :	0,5	[t/m3]	PA :	2005	[m3/j]
Puin :					
IHV :	47300	[t]	VV :	42553	[m3/j]
D :	1,3	[t/m3]	PA :	0	[m3/j]
Saneerafval :					
IHV :	5100	[t]	VV :	3728	[m3/j]
D :	1,6	[t/m3]	PA :	533	[m3/j]
Afvalbanden :					
IHV :	46000	[st]	VV :	2989	[m3/j]
D :	18	[st/m3]	PA :	427	[m3/J]
Definitieve afdekking A.G.S.H.B :					
ASL :	3				
CD :	2	[m]			
TOP :	194182	[m2]			
ZIJ :	45980	[m2]			
DPA :	0,15	[m]			
DFC :	0,60	[m]	FC1 :	108073	[m3]
Definitieve afdekking P. :					
ASL :	3				
TOP :	130986	[m2]			
ZIJ :	38189	[m2]	FC2 :	101505	[m3]
Winning afdek materiaal:					
UGD :	2	[m]	WA :	477578	[m3]
Levensduur :					
L :	21	[j]			



Controle :					
WA :	477578	[m3]	CVA :	-4767	[m3]
TPA :	272767	[m3]			
FC :	209578	[m3]			
OS :	42	[ha]	COS :	1,3	[ha]
BOD1 :	23,9	[ha]			
BOD2 :	16,8	[ha]			
SCENARIO'S:					
Bevolking & Economie :					
BG :	0,4	[%]			
EG :	1	[%]	GF :	1,17	
Recycling:					
H&B :	0	[%]			
Puin :	0	[%]			
Afvalb.:	0	[%]			
Y=	489	[m]			
a=	6				
b=	2				
Vtot=	1761110	[m3]			
bod1=	238789	[m2]			



Alternatief 3

Huishoudelijk & Bedrijfsafval :					
IHV :	30000	[t/j]	VV :	50524	[m3/j]
D :	0,7	[t/m3]	PA :	10105	[m3/j]
Grof afval :					
IHV :	6000	[t/j]	VV :	14147	[m3/j]
D :	0,5	[t/m3]	PA :	2021	[m3/j]
Puin :					
IHV :	47300	[t]	VV :	42894	[m3/j]
D :	1,3	[t/m3]	PA :	6128	[m3/j]
Saneerafval :					
IHV :	5100	[t]	VV :	3758	[m3/j]
D :	1,6	[t/m3]	PA :	537	[m3/j]
Afvalbanden :					
IHV :	46000	[st]	VV :	3013	[m3/j]
D :	18	[st/m3]	PA :	430	[m3/J]
Definitieve afdekking A.G.S.H.B :					
ASL :	3				
CD :	2	[m]			
TOP :	357479	[m2]			
ZIJ :	61539	[m2]			
DPA :	0,15	[m]			
DFC :	0,60	[m]	FC :	188558	[m3]
Winning afdek materiaal:					
UGD :	1,5	[m]	WA :	625771	[m3]
Levensduur :					
L :	22	[j]			
Controle :					
WA :	625771	[m3]	CVA :	14357	[m3]
TPA :	422856	[m3]			
FC :	188558	[m3]			



OS :	42	[ha]	COS :	0,3	[ha]
BOD :	41,7	[ha]			
SCENARIO'S:					
Bevolking & Economie :					
BG :	0,4	[%]			
EG :	1	[%]	GF :	1,18	
Recycling:					
H&B :	0	[%]			
Puin :	0	[%]			
Afvalb.:	0	[%]			
Y=	646	[m]			
a=	6				
b=	1,5				
Vtot=	2938232	[m3]			
bod1=	417181	[m2]			

Overzicht van de levensduur

Scenario's		ALT0	ALT1	ALT2	ALT3
B&E	↑	17	18	21	22
B&E + Recycling		22	23	27	27
B&E + Vergunning		25	26	30	31
B&E + Verg. + Rec.		33	32	35	38
B&E	↓	22	23	29	30
B&E + Recycling		31	31	39	40
B&E + Vergunning		35	38	47	50
B&E + Verg. + Rec.		54	53	65	70



Bijlage 6: Geschiktheid van verscheidene grondsoorten als afdek materiaal ¹ (Brunner en Keller, 1972)

Function	Clean gravel	Clayey-silty gravel	Clean sand	Clayey-silty sand	Silt	Clay
Prevent rodents from burrowing or tunneling	G	F-G	G	P	P	P
Keep flies from emerging	P	F	P	G	G	E ²
Minimize moisture entering fill	P	F-G	P	G-E	G-E	E ²
Minimize landfill gas venting through cover	P	F-G	P	G-E	G-E	E ²
Provide pleasing appearance and control blowing paper	E	E	E	E	E	E
Grow vegetation	P	G	P-F	E	G-E	F-G
Be permeable for venting decomposition gas ³	E	P	G	P	P	P

- 1 E = excellent, G = good, F = fair, P = poor
2 Except when cracks extend through the entire cover
3 Only if well drained



Bijlage 7:

Overzicht van klimatologische gemiddelden, periode 1961-1990 (Meteorologische dienst Nederlandse Antillen en Aruba, 1991)

METEOROLOGICAL SERVICE - NETHERLANDS ANTILLES AND ARUBA
 SUMMARY OF CLIMATOLOGICAL NORMALS PERIOD 1961-1990
 FATO AIRPORT, CURACAO (12°12'N, 68°58'W)

ELEMENT	UNIT	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	YEAR
Av. air temperature	°C	26,3	26,3	26,7	27,3	27,9	28,2	28,1	28,5	28,7	28,3	27,7	26,8	27,6
Av. maximum temperature	°C	29,5	29,8	30,3	30,8	31,3	31,7	31,7	32,1	32,2	31,6	30,7	29,9	31,0
Abs. maximum temperature	°C	32,5	33,2	33,3	34,7	35,8	37,5	34,6	35,8	35,8	35,2	35,6	33,1	37,5
Av. minimum temperature	°C	24,1	24,1	24,5	25,2	25,9	26,1	25,9	26,1	26,3	25,9	25,4	24,5	25,3
Abs. minimum temperature	°C	19,8	19,0	19,4	20,1	21,0	21,0	22,2	20,4	21,1	20,0	20,0	20,1	19,0
Av. seawater temperature	°C	25,8	25,4	25,6	26,4	26,5	26,8	26,9	27,5	28,1	28,0	27,8	26,9	26,8
Av. air pressure (-1000)	hPa	13,0	13,0	12,6	11,9	11,7	12,6	12,9	12,0	11,1	10,5	10,7	12,2	12,0
Av. vapour pressure	hPa	26,2	25,8	26,3	27,5	29,0	29,3	29,3	29,8	30,2	30,1	29,4	27,6	28,4
Av. relative humidity	%	76,7	75,6	75,4	76,1	77,5	76,9	77,5	76,9	77,1	78,7	79,6	78,7	77,2
Av. dewpoint temperature	°C	21,8	21,6	21,9	22,6	23,5	23,7	23,7	23,9	24,2	24,2	23,7	22,7	23,1
Av. daily evaporation	mm	5,6	6,5	7,4	8,0	8,0	8,4	8,0	8,2	7,8	6,2	5,4	5,2	7,1
Av. monthly rainfall	mm	46,3	27,6	14,5	19,4	25,5	21,2	34,0	41,1	45,0	83,4	96,3	99,3	553,6
Highest rainfall in 24 hrs	mm	74,6	49,0	20,4	39,8	77,7	98,4	94,7	64,3	90,9	125,5	117,8	104,4	125,5
Av. hours with rainfall	hrs	89,7	59,4	44,7	42,5	42,5	45,6	52,1	47,1	41,3	64,0	87,5	113,9	730,3
Av. days with rain ≥ 1,0 mm	days	8,1	5,4	3,2	3,3	2,6	3,2	6,1	5,0	4,6	8,0	10,0	12,0	71,5
Av. days with thunder	days	0,3	0,1	0,0	0,3	0,6	1,0	1,9	2,6	4,4	6,6	3,9	1,2	22,9
Av. cloud coverage	%	37,5	37,1	39,2	47,6	50,4	49,1	44,7	43,0	46,2	48,5	47,4	43,1	44,5
Av. sunshine duration	%	71,0	73,2	71,1	63,9	61,8	66,6	71,1	74,6	69,5	66,3	65,6	66,1	68,4
Av. sunshine duration	hrs	253,3	242,7	266,1	237,7	243,0	256,4	281,4	289,3	254,3	243,8	227,9	234,1	3030,0
Av. total radiation	kWh/m ²	150,1	147,9	185,3	168,3	181,1	175,4	190,4	194,4	180,1	161,2	138,5	133,7	2006,4
Av. wind energy potential	kWh/m ²	177,7	171,9	192,1	188,8	208,3	226,2	209,3	176,3	146,1	112,6	110,5	140,3	2060,1
Av. wind speed (10 m)	m/sec	7,0	7,3	7,3	7,2	7,4	7,9	7,4	7,0	6,6	5,8	5,8	6,5	6,9
Av. maximum wind speed	m/sec	12,8	12,7	12,5	12,3	13,0	13,8	13,6	12,8	12,0	11,3	11,2	12,3	12,5
Strongest gust	m/sec	21,7	20,6	20,6	20,6	20,6	21,7	24,7	30,9	24,7	22,1	20,6	21,1	30,9
Av. wind direction	dgs	088	087	086	085	090	092	091	090	090	089	084	084	088
Persistence of the wind	%	96,8	97,5	97,7	97,6	97,6	98,0	97,8	96,9	95,8	92,4	92,2	96,5	96,4



Bijlage 8: Berekening van de evapotranspiratie (Grabowsky en Poort, 1990)

BEREKENING VERDAMPINGSHOEVEELHEDEN CURACAO
 volgens formule van panam/rijkoort
 maandgemiddelde in periode 1951-1980

	jan	feb	mrc	apr	mai	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec	gehele periode
P	0.71	0.73	0.71	0.64	0.60	0.66	0.71	0.74	0.71	0.68	0.66	0.65	0.68
S	725.00	800.00	830.00	870.00	890.00	890.00	890.00	870.00	850.00	820.00	750.00	720.00	825.42
t	26.70	26.90	27.35	27.95	28.60	28.80	28.75	28.95	29.25	28.75	28.00	27.10	28.10
h	76.80	75.60	75.60	75.60	77.40	76.90	76.90	76.10	76.20	78.20	78.80	78.20	76.90
mmhg	26.28	26.60	27.31	28.28	29.36	29.72	29.63	29.97	30.50	29.63	28.37	26.91	28.52
delta	1.58	1.58	1.63	1.66	1.76	1.73	1.69	1.76	1.73	1.69	1.62	1.62	1.67
U	7.10	7.20	7.50	7.40	7.80	8.00	7.80	7.20	6.80	5.90	5.90	6.40	7.10
E1	-1.15	-1.18	-1.13	-1.01	-0.89	-0.94	-0.99	-1.03	-0.97	-0.93	-0.95	-1.03	-1.01
E2	4.72	5.30	5.45	5.38	5.36	5.65	5.89	5.96	5.65	5.28	4.69	4.46	5.30
E3	2.18	2.35	2.44	2.46	2.37	2.55	2.52	2.38	2.32	1.87	1.79	1.88	2.25
Eo	5.75	6.47	6.75	6.83	6.84	7.26	7.42	7.31	7.01	6.21	5.53	5.32	6.54
dagen	31.00	28.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	31.00	30.00	31.00	30.00	31.00	30.42
verdamping bereken	174.94	196.73	205.34	207.68	208.05	220.77	225.67	222.30	213.18	188.95	168.35	161.71	verdamping bereken 198.96



Bijlage 9: Grondeigenschappen (Segeren, 1984 en Noble, 1976)

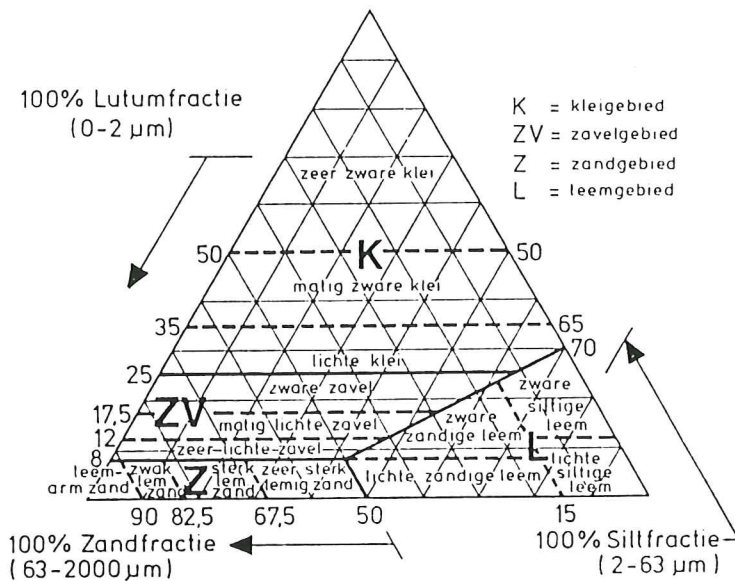


Fig. 2.4. Classificatiedriehoek voor mengsels met een zand-, een silt- en een lutumfractie. De fracties geven gewichtsprocenten weer [2-3]

Tabel 2.1. Indeling en benaming naar het lutumgehalte [2-1]

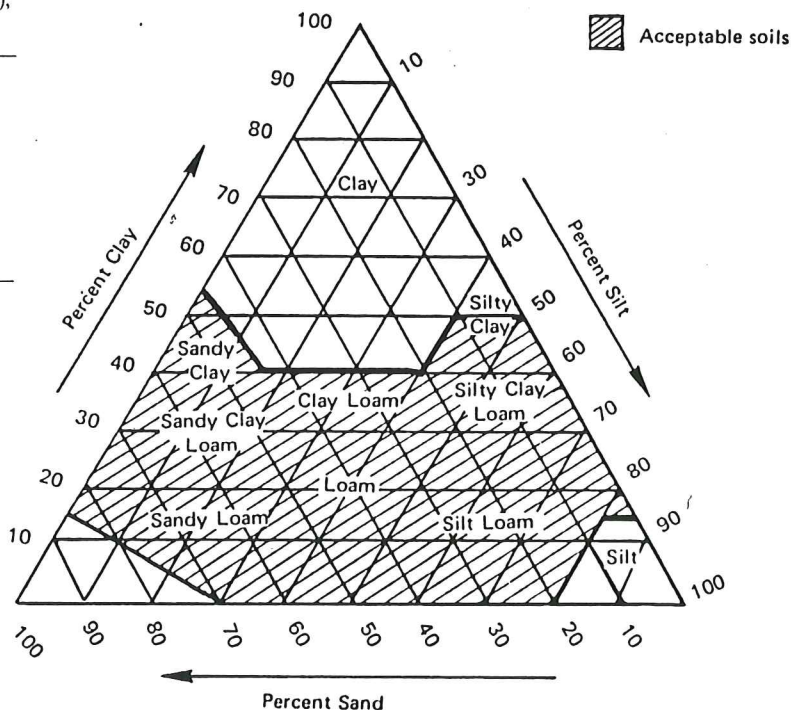
% lutum	Naam	Samenvattende naam
0 - 5	kleiarm zand	zand*
5 - 8	kleiig zand	
8 - 12	zeer lichte zavel	lichte zavel
12 - 17,5	matig lichte zavel	
17,5 - 25	zware zavel	klei
25 - 35	lichte klei	
35 - 50	matig zware klei	zware klei
50 - 100	zeer zware klei	

*) tevens meer dan 50% zandfractie

Ternary Diagram Showing Soils Suitable for Cover Material

Tabel 2.6. Doorlatendheidscoëfficiënt K (m/etm); zuiver zand, zonder bijmengsels

zandig grind	10 - 100
grof zand	2 - 10
matig fijn zand	1 - 2
zeer fijn zand	0,3 - 1
silt	10^{-2} - 10^{-1}
zandige klei	10^{-4} - 1
zware klei	$< 10^{-4}$





Bijlage 10: Toetsingstabel voor de beoordeling van de concentratieniveaus van diverse verontreinigingen in de bodem

Indicatieve richtwaarden: A referentiewaarde
 B toetsingswaarde t.b.v. (nader) onderzoek
 C toetsingswaarde t.b.v. sanering(-sonderzoek)

Voorkomen in: Component/niveau	Grond (mg/kg droge stof)			Grondwater ($\mu\text{g/l}$)		
	A	B	C	A	B	C
<i>I. Metalen</i>						
Cr	100	250	800	20	50	200
Co	20	50	300	20	50	200
Ni	50	100	500	20	50	200
Cu	50	100	500	20	50	200
Zn	200	500	3000	50	200	800
As	20	30	50	10	30	100
Mo	10	40	200	5	20	100
Cd	1	5	20	1	2.5	10
Sn	20	50	300	10	30	150
Ba	200	400	2000	50	100	500
Hg	0.5	2	10	0.2	0.5	2
Pb	50	150	600	20	50	200
<i>II. Anorganische verontreinigingen</i>						
NH ₄ (als N)	—	—	—	200	1000	3000
F (totaal)	200	400	2000	300	1200	4000
CN (totaal-vrij)	1	10	100	5	30	100
CN (totaal-complex)	5	50	500	10	50	200
S (totaal)	2	20	200	10	100	300
Br (totaal)	20	50	300	100	500	2000
PO ₄ (als P)	—	—	—	50	200	700
<i>III. Aromatische verbindingen</i>						
benzeen	0.01	0.5	5	0.2	1	5
ethylbenzeen	0.05	5	50	0.5	20	60
tolueen	0.05	3	30	0.5	15	50
xylenen	0.05	5	50	0.5	20	60
fenolen	0.02	1	10	0.5	15	50
aromaten (totaal)	0.1	7	70	1	30	100
<i>IV. Polycyclische koolwaterstoffen</i>						
naftaleen	0.1	5	50	0.2	7	30
anthracen	0.1	10	100	0.1	2	10
fenanthreen	0.1	10	100	0.1	2	10
fluorantheen	0.1	10	100	0.02	1	5
pyreen	0.1	10	100	0.02	1	5
benzo(a)pyreen	0.05	1	10	0.01	0.2	1
pcb's (totaal)	1	20	200	0.2	10	40
<i>V. Gechloreerde koolwaterstoffen</i>						
alifatische chloor-kwst (indiv.)	0.1	5	50	1	10	50
alifatische chloor-kwst (totaal)	0.1	7	70	1	15	70
chloorbenzenen (indiv.)	0.05	1	10	0.02	0.5	2
chloorbenzenen (totaal)	0.05	2	20	0.02	1	5
chloorfenolen (indiv.)	0.01	0.5	5	0.01	0.3	1.5
chloorfenolen (totaal)	0.01	1	10	0.01	0.5	2
chloorpcb's (totaal)	0.05	1	10	0.01	0.2	1
PCB's (totaal)	0.05	1	10	0.01	0.2	1
EOCI (totaal)	0.1	8	80	1	15	70
<i>VI. Bestrijdingsmiddelen</i>						
org. chloor- (indiv.)	0.1	0.5	5	0.05	0.2	1
org. chloor- (totaal)	0.1	1	10	0.1	0.5	2
pesticiden (totaal)	0.1	2	20	0.1	1	5
<i>VII. Overige verontreinigingen</i>						
tetrahydrofuran	0.1	4	40	0.5	20	60
pyridine	0.1	2	20	0.5	10	30
tetrahydrothiofeen	0.1	5	50	0.5	20	60
cyclohexanon	0.1	6	60	0.5	15	50
styreen	0.1	5	50	0.5	20	60
benzine	20	100	800	10	40	150
minerale olie	100	1000	5000	20	200	600

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

Bijlage 11 Bepaling van het zwaartepunt van het vuilop-
haalgebied

De coördinaten (X_{zp}, Y_{zp}) van het zwaartepunt van het ophaalge-
bied worden met de volgende formules bepaald:

$$X_{zp} = \frac{\sum (Q_i \cdot X_i)}{Q_{tot}}$$

$$Y_{zp} = \frac{\sum (Q_i \cdot Y_i)}{Q_{tot}}$$

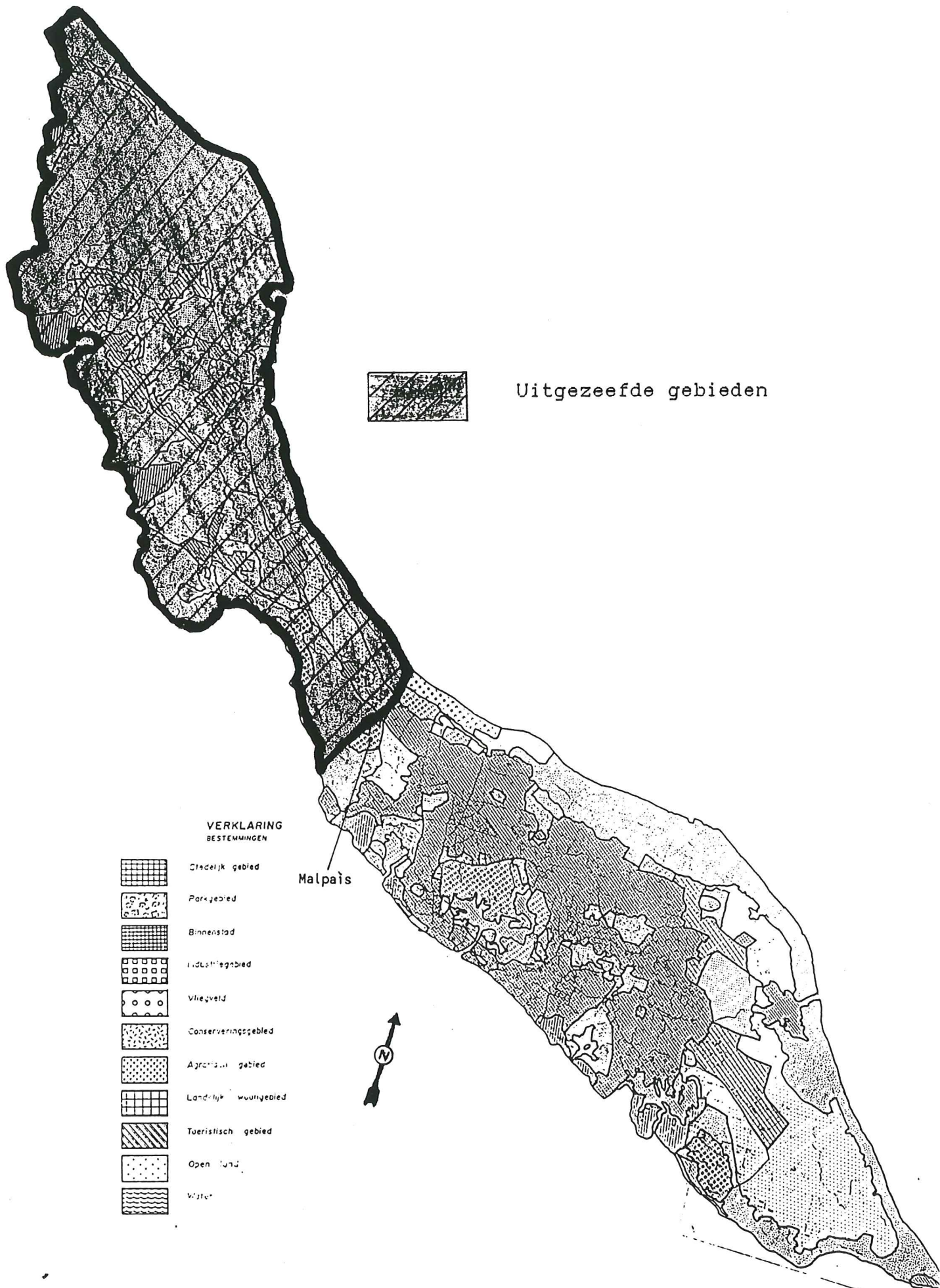
waarin

X_{zp}	:	x-coördinaat van het zwaartepunt
Y_{zp}	:	y-coördinaat van het zwaartepunt
X_i	:	x-coördinaat van zone "i"
Y_i	:	y-coördinaat van zone "i"
Q_i	:	aantal woningen in zone "i"
Q_{tot}	:	totaal aantal woningen



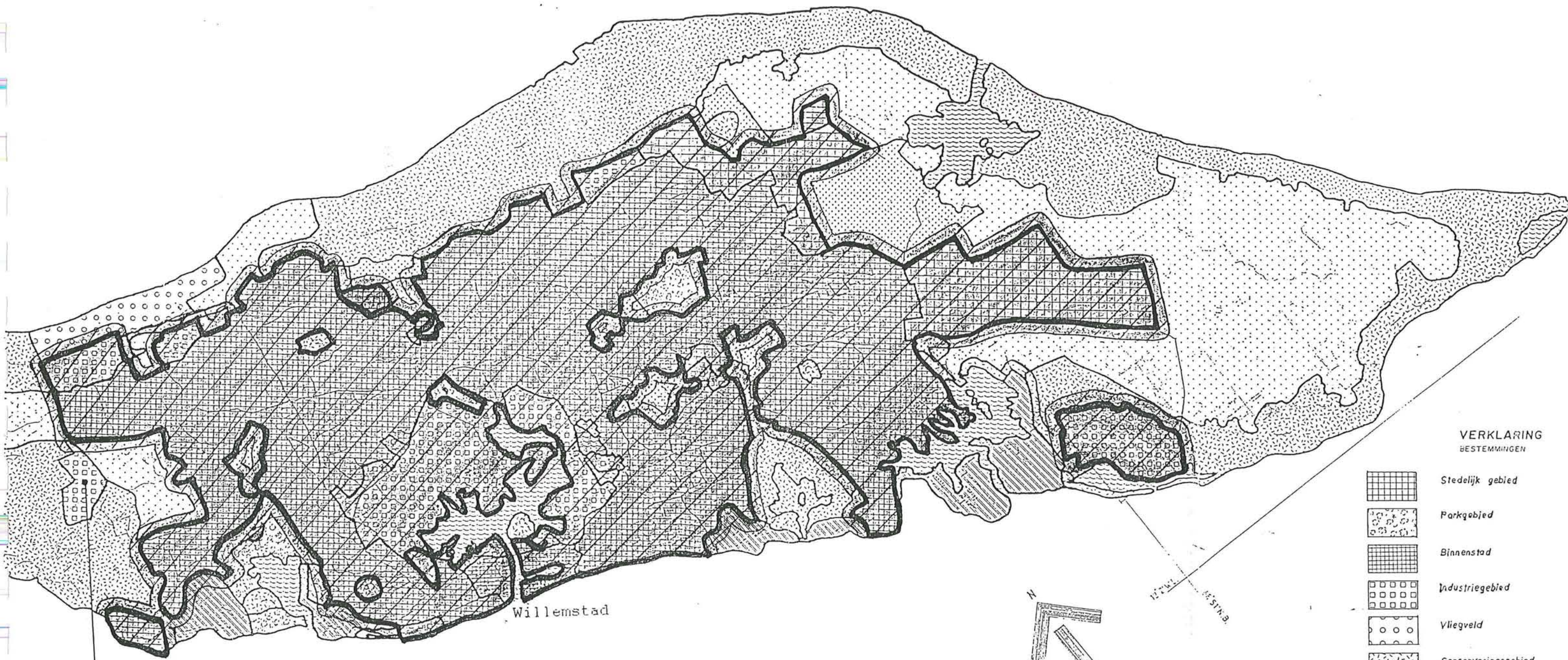
Bijlage 12a: Veto-criterium 1:

Gebieden ver van het dicht-
bevolkte deel
(schaal 1:80.000)

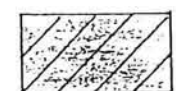




Bijlage 12b: Veto-criterium 2: Bebouwde gebieden
(schaal 1:80.000)



Stortplaats
Malpais

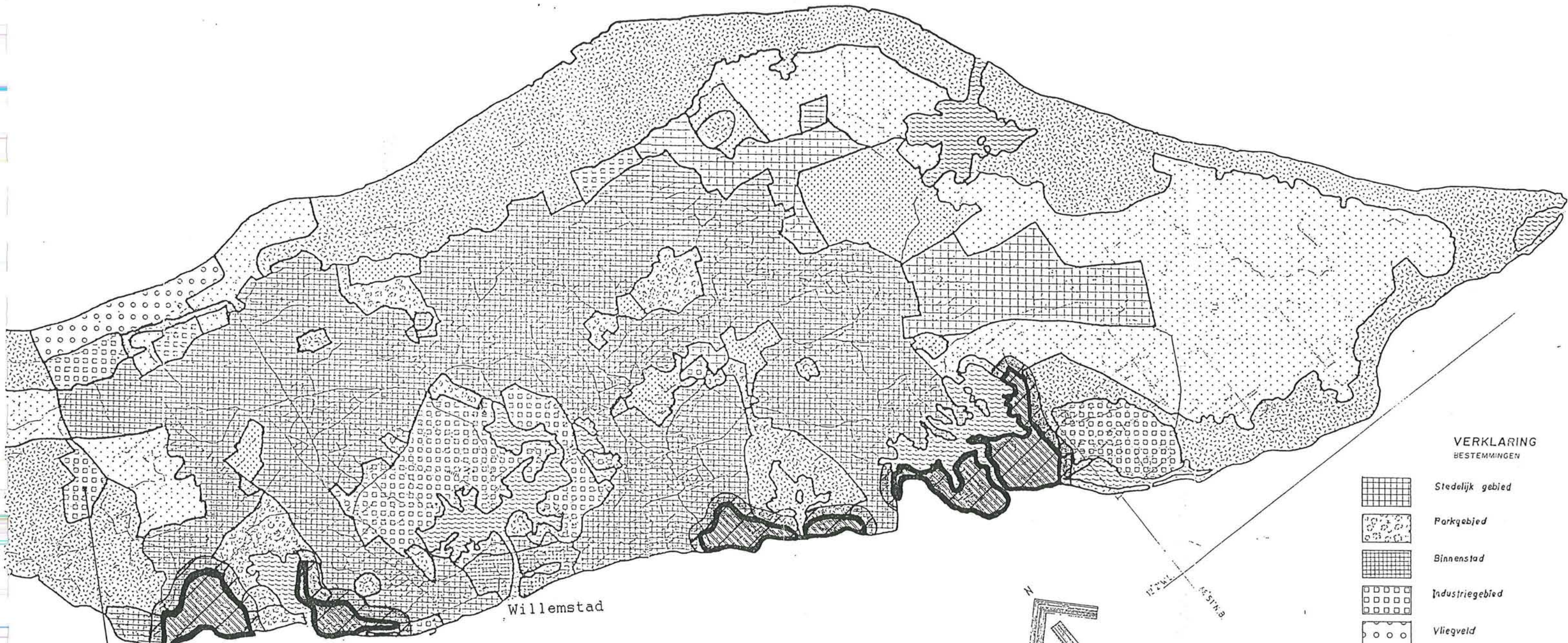


Uitgezeefde gebieden

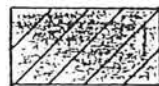
VERKLARING
BESTEMMINGEN

- Stedelijk gebied
- Parkgebied
- Binnenstad
- Industriegebied
- Vliegveld
- Conserveringsgebied
- Agrarisch gebied
- Landelijk woongebied
- Toeristisch gebied
- Open land
- Water

Bijlage 12c: Veto-criterium 3: Ontwikkelingsgebied
(schaal 1:80.000)

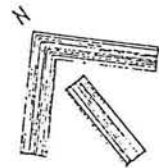


Stortplaats
Malpais




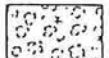
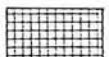
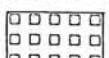
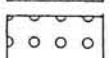
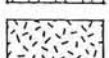
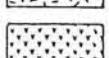
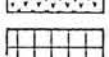
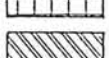
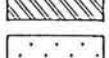
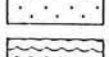
Uitgezeefde gebieden

Willemstad



12° 11' N
68° 51' W

VERKLARING
BESTEMMINGEN

-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conserveringsgebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

Bijlage 12d: Veto-criterium 4: Conserveringsgebied
(schaal 1:80.000)

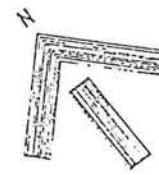


Stortplaats
Malpais



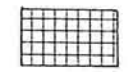
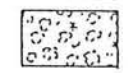
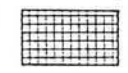
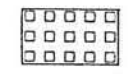
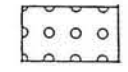
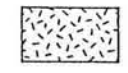

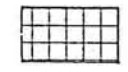
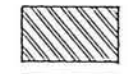
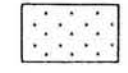
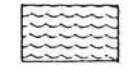
Uitgezeefde gebieden

Willemstad

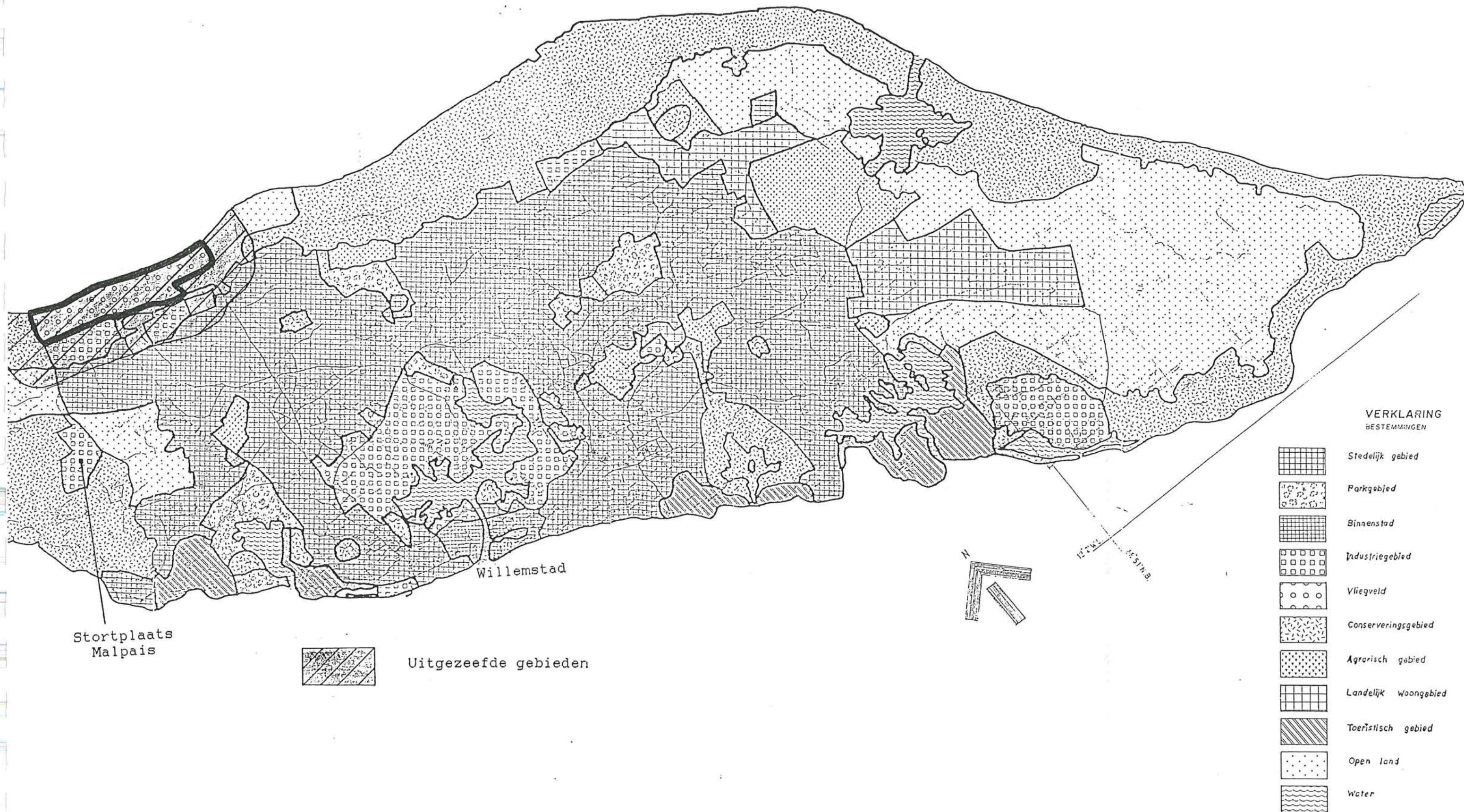


N 270° 15' 15"












VERKLARING
BESTEMMINGEN

-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conserveringsgebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

Bijlage 12e: Veto-criterium 5: Omgeving vliegveld
(schaal 1:80.000)



VERKLARING
BESTEMMINGEN

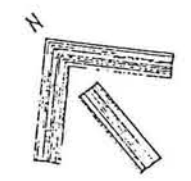
-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conserveringsgebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

Stortplaats
Malpais



Uitgezeefde gebieden

Willemstad



N
N 77° W
E 83° W

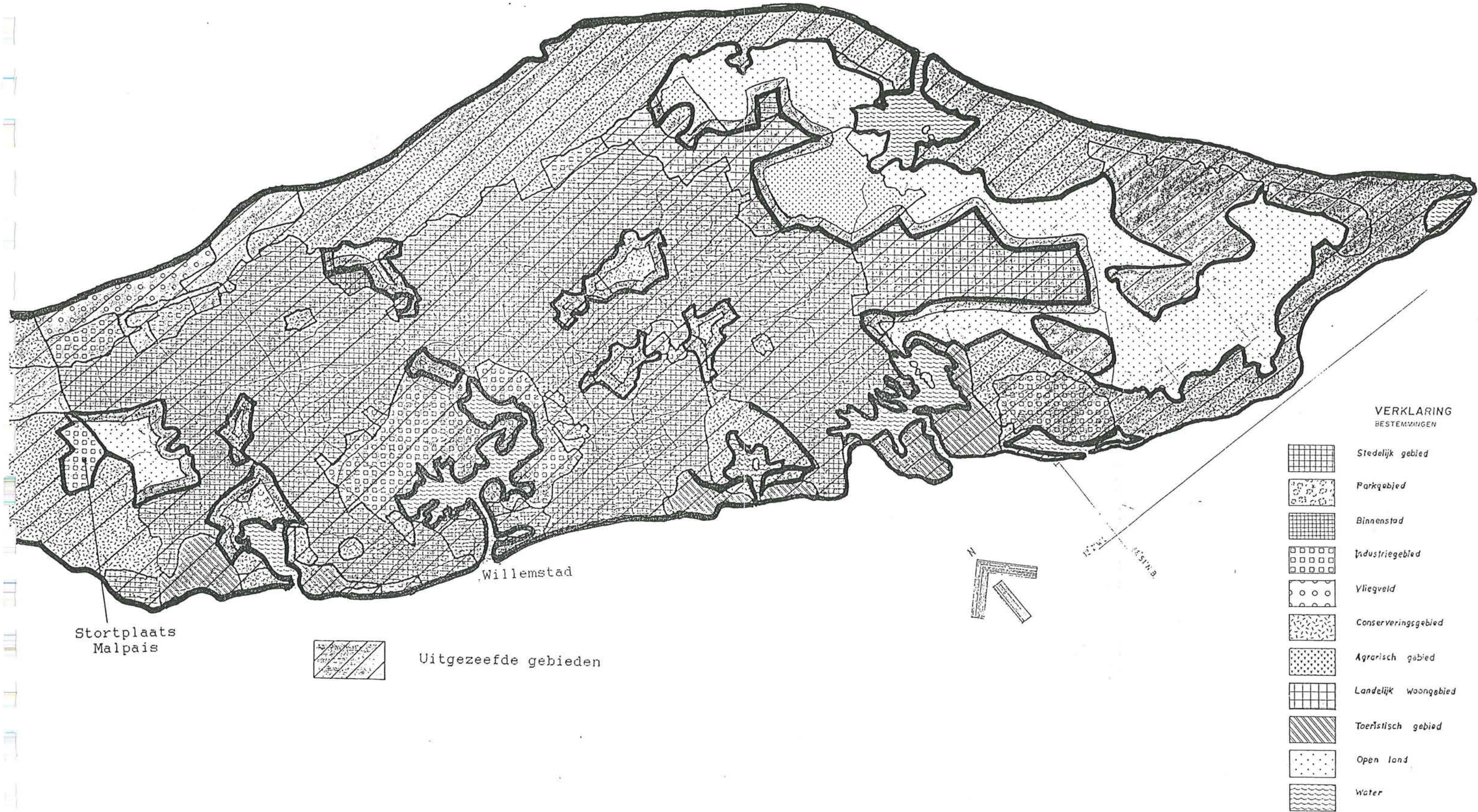
Bijlage 12f: Veto-criterium 6: Rotsachtige gebieden
(schaal 1:80.000)



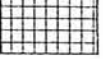
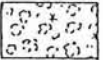
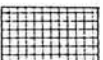

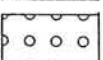
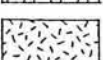
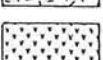
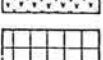

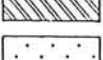
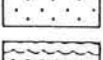
Uitgezeefde gebieden

LEGEND		hectares	%	
Class I	Suitable soils for irrigated agriculture.	2068	4,7	LAND SUITED FOR CULTIVATION
Class II	Suitable soils for raindependent agriculture under special conditions.	-	-	
Class III	Suitable soils for grazing.	575	1,3	LAND NOT SUITED FOR CULTIVATION
Class III _{sa}	Saline soils and saline-alkali soils only suitable for special grass species.	1425	3,2	
Class IV	Suitable soils for forestry and limited grazing.	10325	23,3	
Class V	Land only suitable for watershed or recreational purposes or wildlife. (Partly also reforestation for erosion control)	17083	38,6	
Class $\frac{II}{IV}$	Complex of class II and class IV.	8260	18,6	
	Urban area, airport, water, etc.	4564	10,3	
	Total acreage of Curaçao. (including Klein-Curaçao)	44300	100	

Bijlage 13: Kaartbeeld na de zeefanalyse
(schaal 1:80.000)

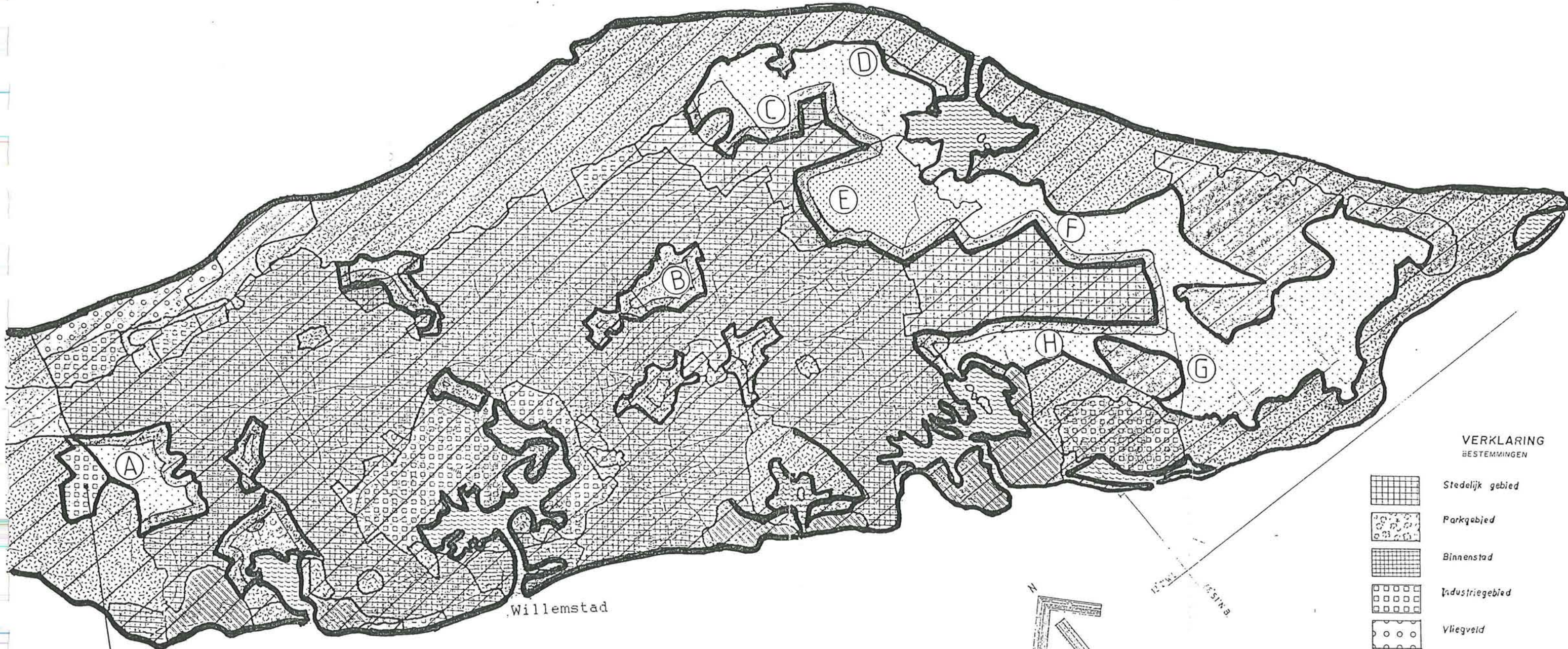


VERKLARING
BESTEMMINGEN

-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conservingsgebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

Bijlage 14: Potentiële stortlokaties
(schaal 1:80.000)

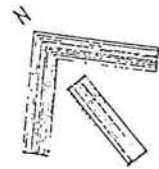
- | | | |
|--------------------|---------------------|------------------|
| A: Wechi | D: Koraal Tabak | G: Fuik |
| B: Sapaté | E: Groot Sint Joris | H: Santa Barbara |
| C: Santa Catharina | F: Klein Sint Joris | |



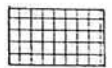
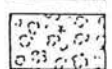
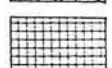

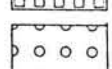
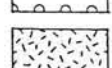
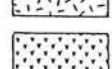
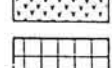

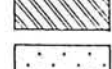
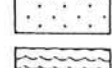
Stortplaats
Malpais



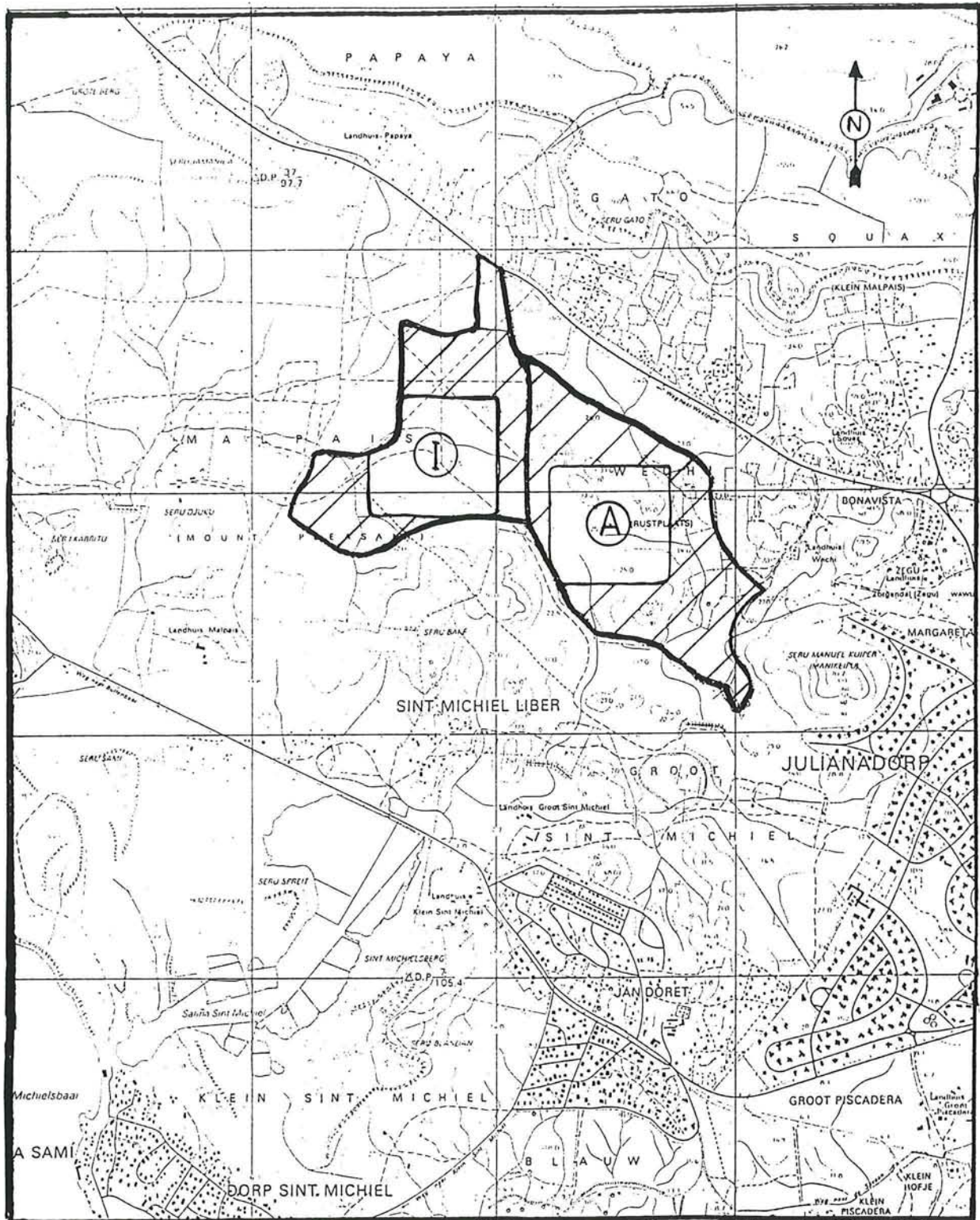
Uitgezeefde gebieden



VERKLARING
BESTEMMINGEN

-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conserveringsgebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

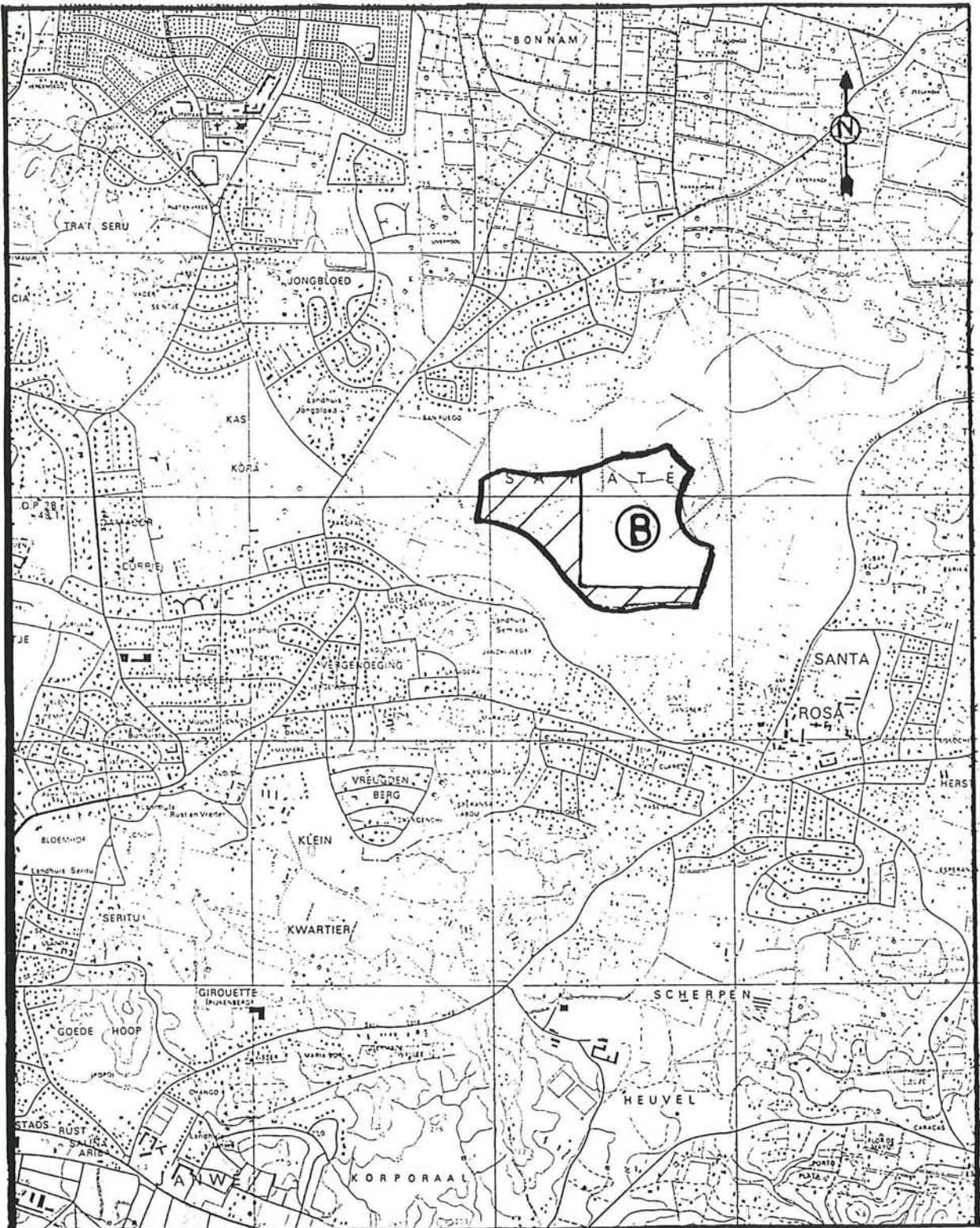
Bijlage 15: Uitbreidingsmogelijkheid
 (schaal 1:25.000)

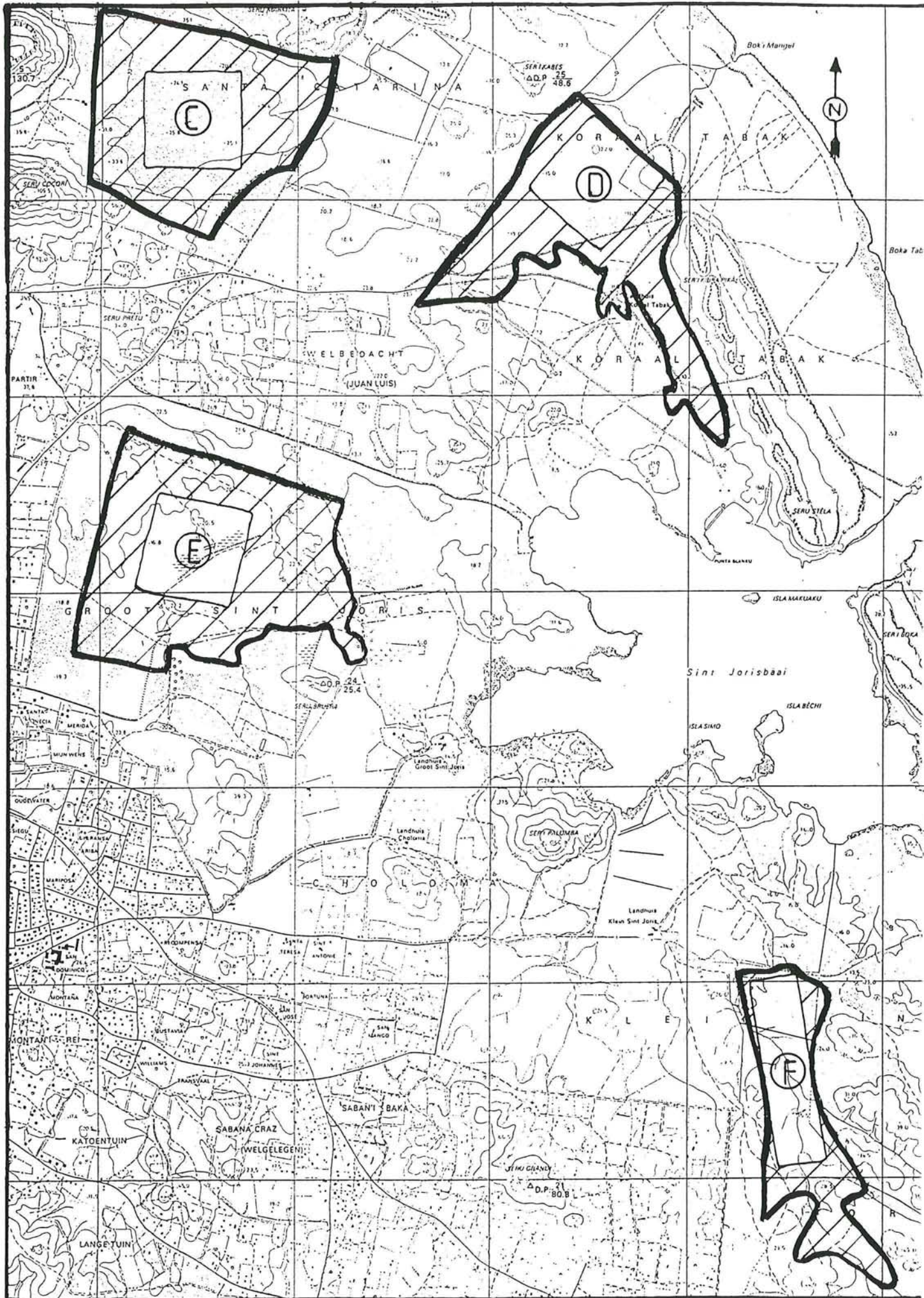


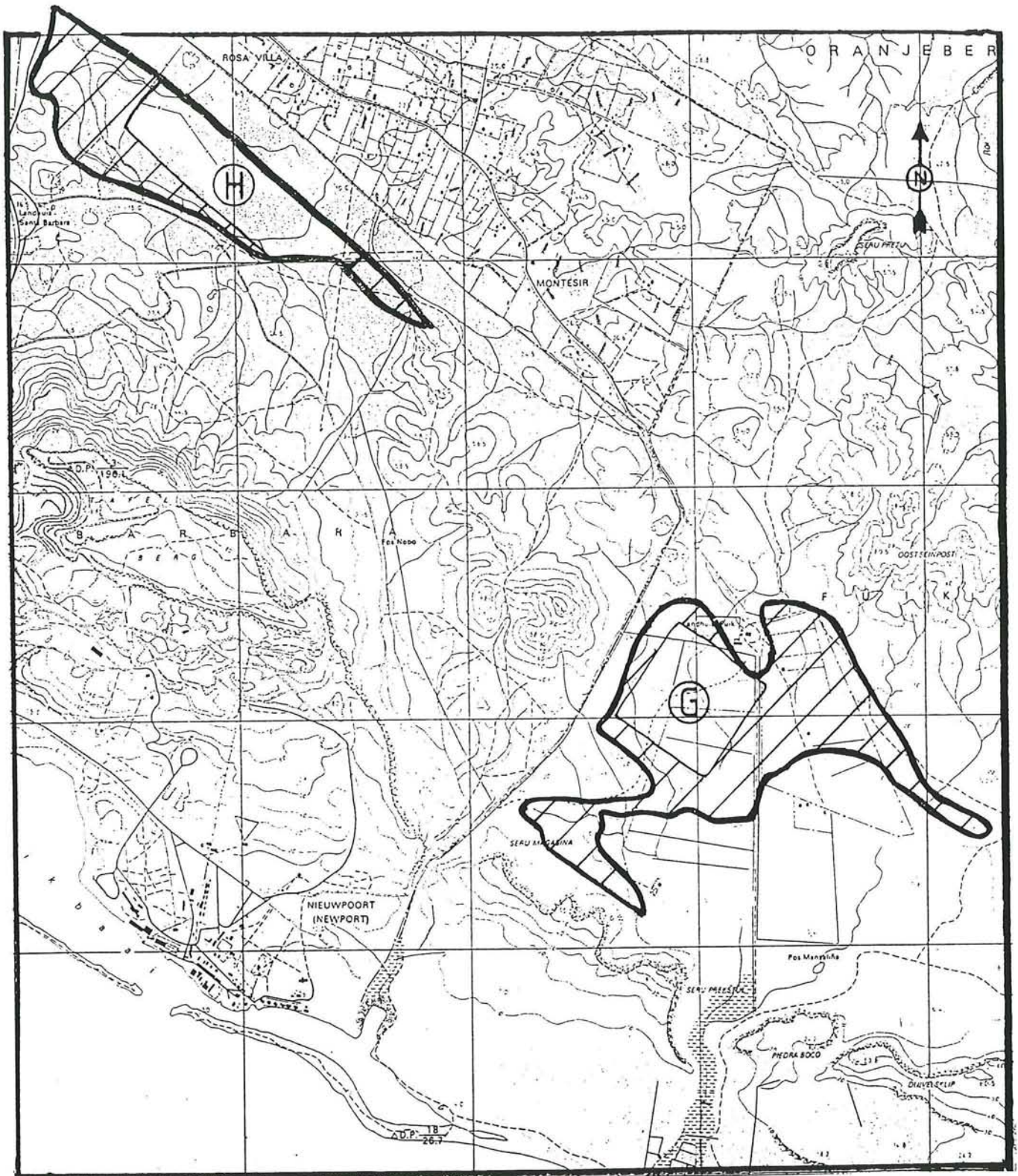
Basisstortoppervlakte (25 ha)



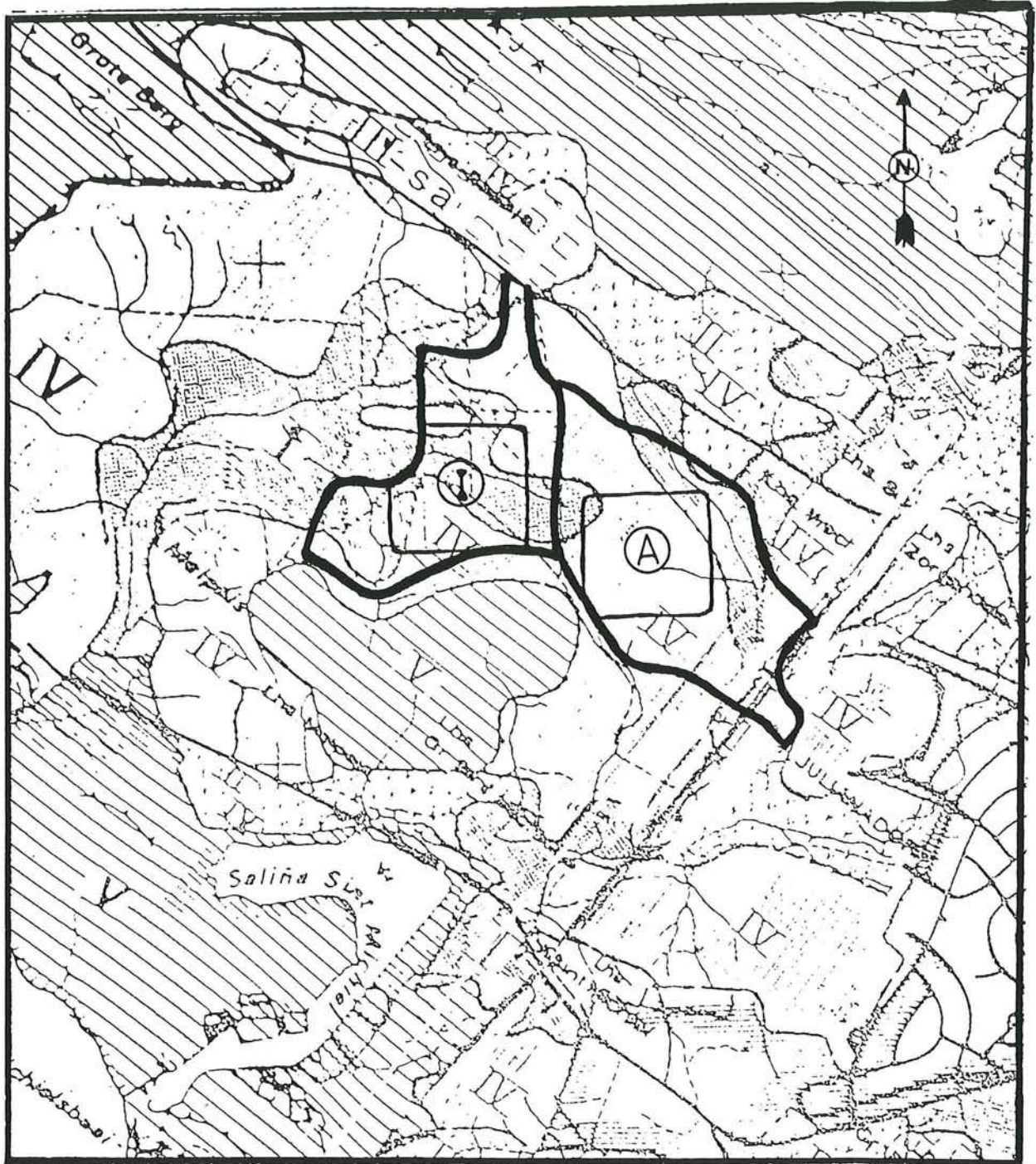
Mogelijke uitbreiding



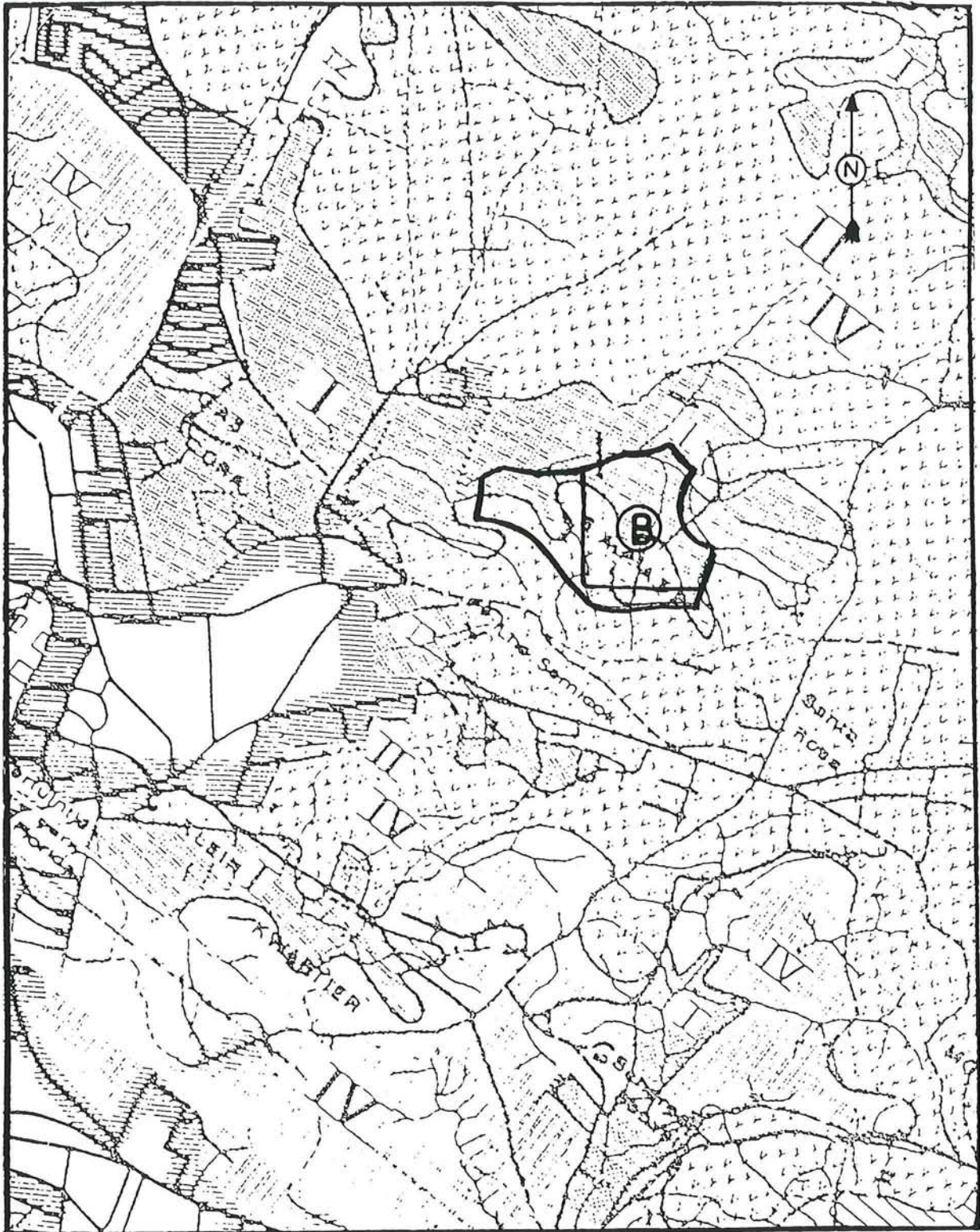




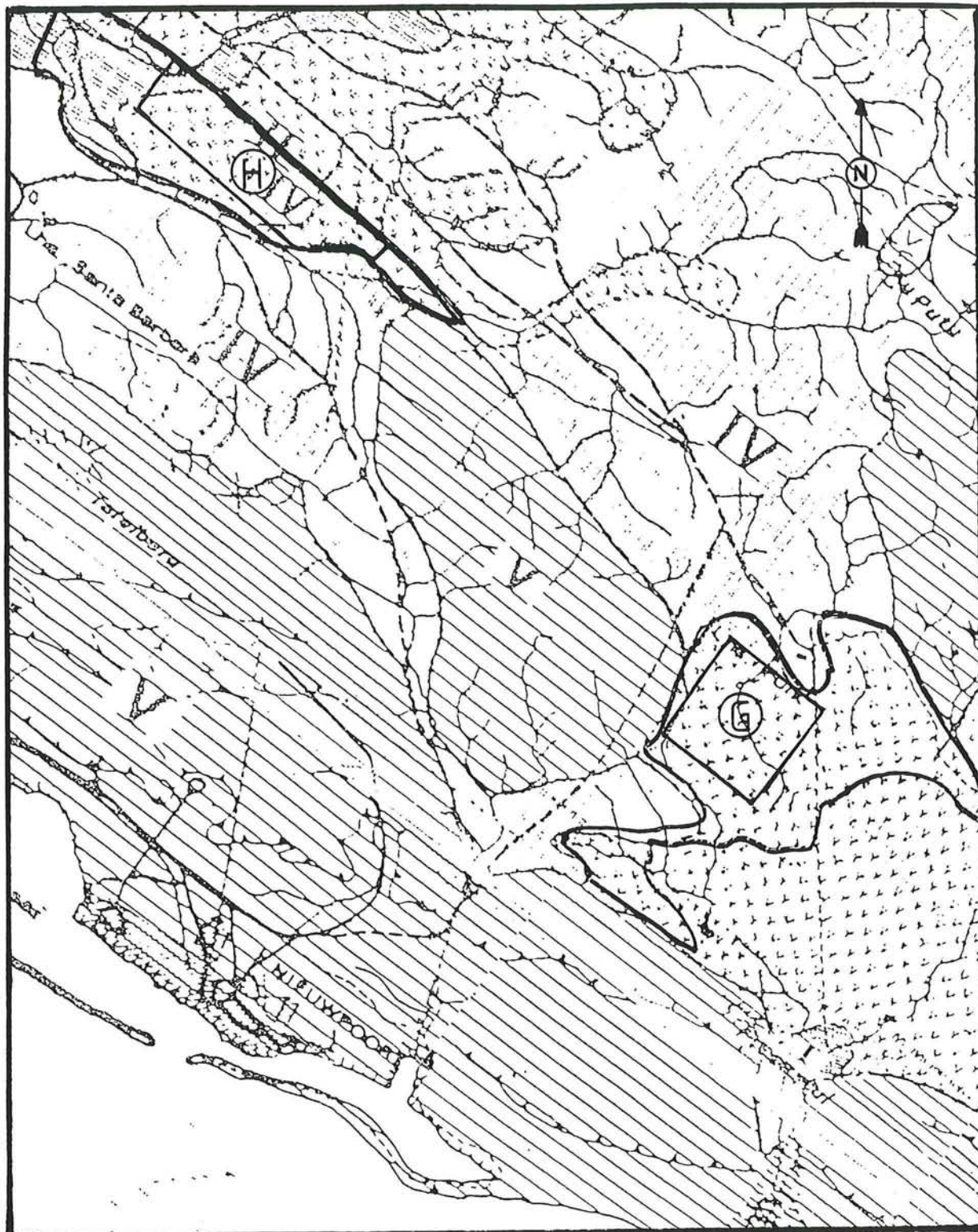
Bijlage 16: Grondsoort
(schaal 1:25.000)

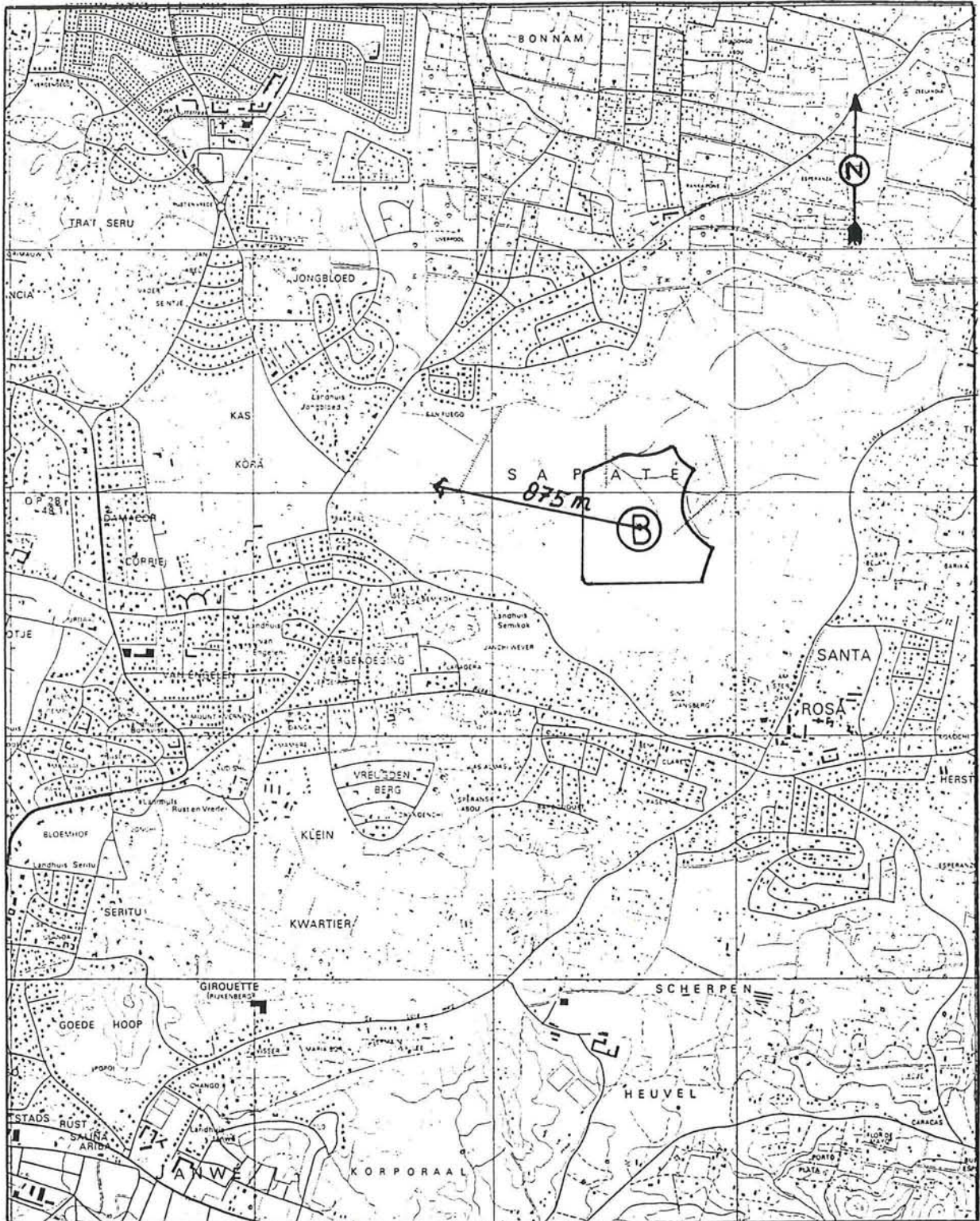


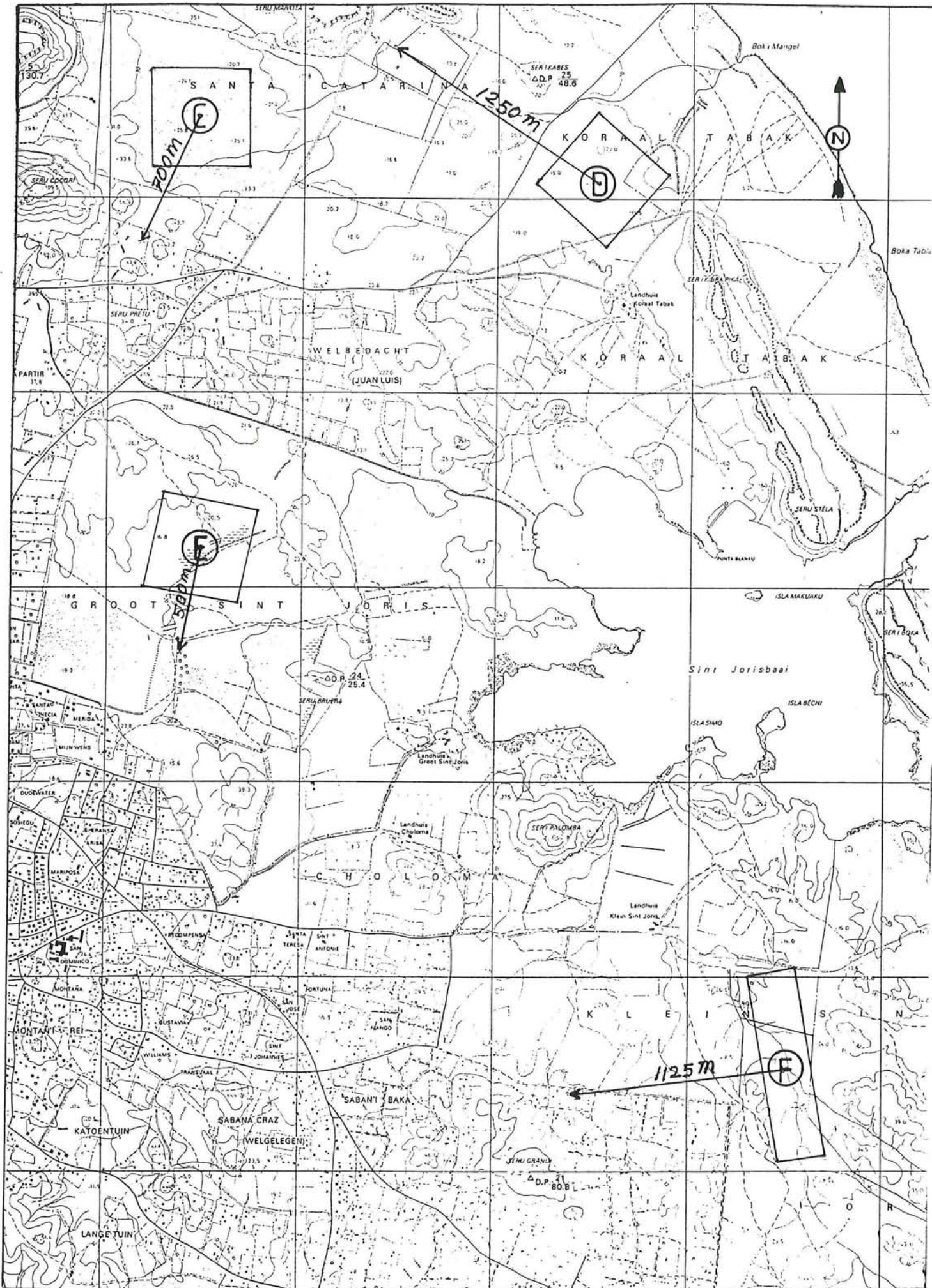
LEGEND		hectares	%	
Class I	Suitable soils for irrigated agriculture.	2068	4.7	LAND SUITED FOR CULTIVATION
Class II	Suitable soils for raindependent agriculture under special conditions.	--	--	
Class III	Suitable soils for grazing.	575	1.3	LAND NOT SUITED FOR CULTIVATION
Class III-sa	Saline soils and saline-alkali soils only suitable for special grass species.	1425	3.2	
Class IV	Suitable soils for forestry and limited grazing.	10325	23.3	
Class V	Land only suitable for watershed or recreational purposes or wildlife. (Partly also reforestation for erosion control)	17083	38.6	
Class II/IV	Complex of class II and class IV.	8260	18.6	
.	Urban area, airport, water, etc.	4564	10.3	
:	Total acreage of Curaçao. (including Klein-Curaçao)	44300	100	

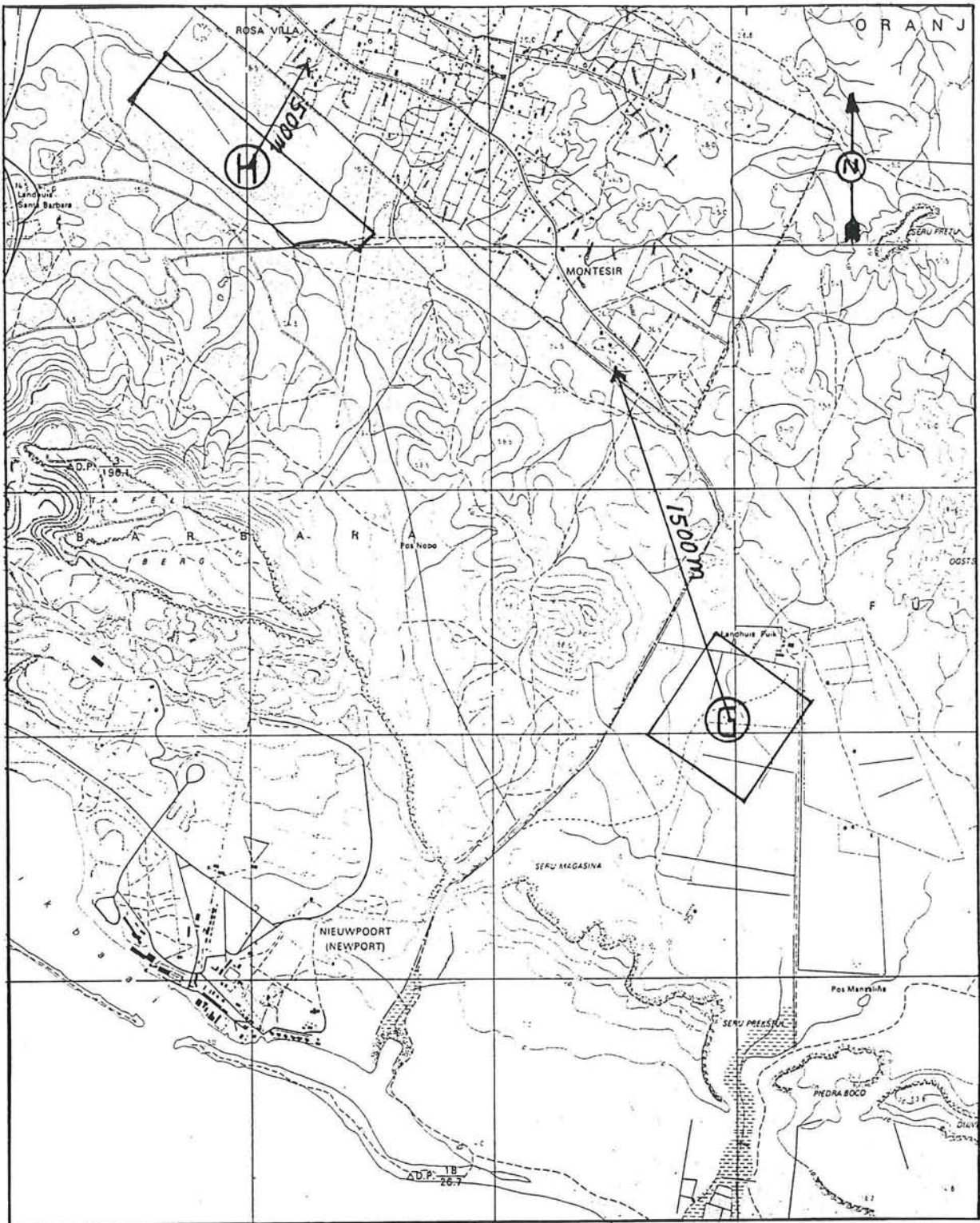




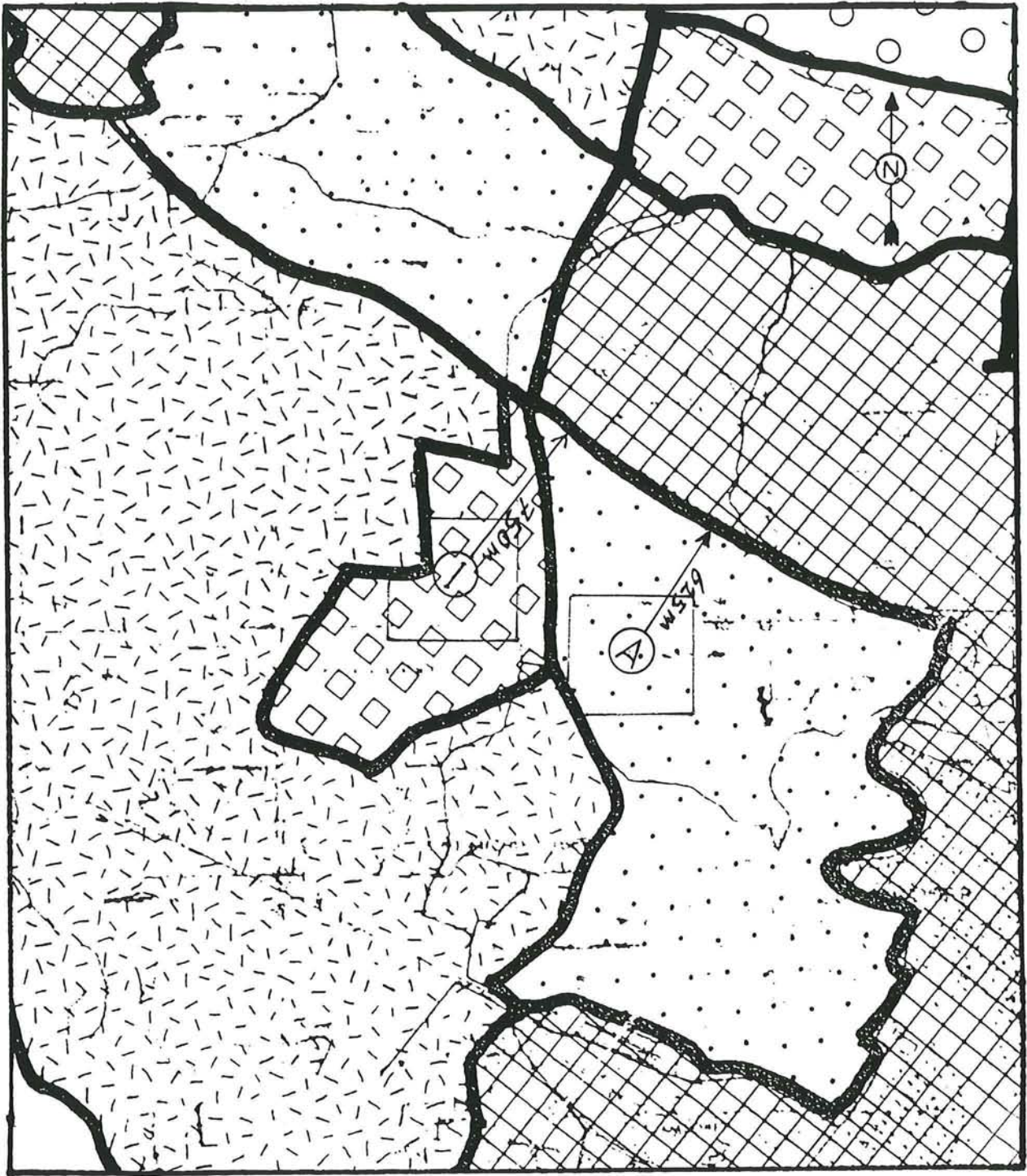




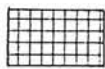

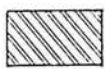
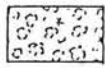

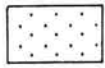
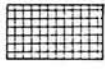






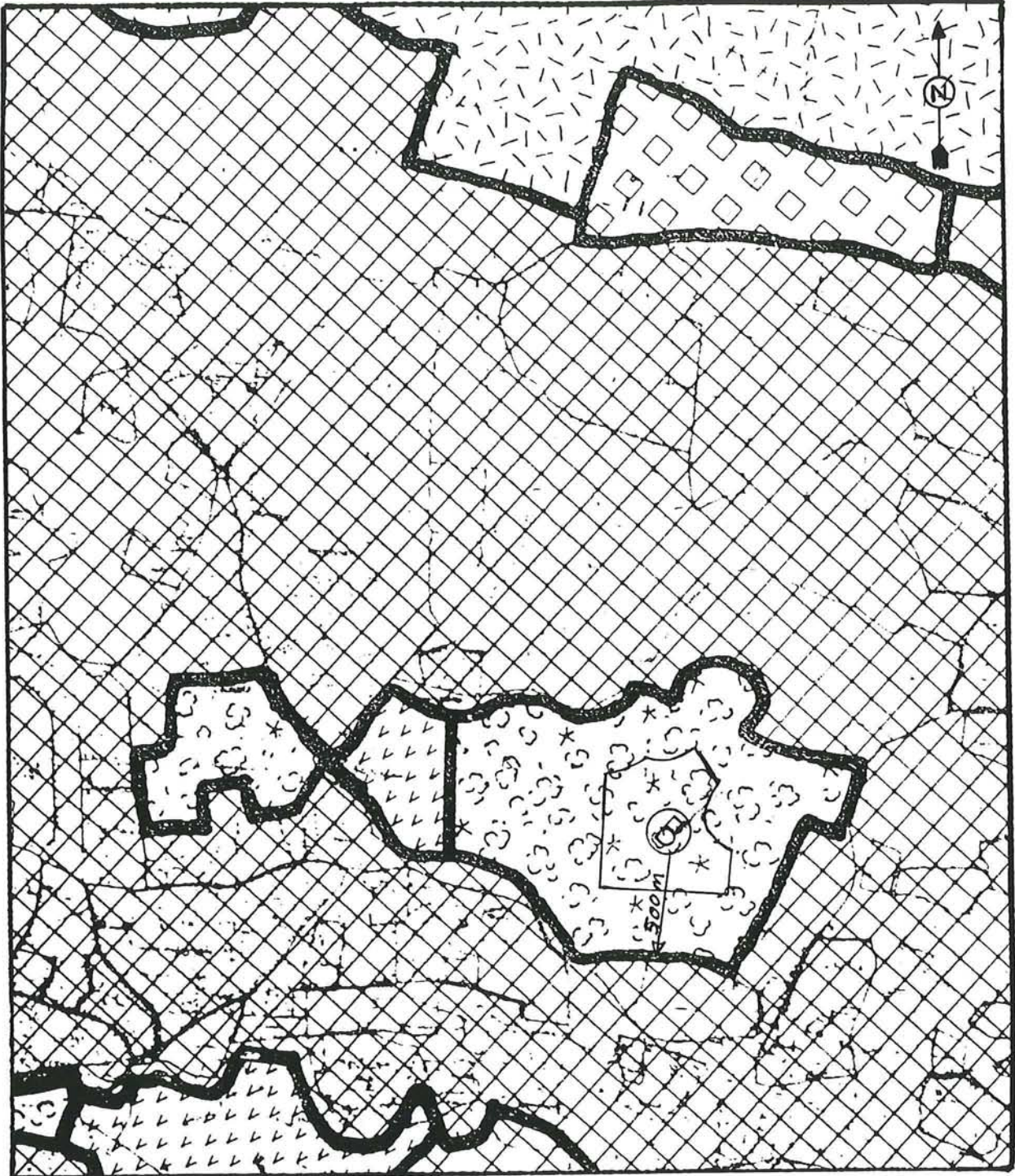


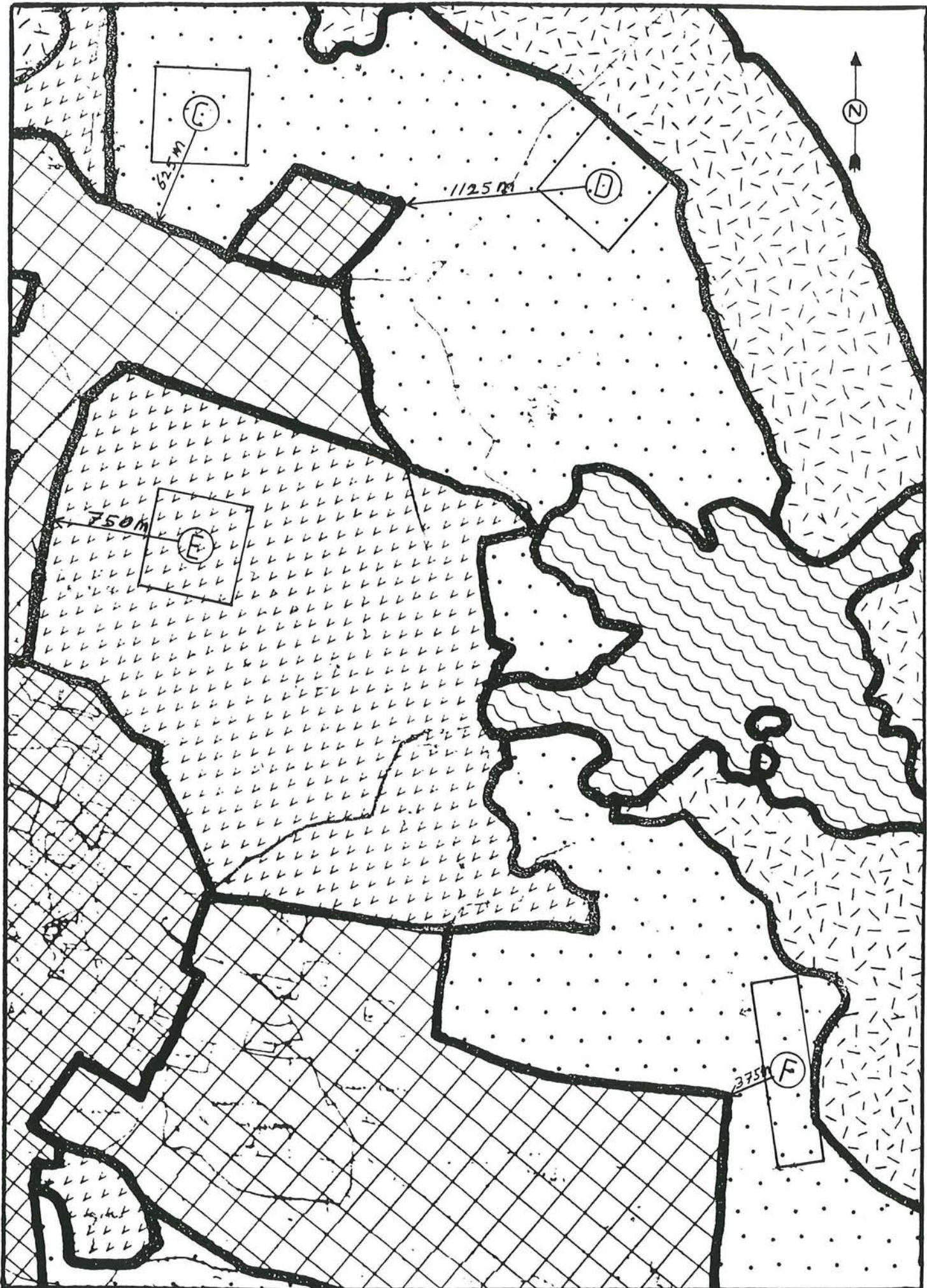
Bijlage 18: Afstand tot bebouwd gebied
(schaal 1:25.000)

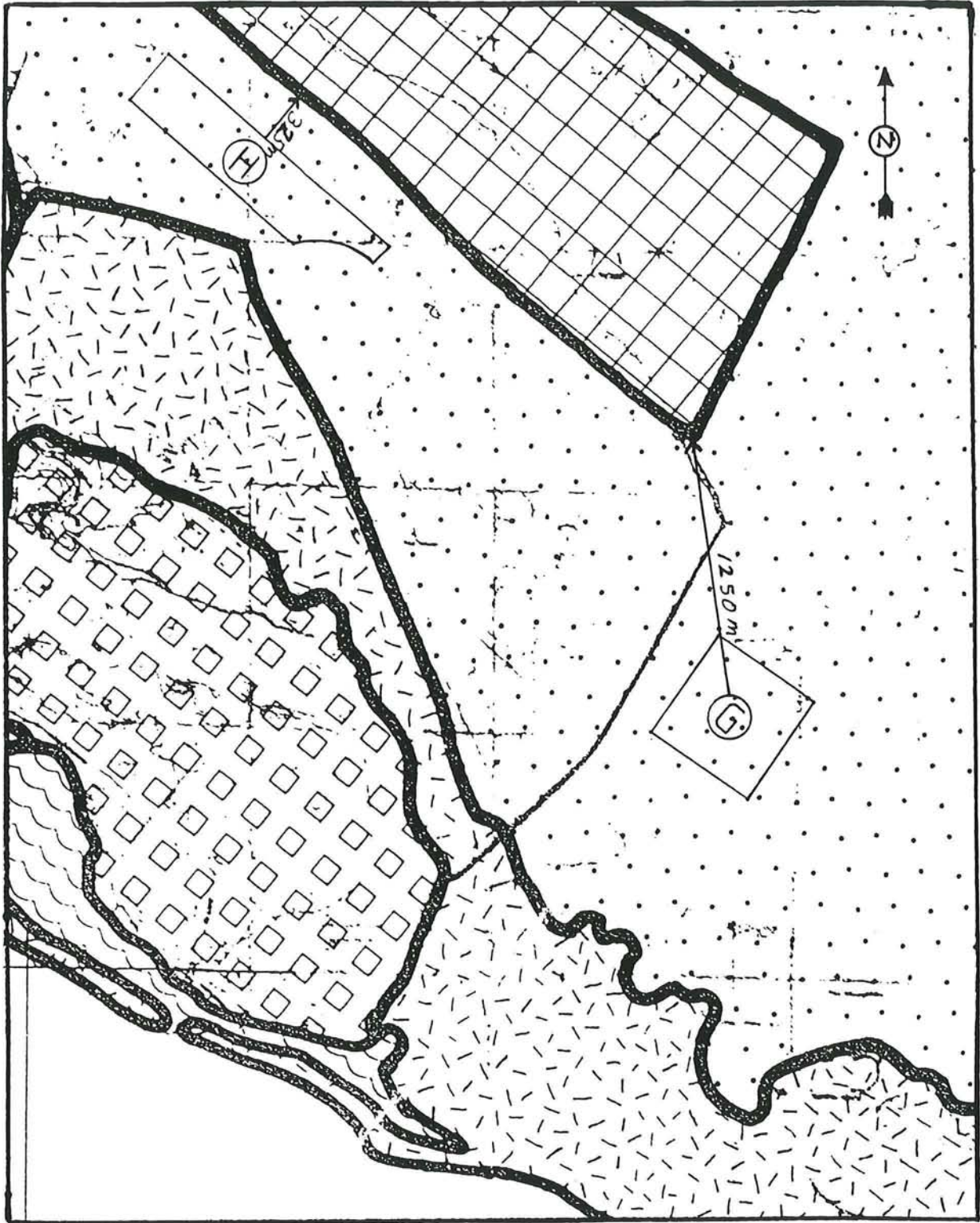


VERKLARING
BESTEMMINGEN

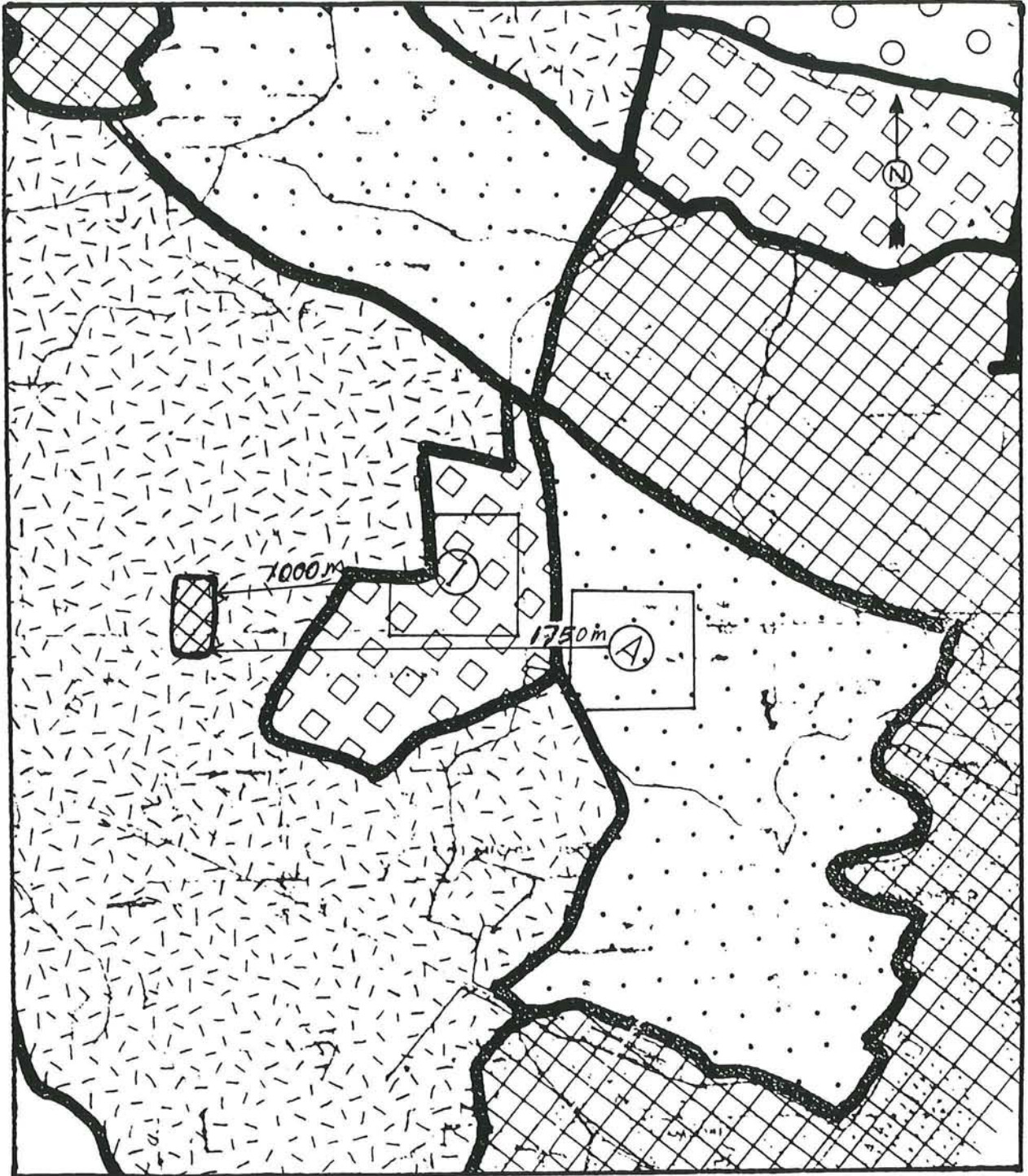
	Stedelijk gebied		Vliegveld		Toeristisch gebied
	Parkgebied		Conserveringsgebied		Open land
	Binnenstad		Agrarisch gebied		Water
	Industriegebied		Landelijk woongebied		

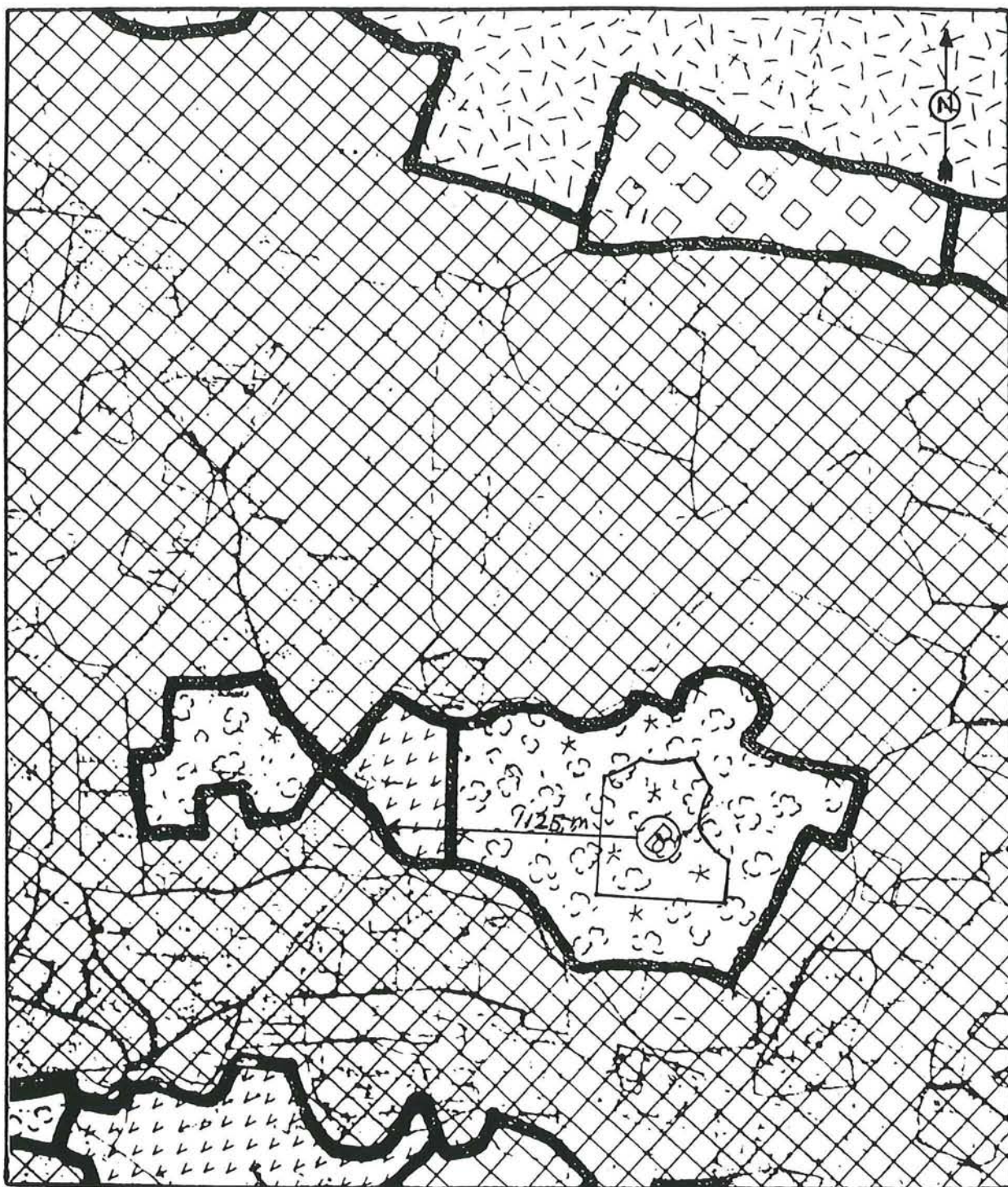


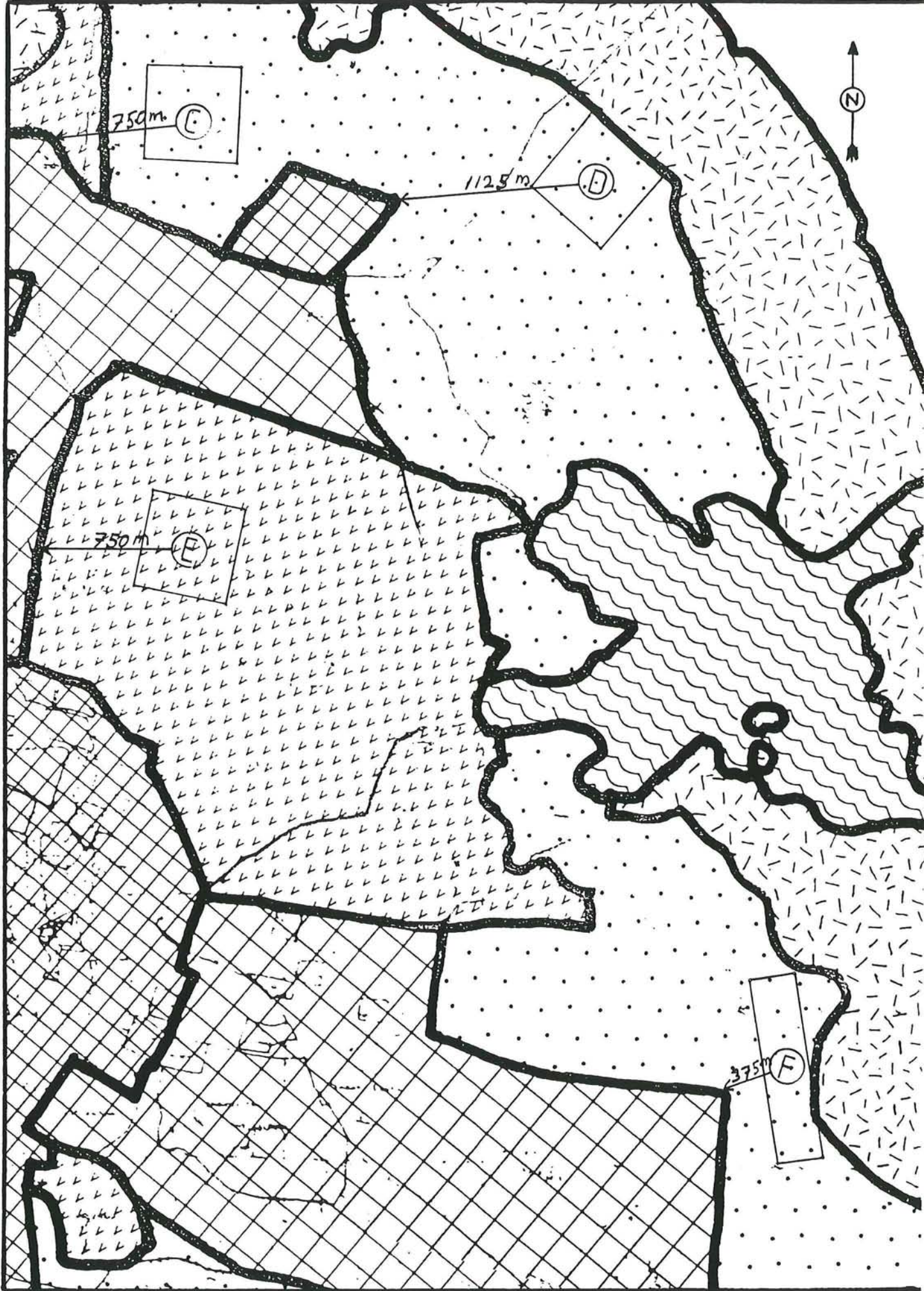


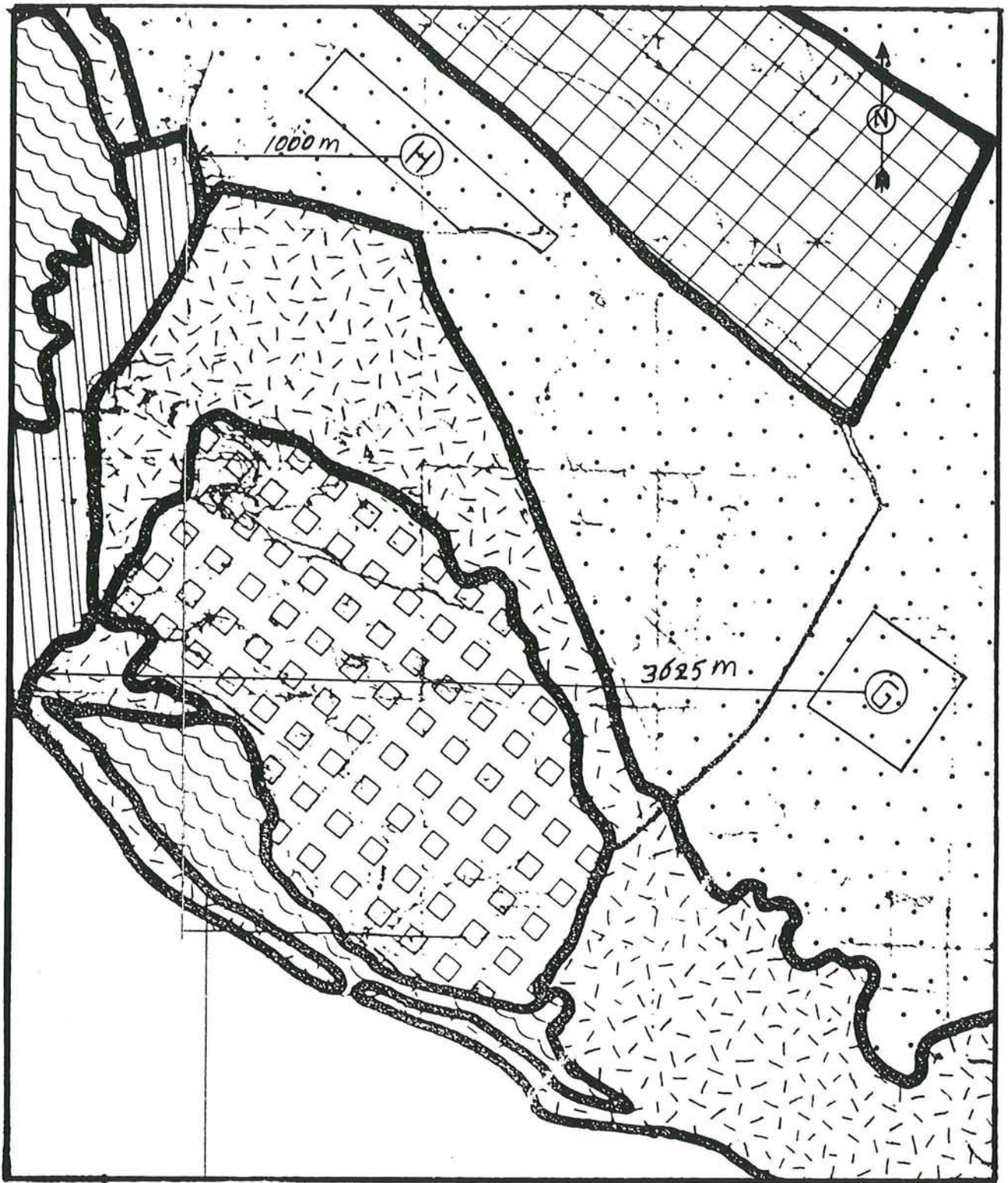


Bijlage 19: Afstand tot benedenwindse bebouwing
(schaal 1:25.000)



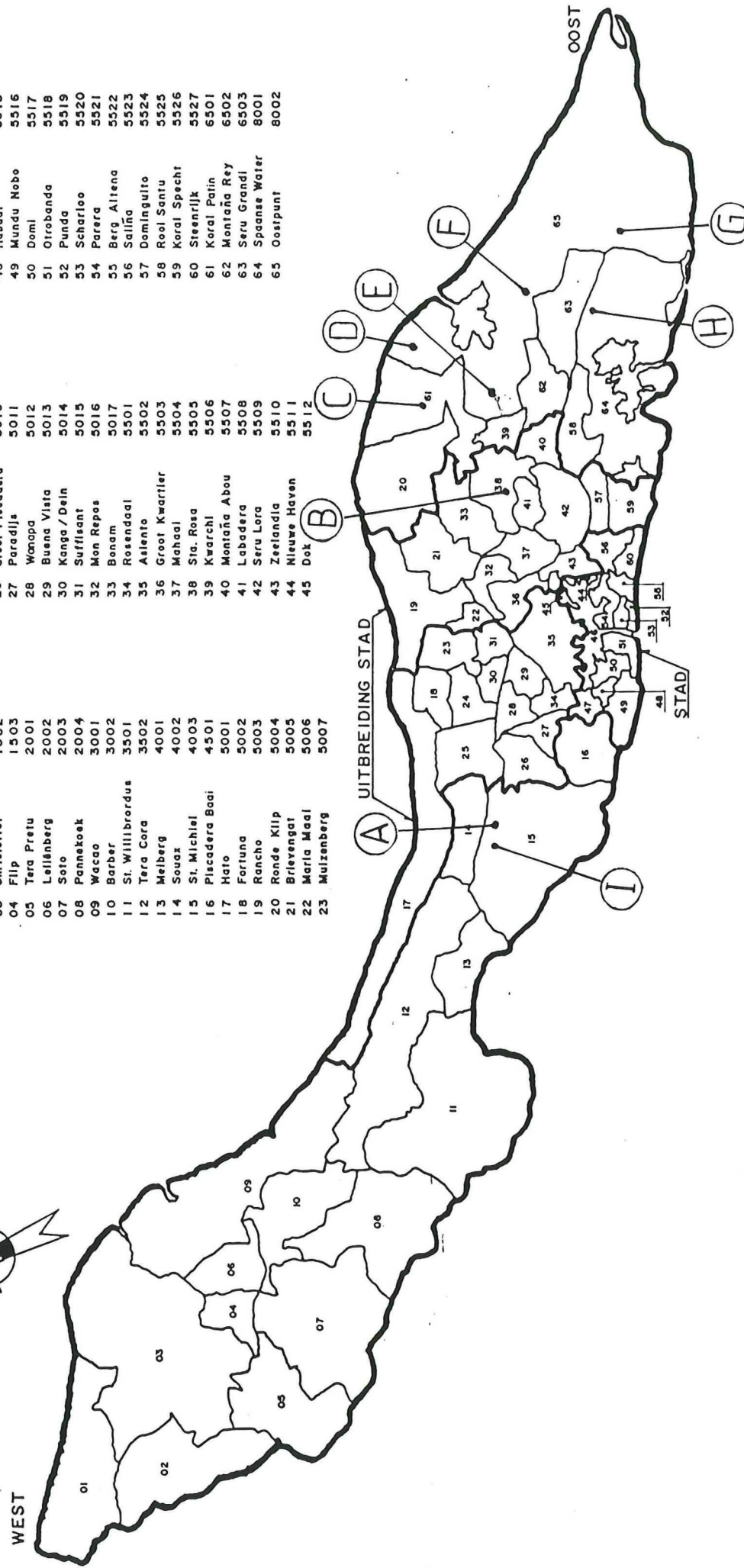
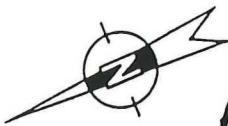






Bijlage 20: Zones volgens de Thematische Geocode Atlas van Curaçao (CBS en DROV, 1986)

Nr	NAAM	CODE	Nr	NAAM	CODE	Nr	NAAM	CODE
01	Westpunt	1001	24	Sla. Maria	5008	46	Schottegat	5513
02	Lagun	1501	25	Mahuma	5009	47	Wishl	5514
03	Christoffel	1502	26	Groot Plisadera	5010	48	Habaal	5515
04	Filip	1503	27	Paradijs	5011	49	Mundu Nobo	5516
05	Tera Pretu	2001	28	Wanapa	5012	50	Doml	5517
06	Lellénberg	2002	29	Buena Vista	5013	51	Orobanda	5518
07	Seto	2003	30	Kanga/Delin	5014	52	Punda	5519
08	Pannekoek	2004	31	Suffisant	5015	53	Scharloo	5520
09	Wacao	3001	32	Mon Repos	5016	54	Parera	5521
10	Barber	3002	33	Bonam	5017	55	Berg Alitena	5522
11	St. Willibrordus	3501	34	Rosendaal	5501	56	Sallina	5523
12	Tera Cara	3502	35	Asiento	5502	57	Dominguito	5524
13	Meiberg	4001	36	Groot Kwartier	5503	58	Rool Santu	5525
14	Souaz	4002	37	Mahaal	5504	59	Koral Specht	5526
15	St. Michiel	4003	38	Sla. Rosa	5505	60	Steenrijk	5527
16	Plisadera Baa	4501	39	Kwarchi	5506	61	Koral Patin	6501
17	Hato	5001	40	Montaña Abou	5507	62	Montaña Rey	6502
18	Fortuna	5002	41	Labadera	5508	63	Seru Grandi	6503
19	Rancho	5003	42	Seru Lara	5509	64	Spanse Water	8001
20	Ronde Klip	5004	43	Zeelandia	5510	65	Oostpunt	8002
21	Brievengat	5005	44	Nieuwe Haven	5511			
22	María Maal	5006	45	Dok	5512			
23	Muizenberg	5007						



D.R.O.V.

GEBIED: CURAÇAO
 PROJECT: THEMATISCHE GEOCODE ATLAS
 ONDERDEEL: OVERZICHT

DIENT RUIMTELIJKE ONTWIKKELING EN VOLKSWAIVESTING
 Curaçao

CBS ZONE NR.	GEO ZONE CODE	OPPER- VLAKTE IN HA.	BEVOLKING 1981	BEVOLKING PER KM ²	WONINGEN 1981	WONINGEN PER KM ²
<u>I Regio West</u>						
1	1001	1406	1089	77	221	16
2	1501	1217	487	40	88	7
3	1502	3172	-	-	-	-
4	1503	298	733	246	131	44
5	2001	1103	537	49	82	7
6	2002	443	720	162	128	29
7	2003	1771	2074	117	356	20
8	2004	1432	434	30	80	6
9	3001	2381	511	21	97	4
10	3002	860	2835	330	537	62
11	3501	2451	630	26	132	5
12	3502	1975	1328	67	316	16
13	4001	517	-	-	-	-
14	4002	455	2067	454	500	110
15	4003	1879	4089	218	835	44
16	4501	416	1320	317	307	74
		21776	18854	87	3810	9

<u>II Regio Oost</u>						
20	5004	1039	694	66	145	14
39	5506	179	1819	1017	420	235
58	5525	403	1696	421	359	80
61	6501	1008	1615	160	380	38
62	6502	378	3844	1016	810	214
63	6503	632	2143	339	458	72
64	8001	2128	785	37	231	11
65	8002	5437	1208	22	256	5
		11204	13804	123	3059	27

CBS ZONE NR.	GEO ZONE CODE	OPPER- VLAKTE IN HA.	BEVOLKING 1981	BEVOLKING PER KM ²	WONINGEN 1981	WONINGEN PER KM ²
<u>III Regio Stad</u>						
44	5511	37	-	-	-	-
45	5512	59	-	-	-	-
46	5513	287	-	-	-	-
47	5514	130	3119	2395	711	546
48	5515	54	1859	3428	435	802
49	5516	242	4413	1823	1059	437
50	5517	119	2533	2136	618	521
51	5518	136	3129	2300	924	679
52	5519	39	758	1935	253	646
53	5520	42	1021	2417	332	786
54	5521	139	622	449	167	120
55	5522	79	5039	6389	1318	1671
56	5523	191	2727	1429	750	393
60	5527	121	6663	5519	1558	1290
		1675	31883	1903	8125	485

<u>IV Regio Uitbreiding Stad</u>						
17	5001	1511	51	3	16	1
18	5002	244	3739	1531	813	333
19	5003	831	744	92	164	20
21	5005	512	7526	1471	1585	310
22	5006	109	1413	1293	337	308
23	5007	308	1088	353	279	91
24	5008	247	4001	1617	868	351
25	5009	477	4419	926	973	204
26	5010	346	1959	566	478	138
27	5011	168	2315	1378	521	310
28	5012	178	5365	3007	1255	703
29	5013	183	6366	3477	1458	796
30	5014	130	2168	1662	527	404
31	5015	163	5571	3413	1304	799
32	5016	208	3242	1556	768	369
33	5017	480	5122	1066	1122	234
		9271	82847	894	19006	205

Totaal Curacao 43926** 147388*** 335 34000

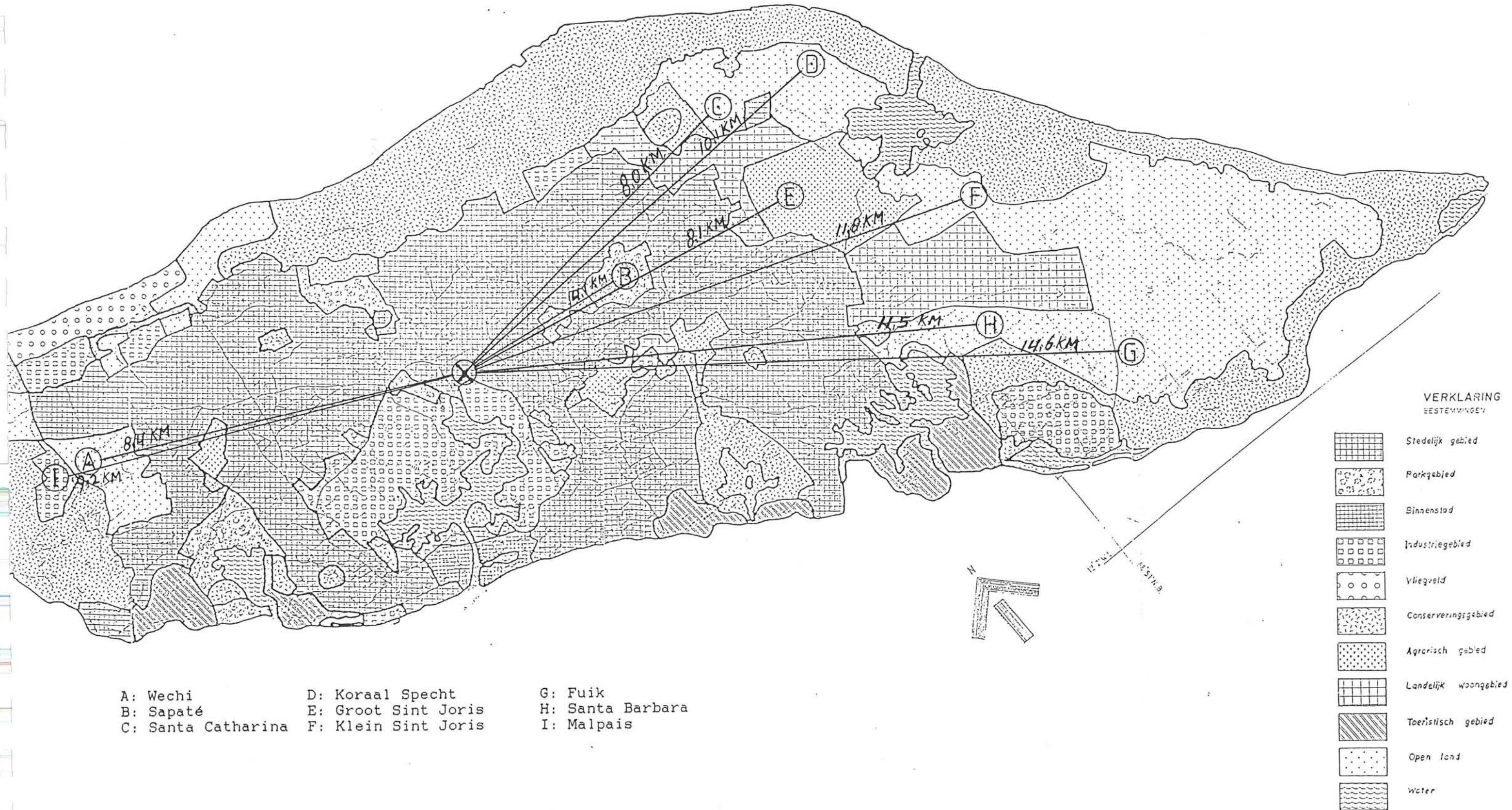
* een hectare is 100 x 100 meter; een vierkante kilometer is 1000 x 1000 meter.
zone 5513 (Schottegat - oppervlakte 287 ha.) bestaat geheel uit water.

Hieruit volgt dat de totale landoppervlakte van Curacao ongeveer 43639 ha. groot moet zijn.

Bron: graph-bar microcomputer meting van de oppervlakten van de Geocode zones verricht op schaal 1: 50000 (Carabi/DROV)

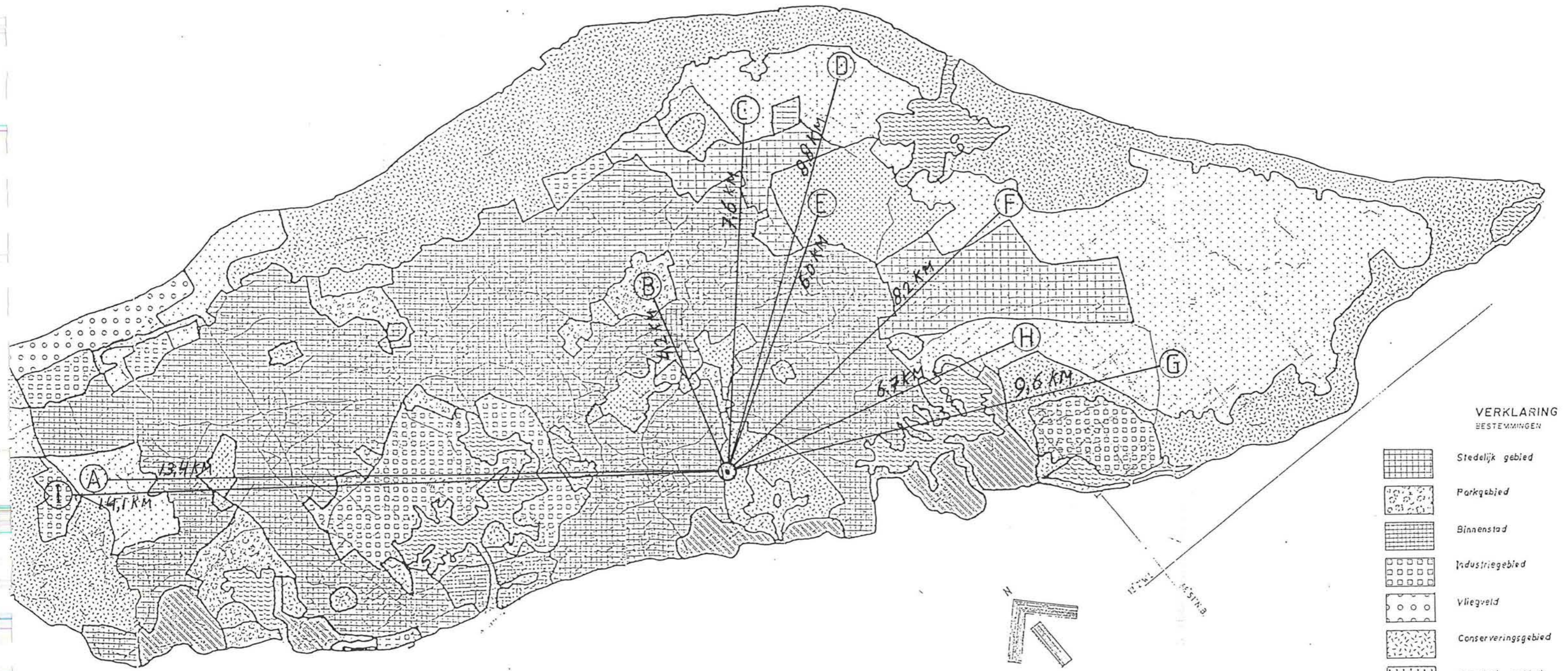
*** Tweede algemene volks-woningtelling Nederlandse Antillen, Toestand per febr. 1981 Serie B publicatie nr. 1. Geselecteerde tabellen- Curacao (Centraal Bureau voor de Statistiek), mei 1983.

Bijlage 21: Ligging t.o.v. het zwaartepunt van het vuilophaalgebied
(schaal 1:80.000)














A: Wechi	D: Koraal Specht	G: Fuik
B: Sapaté	E: Groot Sint Joris	H: Santa Barbara
C: Santa Catharina	F: Klein Sint Joris	I: Malpais

Bijlage 22: Ligging t.o.v. het overslagstation
(schaal 1:80.000)

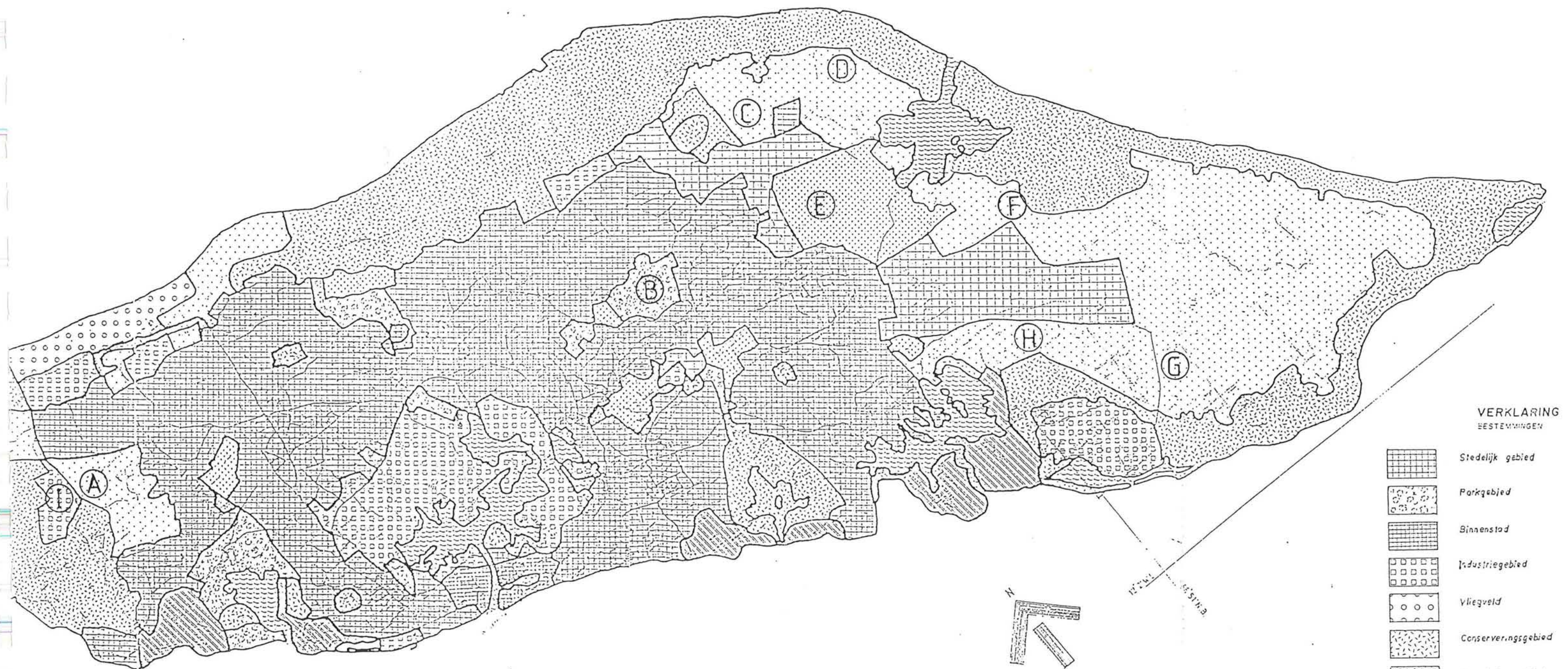


- | | | |
|--------------------|---------------------|------------------|
| A: Wechi | D: Koraal Specht | G: Fuik |
| B: Sapaté | E: Groot Sint Joris | H: Santa Barbara |
| C: Santa Catharina | F: Klein Sint Joris | I: Malpais |

VERKLARING
BESTEMMINGEN












-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conserveringsgebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

Bijlage 23: Bestemmingskaart (DROV, 1991)
(schaal 1:80.000)

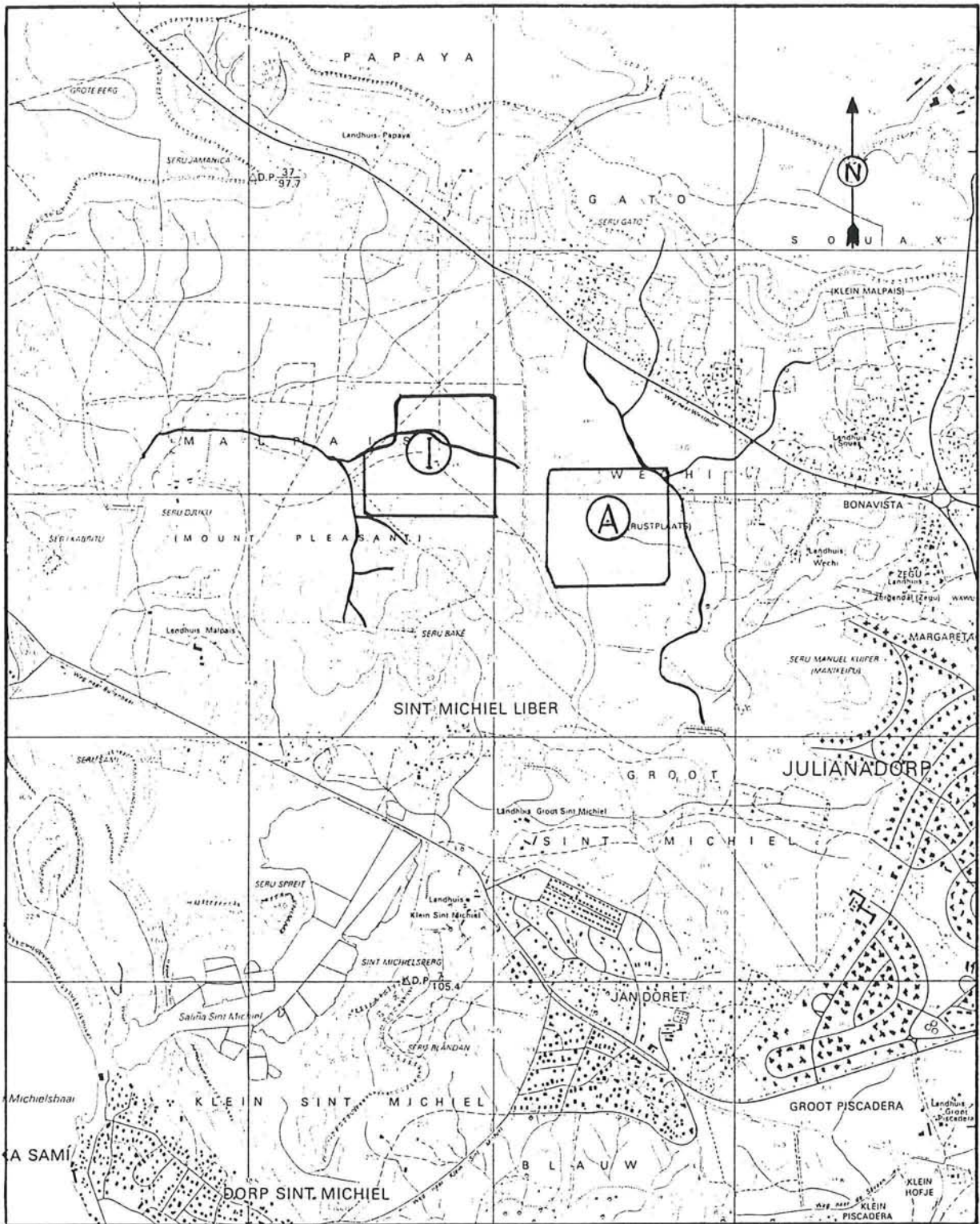



A: Wechi	D: Koraal Specht	G: Fuik
B: Sapaté	E: Groot Sint Joris	H: Santa Barbara
C: Santa Catharina	F: Klein Sint Joris	I: Malpais

VERKLARING
BESTEMMINGEN

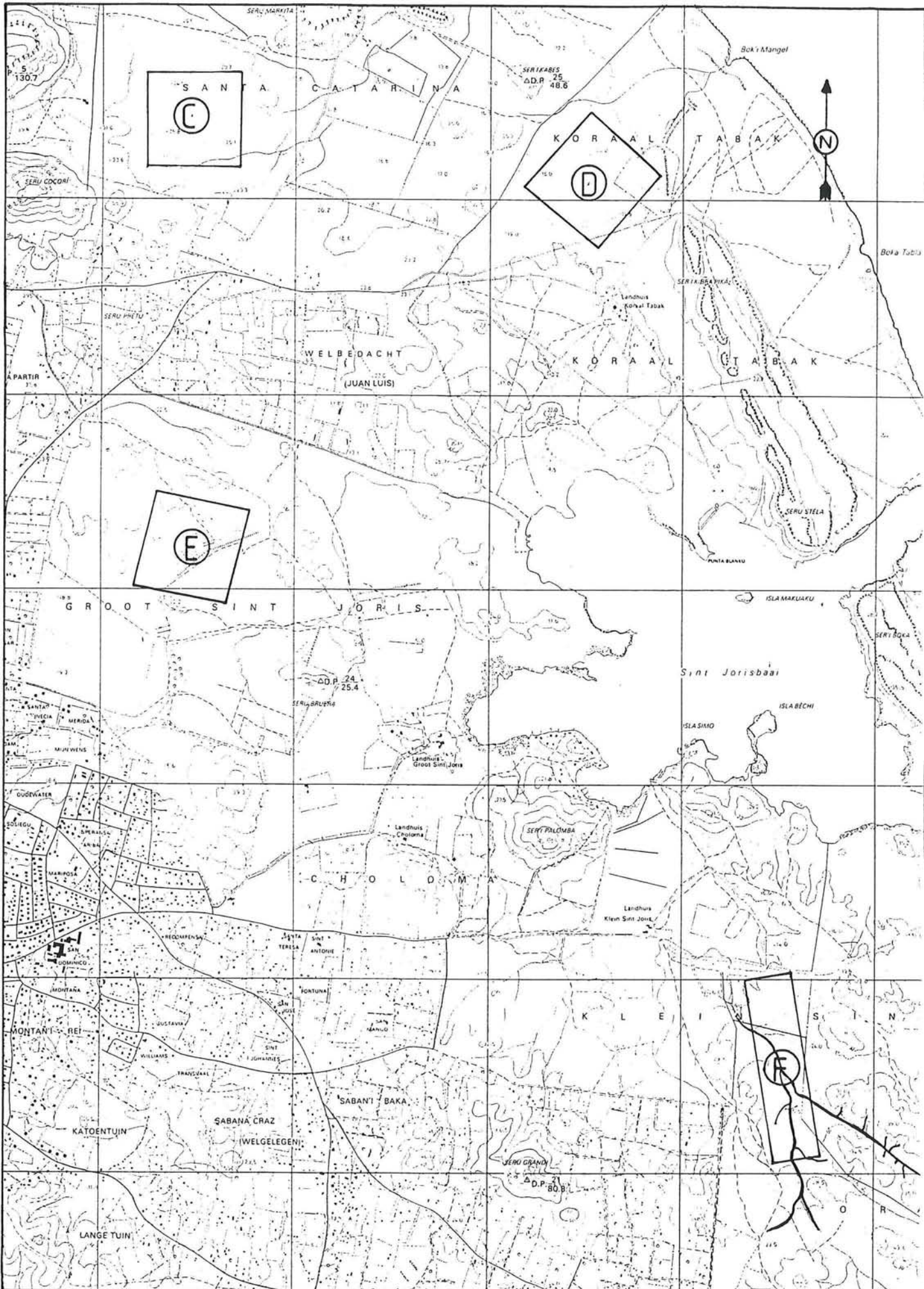
-  Stedelijk gebied
-  Parkgebied
-  Binnenstad
-  Industriegebied
-  Vliegveld
-  Conservatiegebied
-  Agrarisch gebied
-  Landelijk woongebied
-  Toeristisch gebied
-  Open land
-  Water

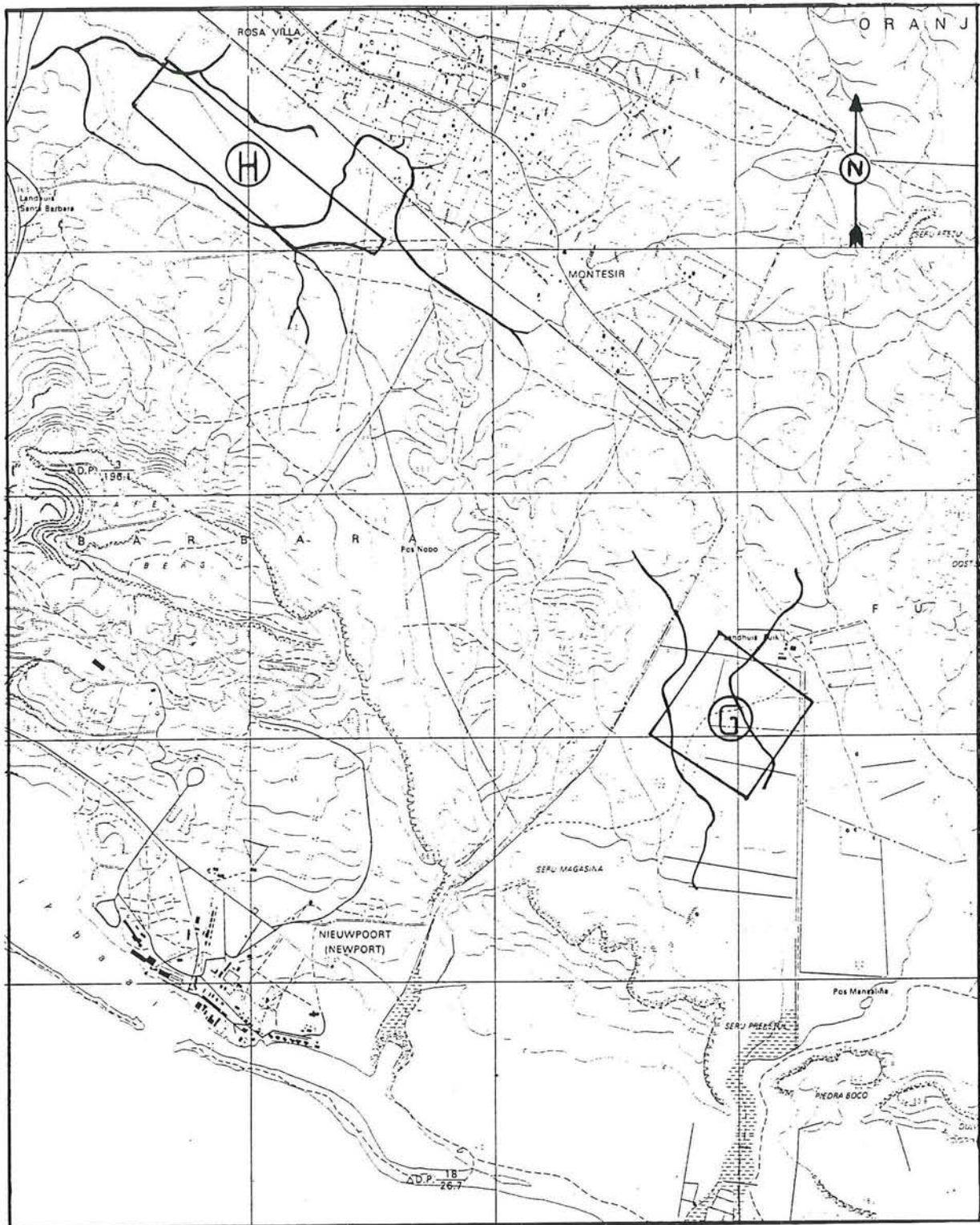
Bijlage 24: Waterlopen
(schaal 1:25.000)



 : Droge waterloop







LITERATUURLIJST

- Bavelaar, D. 1989. Gezondheidstechniek in ontwikkelingslanden deel 4, Faculteit der Civiele Techniek, TU Delft.
- Brunner, O.R. en Keller, J.J. 1972. Sanitary landfill design and operation, EPA-SW-65ts, U.S. Environmental Protection Agency.
- CBS en DROV 1986. Thematische geocode atlas van Curaçao.
- CBS Curaçao 1990. Bevolkingsontwikkeling en woningbehoefte door H. van Leusden, inhoud lezing UNA.
- Chow, V.T. 1964. Handbook of applied hydrology, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Cossu, R., Christensen, T.H. en Wilhelm, R. 1989. Sanitary landfilling: process, technology and environmental impact, Academic Press.
- Demolition Waste, 1980. Environmental Resources limited.
- Development Plan for Curaçao, 1980. Executive council of the island territory of Curaçao.
- DHV, 1993. Aanvangsnotitie Contouren Afvalstoffenplan, Curaçao.
- DROV, 1988. Bestemmingsvoorschriften behorende bij het eilandelijk ontwikkelingsplan voor Curaçao 1988.
- DROV, 1991. Bestemmingskaart behorende bij het eilandelijk ontwikkelingsplan voor Curaçao 1991.
- Ettala, M. 1987. Infiltration and hydraulic conductivity at a sanitary landfill, Aqua Fennica 17, nr.2, pag. 231-237.
- Fenn, D.G., Hanley, K.J. en Degeare, T.V. 1975. Use of the water balance method for predicting leachate generation from solid waste disposal sites, EPA-530/SW-168, U.S. Environmental Protection Agency.
- Fungaroli, A.A. en Steiner, R.L. 1979. Investigation of sanitary landfill behavior vol.I, EPA-600/2-79-053a, U.S. Environmental Protection Agency.
- Grabowsky en Poort, 1990. Sanering stortplaats Koraal Specht, eindrapportage Ingenieursbureau Grabowsky & Poort Int. N.V..
- Holmes, R. 1980. The water balance method of estimating leachate production from landfill sites, Solid Wastes nr.1.
- Imagen Ambiental, 1983. Verantwoordelijkheid voor afvalstoffen en puin, Imagen Ambiental nr.3, pag. 9.
- Imagen Ambiental, 1985. Apertura landfill Malpais, Imagen Ambiental nr.5, pag. 6-8.

Keen, B.H., Crowther, E.M. en Coutts, J.R.H. 1926. The evaporation of water from soil III, Journal of agricultural science nr.16, pag. 105-122.

Kemper, J.M. en Smith, R.B. 1981. Leachate production by landfilled processed municipal wastes, EPA-600/9-81-002a pag. 18-36, U.S. Environmental Protection Agency.

Kook, W. 1989. Shushi of shusha?, afstudeerverslag, Landbouwniversiteit Wageningen.

Lu, J.C.S., Eichenberger, B. en Stearns, R.J. 1985. Leachate from municipal landfills, Noyes Publications, New Jersey.

Lutton, R.J., Regan, G.L. en Jones, L.W. 1979. Design and construction of covers for solid waste landfills. EPA-600/2-79-165, U.S. Environmental Protection Agency.

Meteorologische dienst Nederlandse Antillen en Aruba, 1991. Overzicht weersgesteldheid 1990.

Milieubeleidsplan Curaçao, 1990. Rapportage DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V..

Milieudienst, 1984. Samenvattend rapport bandenreparatie bedrijven.

Ministerie van WVC, 1967. Soil Potential Map Curaçao.

Nijkerk, A.A. 1986. Recycling mogelijkheden op Curaçao, Nos Futuro pag. 381-404.

Noble, G. 1976. Sanitary landfill design handbook, Technomic Publishing, Westport.

Nos Futuro, 1986. Universiteit van de Nederlandse Antillen, De Walburg Pers, Zutphen.

Polak, B.M. 1973. Functioneel ontwerpen, B.V. Uitgeversmaatschappij Agon Elsevier.

Pols, A.A.J. 1987. Systematisch ontwerpen, Faculteit der Civiele Techniek, TU Delft.

Rijtema, P.E. 1969. Soil moisture forecasting, Instituut voor Cultuurtechniek, Wageningen.

Richardson, Q.B. 1986. Recycling als milieubeleidsinstrument, Nos Futuro pag. 407-419.

RIVM, 1991. Nationale milieuverkenning 1990-2010.

Salvato, J.A., Witkie, W.G. en Mead, B.E. 1971. Sanitary landfill leaching prevention and control, Journal of W.P.C.F. nr.43, pag. 2084-2100.

Selikor, 1991. Voorwaarden voor hindervergunning voor landfill Malpais, DROV 1991.

Segeren, W.A. en Hengeveld, H. 1984. Bouwrijp maken van terreinen, Stichting Bouwresearch.

STINAPA, 1980. Milieuvervuiling op de Nederlandse Antillen nr.19.

Stone, R. 1974. Disposal of sewage sludge into a sanitary landfill, EPA-SW-71d, U.S. Environmental Protection Agency.

Urquhart, L.C. 1959. Civil engineering handbook, 4th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.

Voogd, J.H. 1983. Multicriteria evaluation for urban and regional planning, Pion, Londen.

Walsh, J.J. en Kinman, R.N. 1981. Leachate and gas from municipal solid waste landfill simulators, EPA-600/9-81-002a pag. 67-93, U.S. Environmental Protection Agency.

Overzicht van gevoerde gesprekken

Boekelman, Faculteit der Civiele Techniek, TU Delft, 1992.

CBS Curaçao, Willemstad, Curaçao, 1991

Kook, Willemstad, Curaçao, 1991.

Laurijssens, Directeur Dienst Stadsreiniging -vervoer en -markten, Dordrecht, 1992.

Louwman, Directeur Centraal Afvalverwijderingsbedrijf en Recreatieschap Westfriesland, Delft, 1992.

Verver, Faculteit der Civiele Techniek, TU Delft, 1992.