

707A.

Nieuwe haven in Libië
voor de
bevoorrading van offshore-platforms
deel 1

Martin Mommersteeg
Augustus, 1987

Inhoudsopgave

Inleiding	5
Deel 1	
1. Probleembeschrijving	8
2. Beschrijving van de kuststrook	9
3. Lokatiekeuze	12
4. Alternatieven voor indeling haventerrein	15
5. Bepaling golfklimaat	17
6. Analyse van de overgebleven alternatieven	32
6.1 Inleiding	32
6.2 Baggerwerk	33
6.2.1 Inleiding	33
6.2.2 Diepgang van de schepen	33
6.2.3 Waterstanden	34
6.2.4 Horizontale en verticale afmetingen van de haven	35
6.2.5 Hoeveelheden baggerwerk	43
6.3 Lengte en hoogte van de havendammen	44
6.4 Aanzanding en zeewier	46
6.5 Nautische aspecten	47
6.6 Uitbreidingsmogelijkheden	49
6.7 Aanwezige achterland voor opslag.	50
6.8 Kosten	51
6.9 Afweging van de verschillende alternatieven	56
7. Aanlegplaatsen	58
7.1 Benodigd aantal ligplaatsen	59
7.2 Laden en lossen	60
7.3 Kade of steiger	61
7.4 Aanlegplaatsen voor supply-schepen en grotere zeeschepen	62
7.5 Aanlegplaatsen voor de overige schepen	66
7.6 Boothelling	67
8. Definitieve lay-out van het natte havengedeelte	68
9. Indeling opslagplaatsen	73
9.1 Behandeling van de materialen	73
9.2 Totaal benodigde opslagplaatsen	75
9.3 Eisen voor de situering van de opslagplaatsen	80
9.4 Benodigde equipment in de haven	82
10. Totale lay-out van de haven	84

Deel 2

1. Inleiding ontwerp havendammen	6
2. Lijst van gebruikte symbolen	8
3. Randvoorwaarden	10
4. Korte oriënterende berekeningen	12
5. Constructiekosten van de havendammen.	18
6. Schade aan de havendammen	30
7. Optimalisering van het ontwerp	43
8. Inleiding ontwerp havengeul	50
9. Bepalende factoren voor de geuldiepte	51
10. Mogelijke situaties in Sabratah	53
11. Scheepsafhankelijke factoren	54
11.1 Diepgang van de schepen	54
11.2 Squat en trim	55
11.3 Scheepsbewegingen ten gevolge van golven	57
11.4 Overdrachtsfuncties	63
11.5 Resultierend schip-spectrum	67
12. Waterniveau-afhankelijke factoren	68
13. Bodemoneffenheden	70
14. Variatie van de underkeel-clearance	72
15. Kans op een bodemberoering	74
16. Uiteindelijke keuze bodemniveau	80
Nabeschouwing	88
Literatuurlijst	91

Bijlagen

Bijlage 1: Omgevingscondities	5
Bijlage 2: Refraktieberekening	45
Bijlage 3: Difraktieberekening	53
Bijlage 4: Prijsopgave voor baggerwerk, Zanen Verstoep	82
Bijlage 5: Berekening scheeps-responsies	87

Inleiding

De italiaanse oliemaatschappij A.G.I.P. is van plan in de Middellandse Zee tussen Italië en Libië een offshore basis te ontwikkelen voor de winning van ruwe olie. In deze basis, Bouri Field, zullen eerst exploratieboringen verricht worden, waarna later exploitatie plaats kan vinden. Tijdens de exploratiefase zullen er op de boorplatformen regelmatig diverse materialen nodig zijn, die van elders aangevoerd moeten worden. Daarom dient ook aan land een basis gecreëerd te worden, waar tevens het personeel een woon- en verblijfplaats kan vinden. Een geschikte lokatie voor deze supply-basis is het reeds in bezit van A.G.I.P. zijnde gebied aan de kust van Libië, ter plaatse van Sabratah, ongeveer 70 km ten westen van Tripoli. In deze basis zal dus de op- en overslag van materialen van en naar de boorplatformen plaatsvinden, zullen reparaties uitgevoerd worden en zal onderdak en ontspanning verleend worden aan de vele werknemers op de boorplatformen. Voor de supply-basis is door ingenieursbureau F.C. de Weger te Rotterdam een ontwerp gemaakt. Het afstudeerwerk zal parallel aan dit ontwerp een alternatief ontwerp voor deze supply-haven omvatten.

In een onderzoek, voorafgaand aan het afstudeerwerk, is het logistieke aspect van de haven bekeken. Door A.G.I.P. worden namelijk eisen aan de hoeveelheid opslagruimten gesteld, die niet erg reëel lijken. In het onderzoek zijn daarom de aan- en afvoerpatronen van de diverse materialen die in de haven overgeslagen worden bepaald. Hieruit is de benodigde opslagcapaciteit in de haven afgeleid. De waarden die hieruit volgen zullen in het afstudeerwerk gebruikt worden.

In het afstudeerwerk zelf zal een ontwerp gemaakt worden voor de gehele haven. De lay-out van zowel het natte als het droge gedeelte van de haven zal bepaald moeten worden. Daarnaast zal voor enige onderdelen van de lay-out een technisch ontwerp gemaakt moeten worden.

De indeling van het afstudeerwerk valt dan ook uiteen in twee delen, waarvan een apart verslag gemaakt is. In het eerste deel wordt het ontwerp van de indeling van het haventerrein beschreven. In de eerste hoofdstukken wordt voor de basis een definitieve lokatie gekozen binnen het terrein dat in bezit is van A.G.I.P. In hoofdstuk 4 worden dan verschillende alternatieven opgesteld voor de indeling van het natte gedeelte van de haven. Na een eerste grove beoordeling in hoofdstuk 5, wordt in hoofdstuk 6 uit de overgebleven alternatieven met behulp

van een multi-criteria analyse de uiteindelijke lay-out gekozen. In deze lay-out worden vervolgens in hoofdstuk 7 de aanlegplaatsen voor de diverse schepen ingepast, zodat de totale lay-out van het natte havengedeelte vast ligt. Deze wordt nog eens beschreven in hoofdstuk 8. In de laatste twee hoofdstukken tenslotte wordt bij de gekozen lay-out een indeling van het landgedeelte van de haven gemaakt. Hiervoor worden de benodigde opslagplaatsen gesitueerd en worden de overige faciliteiten in de basis ingepast.

In het tweede deel worden twee technische ontwerpen gemaakt. In de eerste hoofdstukken wordt met behulp van de probabilistische methode een ontwerp gemaakt voor de havendammen. In de daarop volgende hoofdstukken wordt de diepte van de toegangseul tot de haven, eveneens op probabilistische wijze, bepaald.

Deel 1

Indeling haventerrein

1. Probleembeschrijving

Om de bevoorrading van verschillende boorplatforms in de Middellandse Zee gemakkelijk te kunnen laten verlopen, zal aan de Kust van Libië, nabij Sabratah, een supply-haven gebouwd worden. Op deze basis zullen de materialen die op de boorplatforms nodig zijn overgeslagen worden. Hierbij zal over het algemeen ook tussentijdse opslag nodig zijn. Verder zullen er op de basis verschillende werkzaamheden verricht moeten worden ten behoeve van de voortgang van de boorwerkzaamheden, zoals kleine reparaties en pijpenreiniging. Als laatste dient de basis woon- en ontspanningsgelegenheid te bieden aan het personeel dat op de boorplatforms an de supply-schepen werkzaam is.

De haven dient zodanig ontworpen te worden dat de bevoorrading van de platforms zo snel mogelijk kan verlopen. De lay-out van het natte gedeelte van de haven moet hiervoor zo ingericht worden dat aan de kaden altijd een veilige overslag mogelijk is. Dit betekent dat de golfhoogte in de haven zeer beperkt moeten blijven. Verder zal er voldoende manoeuvreerruimte moeten zijn en zal een vlotte in- en uitvaart van de supply-schepen gegarandeerd moeten worden, die onder alle weersomstandigheden mogelijk is. Het landgedeelte moet een efficiënte overslag mogelijk maken om de downtime van de supply-schepen tot een minimum te beperken. De indeling van de kade zal dan ook een snelle overslag aan meerdere schepen tegelijk mogelijk moeten maken. Ook de situering van de opslagplaatsen en het aanwezige equipment moeten hierop worden afgestemd. Het overige gedeelte van de basis moet ruimte bieden aan de overige faciliteiten binnen de haven, zoals een heliportbasis, een boothelling, woongelegenheden en ontspanningsgelegenheden.

2. Beschrijving van de kuststrook

De nieuwe basis zal gebouwd moeten worden op het in AGIP's bezit zijnde kustgebied even ten westen van Sabra-tah. Dit gebied heeft een oppervlakte van ongeveer 1 km² en grenst over een lengte van ruim 3 km aan zee. Binnen deze 3 km moet de haven gesitueerd worden. Echter niet de gehele kuststrook is geschikt voor de situering van een haven. Het kustgedeelte westelijk van Ras El Jourf tot aan the unfinished building (zie figuur 2.1) bestaat over de volle lengte van zo'n 900 m. alleen uit steile rotsen tot een hoogte van 20 meter boven de zeespiegel. Het water langs dit gedeelte van de kust bevat nauwelijks tot geen sediment en ook op de zeebodem wordt maar op enkele plaatsen sediment aangetroffen. De bodem bestaat hier uit bioclastic sandstone. Dit bestaat uit zandkorrels (0,06 - 2 mm) die gecementeerd zijn door het neerslaan van calciumcarbonaat uit het zeewater. In tegenstelling tot sediment worden er over de volle lengte van dit kustgedeelte enorme hoeveelheden zeewier aangetroffen. Dit wier ligt in dikke lagen op het kleine strandje voor de steile rotsen, maar kan bij zwaarder weer losslaan en op het water afdrijven. Het wier kan ook als suspensie in het water aanwezig zijn, vooral in de brekerzone.

Een zeer opmerkelijk feit is dat in de baai van Ras El Jourf maar zeer weinig sediment aangetroffen wordt. Men zou immers verwachten dat, gezien de zanderige kust ten westen van the unfinished building, de baai een zeer geschikte plaats voor sedimentatie is.

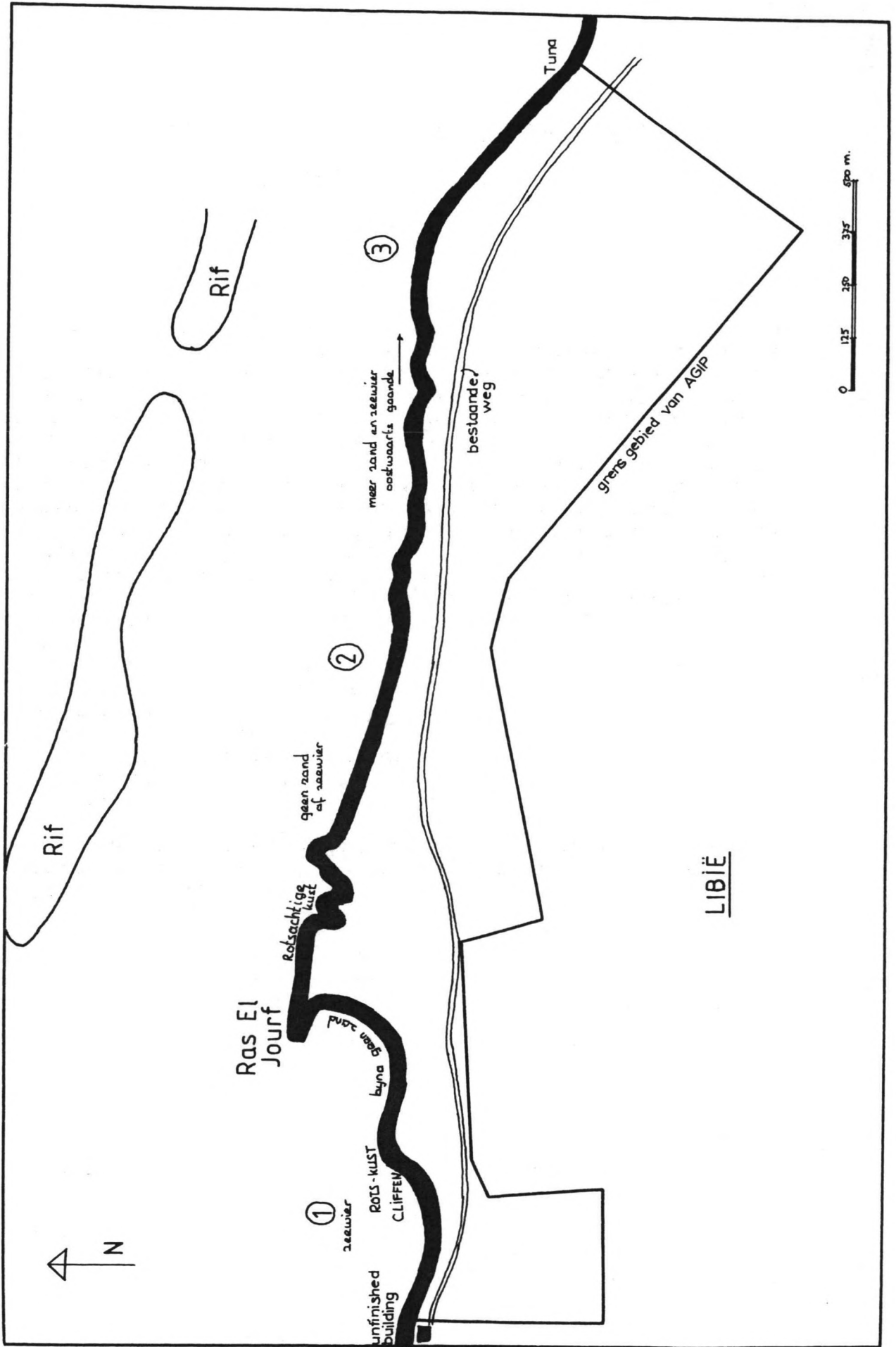
De kuststrook oostelijk van Ras El Jourf bestaat uit een strand van bioclastic sandstone. De kust is vrij onregelmatig met een aantal kleine baaien. Net ten oosten van Ras El Jourf wordt bijna geen sediment of zeewier aangetroffen, alleen wat in de aanwezige baaien. Meer naar het oosten gaand neemt de hoeveelheid zeewier wat toe, hoewel het toch geringe hoeveelheden blijven. Naar het schijnt zorgt de clif Ras El Jourf ervoor dat er geen zeewier vanuit de westelijke richting getransporteerd kan worden.

Op zo'n 700 meter van de kust oostelijk van Ras El Jourf, bevindt zich een rif, dat op sommige plaatsen tot aan de waterspiegel reikt. Dit rif vormt zo een natuurlijke bescherming tegen golfaanvallen vanaf de Middellandse Zee. Achter het rif is de zeebodem vrij steil tot een diepte van 15 meter. Daarna wordt het profiel wat minder onregelmatig met een helling van 1 : 120. Verder van de kust afgaand komt er steeds meer sediment op de

rotsachtige ondergrond te liggen. De laagdikte neemt sterk progressief toe. Voor de korrelgrootte van het aanwezige zand geldt $d_{50} = 145 \mu\text{m}$.

Het gebied tussen het rif en de kust is vrij onregelmatig. De bodem bestaat uit bioclastic sandstone en is op sommige plaatsen bedekt met een zeer dun laagje zand of zeewier. Alleen het gebied een kilometer oostelijk van Ras El Jourf vormt een uitzondering. Hier bevindt zich een gebied van zo'n $250 \times 500 \text{ m}^2$ dat bestaat uit een dikkere laag ongeconsolideerd sediment tot $0,5 \text{ à } 1,0$ meter. Het is niet geheel duidelijk waar dit zand precies vandaan komt, vanwege het rotsachtige strand. Waarschijnlijk komt het echter uit westelijke richting van de daar aanwezige zanderige stranden en bezinkt het in het rustige water achter het rif.

Voor deze gegevens is gebruik gemaakt van rapporten van Nedeco [1] en OSIRIS-CESCO [2].



figuur 2.1 overzichtskaartje

3. Lokatiekeuze

De nieuwe haven zal binnen het beschreven kustgebied gesitueerd moeten worden. Daar de haven niet de volle drie kilometer kustlijn zal beslaan zal een keuze gemaakt moeten worden uit verschillende plaatsen. Verschillende mogelijkheden hiervoor zijn:

- de baai westelijk van Ras El Jourf
- het rotsachtige strand net oostelijk van Ras El Jourf
- het meest oostelijk deel van het gebied, grenzend aan de Tuna Fishery Bay

Grofweg is de kuststrook dus in drie mogelijke gebieden van elk ongeveer een kilometer lengte gesplitst.

Bij de keuze van de lokatie wordt uitgegaan van de volgende eisen:

- geen last voor de omgeving
- zoveel mogelijk gebruik maken van reeds aanwezige voorzieningen, zoals wegen e. d.
- vereiste baggerwerk minimaliseren, dus gebruik maken van aanwezige waterdiepten
- rekening houden met geschikte ondergrond voor eventuele havendammen
- golfaanval beperken door gebruik te maken van de aanwezige riffen voor de kust
- rekening houden met de hoofdrichting van de golven (N. W.)
- aanzanding zo gering mogelijk houden
- overlast door zeewier beperken
- opslag en overslag moet zo dicht mogelijk bij de haven kunnen geschieden
- eventuele toekomstige uitbreidingen moeten zonder veel extra constructiekosten mogelijk zijn
- goede bereikbaarheid van de haven vanuit andere punten van de basis
- veilige invaart moet mogelijk zijn voor supplyschepen over het gehele jaar onder alle weersomstandigheden en voor RoRo- of general-cargo schepen onder redelijke weersomstandigheden
- voldoende manoeuvreerruimte voor de schepen moet gegarandeerd worden
- de totale kosten voor alle werken, zowel offshore als onshore moeten minimaal blijven
- onderhoudswerkzaamheden moeten beperkt kunnen blijven

Van het meest westelijk gelegen alternatief, westelijk van Ras El Jourf, kan het volgende gezegd worden. Door de aanwezigheid van de clif Ras El Jourf zal de haven vanaf de oostzijde al in ruime mate natuurlijk beschermd zijn tegen golfaanvallen. De te bouwen lengte van de oostelijke havendam kan zo beperkt blijven. Tevens kan gebruik gemaakt worden van de reeds aanwezige waterdiepten in de baai, hetgeen het baggerwerk zal verminderen. Er kleven echter meer nadelen aan deze lokatie. De steile rotsen direkt aan de kust zorgen voor een moeilijke verbinding tussen de haven en de achterliggende opslagterreinen en de basis. Tevens ligt de aanwezige weg vrij dicht bij de kust, zodat deze de opslagplaatsen zal doorkruisen, hetgeen overlast geeft bij het overslaan. Verlegging van de weg zal weer extra kosten met zich mee brengen, hoewel deze niet erg hoog zullen zijn. De westelijke havendam zal wat zwaarder uitgevoerd moeten worden dan bij de andere twee lokaties, daar er geen gebruik gemaakt wordt van de natuurlijke bescherming van het rif. De grote hoeveelheden zeewier die nu reeds aanwezig zijn, kunnen er op duiden dat er ook veel overlast verwacht kan worden in de haven, ondanks de beschermende invloed van de havendammen. Ook kan men last krijgen van sedimentatie door de aanwezigheid van de zanderige kust net ten westen van the unfinished building. Als laatste geldt nog dat een eventuele uitbreiding van de haven problemen met zich mee kan brengen door de vaststaande grenzen van dit gebied: westelijk de grens van het gebied in bezit van AGIP bij the unfinished building en oostelijk de kliffen van Ras El Jourf. Het moge duidelijk zijn dat deze lokatie niet gekozen is.

Voor het meest oostelijk gelegen alternatief bij de Tuna Fishery Bay geldt dat wel gebruik gemaakt wordt van de natuurlijke bescherming van de riffen. Echter de aanwezigheid van de weg vlak bij de kust zorgt ook hier voor problemen voor een vlotte overslag. De weg zal dan ook hier verplaatst moeten worden. Belangrijker is de overlast die ontstaat voor de vissersbaai, hetgeen zoveel mogelijk voorkomen dient te worden. Verder is een eventuele uitbreiding van de haven in oostelijke richting niet mogelijk door de begrenzingen van het gebied. Een uitbreiding in oostelijke richting is immers het meest voor de hand liggend, daar dan alleen de kleinere oostelijke havendam verplaatst hoeft te worden. De overige aspecten verschillen niet veel van de andere twee alternatieven.

Het laatste alternatief is een situering net oostelijk van Ras El Jourf. Hier is voldoende ruimte tussen de kustlijn en de weg om opslagplaatsen te creëren. Het betreffende gebied is hiervoor ook vlak genoeg. Daarnaast ligt de haven zeer centraal en is via de weg van alle

kanten goed te bereiken. De haven wordt ook hier beschermd tegen golfaanvallen door het rif voor de kust. Voor dit kustgedeelte komen nauwelijks sedimenten en zeewier voor, zodat onderhoudswerkzaamheden beperkt kunnen blijven. Een uitbreiding van de haven in oostelijke richting is zowel offshore als onshore zeer goed mogelijk. Hier staat tegenover dat door de ondiepere zee voor de kust wel meer gebaggerd zal moeten worden. Ook de aanwezigheid van ongeconsolideerd sediment in de buurt van de oostelijke havendam kan extra baggerwerk met zich mee brengen. Gezien de vele voordelen van dit alternatief, kan deze lokatie toch als de meest gunstige beschouwd worden. Er is danook gekozen voor een situering net oostelijk van Ras El Jourf.

Het voorgaande is nogmaals weergegeven in tabel 3.1. De hierin gebruikte plussen en minnen zijn voornamelijk bedoeld om de verhouding tussen de verschillende alternatieven aan te geven. Ze hebben dus geen absolute betekenis.

KRITERIUM	west I	midden II	oost III
1. last voor omgeving	+	+	-
2. gebruik van aanwezige voorzieningen	-	+	-
3. benutten aanwezige waterdiepte	+	-	-
4. gesch. ondergrond voor havendammen	0	0	0
5. gebruik bescherming van het rif	-	+	+
6. richting golfaanval	0	0	0
7. aanzanding	-	0	0
8. zeewier	-	0	0
9. opslag dicht bij haven	-	+	-
10. uitbreidingsmogelijkheden	-	+	0
11. bereikbaarheid van elders op basis	0	+	0
12. veilige invaart mogelijk	0	0	0
13. manoeuvreerruimte	0	0	0
14. Kosten	+	0	-
15. onderhoudswerkzaamheden	-	0	0

tabel 3.1 keuzeschema

4. Alternatieven voor indeling haventerrein

Om tot een geschikte keuze voor de algemene lay-out van de haven te komen worden eerst verschillende alternatieven gecreëerd. Dit gebeurt met behulp van de zogenaamde morfologische methode. Hierbij worden voor verschillende deelaspecten van de totale lay-out apart oplossingsmogelijkheden gezocht. Gecombineerd leveren deze dan verschillende alternatieven voor de totale lay-out.

De lay-out van de haven kan gesplitst worden in de volgende deelaspecten:

voor het natte gedeelte:

1. grootte en vorm van het havenbekken
2. richting en plaats van de vaargeul
3. situering van de havendammen

voor het droge gedeelte:

4. preciese ligging van de haven binnen de gekozen lokatie
5. plaats + type van de aanlegplaatsen

De situering van de opslagruimten wordt later aangepast aan het gekozen alternatief. Voor elk van de deelaspecten kunnen nu oplossingen gezocht worden, zonder nog in enige mate rekening te houden met eventuele beperkende invloeden, zoals randvoorwaarden en uitgangspunten.

1. De grootte van de haven wordt onder andere bepaald door de lengte van de golfbrekers in zeevaartse richting. Deze kunnen doorlopen tot aan het voor de kust liggende rif (zie figuur 2.1) of al vóór het rif ophouden. Dit resulteert in:
A: grote haven
B: kleine haven
2. De richting van de vaargeul is afhankelijk van het voor de kust liggende rif. Dit rif kunnen we links en rechts passeren. Daarnaast zou het rif in het midden, waar het rif smaller is, doorbroken kunnen worden. De mogelijkheden zijn dus:
A: ingang richting noord-west
B: ingang richting noord
C: ingang richting noord-oost

3. Voor de plaats van de havendammen bestaan de volgende alternatieven:
 - A: geen havendammen
 - B: alleen westelijk een havendam
 - C: alleen oostelijk een havendam
 - D: zowel westelijk als oostelijk een havendam
 - E: alleen een verhoging van het rif
 - F: verhoging van het oostelijke rif + westelijk een havendam
 - G: havendam oost + westelijk een verhoging van het rif

4. Binnen het gekozen gebied net oostelijk van Ras El Jourf bestaan nog twee mogelijkheden voor de preciese ligging van de haven:
 - A: net ten oosten van Ras El Jourf
 - B: iets meer oostelijk. De eventuele westelijke havendam komt dan t.p. van het ondiepere gedeelte voor de kust, zo'n 500 meter oostelijk van Ras El Jourf.

5. Als laatste bestaan er voor het type en de plaats van de aanlegplaatsen de volgende mogelijkheden:
 - A: kadeconstructie t.p. van de huidige kustlijn
 - B: kadeconstructie verschoven in zeevaartse richting
 - C: steigerconstructie + op de kust
 - D: combinatie van steiger- en kadeconstructie

Dit levert in totaal $2 * 3 * 7 * 2 * 4 = 336$ alternatieven voor de algemene lay-out van de haven.

5. Bepaling golfklimaat

Om een keuze uit deze alternatieven te kunnen maken, is in de eerste plaats kennis van het golfklimaat noodzakelijk. De havendammen en de vaargeul moeten namelijk zodanig gesitueerd worden, dat de golfhoogte aan de kaden beperkt blijft tot 0,5 meter met een return-periode van 1 jaar, gedurende een 8 uur durende storm.

Uit een studie van ingenieursbureau F.C. de Weger [1] naar het golfklimaat op diep water aan de hand van verschillende bronnen, kwamen de volgende waarden van de significante golfhoogten met een returnperiode van 1 x per jaar:

richting	Hs [m]	Ts [s]
300°	4,7	8 - 10
330°	5,4	9 - 11
360°	4,0	8 - 9
30°	3,7	7 - 9
60°	3,3	7 - 8

tabel 5.1 golfhoogten op diep water

Deze gegevens moeten omgezet worden in gegevens voor ondieper water. Hiervoor zijn refraktie- en shoalingberekeningen nodig. Aangenomen wordt dat tot een diepte van 15 meter de bodemhelling (1 : 120) klein genoeg is om de lineaire refraktietheorie toe te kunnen passen. Hiervoor moeten de dieptelijnen geschematiseerd worden tot evenwijdige lijnen en worden de effecten van het breken van golven en bodemwrijving verwaarloosd.

De refraktieberekeningen (zie bijlage 2) geven de volgende golfhoogten met een returnperiode van 1 jaar ($T = 10$ sec) op 15 meter waterdiepte.

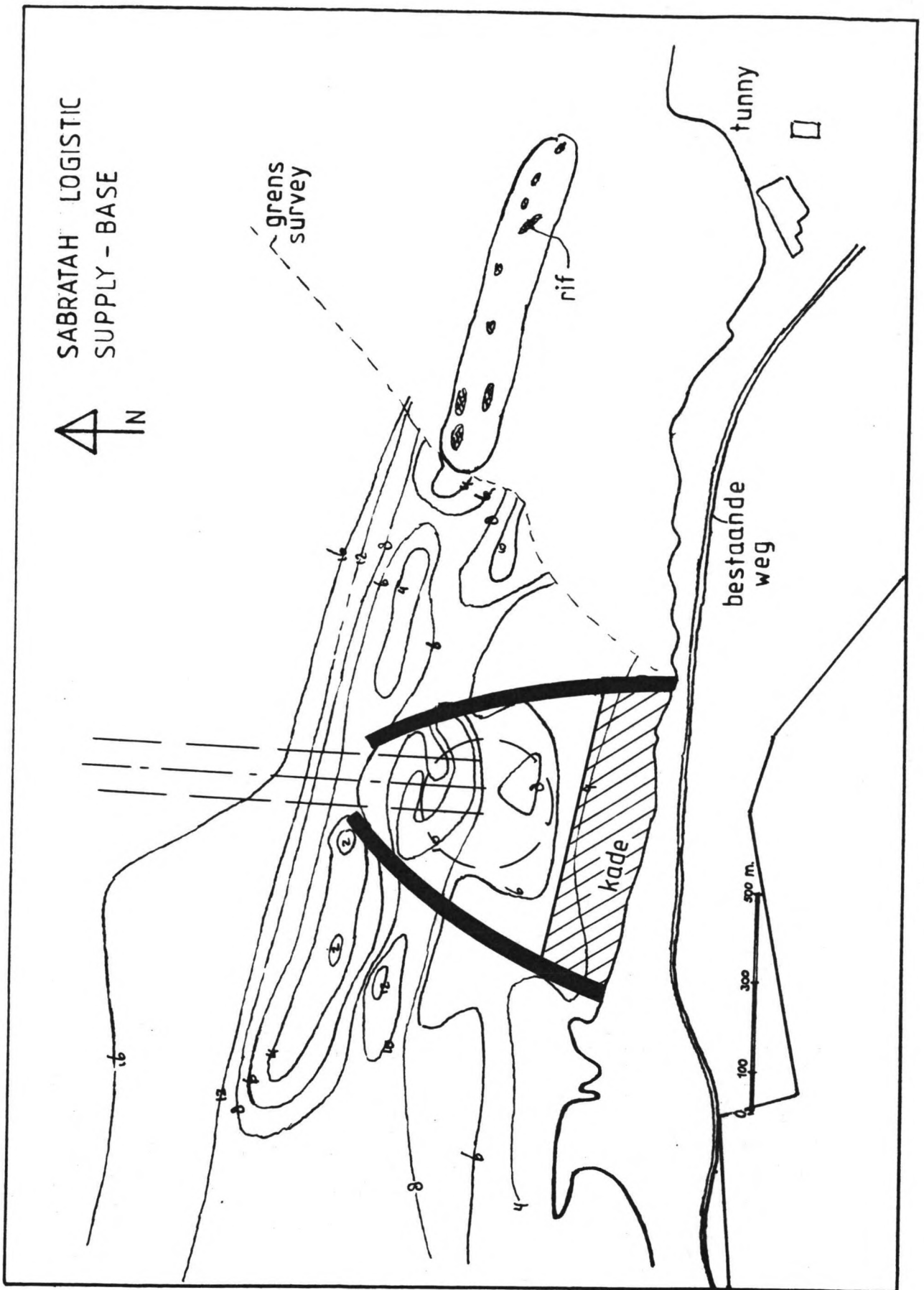
richting op diep water	richting op 15 m. diepte	Kr * Ks	Hs [m] op 15 m. diepte
300°	327,5°	0,66	3,1
330°	342,4°	0,87	4,7
360°	2,4°	0,93	3,7
30°	23,2°	0,92	3,4
60°	41,5°	0,80	2,6

tabel 5.2 golfhoogten en -richting
op 15 m. waterdiepte

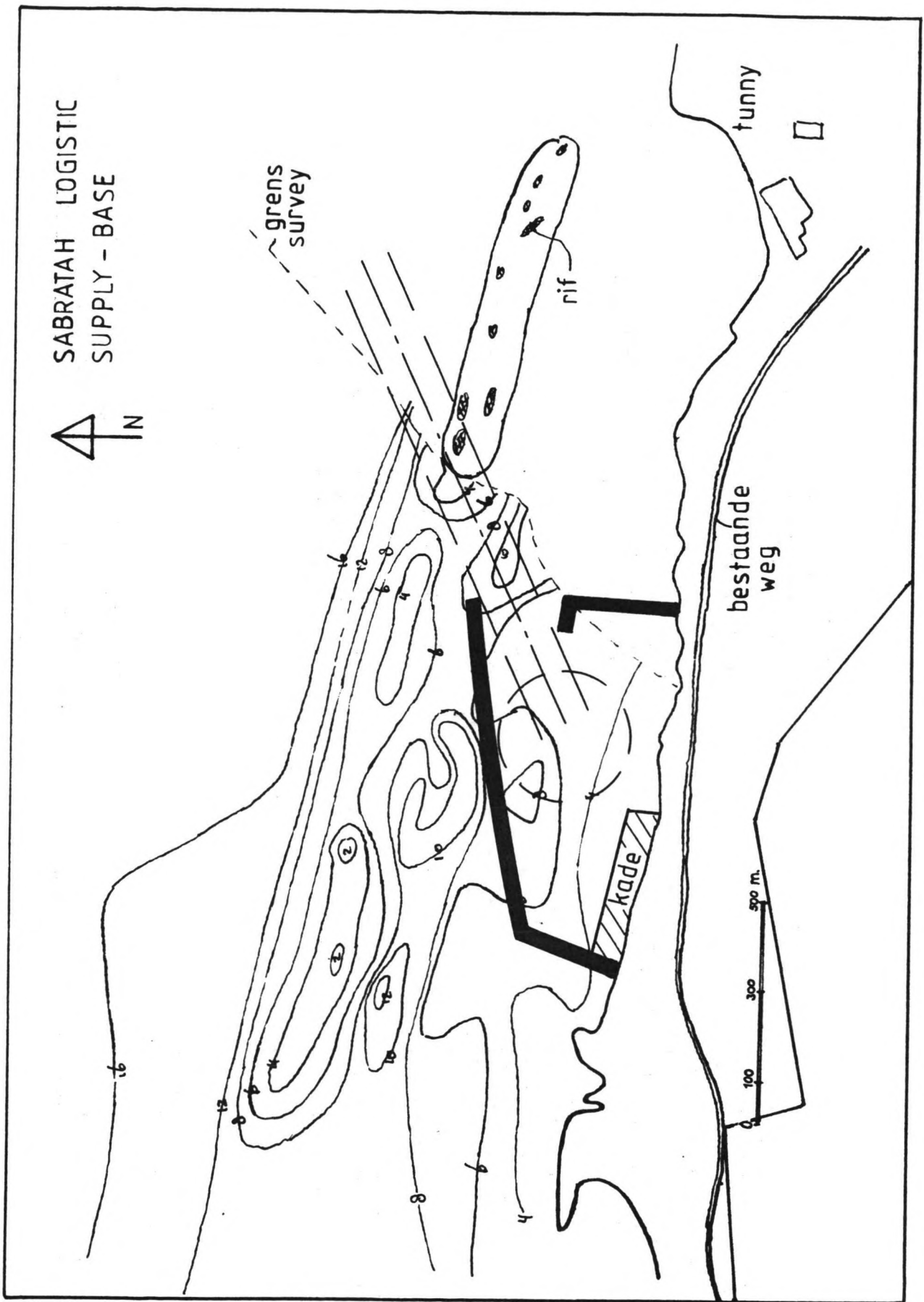
Deze golven zullen in geringe mate breken op het voor de kust liggende rif. Ter plaatse van het rif is over een breedte van één golflengte de waterdiepte zo'n 4 meter, hetgeen betekent dat de maximale golfhoogte, die ongestoord over het rif heen loopt $0,5 \text{ à } 0,55 * 4 \text{ meter} = 2,0 \text{ à } 2,2 \text{ meter}$ kan bedragen. Deze beperking geldt vanzelfsprekend niet voor golven die langs het rif heen kunnen lopen. Na het rif zal de golf weer in dieper water verder gaan (bij diepere havens), waardoor zijn hoogte nog wat af zal nemen, tot $1,8 \text{ à } 2,0 \text{ meter}$.

Dit betekent dat de alternatieven zonder havendammen nu al moeten vervallen, daar niet aan de gestelde eis kan worden voldaan van een golfhoogte kleiner dan 0,5 meter aan de kaden. Ook de alternatieven met alleen westelijk of alleen oostelijk een havendam of alleen een verhoging van het rif zullen om dezelfde reden moeten vervallen. De golven kunnen immers zeer gemakkelijk langs de havendammen verderlopen.

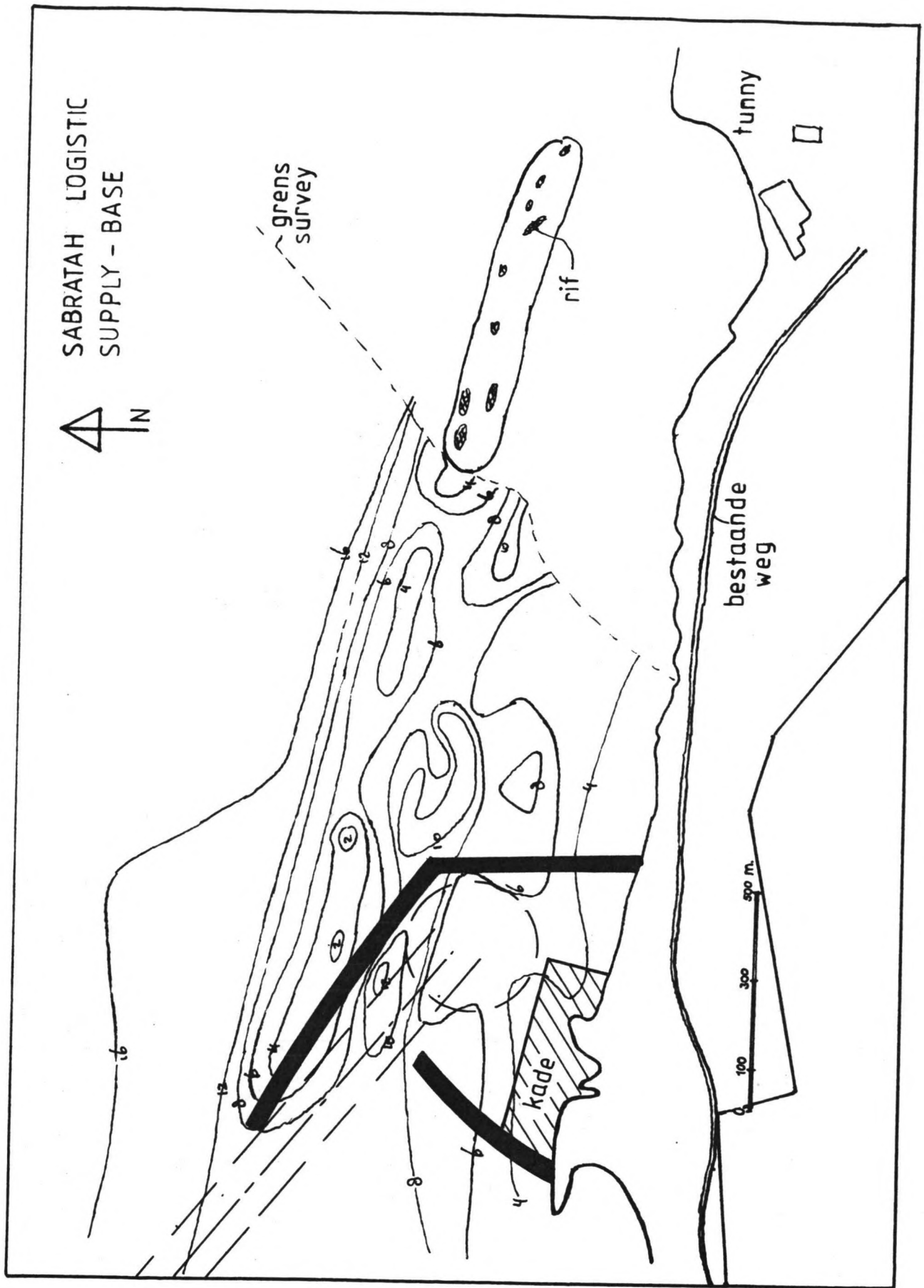
Door het combineren van de overgebleven mogelijkheden van de deelaspecten 1, 2, 3 en 4 zijn dan nog 9 alternatieven opgesteld, welke zijn weergegeven in de figuren 5.1 t/m 5.9.



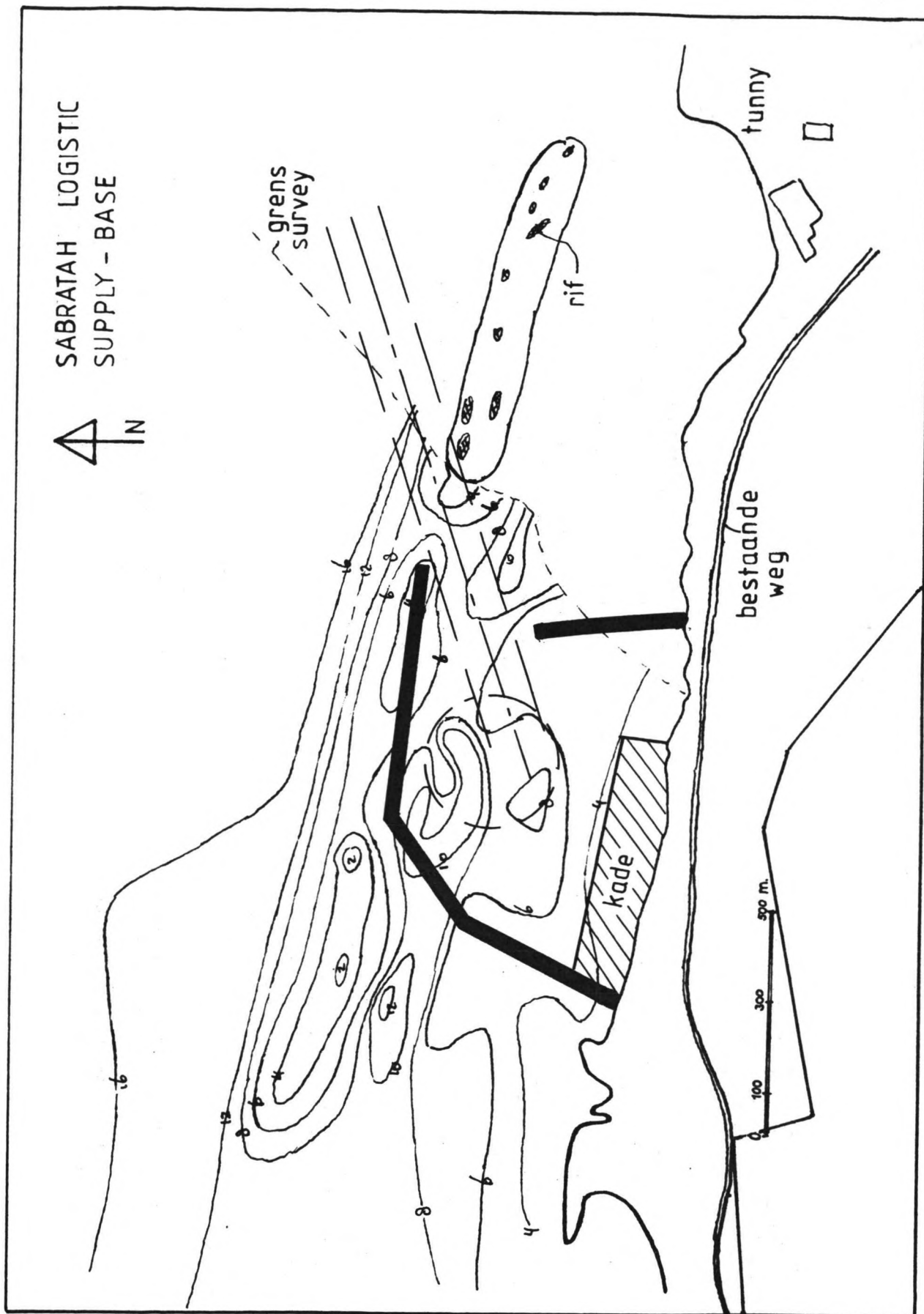
figuur 5.1 ingang noord, groot, oostelijke ligging



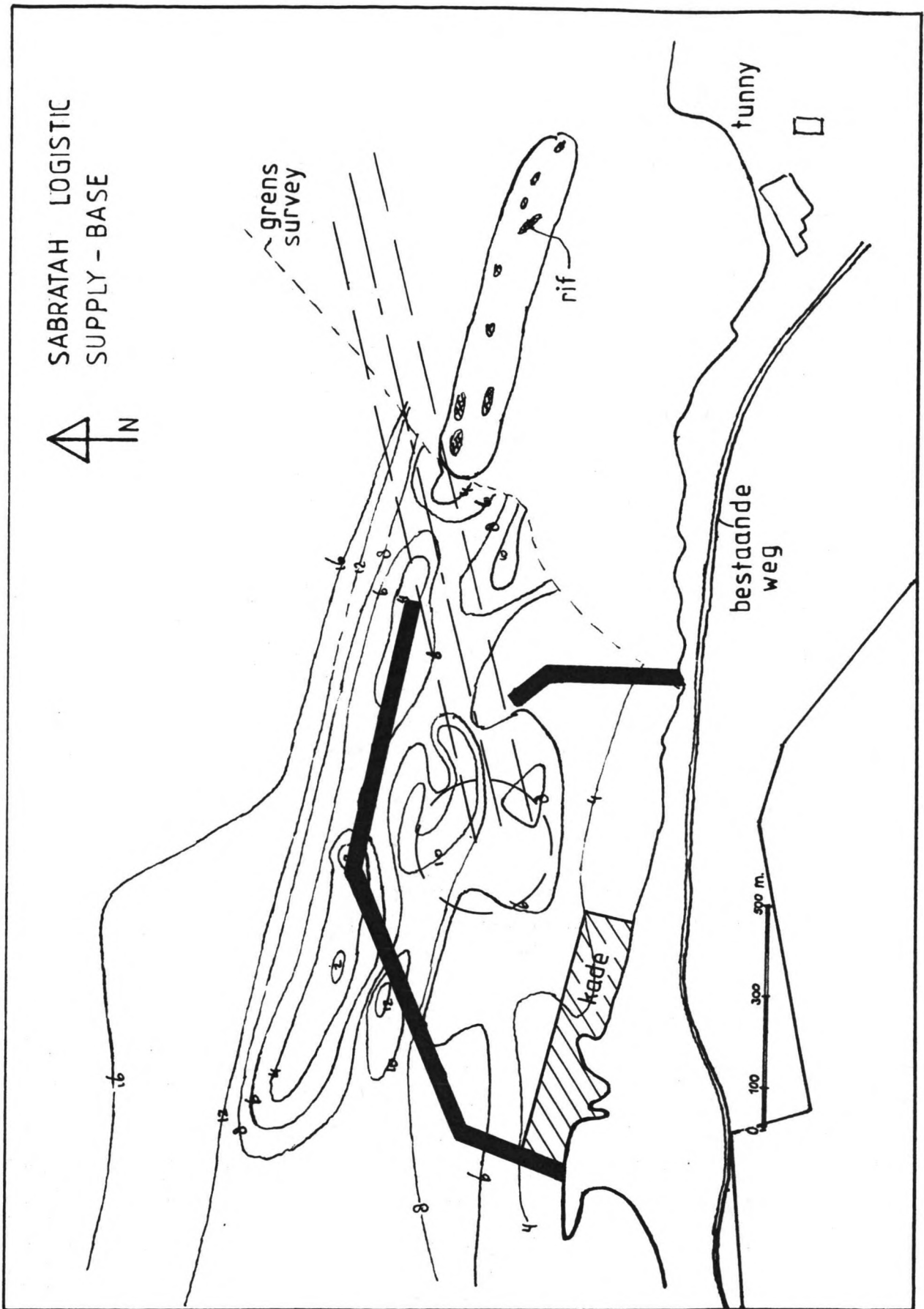
figuur 5.2 ingang noord-oost, Klein, oostelijke ligging



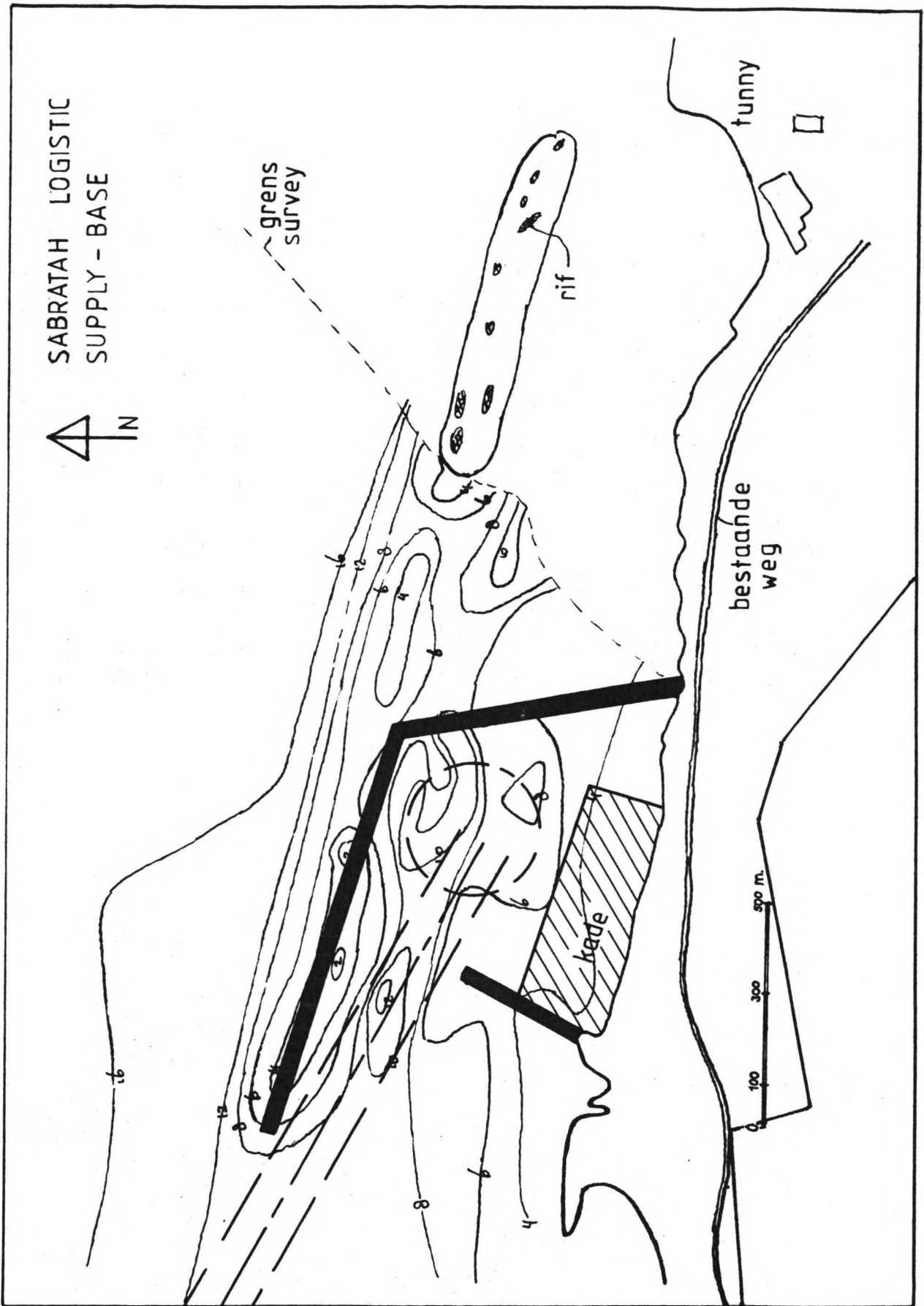
figuur 5.3 ingang noord-west, groot, westelijke ligging



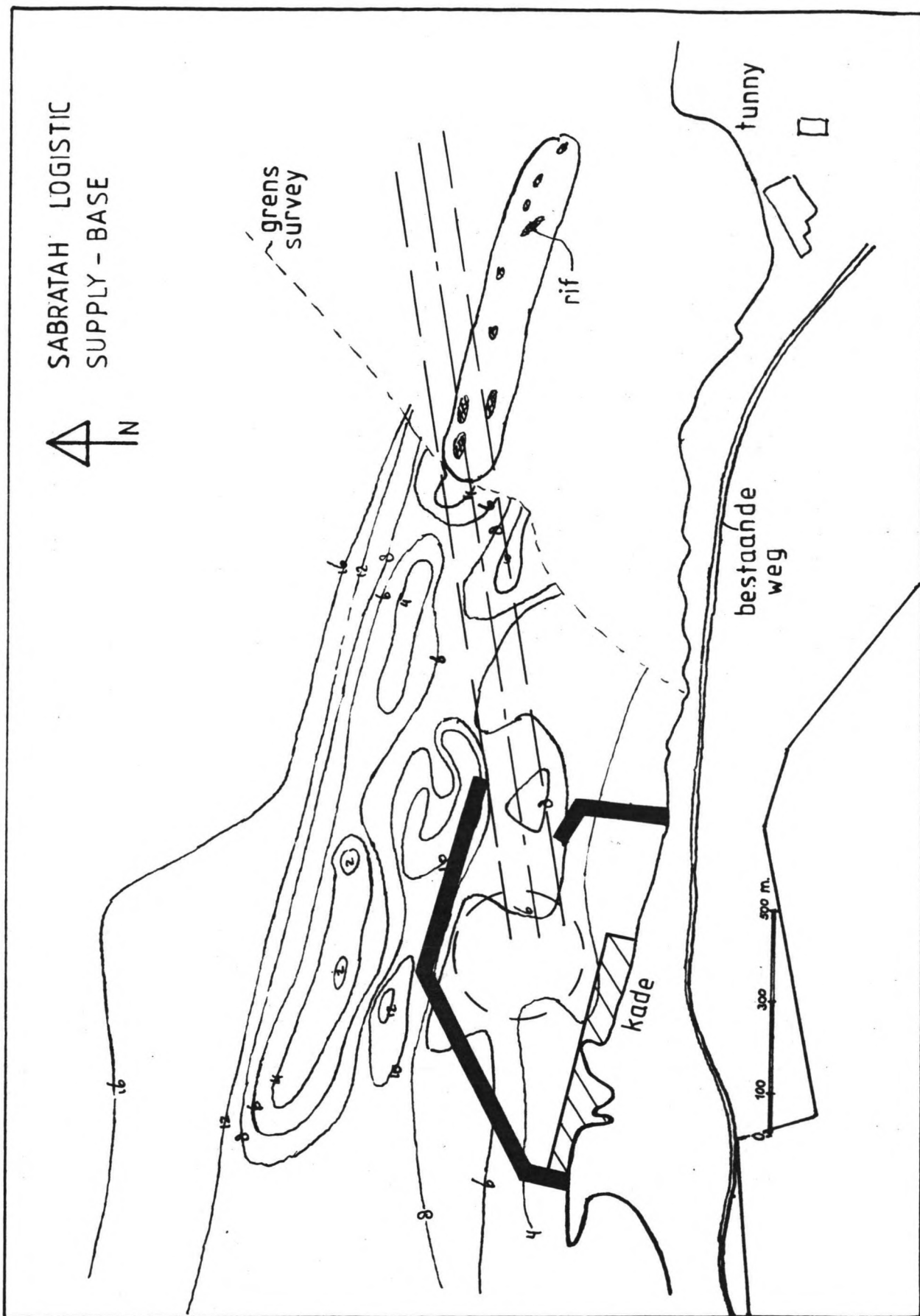
figuur 5.4 ingang noord-oost, groot, oostelijke ligging



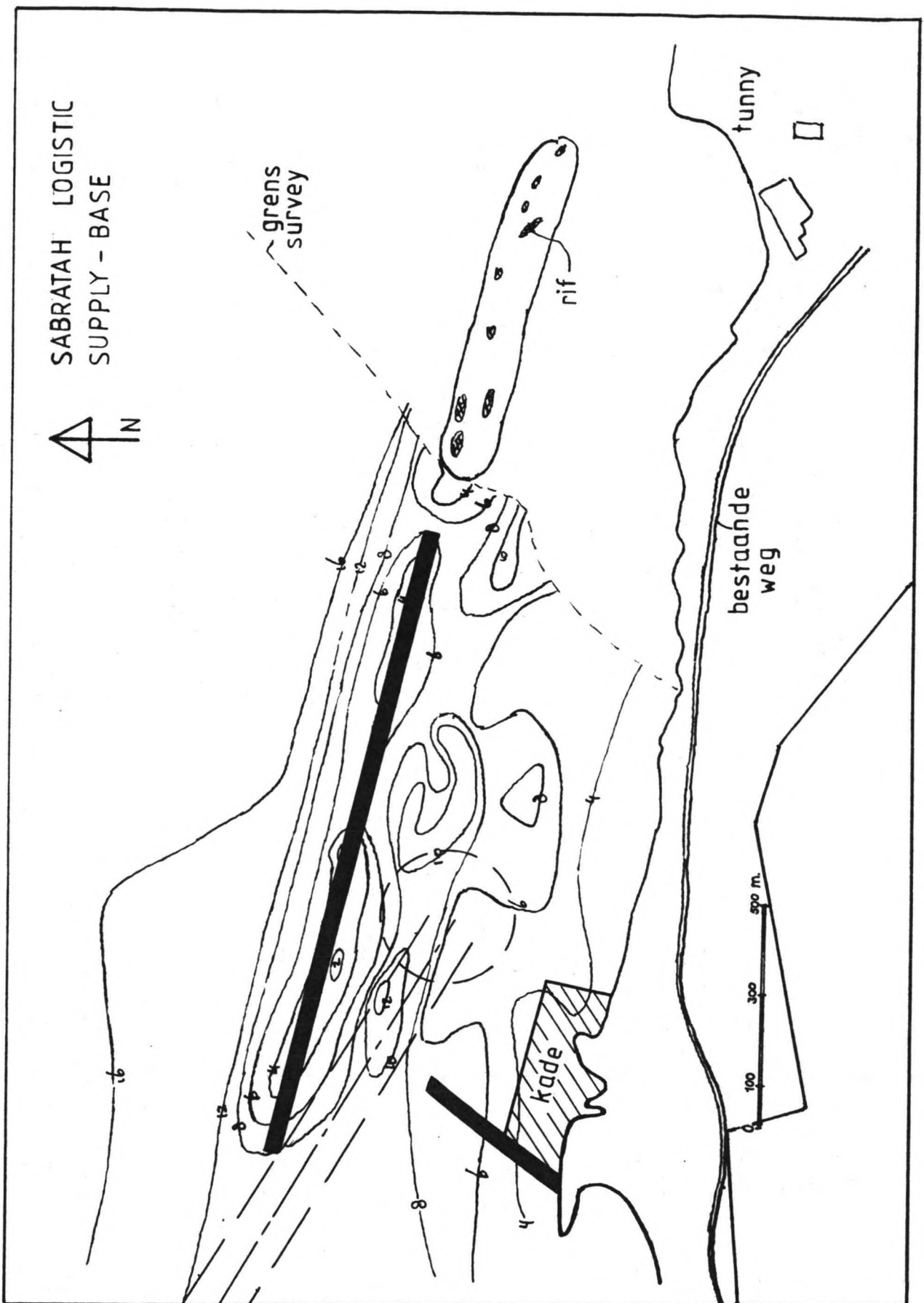
figuur 5.5 ingang noord-oost, groot, westelijke ligging



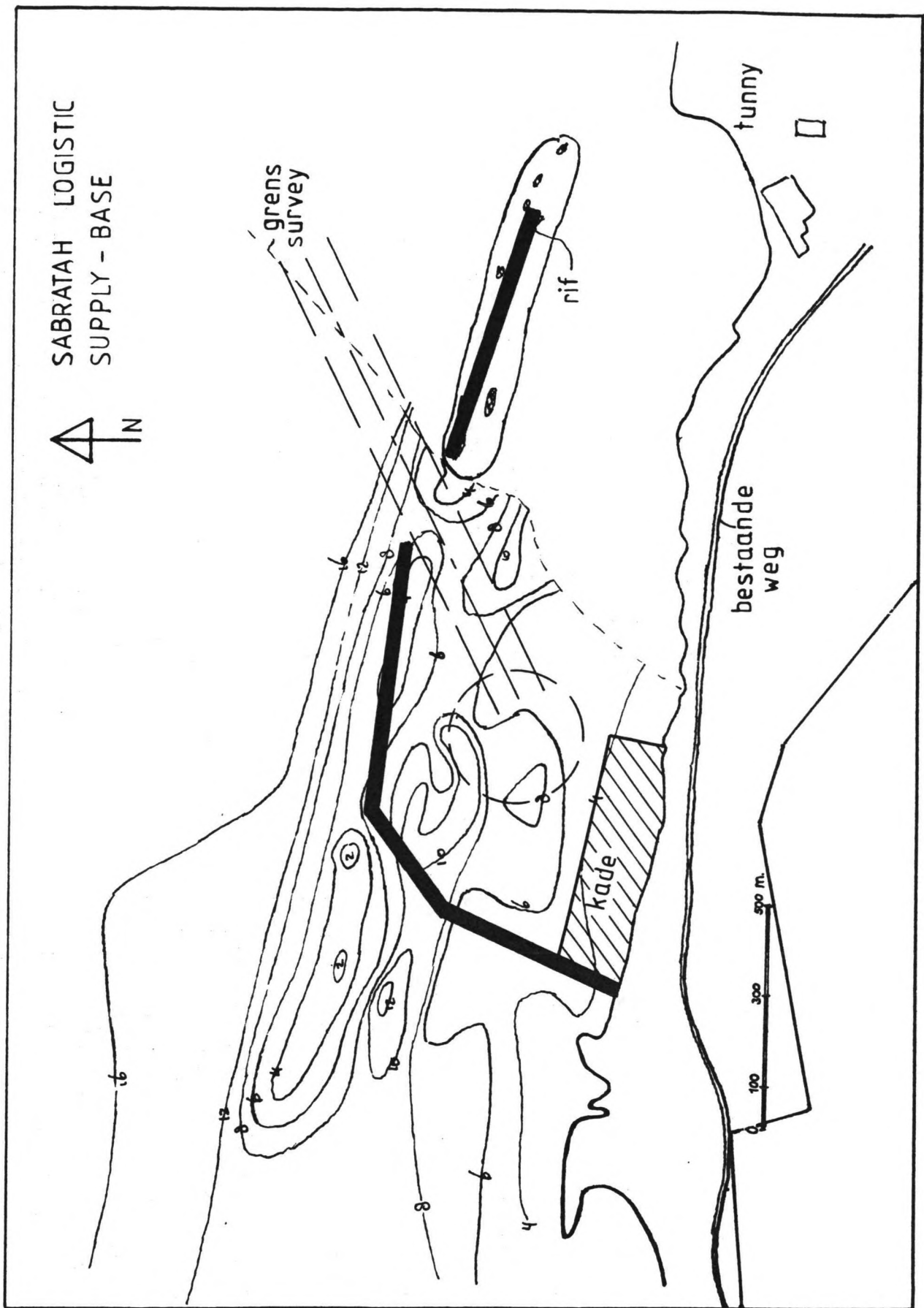
figuur 5.6 ingang noord-west, groot, oostelijke ligging



figuur 5.7 ingang noord-oost, klein, westelijke ligging



figuur 5.8 ingang noord-west, verhoogd rif, westelijke ligging



figuur 5.9 ingang noord-oost, verhoogd rif, oostelijke ligging

Voor deze verschillende lay-outs worden vervolgens diffraktieberekeningen uitgevoerd, om te zien of deze alternatieven wel voldoen aan de eerder gestelde eis. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met behulp van het computerprogramma DIFHA van de T.U.-Delft, afdeling der civiele techniek [17]. Dit programma berekent de diffractiecoëfficiënt op punten van een opgegeven havencontour met behulp van een randelementenmethode. Daarnaast kunnen nog enige punten opgegeven worden waarvan de diffractiecoëfficiënt bepaald wordt. Van de resultaten wordt een print- en een plotuitvoer gegeven.

De resultaten van de diffraktieberekening staan in bijlage 3. De maximale diffractiecoëfficiënten voor de verschillende alternatieven per windrichting en per kade-deel staan in tabel 5.5. Deze coëfficiënten dienen met de te verwachten golfhoogten vermenigvuldigd te worden om de golfhoogte aan de kade vast te kunnen stellen. Voor de grotere havens zal de golfhoogte op 15 meter waterdiepte slechts in geringe mate gereduceerd kunnen worden, daar in deze gevallen de brekende werking van het rif niet gebruikt wordt. Deze reductiecoëfficiënt wordt gesteld op 0,99, zijnde de shoalingcoëfficiënt ten gevolge van de waterdiepteafname van 15 meter naar 11 meter. Dit is een schatting van de diepte ter plaatse van de ingang van de haven, die naast of op het rif ligt. Voor de golflengte is 75 meter aangehouden. Deze reductiecoëfficiënt kan dus buiten beschouwing gelaten worden.

Bij de kleinere havens (alternatieven 2 en 7) ligt de ingang achter het rif en wordt dus wel gebruik gemaakt van de bescherming van het rif. Er kan dan dus ook een lagere golfhoogte aangehouden worden. Deze zijn weergegeven in tabel 5.3.

	41,5°	23,2°	2,4°	342,4°	327,5°
alt. 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9	2,6	3,4	3,7	4,7	3,1
alternatief 2 en 7	2,0	2,0	2,0	1,9	1,8

tabel 5.3 aan te houden golfhoogten [m]

De golfhoogten, die aan de Kade verwacht kunnen worden staan weergegeven in tabel 5.6. Uit de cijfers in deze tabel blijkt dat geen enkele haven aan de eis kan voldoen van een golfhoogte kleiner dan 0,5 meter aan de kade. Voor sommige lay-outs zou een verdere optimalisering van

de situering van de havendammen of een vermindering van de reflektiecoëfficiënt voor de golven tegen de havendammen, toch tot het gewenste resultaat kunnen leiden. Belangrijk bij de beoordeling van de gevonden golfhoogten is ook de voorkomensfrequentie van golven uit een bepaalde windrichting. Een volgende indeling kan hiervoor gemaakt worden:

richting	frequentie
41,5°	14,5 %
23,2°	16,5 %
2,4°	16 %
342,4°	22 %
327,5°	19,9 %
elders	11,1 %

tabel 5.4 voorkomensfrequentie golfrichtingen

Hogere golven uit noord-westelijke richting zijn dus erger dan golven uit noord-oostelijke richting.

altern. nr.	41,5°			23,2°			2,4°			342,4°			327,5°		
	w	m	o	w	m	o	w	m	o	w	m	o	w	m	o
1	1,20	0,30	0,20	0,70	1,20	0,20	0,20	1,10	0,90	0,15	0,30	1,25	0,15	0,25	0,70
2	0,11	0,40	0,75	0,19	0,25	0,35	0,14	0,12	0,19	0,14	0,13	0,06	--	--	--
3	--	--	--	0,15	0,17	0,11	0,14	0,08	0,18	0,09	0,18	0,26	0,20	0,27	0,37
4	0,44	0,50	0,65	0,23	0,27	0,29	0,15	0,17	0,23	0,11	0,10	0,13	--	--	--
5	0,27	0,32	0,24	0,23	0,24	0,21	0,14	0,13	0,12	0,10	0,10	0,10	--	--	--
6	--	--	--	0,13	0,15	0,13	0,10	0,13	0,25	0,08	0,19	0,21	0,13	0,21	0,26
7	0,40	0,58	0,60	0,21	0,31	0,31	0,12	0,20	0,16	--	--	--	--	--	--
8	0,39	0,60	1,34	0,23	0,45	0,79	0,20	0,22	0,35	0,10	0,13	0,21	0,19	0,32	0,66
9	0,74	1,34	1,38	0,65	0,50	0,11	0,21	0,21	0,24	0,45	0,43	0,31	--	--	--

w = westelijk deel van de kade
m = middelste deel van de kade
o = oostelijk deel van de kade

tabel 5.5 maximale diffractiecoëfficiënten

	41,5°	23,2°	2,4°	342,4°	327,5°
1. ingang noord	3,1	4,1	4,1	5,9	2,2
2. n.o, klein, oost	1,5	0,7	0,4	0,3	---
3. n.w, groot, west	---	0,6	0,7	1,2	1,1
4. n.o, groot, oost	1,7	1,0	0,9	0,6	---
5. n.o, groot, west	0,8	0,8	0,5	0,5	---
6. n.w, groot, oost	---	0,5	0,9	1,0	0,8
7. n.o, klein, west	1,2	0,6	0,4	---	---
8. n.w, verhoogd rif	3,5	2,7	1,3	1,0	2,0
9. n.o, verhoogd rif	3,6	2,2	0,9	2,2	---

tabel 5.6 golfhoogten aan de kaden

Duidelijk is dat alternatieven 1,8 en 9 al meteen afvallen vanwege de zeer hoge golfhoogten aan de kade. Ook alternatieven 2 en 4 met golfhoogten boven 1,5 m zullen af moeten vallen. De overgebleven alternatieven 3, 5, 6 en 7 zullen nader uitgewerkt worden. Bij deze uitwerking

dient meegenomen te worden dat alternatief 5 de kleinste golfhoogten aan de kade kent en dat deze bij alternatief 7 alleen uit de minst frequente richting wat groter zijn. Bij de alternatieven 3 en 6 komen de hoogste golven ook uit richtingen met grotere voorkomenspercentages. Deze golfhoogten zijn bij alternatief 3 zelfs nog groter dan 1 meter, zodat dit alternatief in dit opzicht het minst geschikt blijkt.

Deelaspect 5, het type en de plaats van de aanlegplaatsen, is tot nu toe buiten beschouwing gebleven. Dit aspect zal later verder uitgewerkt worden als er nog één alternatief overgebleven is. Dan zal ook nog gekeken worden of een verdere optimalisering van deze lay-out tot lagere golfhoogten kan leiden aan de kade.

6. Analyse van de overgebleven alternatieven

6.1 Inleiding

De overgebleven vier alternatieven zullen in een multi-criteria analyse met elkaar vergeleken worden om uiteindelijk tot een definitieve keuze te kunnen komen. Deze afweging vindt met de multi-criteria analyse plaats, omdat met deze methode zeer goed het verschil in importantie van de verschillende weegfactoren in rekening gebracht kan worden. Verder zijn de factoren redelijk gemakkelijk te beoordelen, daar een directe vergelijking tussen de verschillende alternatieven plaats vindt. Deze vergelijking is onafhankelijk van de eenheden van de weegfactoren, zodat uiteindelijk optelling van de scores per alternatief kan plaatsvinden en de keuze van het beste alternatief gemakkelijk genomen kan worden. De volgende aspecten zullen bij deze analyse betrokken worden:

- te verrichten baggerwerk
- lengte + hoogte van de havendammen
- aanzanding en zeewier
- nautische aspecten
- uitbreidingsmogelijkheden
- aanwezige achterland voor opslag
- Kosten

Deze aspecten zullen eerst nader onderzocht worden om daarna naast elkaar gezet te worden en een vergelijking mogelijk te maken.

6.2 Baggerwerk

6.2.1 Inleiding

Voor elke lay-out zal bepaald moeten worden hoeveel materiaal er gebaggerd moet gaan worden. Voorlopig zal er uitgegaan worden van de lay-outs, zoals deze in hoofdstuk 5 gegeven zijn. Later zal gekeken worden of een evenwicht bereikt kan worden tussen de bodemmaterialen nodig voor ophogingen en opvullen van de havendammen enerzijds en de te baggeren hoeveelheid anderzijds. Dit om de kosten te beperken.

Om de hoeveelheid baggerwerk te kunnen bepalen moet men vanzelfsprekend eerst bepalen welke diepten vereist zijn. Hiervoor zijn de diepgang van de schepen en de te verwachten waterstanden alsmede de golfbewegingen bepalend. Deze zullen dan ook eerst onderzocht worden in de volgende paragrafen.

6.2.2 Diepgang van de schepen

In de haven zullen drie soorten schepen maatgevend kunnen zijn voor de gewenste diepte van het havenbekken en de toegangseuil. De overige schepen, die in de haven komen te liggen, hebben een kleinere diepgang en zijn dus niet van belang. De ontwerpschepen zijn:

- een supply-schip met een lengte van 60 meter en een diepgang van 5,5 meter
- een general-cargo schip met een lengte van 100 - 125 meter
- een RoRo-schip met een lengte van 100 - 125 meter.

Van de laatste twee schepen varieert de diepgang sterk. Uit een studie, gebaseerd op Lloyds Register of Ships volgt de volgende verdeling:[1]

- general-cargo schip				
lengte	D _{min}	D _{gem}	D _{max}	
100 m.	5,7 m.	6,2 m.	6,8 m.	
112,5 m.	6,2 m.	6,8 m.	7,4 m.	
125 m.	6,9 m.	7,4 m.	7,9 m.	
- RoRo-schip				
lengte	D _{min}	D _{gem}	D _{max}	
100 m.	3,6 m.	5,0 m.	6,3 m.	
112,5 m.	4,0 m.	5,4 m.	6,7 m.	
125 m.	4,4 m.	5,8 m.	7,1 m.	

Hierbij is D_{gem} de gemiddelde diepgang, D_{min} de diepgang die door 90% van de schepen overschreden wordt en D_{max} de

diepgang die door 10% van de schepen overschreden wordt.

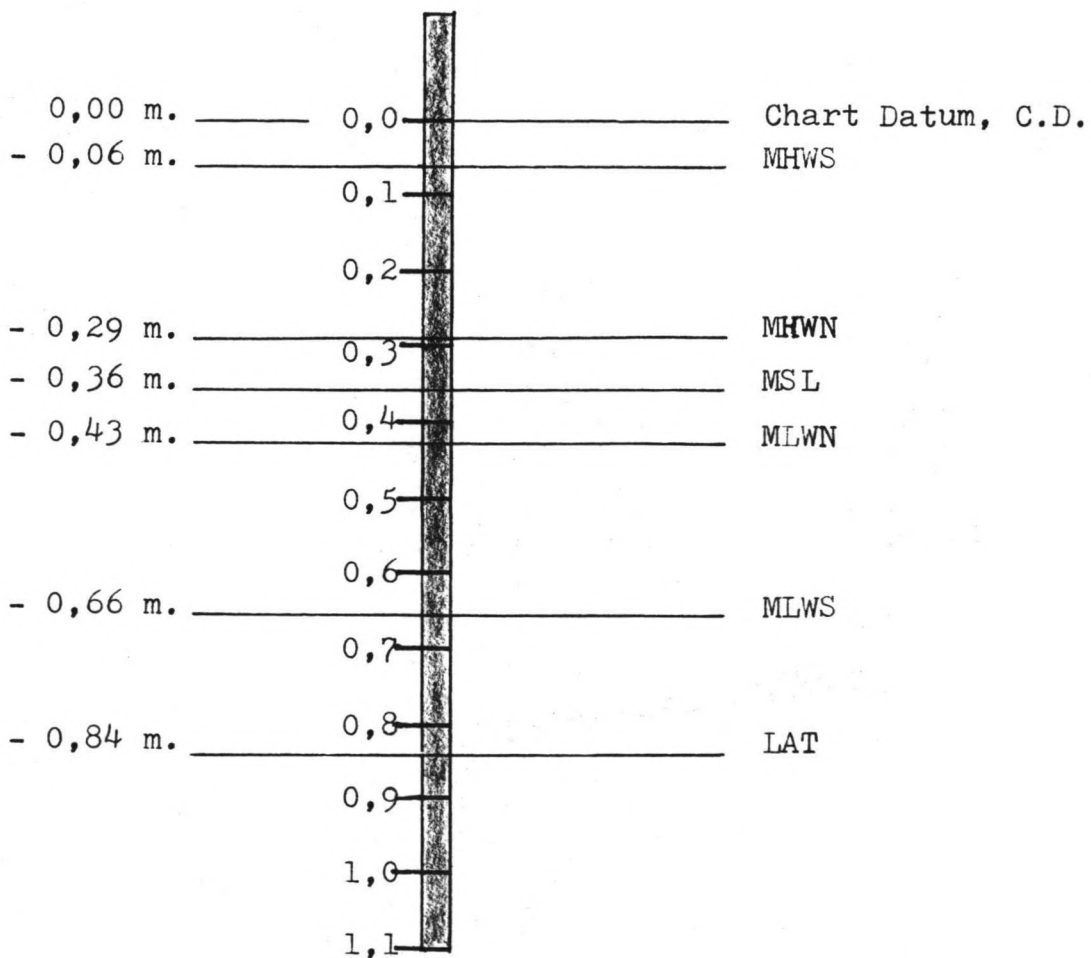
De ontwerpdiepgang voor de supply-schepen kan eenvoudigweg op 5,5 meter gesteld worden. De ontwerpdiepgang voor de general-cargo en de RoRo-schepen zal niet gelijk aan de maximaal te verwachten diepgang gekozen hoeven worden. Schepen met deze diepgang zullen immers maar zelden de haven aandoen en als ze komen zullen ze lang niet altijd volledig geladen zijn. Als ontwerpdiepgang wordt dan ook de gemiddelde diepgang van de langste general-cargo schepen genomen ofwel 7,4 meter. Dit betekent dat alle RoRo-schepen kunnen worden ontvangen, maar dat enige general-cargo schepen geweigerd moeten worden of alleen in niet volledig geladen positie ontvangen kunnen worden. Dit is echter nog geen 5% van alle te verwachten schepen, hetgeen acceptabel geacht kan worden. De ontwerpdiepgang wordt dus 7,4 meter.

6.2.3 Waterstanden

Uit metingen, gepresenteerd in een Osiris-Cesco rapport, [2], blijkt dat de gemiddelde zeewaterstand (MSL) niet gelijk is aan Chart Datum (CD). Het blijkt dat dit laatste een arbitrair gekozen niveau is, 36 cm boven gemiddeld zeeniveau. Uit deze metingen volgen de volgende getijdeniveau's ten opzichte van C.D., welke in figuur 6.1 grafisch uitgezet zijn:

MHWS:	CD -0,06 m.
MHWN:	CD -0,29 m.
MSL :	CD -0,36 m.
MLWN:	CD -0,43 m.
MLWS:	CD -0,66 m.
LAT :	CD -0,84 m.

Op deze waterstanden bestaan nog enige seizoensfluctuaties. Van januari tot april zakt MSL met ongeveer -0,10 m. en van augustus tot oktober stijgt het met 0,10 m. De seizoensfluctuatie is dus $\pm 0,10$ m. Verder vinden er nog fluctuaties van $\pm 0,10$ meter plaats ten gevolge van seiches met een periode van 10 tot 15 minuten. (zie ook bijlage I).



figuur 6.1 getijde niveaus

6.2.4 Horizontale en verticale afmetingen van de haven

De vereiste diepte van het havenbekken wordt bepaald door:

- de diepgang van de schepen
- de squat t. g. v. de vaarsnelheid
- de verticale scheepsbewegingen t. g. v. golven
- de waterstanden in de haven
- de te verwachten bodemonregelmatigheden

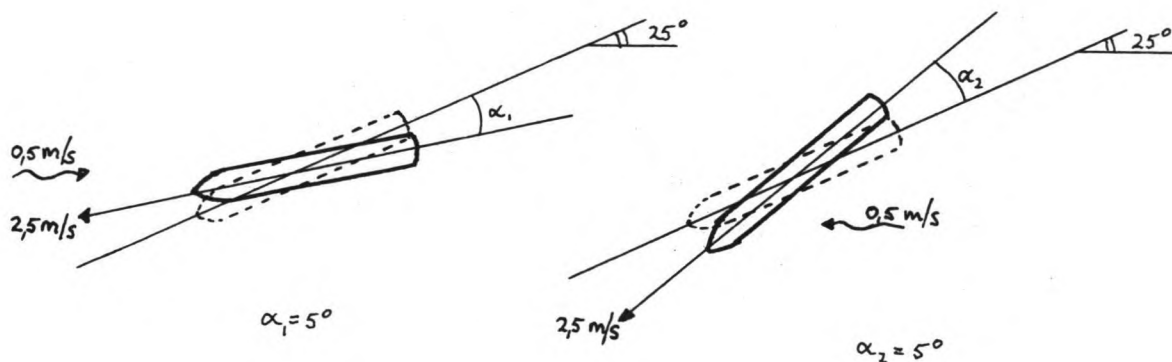
In het havenbekken zelf zullen de verticale scheepsbewegingen ten gevolge van golven beperkt blijven, daar de golfhoogte door de aanwezigheid van de havendammen sterk gereduceerd wordt. Ook de squat zal beperkt blijven door de lagere vaarsnelheden. Daarom kan in de haven volstaan worden met een waterdiepte van 7,40 m. + 15% Keel-clearance = 8,51 meter.

De laagst te verwachten waterstand in de haven is inclusief seizoensinvloeden en seiches CD -1,04 meter, waardoor de bodem tot op CD -9,55 m., afgerond CD -9,6 m. uitgebaggerd dient te worden.

Voor de diepte van de toegangsgeul zal een grotere waarde aangehouden moeten worden, vanwege de grotere vaarsnelheid en grotere golfhoogten. Er zal echter weer niet van de laagst te verwachten waterstand uitgegaan hoeven worden, daar de grotere schepen kunnen wachten op een hoger tij. De preciese vereiste diepte zal later nog bepaald worden. Hier wordt voorlopig uitgegaan van een bodemniveau op CD -11,0 meter.

Voor de bepaling van de breedte van de vaargeul wordt uitgegaan van een maatgevende scheepsbreedte van 20 meter en een lengte van 125 meter. De vereiste geulbreedte kan dan als volgt worden vastgesteld:

- a. Het kanaal moet tenminste even breed zijn als de breedte van het schip ofwel 20 meter.
- b. Ten gevolge van de dwarsstroming zal het schip met een opstuurhoek moeten varen. Als we uitgaan van een stroming van 0,5 m/s in oostelijke en in westelijke richting en van een vaarsnelheid van 5 kn (=2,5 m/s) dan krijgen we voor de alternatieven 5 en 7:



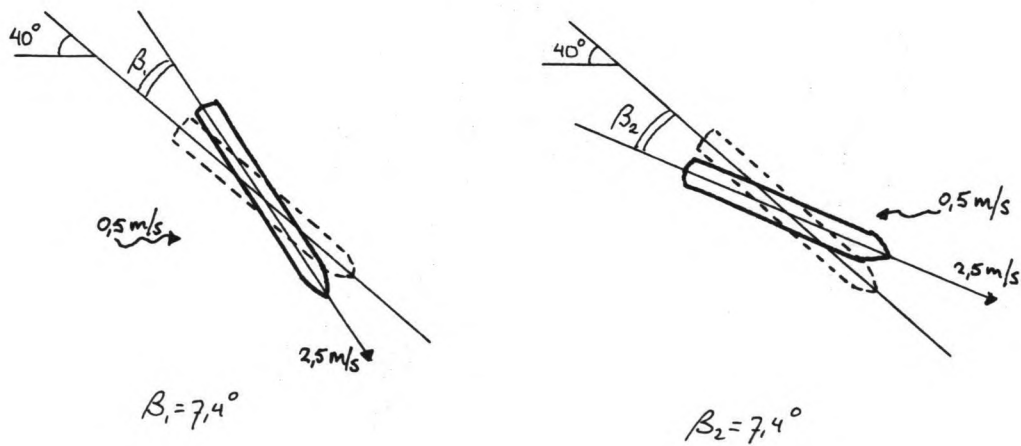
figuur 6.2 opstuurhoek t.g.v. stroming ingang N.O.

Uit deze figuur is met behulp van de sinusregel de opstuurhoek te bepalen, namelijk:

$$0,5 / \sin \alpha = 2,5 / \sin(180^\circ - 25^\circ)$$

Hieruit volgt een opstuurhoek van $\alpha = 5^\circ$. Deze relatief kleine opstuurhoek vergt een extra breedte van $5 / 360 * 2\pi * 125 = 11$ meter.

Voor de alternatieven 3 en 6 krijgen we:



figuur 6.3 opstuurhoek t.g.v. stroming ingang N.W.

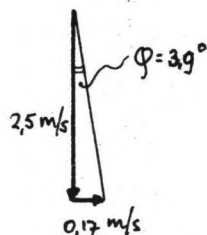
Met de sinusregel volgt:

$$0,5 / \sin \beta = 2,5 / \sin (180^\circ - 40^\circ)$$

Hieruit volgt dat $\beta = 7,4^\circ$. Deze opstuurhoek resulteert in een extra vereiste breedte van $7,4 / 360 * 2\pi * 125 = 16$ meter.

- c. Ten gevolge van dwarswinden is eveneens een extra opstuurhoek nodig, die in het ongunstigste geval bij de vorige opstuurhoek opgeteld zal moeten worden. Een vuistregel is dat een schip dat vrij hoog op het water ligt, zoals hier het geval is, een zijwaartse snelheid krijgt van $0,5 \text{ m/s}$ bij een dwarswind van kracht 8 (= 18 m/s). Onder normale omstandigheden heerst nabij de haven in Sabratah maximaal een gemiddelde zijwind van ongeveer 24 mph (= $10,7 \text{ m/s}$). Deze

situatie wordt ongeveer vijf maal per jaar overschreden. Daar de zijwaartse snelheid kwadratisch afneemt met de windkracht, geldt dat er in dit geval, bij een windsnelheid van 10,7 m/s, op een zijwaartse snelheid van $(10,7 / 18)^2 * 0,5 = 0,17$ m/s gerekend moet worden. Dit geeft:



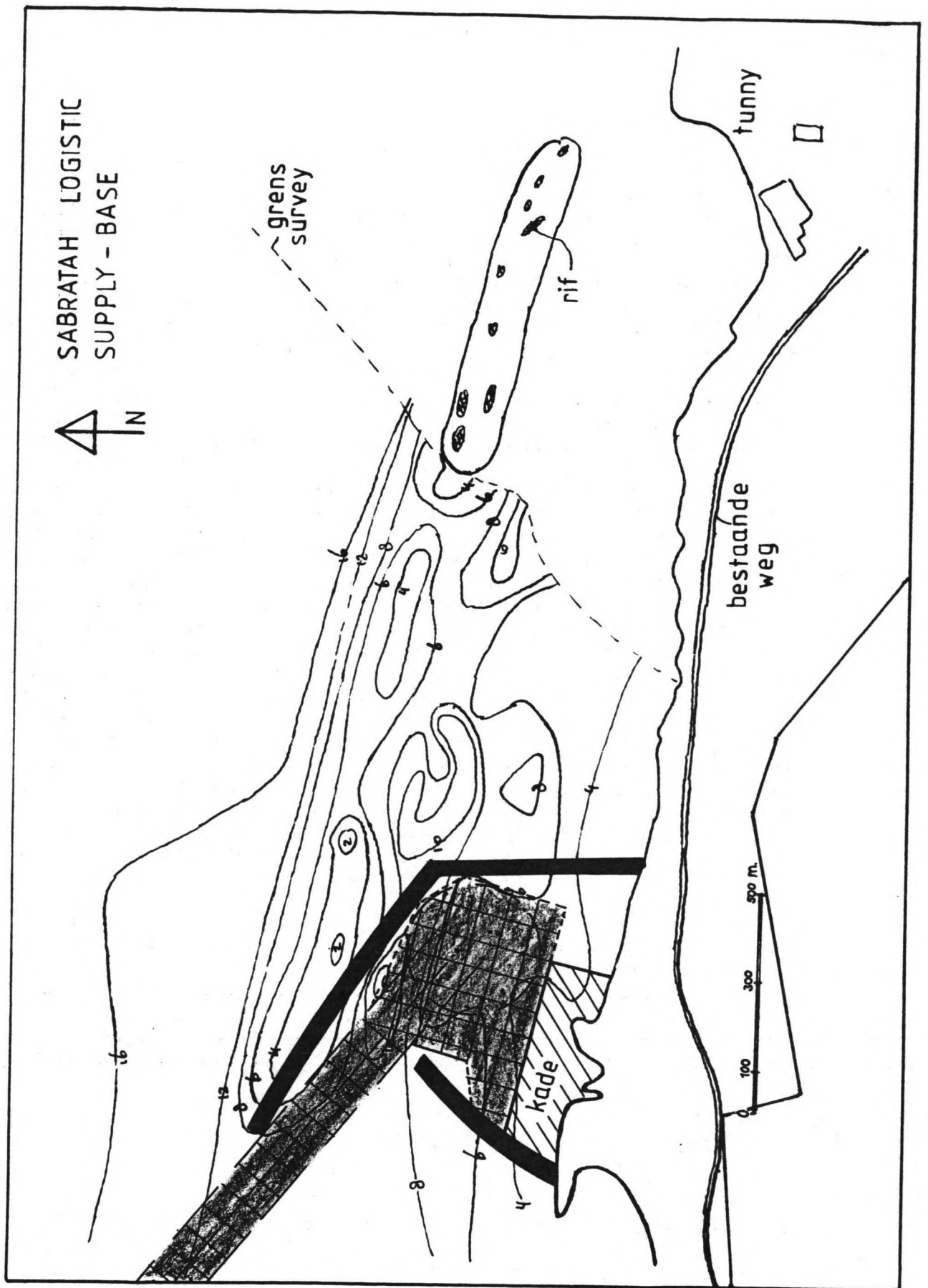
figuur 6.4 opstuurhoek t.g.v. windkrachten

De opstuurhoek volgt uit $\sin \phi = 0,17 / 2,5 = 0,068$. Dit levert $\phi = 3,9^\circ$, hetgeen een extra vaargeulbreedte vereist van $3,9 / 360 * 2\pi * 125 = 8,5$ meter.

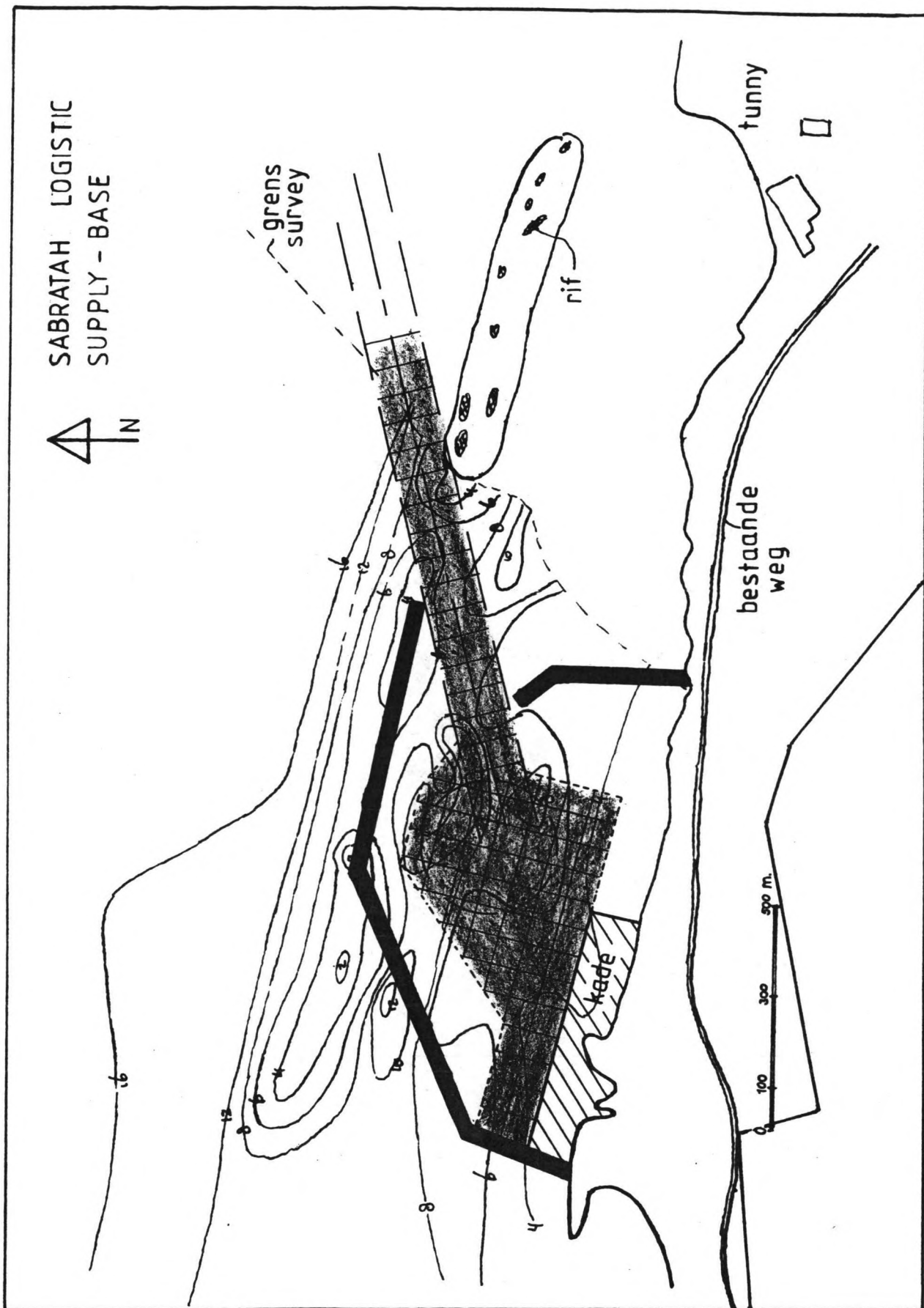
- d. Ten gevolge van de bewegingen van het schip rond de normale as van het kanaal is nog een extra breedte nodig van $1,5 \text{ à } 2,5 * B = 40$ meter.
- e. Verder wordt nog een veiligheidsmarge aangehouden van 20 meter aan elke kant = 40 meter.

De totale breedte van de vaargeul, die met behulp van boeien aangegeven zal worden, wordt dan $20 + 16 + 8,5 + 40 + 40 = 124,5$ meter voor de alternatieven 3 en 6 en 119,5 meter voor de alternatieven 5 en 7. Voor alle gevallen wordt dit afgerond op 125 meter.

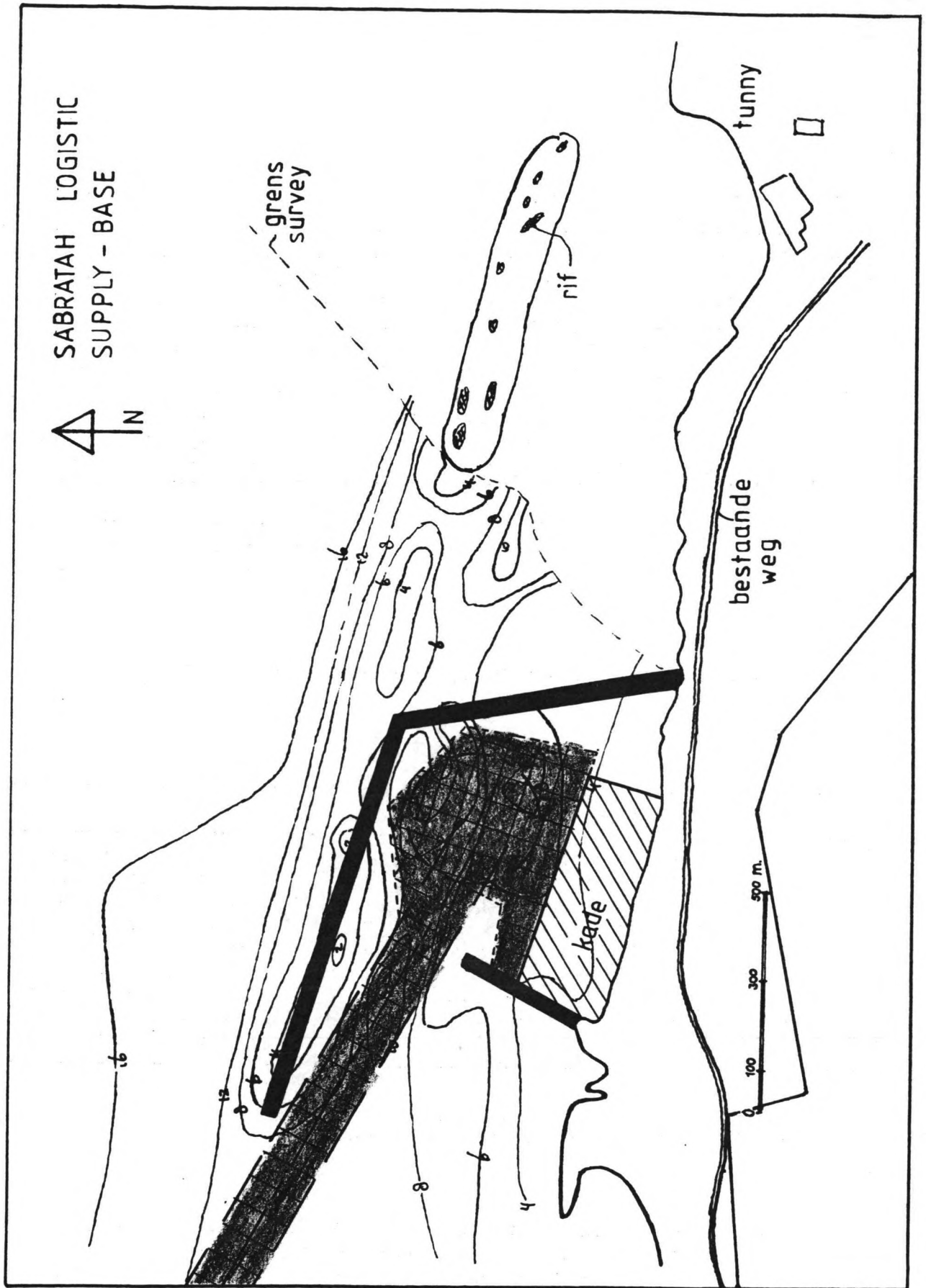
De diameter van de draaicirkel, nodig om de schepen te keren alvorens ze aan de kade te leggen, zal ongeveer 2,5 maal de lengte van het langst te verwachten schip moeten zijn, hetgeen overeenkomt met $D = 300$ meter.[6]



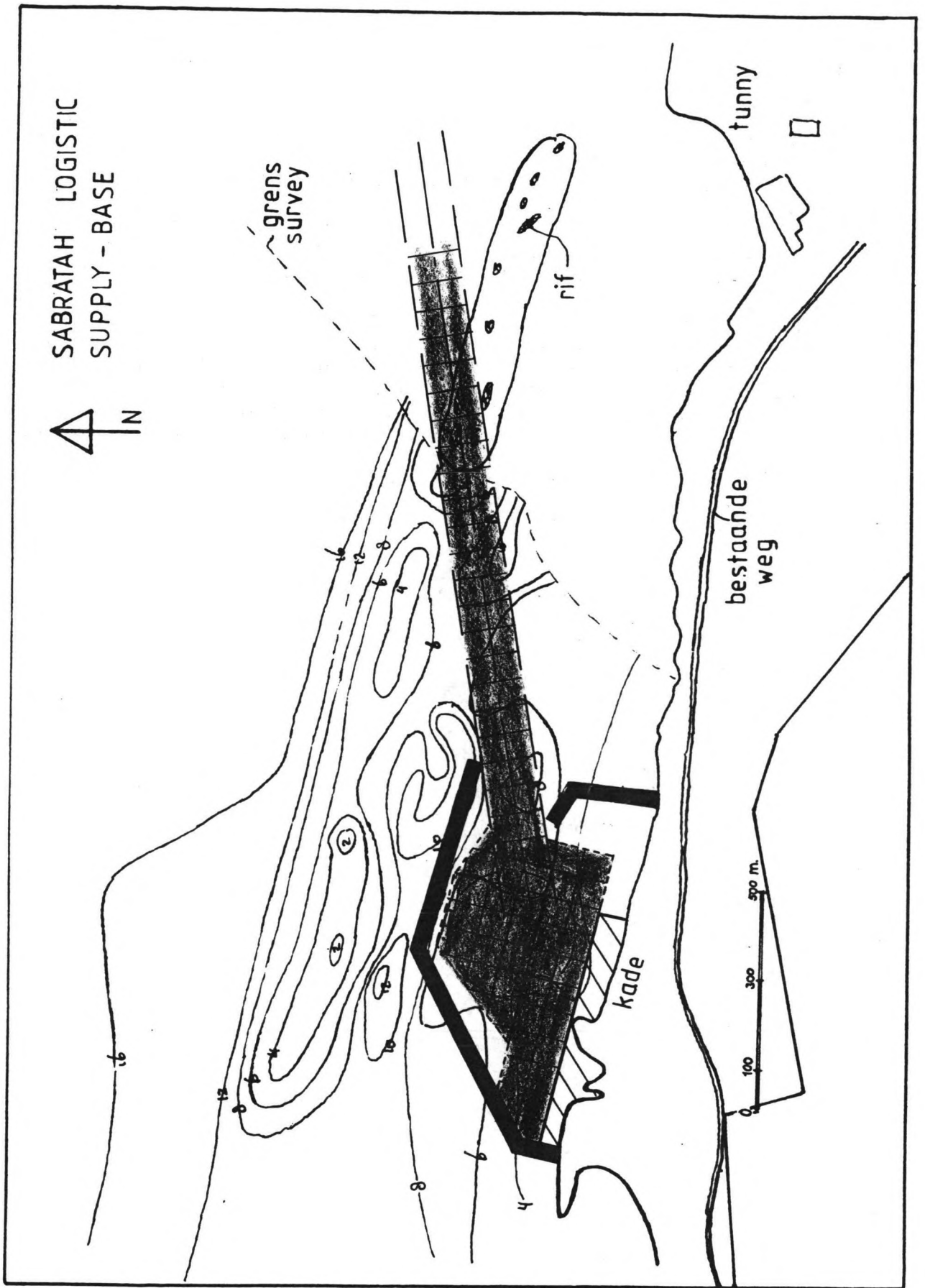
figuur 6.5 baggerwerk alternatief 3



figuur 6.6 baggerwerk alternatief 5



figuur 6.7 baggerwerk alternatief 6



figuur 6.8 baggerwerk alternatief 7

6.2.5 Hoeveelheden baggerwerk

Uitgaande van de in de vorige paragraaf bepaalde afmetingen kan de hoeveelheid baggerwerk in de haven en de havengeul bepaald worden. Binnen de havendammen zal een gebied, groot genoeg voor een veilige manoeuvring, uitgebaggerd moeten worden. Dit gebied is in de verschillende lay-outs uitgezet. (zie figuren 6.5 t/m 6.8). Voor de bepaling van de hoeveelheid baggerwerk wordt dit gebied vervolgens opgedeeld in vlakjes van $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$, overeenkomend met $62,5 \times 62,5 \text{ m}^2$ in werkelijkheid. Voor elk vlakje wordt gekeken hoeveel er weggebaggerd dient te worden. Sommering levert de totaal te baggeren hoeveelheid. Deze is voor de verschillende alternatieven weergegeven in tabel 6.1.

alternatief	hoev. baggerwerk
3	700.000 m ³
5	1.100.000 m ³
6	700.000 m ³
7	1.200.000 m ³

tabel 6.1 hoeveelheden baggerwerk

Uit boringen in dit gebied blijkt dat bijna nergens de rotsbodem zal worden bereikt bij het baggeren. (zie bijlage 1). Het te baggeren bodemmateriaal zal bestaan uit bioclastic sandstone en op sommige plaatsen een laagje ongeconsolideerd zand. Beide materialen kunnen met behulp van een cutterzuiger verwijderd worden. Kleine hoeveelheden aanwezige klei en mergel kunnen zo ook gebaggerd worden. Alleen bij de doorgang in het rif, bij de alternatieven 5 en 7 kan een enkele rotspunt verwijderd moeten worden. Het zal hier echter om kleine hoeveelheden gaan.

6.3 Lengte en hoogte van de havendammen

De totale kosten, verbonden aan de bouw van de haven, worden in belangrijke mate beïnvloed door de constructiekosten van de havendammen. Deze constructiekosten worden bepaald door de lengte van de havendammen, de diepte van het water waarin de dammen komen te liggen en de beschikbaarheid van de materialen die nodig zijn voor de opbouw.

Om met het laatste te beginnen, het blijkt dat het opgebaggerde bioclastic sandstone een geschikt materiaal is om in de core van de havendammen te gebruiken. Voor de onderlagen en de bovenlaag van de dammen zijn de materialen uit de plaatselijke zeebodem echter niet geschikt. Hiervoor zal dus elders een winplaats gezocht moeten worden, hetgeen de kosten van deze materialen sterk zal doen stijgen.

De lengte van de havendammen en de diepte van het water waarin de dammen komen te liggen worden per alternatief bekeken.

In alternatief 3 is de totale lengte van de havendammen $400 + 1225 = 1625$ meter. Hiervan ligt 150 à 200 meter in water dat dieper is dan 8 meter. Het overige gedeelte kan op ondieper water liggen, omdat gebruik gemaakt is van het aanwezige rif. De Kop van de oostelijke havendam kan daardoor in vrij ondiep water gebouwd worden.

Voor alternatief 5 is de totale lengte $425 + 1550 = 1975$ meter. Ook hier ligt slechts een zeer beperkt gedeelte van de havendammen in dieper water. Het overgrote deel ligt op water dat ondieper is dan 6 meter, terwijl slechts 150 à 200 meter in water dieper dan 8 meter ligt. Bij alternatief 6 is deze verdeling nog gunstiger. Hier is de diepte van het water op slechts zo'n 75 meter na meer dan 8 meter en slechts over 400 à 500 meter meer dan 6 meter, terwijl de totale lengte $300 + 1625 = 1925$ meter bedraagt dus ongeveer even lang als in alternatief 5.

Bij alternatief 7 is de totale lengte van de havendammen veel kleiner namelijk $325 + 1055 = 1380$ meter. Echter een vrij groot gedeelte (450 à 500 meter) ligt in water dieper dan 8 m., hetgeen de hoeveelheid benodigde materialen sterk doet toenemen. Bij dit alternatief wordt echter meer gebruik gemaakt van de beschermende werking van het rif, waardoor kleinere golven gekeerd zullen moeten worden. Dit kan de kosten van de duurdere buitenlagen van de havendammen wat drukken.

Dit geeft totaal:

	totale lengte	lengte op 6-8 m diepte	lengte op diepte > 8 m
alternatief 3	1650 m.	575 m.	175 m.
alternatief 5	1950 m.	350 m.	175 m.
alternatief 6	1950 m.	375 m.	75 m.
alternatief 7	1375 m.	310 m.	475 m.

tabel 6.2 lengte havendammen

6.4 Aanzanding en zeewier

In de kuststrook oostelijk van Ras El Jourf wordt bijna geen sediment of zeewier aangetroffen. Alleen op een enkele plaats ligt een laag zand met een dikte van hooguit 1 meter. Westelijk van Ras El Jourf worden wel grote hoeveelheden sediment en zeewier aangetroffen. Het transport van dit sediment en zeewier in oostelijke richting blijkt echter zeer beperkt te zijn. In de baai onder Ras El Jourf wordt immers weinig sediment aangetroffen en het transport van zeewier wordt in belangrijke mate verhinderd door de rotspunten van Ras El Jourf zelf.

Bij een storm echter kunnen grote hoeveelheden zeewier voorbij de rotspunt drijven en zo in de richting van de haven getransporteerd worden. De havens met een ingang in westelijke richting zullen dan het meeste last hebben van dit zeewier, daar dit gemakkelijk de ingang kan blokkeren. Van de havens met de ingang in oostelijke richting zal de kleinere haven de meeste hinder ondervinden. Hier kan het zeewier namelijk tussen de westelijke havendam en het rif door gemakkelijk de haveningang bereiken en deze zo blokkeren. Voor de grotere haven kan verwacht worden dat het zeewier in het diepere water achter het rif meer verspreid zal worden en daardoor de haveningang minder dicht zal passeren en dus minder snel zal blokkeren.

Er blijkt dus een voorkeur te bestaan voor alternatief 5 en in mindere mate voor alternatief 7. Alternatieven 3 en 6 met een ingang in westelijke richting blijken het meeste last van zeewier te hebben.

Aanzanding van de haven en eventuele blokkering door zeewier ten gevolge van een circulatiestroming, veroorzaakt door een verschil in wave-set-up, zal in belangrijke mate voorkomen worden door de kleinere havendam en zal dus geen grote rol van betekenis spelen.

In alle gevallen zal er echter toch een kleine hoeveelheid zeewier de haven binnenkomen en zich op de bodem afzetten. Deze situatie kan niet voorkomen worden. Daarom zal van tijd tot tijd het zeewier uit de haven verwijderd moeten worden, hetgeen met grijpers vanaf een boot kan gebeuren.

6.5 Nautische aspecten

De haven zal voldoende ruimte moeten kunnen bieden om met de schepen veilig te manouvreren. Daarnaast zal de hinder van golven, wind en stroming beperkt moeten blijven. De supply-schepen zullen de haven onder alle weersomstandigheden moeten kunnen verlaten en binnenlopen. De RoRo- en general-cargo schepen zullen minder vaak de haven aandoen en alleen onder normale weersomstandigheden in en uit de haven varen. De haven zal zo gedimensioneerd moeten worden dat aan deze eisen voldaan kan worden. Drie aspecten zijn hierbij van belang en zullen nader uitgewerkt worden, te weten:[6]

- de draaicirkel in de haven
- de golfaanval, stroming en wind op schepen die de haven naderen
- de remweg van de schepen en eventuele benodigde hulp van sleepboten.

De draaicirkel binnen de haven dient er voor de schepen te kunnen draaien, alvorens ze aan de kade afgemeerd worden. In een noodsituatie liggen ze dan al met hun punt in de richting van de havenuitgang, zodat ze snel kunnen vertrekken en buiten de haven op betere weersomstandigheden of een veiligere situatie wachten. Deze draaicirkel zal een diameter moeten hebben van ongeveer 2,5 maal de maximaal te verwachten scheepslengte, dus in dit geval 300 meter. Deze cirkel is in alle vier de lay-outs ingepast. Belangrijk voor het veilig draaien van de schepen in de draaicirkel is echter ook de te verwachten golfhoogten in dit gebied. Bij alternatief 3 ligt de draaicirkel vrij onbeschut voor golfaanvallen uit noord-westelijke richting, welke het meest frequent voorkomen. De alternatieven 5 en 6 bieden wat meer bescherming, daar de draaicirkel wat verder achter de dammen kan liggen. Ook bij alternatief 7 zal de golfhoogte in het gebied waar de draaicirkel komt te liggen beperkt kunnen blijven. Alternatief 3 is hierdoor dus iets minder geschikt.

Wat de aanvallen van golven, stroming en wind op schepen die de haven naderen betreft, kan gezegd worden dat bij een ingang in noordoostelijke richting de hoofdgolfrichting (N.W.) ongeveer loodrecht op de vaarrichting staat, terwijl bij een ingang in noordwestelijke richting de schepen met de golven mee kunnen varen. Vooral bij de kleinere haven (7) is de bescherming tegen deze golven gering, namelijk de golven die achter het rif langs lopen kunnen de schepen vrijwel loodrecht aanvallen. De stromings- en windcondities verschillen niet veel voor de diverse alternatieven, zodat in dit opzicht de alternatieven met een ingang in noordwestelijke richting het

meest geschikt zijn.

De remweg van de RoRo- en general-cargo schepen is vrij kort en kan geheel op eigen kracht worden doorlopen. Ook het keren kan op eigen kracht gebeuren. Alleen bij het aanleggen aan de kade kan enige hulp van sleepboten nuttig zijn om de remmingswerken niet te zwaar te belasten. Dit aspect kent geen voorkeur voor bepaalde alternatieven.

6.6 Uitbreidingsmogelijkheden

Belangrijk in verband met de ontwikkelingen op de oliemarkt en eventuele verdere olievondsten op de Middellandse Zee is de mogelijkheid tot uitbreiding van de haven. De alternatieven 3 en 7 bieden hiervoor de minste mogelijkheden. Enige verlenging van de kade is nog wel mogelijk, maar de draaicirkel zal niet kunnen worden vergroot, zodat nooit grotere schepen ontvangen zullen kunnen worden. Van grote invloed zal dit echter niet zijn op de definitieve keuze van de lay-out van de haven.

6.7 Aanwezige achterland voor opslag

Achter de kaden zal er voldoende grondoppervlak aanwezig moeten zijn om de benodigde opslagruimten te kunnen situeren. Hierbij zal rekening gehouden moeten worden met de aanwezige wegverbinding, die zo weinig mogelijk gekruist zal moeten worden tijdens de overslagwerkzaamheden. Bij alternatief 6 ligt de weg vrij dicht langs de kust, zodat de opslagruimte beperkt zal blijven. Dit wordt wel enigszins gecompenseerd door de mogelijkheid de kadeconstructie wat verder op zee te bouwen, zodat het achterland wat vergroot wordt. De overige, meer westelijk gelegen alternatieven, hebben wel een ruimer grondoppervlak voor opslagbehoeften vlak achter de kade, hetgeen ook nog vergroot kan worden door een zeewaartse verschuiving van de kade. Dit laatste kan bij alternatief 7 echter niet vanwege de beperkte omvang van het havenbekken.

6.8 Kosten

Een zeer belangrijke faktor in het afwegingsproces is het Kostenplaatje, verbonden aan de aanleg en het beheer van de haven. Belangrijke posten hierop zijn:

- baggerkosten
- constructiekosten van de havendammen
- constructiekosten kaden + evt. opspuiten land
- inrichting achterland
- onderhoudskosten (baggeren, zeewierverwijdering, e. d.)

De laatste twee posten zullen weinig in waarde verschillen voor de verschillende alternatieven en zullen daarom niet verder meegenomen worden. De overige posten zullen wel verschillen.

Voor de baggerkosten is het aantal te baggeren m³ grond een belangrijke kostenpost. Daarnaast zijn er nog kosten voor het installeren en weer verwijderen van het baggermateriaal. Deze laatste kosten zullen voor de verschillende alternatieven ongeveer hetzelfde zijn en wel zo'n f. 6.000.000,-. De kosten voor 1 m³ baggerwerk zijn f. 8,50, uitgaande van een prijsopgave van Zanen Verstoep N.V. voor een overeenkomend werk in Tunesië. Deze prijsopgave is afgedrukt in bijlage 4. De totale baggerkosten per alternatief worden dan:

alt. nr.	mobilisatie	baggeren	totaal
3	6.000.000	5.950.000	11.950.000
5	6.000.000	9.350.000	15.350.000
6	6.000.000	5.950.000	11.950.000
7	6.000.000	10.200.000	16.200.000

Kosten in Dfl.

tabel 6.3 Baggerkosten

Voor de havendammen zal in eerste instantie een schatting van de te maken kosten gemaakt worden. Deze schatting zal zelfs alleen zeer grof kunnen zijn, daar nog niet bekend is welke materialen en welke hoeveelheden van deze materialen gebruikt zullen worden. Ook de uitvoeringswijze is nog niet bekeken. Er van uitgaande dat de havendammen als rubble-mound breakwaters uitgevoerd worden, kan een vergelijking getrokken worden met een haven

in Ras Laffan in Qatar. Voor deze haven is een uitgebreide kostenberekening gemaakt door Netherlands Engineering Consultants Nedeco [7]. De prijzen die hier gebruikt zijn, worden in eerste instantie ook voor de afschatting van de constructiekosten van de havendammen in Ras El Jourf gebruikt. Uit het rapport blijkt dat voor de buitenste armourlaag, bestaande uit betonnen kubussen, gerekend mag worden op een eenheidsprijs van f. 105,- per m³, voor de tweede armourlaag op een eenheidsprijs van f. 50,- per m³ en voor de core f. 25,- per m³. Deze laatste eenheidsprijs zal voor de haven in Ras El Jourf enigszins beperkt kunnen worden, daar er gebruik gemaakt kan worden van materialen die uit de haven gebaggerd worden. Dit beperkt de vervoerskosten. Voor het verwerken wordt nog uitgegaan van f. 17,- per m³. De eenheidsprijs voor betonelementen valt daarentegen erg laag uit. Hiervoor wordt dan ook een hogere prijs aangehouden, namelijk f. 305,- per m³. Voor het aantal m³ dient de waarde inclusief de poriën aangehouden te worden.

Van de havendammen kunnen vereenvoudigde doorsneden geconstrueerd worden (zie figuren 6.9 en 6.10) waaruit de benodigde hoeveelheid materialen per m' havendam afgeleid kan worden. Deze is weergegeven in tabel 6.5. Er is een onderscheid gemaakt tussen het profiel op 8 meter waterdiepte en dat op 5 meter waterdiepte. Voor het eerste profiel geldt een prijs per m' van f. 62.800,- en voor het tweede een van f. 42.800,-. Bij het construeren van de dammen zal verlies van de materialen op kunnen treden. Dit verlies wordt op 5% geschat en zal bij de prijs opgeteld moeten worden. Verder zullen er nog ongeveer 50% extra kosten bij opgeteld moeten worden. Deze extra kosten zijn als volgt samengesteld:

15%	overhead-kosten verbonden aan het hoofdkantoor
12%	overhead-kosten verbonden aan de bouwplaats, zoals toezicht, administratie, medische service en management.
5%	verzekeringen en overige kosten
<u>18%</u>	risico en winst
50%	

Dit brengt de prijs per m' op f. 98.900,- bij een diepte van 8 meter en op 67.400,- bij een diepte van 5 meter.

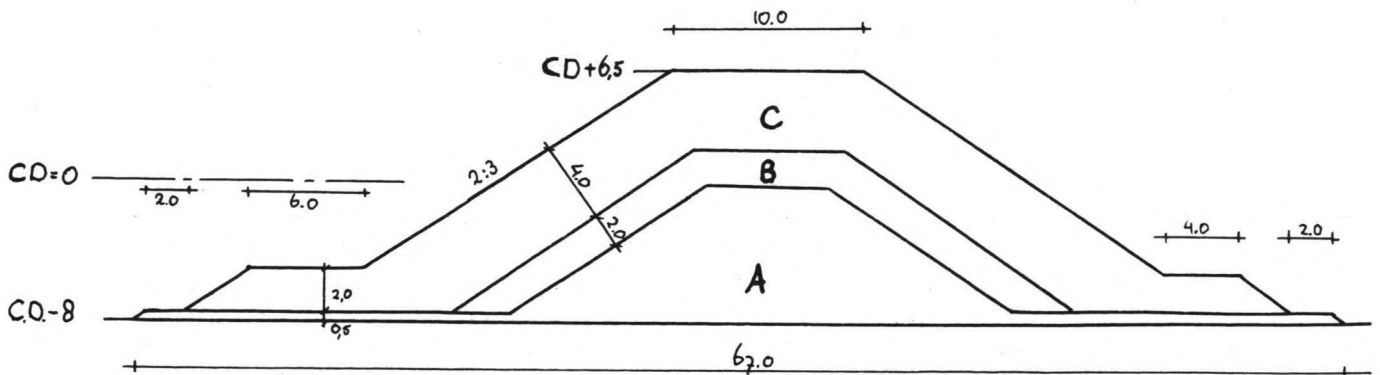
De kosten voor het mobiliseren en demobiliseren van het materieel, aanleg en onderhoud van een kamp voor het personeel, e.d. zijn hier niet bij inbegrepen. Deze kosten worden voor de verschillende alternatieven ongeveer even groot geschat, zodat ze bij de verdere vergelijking buiten beschouwing gelaten kunnen worden. De kosten voor de aanleg van de havendammen per alternatief volgen nu uit de volgende tabel.

altern.	tot. lengte havendammen	lengte op 5m diepte	lengte op 8m diepte	kosten (milj.)
3	1650 m.	975 m.	675 m.	132,5
5	1950 m.	1250 m.	700 m.	153,5
6	1950 m.	1425 m.	525 m.	148,0
7	1375 m.	675 m.	700 m.	114,7

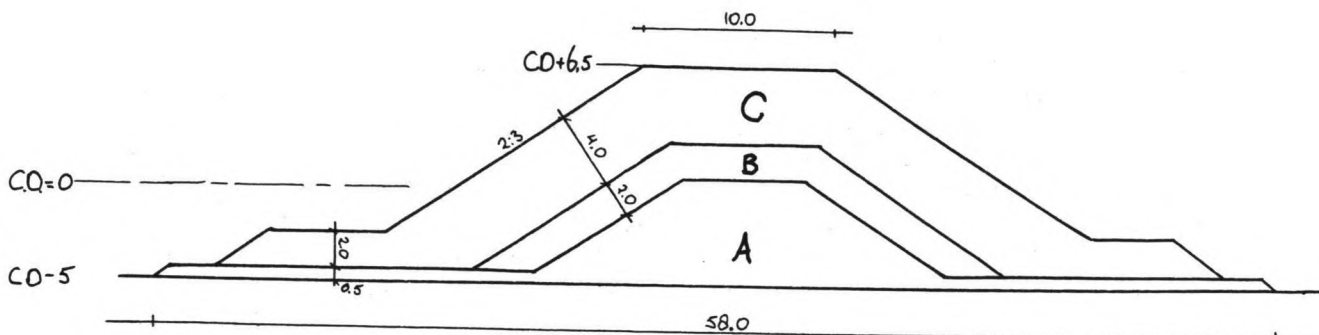
tabel 6.4 constructiekosten havendammen

	5 m. diepte	8 m. diepte
eerste laag	120	180
tweede laag	60	80
core	190	230

tabel 6.5 aantal m³/m materiaalverbruik in havendammen



figuur 6.9 schematisch profiel havendam op 8 meter waterdiepte



figuur 6.10 schematisch profiel havendam op 5 meter waterdiepte

Als laatste kostenpost resteert de constructie van de kade en het opspuiten van het achterland. Dit opspuiten kan gebeuren met de materialen die uit de haven gebaggerd worden, zodat hiervoor geen extra kosten in rekening gebracht hoeven te worden. Alleen de kosten voor het afwerken en het egaliseren van het opgespoten terrein zullen bij een groter op te spuiten gebied toenemen. In zo'n geval zal de kademuur op dieper water gebouwd moeten worden, hetgeen eveneens extra kosten met zich mee zal brengen. Bij alternatief 7 zullen de kosten voor dit aspect dus beperkt blijven ten opzichte van de andere alternatieven. Dit kostenvoordeel wordt geschat op f. 3.000.000,-.

Het algemene kostenplaatje ziet er nu uit als in tabel 6.6 gegeven is. Belangrijk is te realiseren dat hier geen werkelijke kosten staan, maar kostenverschillen tussen de verschillende alternatieven. De werkelijke kosten van de aanleg zullen uit veel meer posten bestaan en dientengevolge veel hoger zijn.

altern.	baggeren	dammen	kade	totaal
3	12.000	132.500	3.000	147.500
5	15.400	153.500	3.000	171.900
6	12.000	148.000	3.000	163.000
7	16.200	114.700	-	130.900

bedragen in 1000 Dfl

tabel 6.5 Totale kosten

6.9 Afweging van de verschillende alternatieven

Nu de verschillende criteria besproken zijn, waarop de keuze tussen de alternatieve lay-outs van de haven gebaseerd zal worden, zal een onderlinge waardering (gewicht) van de criteria vastgesteld moeten worden. Normaal gebeurt dit door alle betrokken partijen en wordt in overleg de meest geschikte verdeling gevonden. Voor een afstudeerproject is dit echter niet mogelijk. Daarom zal een arbitraire verdeling ontstaan. Om toch een zo goed mogelijke verdeling te krijgen wordt in eerste instantie gebruik gemaakt van een matrix waarin de criteria ten opzichte van elkaar gewogen worden. Daarna vindt een verdere verfijning plaats. De criteria van de te baggeren hoeveelheden en de lengte van de aan te leggen havendammen zijn in het kostenaspect inbegrepen en zullen dus niet meer apart bekeken worden. De matrix is weergegeven in figuur 6.11.

Uit de matrix blijkt dat de kosten en de nautische aspecten van het ontwerp belangrijker zijn dan de factoren aanzanding, uitbreidingsmogelijkheden en aanwezige achterland. Het criteria van de aanzanding en de overlast van zeewier wordt erg laag gewaardeerd, daar deze overlast zeer gemakkelijk verholpen kan worden door een eenvoudige baggerschuit of een kleine werkboot uitgerust met een grijper.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	tot
1. golfhoogte aan de kade	X	1	1	1	1	1	0	5
2. aanzanding + zeewier	0	X	0	0	0	0	0	0
3. uitbreidingsmogelijkheden	0	1	X	0	0	1	0	2
4. naut. aspecten draaicirkel	0	1	1	X	1	1	0	4
5. naut. aspecten havengeul	0	1	1	1	X	1	0	4
6. aanwezige achterland	0	1	0	0	0	X	0	1
7. kosten	1	1	1	1	1	1	X	6

figuur 6.11 scorematrix

Nadere verfijning van de gewichten kan nog plaats vinden door de criteria twee aan twee te vergelijken en bij deze vergelijking tevens aan te geven hoeveel het ene alternatief beter is dan het andere. Omzetting van de gewichten op een schaal van 10 geeft dan de volgende verdeling:

Kosten	: 10
golfhoogte aan de kade	: 9
nautische aspecten havengeul	: 8
nautische aspecten draaicirkel	: 7½
uitbreidingsmogelijkheden	: 3
aanwezige achterland	: 2½
aanzanding en zeewier	: 1

Per alternatief wordt nu voor elk criterium een cijfer tussen 1 en 10 gegeven; naarmate de functie beter vervuld wordt een hoger cijfer. Deze cijfers worden vermenigvuldigd met de wegingsfactor, waaruit de totaalscore volgt. Dit is weergegeven in figuur 6.12. Hieruit blijkt dat een lichte voorkeur bestaat voor alternatief 6. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de gunstige waardering van de nautische aspecten. De kosten vallen daarentegen wel wat hoger uit, maar toch niet zo hoog als bij alternatief 5, dat de een na hoogste score heeft. In het vervolg wordt daarom alleen alternatief 6, de oostelijk gelegen haven met ingang in noordwestelijke richting, uitgewerkt.

	gew. (*)	altern. 3		altern. 5		altern. 6		altern. 7	
		cijf.	. (*)	cijf.	. (*)	cijf.	. (*)	cijf.	. (*)
Kosten	10	7	70	4	40	5	50	9	90
golfhoogte aan kade	9	5	45	8	72	6	54	7	63
naut. asp. havengeul	8	8	64	4	32	8	64	3	24
naut. asp. draaicirk.	7½	3	22½	8	60	8	60	5	37½
uitbreidingsmog.	3	6	18	8	24	8	24	4	12
aanwez. achterland	1½	7	10½	7	10½	5	7½	6	9
aanzand. +zeewier	1	5	5	8	8	5	5	7	5
totaal			235		246½		264½		242½

figuur 6.12 multicriteria-analyse

7. Aanlegplaatsen

Eén van de in hoofdstuk 4 genoemde deelaspecten is tot nu toe buiten beschouwing gelaten, namelijk dat van het type en de plaats van de aanlegplaatsen. Hiervoor werden vier mogelijke oplossingen genoemd:

- kadeconstructie t.p. van de huidige kustlijn
- kadeconstructie in zeewaartse richting verschoven
- steigerconstructies loodrecht op de kust
- combinatie van steiger- en kadeconstructie.

Gegeven de in het vorige hoofdstuk gekozen lay-out van de haven, zal uit deze mogelijkheden een keuze gemaakt moeten worden.

Een korte beschouwing vooraf zou misschien al een selectie kunnen vormen. Uit het vorige hoofdstuk bleek dat er in de haven grote hoeveelheden gebaggerd zullen moeten worden. De hierbij vrijkomende materialen zullen afgevoerd moeten worden, maar ze kunnen ook elders in het project gebruikt worden. Dit kan als constructiemateriaal voor de havendammen, maar ook, en beter zelfs nog, als opvulmateriaal achter een zeewaarts verschoven kadeconstructie. Deze kade zou dan zóver zeewaarts verschoven moeten worden, dat al het gebaggerde materiaal verwerkt kan worden. Er moet natuurlijk wel in acht genomen worden dat er voldoende manoeuvreerruimte overblijft binnen de haven. Een verder voordeel van een verschoven kadeconstructie is dat het terrein, beschikbaar voor opslagplaatsen, in oppervlakte toeneemt, zodat een gemakkelijker indeling van het landgedeelte van de haven kan plaatsvinden. Op grond hiervan kan het alternatief van een kadeconstructie ter plaatse van de huidige kustlijn afvallen.

Ook het alternatief met alleen steigerconstructies loodrecht op de kust blijkt niet aan de eisen te voldoen. De overslag van zware pijpen met zware kranen kan men immers beter vanaf een kade doen plaatsvinden, dan vanaf een steiger. Daarnaast biedt een steiger te weinig ruimte voor tijdelijke opslag, als een RoRo- of general-cargo schip snel gelost dient te worden. De overslag van de bulkmaterialen voor de supply-schepen zal wel goed via een steigerconstructie kunnen plaatsvinden, daar dit via pijpleidingen gebeurt.

Er blijven dus nog twee principiële verschillende alternatieven over, die elk weer verschillende mogelijkheden kennen. Om hier een keuze uit te kunnen maken zullen eerst enige randvoorwaarden bekeken moeten worden.

7.1 Benodigd aantal ligplaatsen

In de haven zal plaats moeten zijn voor:[1]

- 5 supply-schepen (l=60, b=14, d=5,5)
Bij drie van deze aanlegplaatsen zullen overeenkomstig de eisen van AGIP, direkte aansluitingen op hogedrukpijpen en de bulk laad- en losequipment mogelijk moeten zijn. Alle aanlegplaatsen zullen voorzien moeten zijn van elektriciteitsaansluitingen van 240 V. en 380 V. en wateraansluitingen, zowel voor drinkwater als voor industrieel gebruik.
- 1 RoRo- of general-cargo schip (l=125, b=20, d=7,4)
De aanlegplaats voor deze schepen mag eventueel twee aanlegplaatsen voor supply-schepen beslaan, echter niet twee plaatsen met speciale aansluitingen.
- 1 multi-purposeboot (l=55 , b=12 , d=3,5)
- 1 sleepboot (2200 bhp) (l=26 , b=8 , d=4)
- 1 pilot-mooringboot (l=13,25, b=4 , d=2,25)
- 1 werkboot (l=10,75, b=3,75, d=1,9)

Verder zal er nog plaats moeten zijn voor een navy-boot en een schip van de kustwacht en zal er een boothelling moeten komen waarop reparaties aan alle in de haven liggende schepen (behalve RoRo- en general-cargo schepen) moeten kunnen worden uitgevoerd.

7.2 Laden en lossen

De supply-schepen worden met kranen vanaf de kant geladen en gelost. Ze hebben zelf geen kranen aan boord. De laad- en losequipment zal een zodanige capaciteit moeten hebben dat altijd een zo kort mogelijke verblijftijd van de supply-schepen in de haven gegarandeerd kan worden. De general-cargo schepen zijn wél uitgerust met eigen kranen en zorgen zelf voor het lossen en eventueel laden. Dit geldt ook voor de RoRo-schepen, alleen zal nu de lading via de laadklep uit het schip gereden worden. Voor het neerlaten van deze klep zal dan ook een gedeelte van de kade geschikt gemaakt moeten worden, waarbij er op gelet moet worden dat de klep zowel naast het schip als achter het schip kan zitten. Om ook de verblijftijd van het general-cargo of RoRo-schip in de haven te beperken zal op of nabij de kade een speciale ruimte aanwezig moeten zijn, waar de geloste goederen zolang geplaatst kunnen worden, alvorens ze definitief op te slaan. Deze ruimte kan ook gebruikt worden om tijdelijk materialen op te slaan die in de supply-schepen geladen zullen worden.

7.3 Kade of steiger

In de vorige paragraaf bleek dat de verblijftijd van de supply-schepen en van de RoRo- en general-cargo schepen in de haven tot een minimum beperkt dient te blijven. Dit resulteerde in een tussenopslagruimte aan de kade. Bij het laden van de supply-schepen kan men echter de totale laadtijd nog in grotere mate verminderen door meerdere materialen tegelijk te verwerken. Dit heeft tot gevolg dat de aanlegplaatsen met aansluitingen op de bulk laad- en losequipment ook met mobiele kranen en wagens te bereiken moet zijn, om de stukgoedoverslag te verzorgen. Zoals eveneens uit de vorige paragrafen bleek, kan de overslag van stukgoed het beste vanaf een kade gebeuren, zodat voor de aanlegplaatsen van de vijf supply-schepen en de RoRo- en general-cargo schepen het beste een kadeconstructie genomen kan worden. Voor de aanlegplaatsen van de overige schepen zijn goedkopere steigerconstructies zeer goed mogelijk. Deze kunnen zowel langs de havendammen als loodrecht op de kust geplaatst worden.

7.4 Aanlegplaatsen voor supply-schepen en grotere zeeschepen

Voor het afmeren van de supply-schepen zal een kadeconstructie gebouwd worden, waaraan 5 supply-schepen plaats kunnen vinden. Twee van deze aanlegplaatsen moeten daarnaast geschikt zijn voor de overslag van lading in RoRo- of general-cargo schepen. Dit houdt in dat er geen rechte kade gebouwd kan worden, maar dat er een sprong in de kade ontworpen dient te worden om het laden en lossen van een RoRo-schip met een laadklep aan de achterzijde mogelijk te maken. Er kunnen immers zowel RoRo-schepen met een laadklep aan de achterkant als met een laadklep aan de zijkant afmeren.

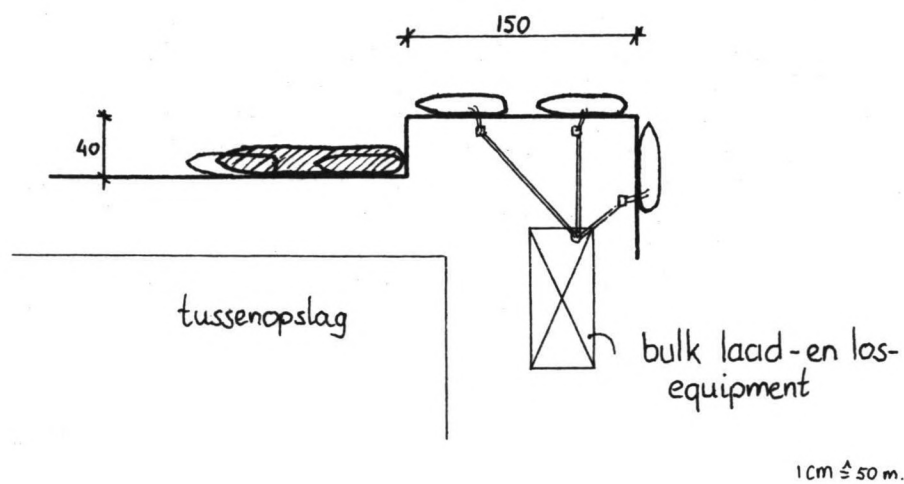
Bij de situering van de aanlegplaatsen zal rekening gehouden moeten worden met eventuele noodsituaties. Bij onverwacht slechte weersomstandigheden of een ernstig voorval in de haven zullen de schepen zo snel mogelijk de haven moeten kunnen verlaten om op de open zee op betere omstandigheden te wachten. Daarom is het wenselijk dat de schepen met de voorstevens in de richting van de havenuitgang afgemeerd worden, zodat geen tijd verloren gaat met het keren van de schepen bij het uitvaren.

Verder dient rekening gehouden te worden met de plaats van de opslagplaatsen ten opzichte van de kade. Deze zullen voor een groot gedeelte westelijk van de kade liggen, zodat veel verkeer in deze richting plaats zal vinden. De bulkmaterialen worden vlakbij de kade nogmaals opgeslagen en indien nodig gemengd, zodat een snelle levering aan de supply-schepen mogelijk is. Hiervoor worden verschillende silo's en een menginstallatie geplaatst. Deze kunnen dan het best oostelijk van de kade geplaatst worden om het verkeer dat de overslag van het stukgoed verzorgt zo weinig mogelijk tot last te zijn. Het westelijk deel van de kade zal dan ingericht worden om alleen overslag van stukgoed te doen plaatsvinden en voor het ontvangen van de grote zeeschepen.

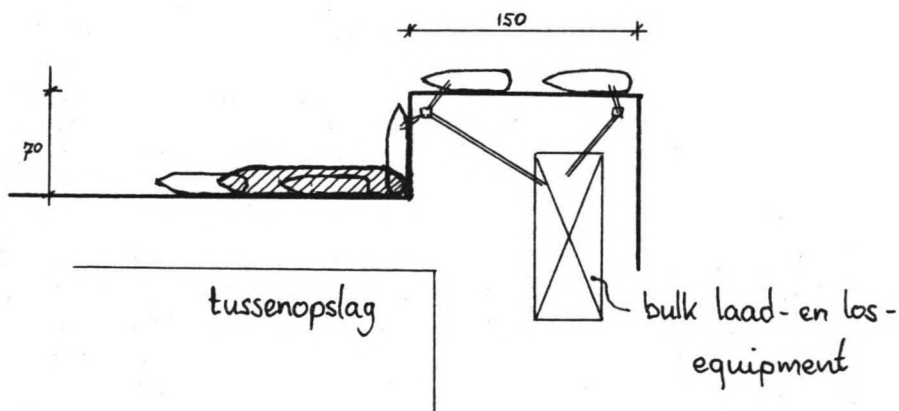
Een laatste belangrijk punt waar rekening mee gehouden dient te worden bij de indeling van een kade is de uitbreidingsmogelijkheid. Om een eventuele uitbreiding eenvoudig plaats te kunnen laten vinden is het wenselijk een rechte kadeconstructie te ontwerpen, hetgeen echter indruist tegen bovenstaande eisen. Er zal dus bekeken moeten worden welk criterium belangrijker is.

Uitgaande van de wens dat de schepen met de voorstevens richting de havenuitgang afgemeerd worden kunnen er drie mogelijke kadeindelingen opgesteld worden. Deze zijn weergegeven in figuren 7.1 t/m 7.3. Alternatief 4 houdt geen rekening met deze wens en kent dan ook geen sprong in de kade, omdat de grotere zeeschepen andersom afgemeerd worden. De schepen zijn dan niet met de voorstevens

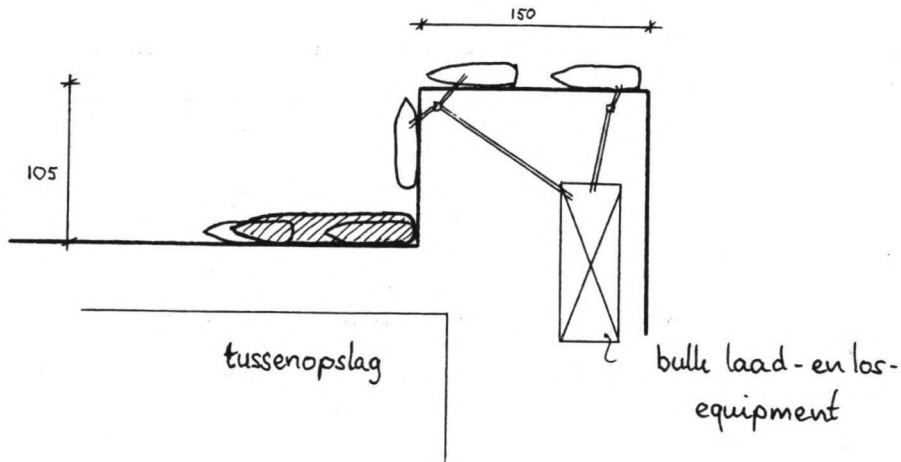
richting de havenuitgang afgemeerd, maar er ontstaan wel meer mogelijkheden om de kade later uit te breiden. (zie figuur 7.4).



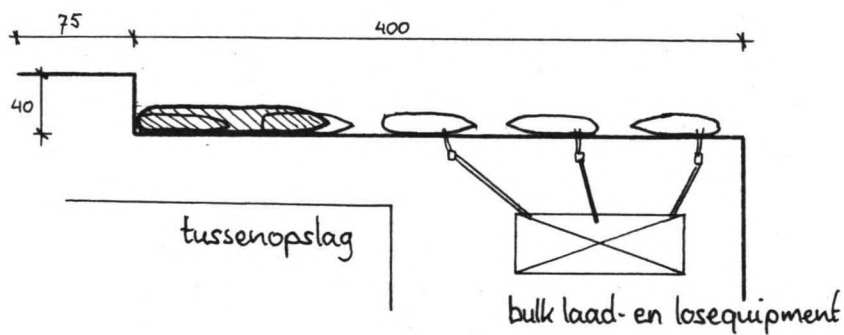
figuur 7.1 kadeindeling alternatief 1



figuur 7.2 kadeindeling alternatief 2



figuur 7.3 Kadeindeling alternatief 3



figuur 7.4 Kadeindeling alternatief 4

Allereerst zal uit de alternatieven 1 t/m 3 een keuze gemaakt worden, die daarna vergeleken zal worden met alternatief 4.

Alleen als het grote zeeschip een RoRo-schip is met de laadklep aan de achterzijde moet het in de aangegeven positie afgemeerd worden. Zoniet, hetgeen meestal het geval is, dan kan het ook wat meer naar voren afgemeerd

worden, waardoor bij alternatief twee altijd drie plaatsen beschikbaar blijven voor het laden van de supply-schepen via de bulk-laadinstallatie. Een extra uitbreiding van de sprong in de kade, zoals in het derde alternatief is dus niet noodzakelijk. Alternatief twee heeft verder als voordeel ten opzichte van het eerste alternatief dat de supply-schepen die aangesloten zijn op de bulk-laadinstallatie gemakkelijker te bereiken zijn met rijdend equipment om de overslag van stukgoed te verzorgen. Dit geldt vooral voor het meest oostelijk afgemeerde supply-schip. Het tweede alternatief is dan ook te prefereren boven de alternatieven 1 en 3.

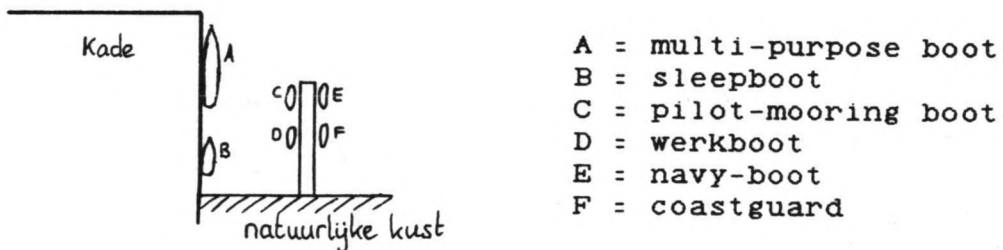
In vergelijking met alternatief 4 kunnen bij alternatief 2 de schepen in noodsituaties sneller de haven verlaten. Echter een directe uitvaart is niet mogelijk door de aanwezigheid van de westelijke havendam (zie figuren 8.1 en 8.2). Het schip zal eerst sterk op moeten sturen, om vervolgens weer terug te draaien in de richting van de vaargeul. Bij alternatief 4 moeten de schepen eveneens sterk opsturen om vervolgens door te draaien tot in de richting van de vaargeul. De extra manoeuvreertijd zal dus beperkt blijven. Bij het draaien zullen in beide gevallen weinig problemen ontstaan, daar er hulp van een sleepboot zal zijn. Zeker bij de slechte weersomstandigheden waaronder de meeste nooduitvaarten plaatsvinden is sleepboothulp onontbeerlijk.

Alternatief 4 heeft als voordeel ten opzichte van alternatief 2 dat het een rechte kade heeft. Hierdoor zijn toekomstige uitbreidingen makkelijker te verwezenlijken en bestaat er een grotere vrijheid om de schepen af te meren. Hier staat echter tegenover dat de supply-schepen bij het laden vrij plaatsgebonden zijn. Ze zullen immers aangesloten moeten kunnen worden op de bulk-laadinstallatie. De plaatsgebondenheid ten gevolge van de sprong in de kade hoeft dus niet als een bezwaar beschouwd te worden. Ook bij een eventuele uitbreiding hoeven er niet direkt problemen te ontstaan. Er zullen immers alleen plaatsen voor supply-schepen bijgebouwd hoeven worden. De plaats voor het RoRo- of general-cargo schip zal alleen wat vaker bezet zijn. De uitbreiding voor de extra aanlegplaatsen voor de supply-schepen kan dan gewoon vanaf de versprongen kade plaatsvinden.

Geconcludeerd kan worden dat de voordelen van alternatief 4 in dit geval geen echte uitgesproken voordelen zijn en dat bij alternatief 2 een gunstiger indeling van de kade en de achterliggende opslagterreinen gemaakt kan worden. Alternatief 2 kan dus als de meest geschikte kadeindeling aangehouden worden.

7.5 Aanlegplaatsen voor de overige schepen

Voor de zes overige schepen die in de haven afgemeerd moeten kunnen worden kan oostelijk van de kade ruimte gereserveerd worden. Hiervoor kan een deel van de kade gebruikt worden, terwijl voor de resterende schepen een steigerconstructie gebouwd kan worden langs de kuststrook oostelijk van de kade. Dit is weergegeven in figuur 7.5.



figuur 7.5 indeling overige aanlegplaatsen

7.6 Boothelling

Om reparaties aan de in de haven liggende schepen uit te kunnen voeren zal er in de haven een boothelling aangebracht moeten worden, waarop schepen met een maximale grootte als die van een supply-schip behandeld moeten kunnen worden.

Om geen last voor het vaarverkeer in de haven en het transportverkeer op het land te veroorzaken, kan de boothelling eveneens het beste aan de oostelijke zijde van de kade ingepast worden. Om ook de aanlegplaatsen voor de kleinere schepen niet te storen kan de helling het beste zover mogelijk naar de oostelijke havendam toe geconstrueerd worden. Ook bij eventuele uitbreidingen treden dan geen problemen op.

De helling zal uitgevoerd worden als langshelling. Aan weerszijden van de helling komen rails te liggen waarover een portaalkraan kan rijden om zware delen te verwijderen en weer terug te plaatsen. Aan het eind van de helling is een reparatiewerf, die gedeeltelijk overdekt is voor de opslag van onderdelen.

8. Definitieve lay-out van het natte havengedeelte

De gekozen havenlay-out kan nu gecombineerd worden met de gekozen indeling van de kade, hetgeen de totale lay-out van het natte havengedeelte oplevert. Deze inpassing kan grofweg op twee manieren gebeuren, zoals weergegeven in figuren 8.1 en 8.2.

Om tot een keuze tussen deze twee mogelijkheden te kunnen komen, zijn deze eerst nogmaals doorgerekend met het diffraktiemodel DIFHA om de golfhoogten aan de kade te bepalen. Uit deze computerberekeningen (zie bijlage 3) volgden de volgende diffractiecoëfficiënten voor punten aan de kade.

	23,2°			2,4°			342,4°			327,5°		
	w	m	o	w	m	o	w	m	o	w	m	o
lay-out 8.1	0,16	0,25	0,05	0,08	0,19	0,17	0,13	0,20	0,09	0,21	0,19	0,15
lay-out 8.2	0,10	0,17	0,03	0,10	0,15	0,08	0,05	0,20	0,11	0,10	0,20	0,21

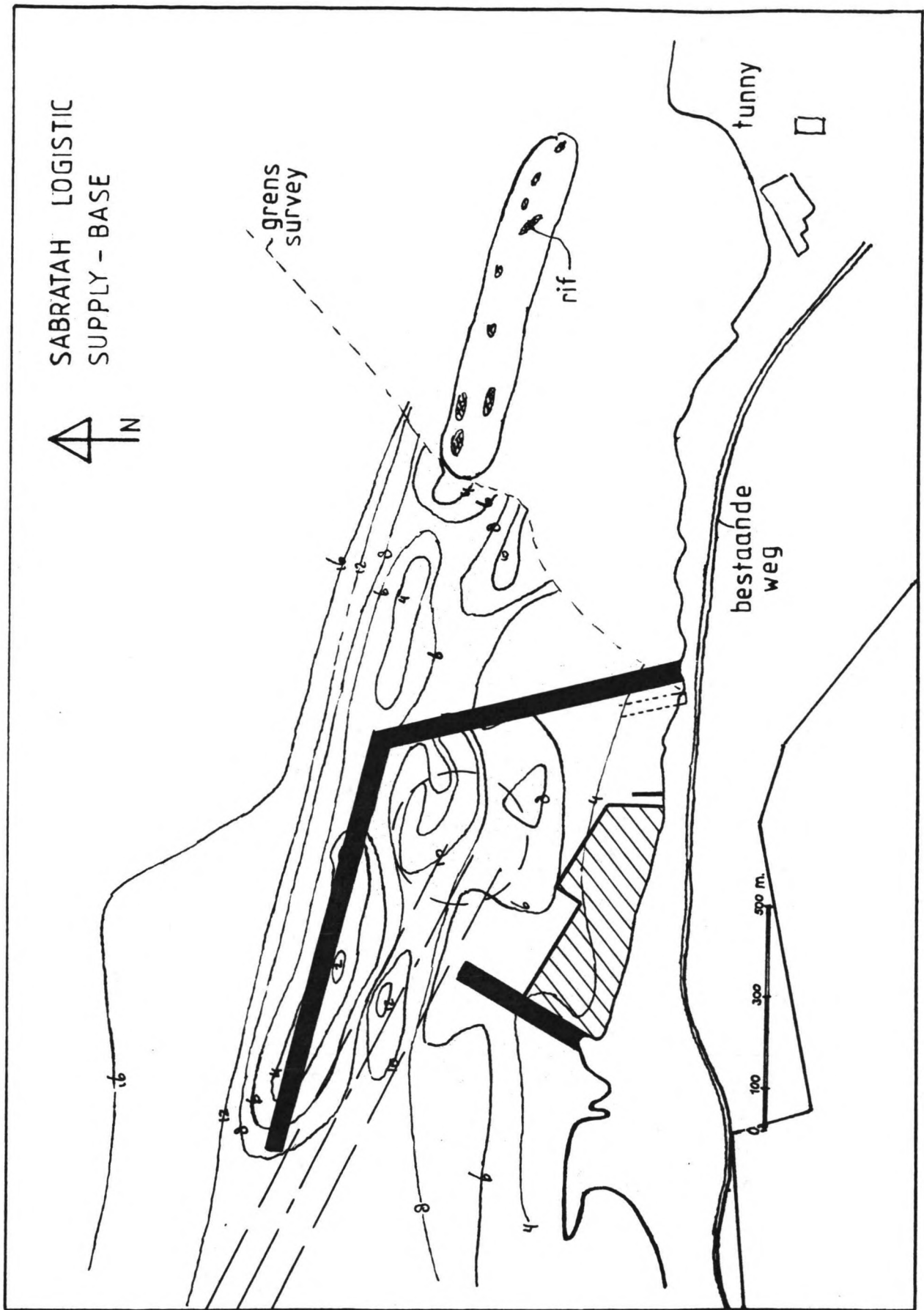
w = westelijk deel van de kade
 m = middelste deel van de kade
 o = oostelijk deel van de kade

tabel 8.1 maximale diffractiecoëfficiënten

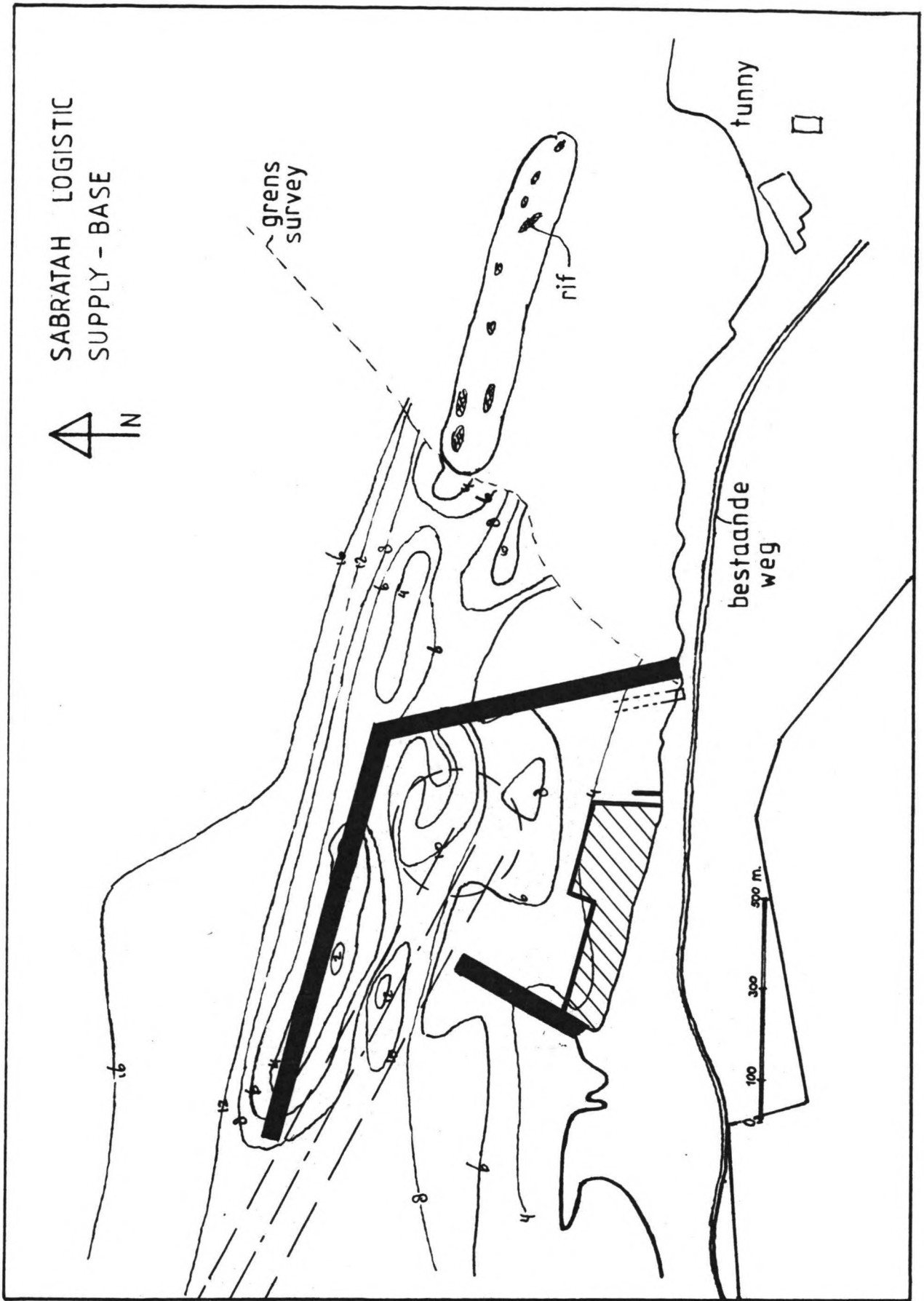
Dit resulteert in de volgende golfhoogten aan de kade (tabel 8.2).

	23,2°	2,4°	342,4°	327,5°
lay-out 8.1	0,8	0,7	0,9	0,6
lay-out 8.2	0,5	0,6	0,9	0,6
lay-out 8.3	0,4	0,3	0,8	0,6
lay-out 8.3A	0,4	0,3	0,7	0,5

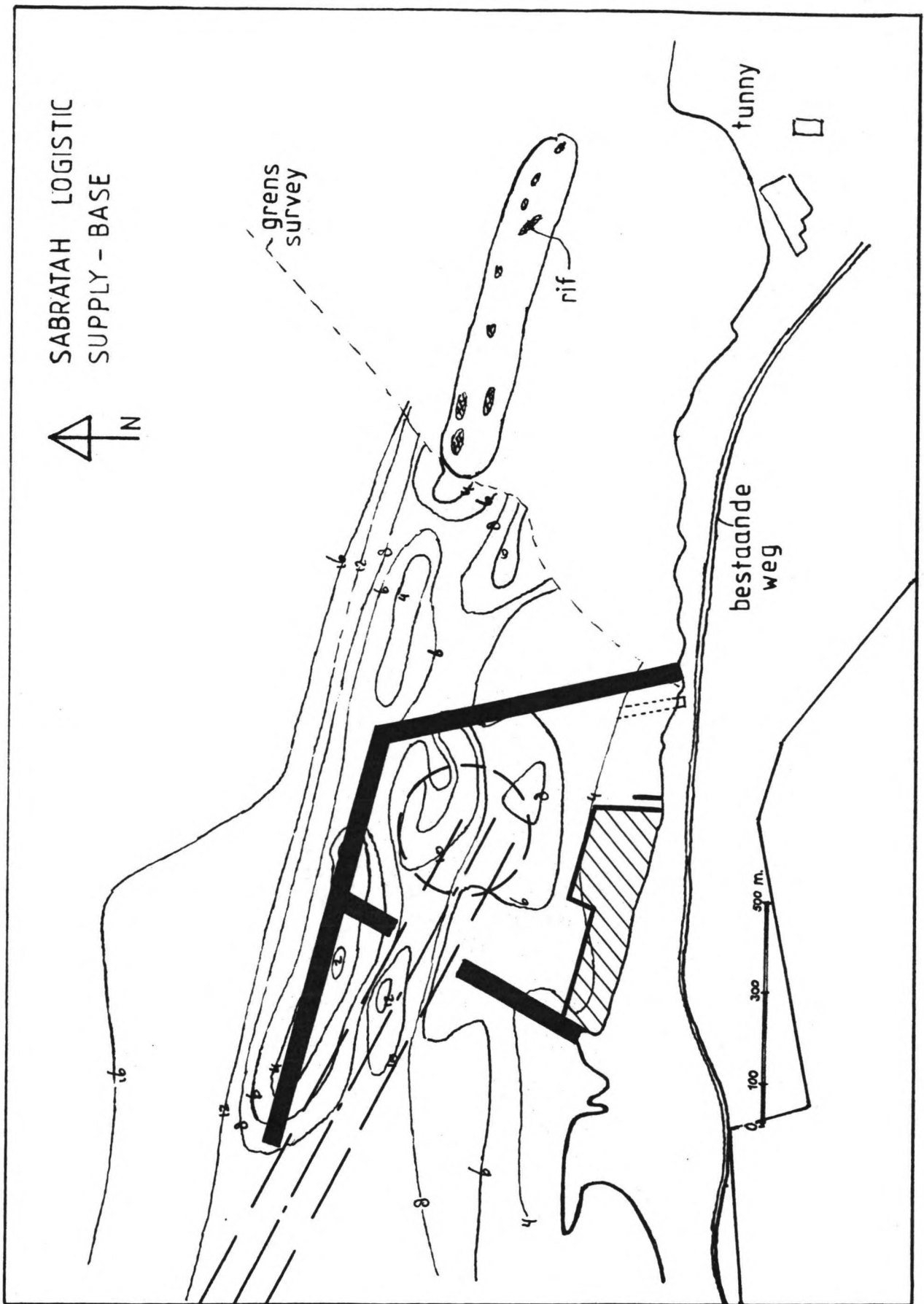
tabel 8.2 golfhoogten aan de kade [m]



figuur 8.1 Kadeinpassing alternatief 1



figuur 8.2 Kadeinpassing alternatief 2



figuur 8.3 aangepast alternatief 2

De waarde van de golfhoogten aan de kade is nog steeds te groot, maar bij lay-out 8.2 toch duidelijk minder dan bij lay-out 8.1. Bij een verder naar voren geschoven kade (8.1) ontstaat echter meer ruimte voor opslag, maar dit zal niet opwegen tegen de extra bescherming die geboden wordt bij het andere alternatief.

Een vermindering van de golgdoordringing bij dit alternatief kan eventueel bereikt worden door de oostelijke havendam ter plaatse van de westelijke havendam met een gedeelte uit te breiden (zie figuur 8.3). Deze uitbreiding van de havendam blijkt de golfhoogten aan de kade in belangrijke mate te reduceren. Ook blijken de golfhoogten die nabij de havengeul en de draaicirkel gevonden worden in belangrijke mate af te nemen (zie tabellen 8.2 en 8.3), zodat de nautische veiligheid van de haven sterk toe neemt. De extra overlast ten gevolge van het uitsteeksel aan de havendam zal namelijk beperkt blijven, daar voldoende ruimte tussen de twee dammen aanwezig blijft voor een vlotte doorvaart. De uitbreiding van de havendam kan dan ook zeker als een zinvolle verbetering beschouwd worden.

	havengeul				draaicirkel			
	23,2°	2,4°	342,4°	327,5°	23,2°	2,4°	342,4°	327,5°
lay-out 8.2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,4	0,4
lay-out 8.3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3
lay-out 8.3A	0,05	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2

tabel 8.3 golfhoogten in vaargeul en draaicirkel

Toch komen aan de kade nog steeds golfhoogten voor die groter zijn dan de maximaal toelaatbare golfhoogte van 0,5 m. Hier kan wat aan gedaan worden door de havendammen zodanig te construeren dat de reflektiecoëfficiënt van 0,6 verkleind wordt tot bijvoorbeeld 0,45. Dit kan gebeuren door niet te steile hellingen te kiezen en grote blokken te gebruiken bij de constructie van de buitenste lagen van de dam. Veel golfenergie zal dan geabsorbeerd worden, zodat kleinere reflektiegolven ontstaan. Hierdoor blijft de golfhoogte aan de kade en in de havengeul en draaicirkel meer beperkt. Volgens de waarden in tabel 8.2 en 8.3 is de invloed echter gering. (lay-out 8.3.A).

9. Indeling opslagplaatsen

9.1 Behandeling van de materialen

De materialen die met de RoRo- en general-cargo schepen aangevoerd worden, zullen door deze schepen zelf worden gelost. Hiervoor hoeft geen materieel in de haven aanwezig te zijn. Tijdens het lossen zullen de materialen, voor de afvoer niet direkt plaats kan vinden, tijdelijk opgeslagen worden op of direkt achter de kade. Hiervoor zal een tussenopslagruimte gereserveerd worden. Deze werkwijze maakt de tijd nodig om het schip te lossen onafhankelijk van het in de haven aanwezige materieel. Er hoeft immers niet gewacht te worden totdat er weer transportmiddelen beschikbaar zijn. Het lossen kan gewoon doorgaan; het transporteren van de geloste goederen kan na het vertrek van het schip voltooid worden.

Na gelost te zijn zullen de materialen met behulp van kranen, heftrucks en trailers naar de opslagplaatsen getransporteerd worden. De bulkmaterialen worden, indien dat nog niet het geval is, op pallets geladen en met behulp van heftrucks in loodsen opgeslagen. Ook andere kleine materialen, zoals onderdelen voor op de boorplatforms, zullen op pallets gestapeld worden. Dit kan met de hand gebeuren. Het vervoer gebeurt weer met behulp van heftrucks en trailers. De pijpmaterialen worden na gelost te zijn eerst gesorteerd, hetgeen op de tussenopslagplaats kan gebeuren. Het vervoer vindt daarna plaats door de pijpen met een speciaal daarvoor uitgeruste heftruck op trailers te plaatsen, en vervolgens, gesorteerd op diameter, op te slaan. Voor het laden en lossen van de trailers kunnen ook de in de haven aanwezige mobiele kranen gebruikt worden.

Niet alle materialen worden echter met grote zeeschepen aangevoerd. De aanvoer van brandstoffen zal plaatsvinden met kleine tankschepen of met tankwagens. Deze worden met pompinstallaties gelost, waarna de brandstof in tanks opgeslagen wordt. Ook het drinkwater wordt alleen verpompt. De aanvoer hiervan vindt plaats via pijpleidingen over land of, in geval van storingen, met tankwagens.

De laatste materiaalgroep is het voedsel. Dit wordt in containers op vrachtwagens aangevoerd. Het lossen van deze containers gebeurt met speciaal daarvoor uitgeruste heftrucks of met mobiele kranen.

De afvoer van de materialen naar de boorplatforms gebeurt met supply-schepen. Deze worden voor zover het pijpmaterialen, stukgoed en containers betreft, met mobiele kranen geladen. Deze halen de lading van trailers, die voor het transport van en naar de kade gebruikt worden. Eventueel kan ook weer gebruik gemaakt worden van de aanwezige tussenopslagplaats. De vloeibare materialen, zoals brandstof en drinkwater, zullen via pijpleidingen uit de opslagtanks rechtstreeks in de supply-schepen gepompt worden. Bij storingen zullen hiervoor tankwagens ingezet worden. De bulkmaterialen zullen alvorens ze geladen worden eerst uit de zakken gehaald en indien nodig gemixt moeten worden. Dit gebeurt in silo's die nabij de kade staan. In speciale zakkensnijinstallaties worden de zakken geopend, waarna de materialen over de verschillende silo's verspreid worden. De materialen die gemixt moeten worden gaan eerst nog door een speciale mengsilo. In de silo's kan een voorraad opgebouwd worden om meteen aan de supply-schepen te kunnen leveren. Dit gebeurt door de materialen pneumatisch te verpompen. Het vervoer naar de zakkensnijinstallatie vindt plaats met behulp van heftrucks en eventueel trailers.

9.2 Totaal benodigde opslagplaatsen

In een aparte studie naar de logistieke aspecten van de haven, als extra onderdeel van dit afstudeerwerk, is bepaald welke opslagruimten er nodig zijn voor de diverse materialen die op de platforms gebruikt worden. Er is daar echter nog geen rekening gehouden met de ruimten die nodig zijn voor tussenopslag en het transport van de materialen. Worden deze ruimten wel in beschouwing genomen, dan kan uiteindelijk de volgende lijst van benodigde ruimten opgesteld worden:

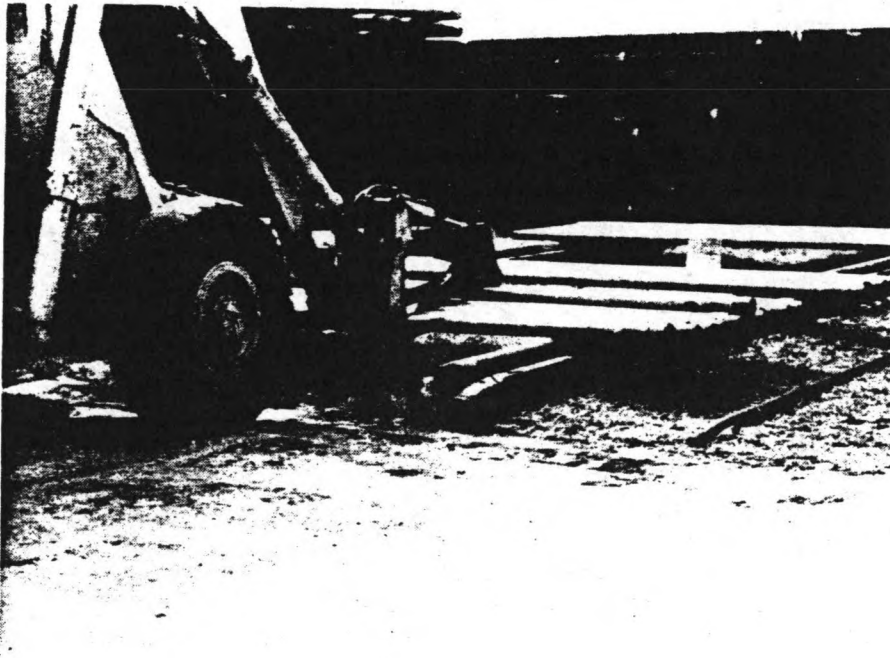
- a. voedsel: Er zal een ruimte van $24,4 \times 6,1 \text{ m}^2$ gereserveerd worden voor 10 20'-containers. De containers hoeven dan niet gestapeld te worden. Daar er ook containers met diepgevroren voedsel opgeslagen moeten kunnen worden dienen er elektriciteitsaansluitingen te zijn.
- b. drinkwater en brandstof: Deze materialen zullen in tanks opgeslagen worden, die zowel ondergronds als bovengronds geplaatst kunnen worden. Voor het drinkwater zijn drie tanks van totaal 3000 m^3 nodig en voor de brandstof vier tanks van totaal 5000 m^3 . Hiermee kan zowel in de behoefte off-shore als in de behoefte op het land worden voorzien.
- c. pijpmaterialen: Deze kunnen gewoon in de open lucht opgeslagen worden. Dit gebeurt in stapels van $13 \times 13 \text{ m}^2$, waarbij voor elke pijpdiameter een aparte stapel aangehouden wordt. Totaal zijn er 25 stapels nodig, die als volgt gebruikt worden:

30" casing	: 3
20" casing	: 2
13.375" casing	: 3
9.625" casing	: 4
7" casing	: 3
afgekeurde pijpen	: 3
reparatie	: 2
drillpijp	: 5
	<hr/>
	25 stapels

Tevens zal er een pijpenwasplaats aanwezig moeten zijn. Hiervoor zullen ook nog twee opslagruimten ingericht worden van $13 \times 20 \text{ m}^2$: een voor gewassen pijpen en een voor pijpen die nog gewassen moeten worden.

De pijpen zullen vervoerd moeten worden met behulp van trailers of speciaal daarvoor uitgeruste

heftrucks. Een voorbeeld hiervan is te zien in figuur 9.1. De voorkeur gaat echter uit naar vervoer met trailers om de rijdende breedte beperkt te kunnen houden en omdat dan lagere eisen gesteld hoeven te worden aan de vlakheid van de ondergrond. De met pijpen geladen heftrucks zijn namelijk zeer instabiel. Voor dit transport zullen tussen elke twee rijen stapels rijpaden vrijgehouden worden met een breedte van 12 meter.

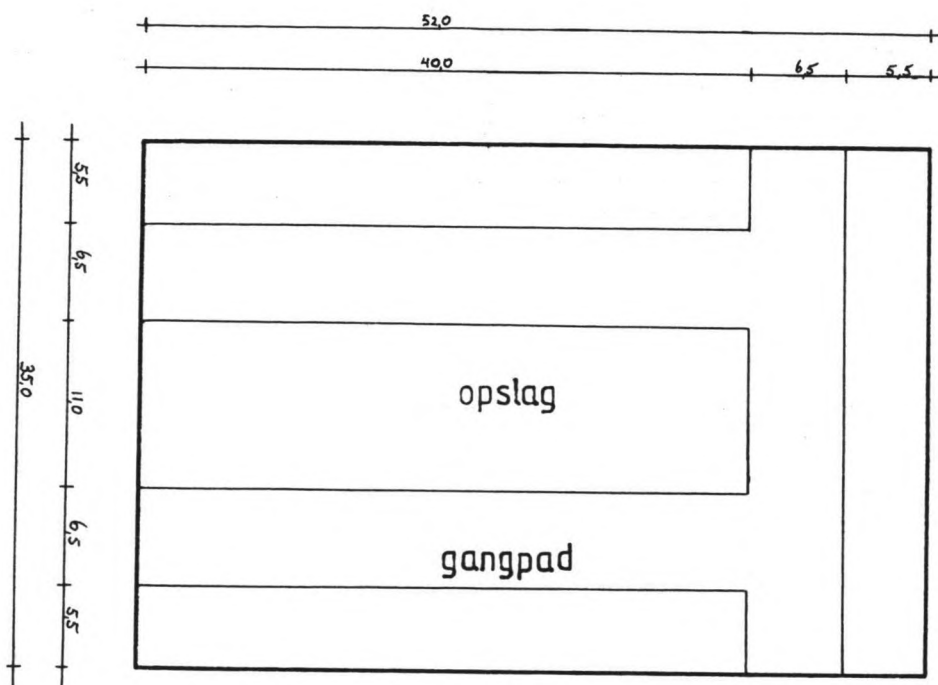


figuur 9.1 heftruck voor pijpenvervoer

- d. Bulkmaterialen in zakken. Deze materialen zullen overdekt opgeslagen moeten worden, verpakt op pallets. Indien de pallets drie-hoog gestapeld worden is het benodigde nuttige vloeroppervlak 1806 m². Deze ruimte wordt als volgt gebruikt:

cement	1060 m ²
bariet	361 m ²
bentoniet	191 m ²
chemicaliën	<u>194 m²</u>
	1806 m ²

Hierbovenop dient een reserve aangehouden te worden van zo'n 20 % in verband met eventuele uitbreidingen. Daar weer bovenop komt nog een toeslag van 60 % voor gangpaden. Totaal is er dan ongeveer 3600 m² overdekte opslagruimte nodig, die kan worden verkregen met twee loodsen van 35 * 52 m². De indeling van deze loodsen is gegeven in figuur 9.2. Figuur 9.3 toont een beeld van zo'n loods van binnen.



figuur 9.2 indeling loods voor bulkmaterialen

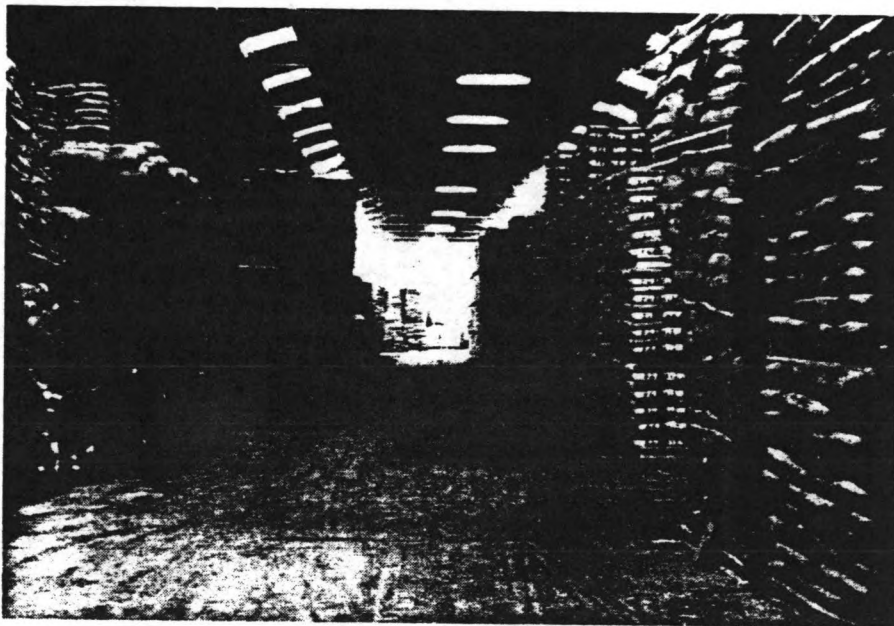
- e. bulkmaterialen in silo's: Alvorens de bulkmaterialen naar de boorplatforms getransporteerd worden moeten ze eerst uit de zakken gehaald worden. Hiervoor worden twee zakkensnijmachines geïnstalleerd; één voor cement en eventuele chemicaliën die toegevoegd moeten worden en één voor bariet en bentoniet. Om voldoende bulkmaterialen gereed te hebben liggen voor onmiddellijke levering aan drie supply-schepen, zullen nabij de Kade silo's geplaatst worden, waarin de bulkmaterialen onder druk opgeslagen kunnen worden. De verdeling van de silo's is als volgt:

2 * 90 m³ voor bariet
3 * 90 m³ voor cement
2 * 90 m³ voor bentoniet
1 * 90 m³ voor gemengde cement
1 * 60 m³ voor het mengen van de cement

Deze silo's kunnen direkt aangesloten worden op de supply-schepen. Ze worden gevuld via de zakkensnijinstallatie en bieden dan een opslagcapaciteit voor:

360 ton bariet
351 ton cement
162 ton bentoniet
151 ton gemengde cement

Het benodigde vloeroppervlak is voor de 9 silo's $9 * 25 \text{ m}^2 = 225 \text{ m}^2$, plus nog enige manoeuvreerruimte voor het laden van de zakkensnijmachines.



Chemicals Warehouse

figuur 9.3 opslagruimte voor bulkmaterialen

f. overige materialen: Voor het verbruik op de boorplatforms zullen nog boorkoppen en andere kleinere onderdelen van de boorequipment opgeslagen moeten worden. Hiervoor zal een ruimte van 1400 m² gereserveerd worden, die voor de helft overdekt zal zijn. Daarnaast zullen er ook materialen en onderdelen voor de supply-schepen opgeslagen moeten worden in de haven. Hieronder vallen trossen, kabels, onderdelen van motoren, enz., waarvoor een ruimte van 1000 m² gereserveerd wordt, waarvan 40 % overdekt is.

Als laatste zal er overdekte ruimte van 500 m² moeten zijn voor de opslag van brandgevaarlijke stoffen en gasflessen.

De hier genoemde oppervlakten komen overeen met de eisen gesteld door AGIP.

Voor deze kleine stukgoedmaterialen zijn dus de volgende opslagruimten nodig:

- een loods van 25 * 52 m²
- een open opslagruimte van 1300 m²
- een loods van 25 * 20 m² voor brandgevaarlijke stoffen

g. Tussenopslagplaats: Per scheepslading wordt maximaal zo'n 7000 ton materialen aangevoerd. Deze worden zoveel mogelijk direkt afgevoerd naar de opslagplaatsen. Om echter een buffer vlak bij de kade te hebben, om het verschil tussen het lostempo en het afvoertempo op te vangen, wordt een ruimte gereserveerd als tussenopslagplaats. Hiervoor wordt over de volle lengte van de kade een ruimte van 30 meter vrijgehouden met aan beide zijden een rijweg.

9.3 Eisen voor de situering van de opslagplaatsen

De plaats van de tussenopslagplaats in de haven ligt al vast. De overige opslagruimten moeten echter nog in de lay-out ingepast worden. Waar dit het beste kan gebeuren is van vele factoren afhankelijk. Om een zo economisch mogelijke indeling van het terrein te verkrijgen zal er eerst een lijst van eisen en wensen opgesteld moeten worden. Deze eisen en wensen worden voornamelijk bepaald door de manier van aan- en afvoeren en door de manier van overslaan in de haven.

Een eis van AGIP is dat de laadtijd van de supply-schepen tot een minimum beperkt moet kunnen blijven. Dit betekent dat de materialen die het meest verscheept moeten worden het dichtst bij de kade opgeslagen moeten worden. Het gaat hierbij voornamelijk om pijpmaterialen en bulk. Van de bulkmaterialen kan een buffervoorraad aangehouden worden in de silo's nabij de kade. Om de afstand waarover verpompt dient te worden tot een minimum te beperken, zullen de silo's zo dicht mogelijk bij de kade geplaatst worden, maar wel zodanig dat de overslag van de overige materialen niet gehinderd wordt. Vanwege de mogelijkheid tot bufferen zal de opslag van de zakken met bulkmaterialen wat verder van de kade verwijderd kunnen plaatsvinden. De pijpmaterialen zullen daarentegen wel zo dicht mogelijk bij de kade opgeslagen dienen te worden.

Naast de loodsen voor de opslag van bulkmaterialen kan een loods voor de opslag van kleine stukgoedmaterialen geplaatst worden. Gemakkelijk in verband met het transport is het dan dat de open opslagruimte voor deze materialen hier zo dicht mogelijk in de buurt wordt gesitueerd.

De loods voor de opslag van brandgevaarlijke stoffen zal wat meer afgezonderd gesitueerd dienen te worden. Ook de opslag van brandstof kan hier in de buurt gebeuren in vier tanks van totaal 5000 m³. Deze zullen naast de loods ondergronds aangebracht kunnen worden. Boven de tanks kan dan een ruimte ingericht worden als tankstation voor onshore gebruik. Voor de off-shore voorziening zullen pijpen aangelegd worden naar de verschillende aanlegplaatsen. Ook de tanks voor de voorziening van drinkwater zullen wat verder naar achter geplaatst kunnen worden, evenals de pijpenwasinstallatie.

Dit leidt uiteindelijk tot de indeling, die gegeven is in figuur 9.4.

LEGENDE

- 1. tussenoopslagruimte
- 2. silo's voor bulk
- 3. pijpenopslag
- 4. loodsen voor bulk
- 5. pypenwasinstallatie
- 6. loods voor klein stukgoed
- 7. open opslag klein stukgoed
- 8. scheepsreparatiewerf
- 9. administratie + controlegebouw
- P. parkeren
- 10. brandstofopslag + tankstation
- 11. wateropslag
- 12. douane/ kustwacht
- 13. wateroren
- 14. loods voor brandgevaarlijke stoffen
- 15. ruimte voor voedselcontainers.

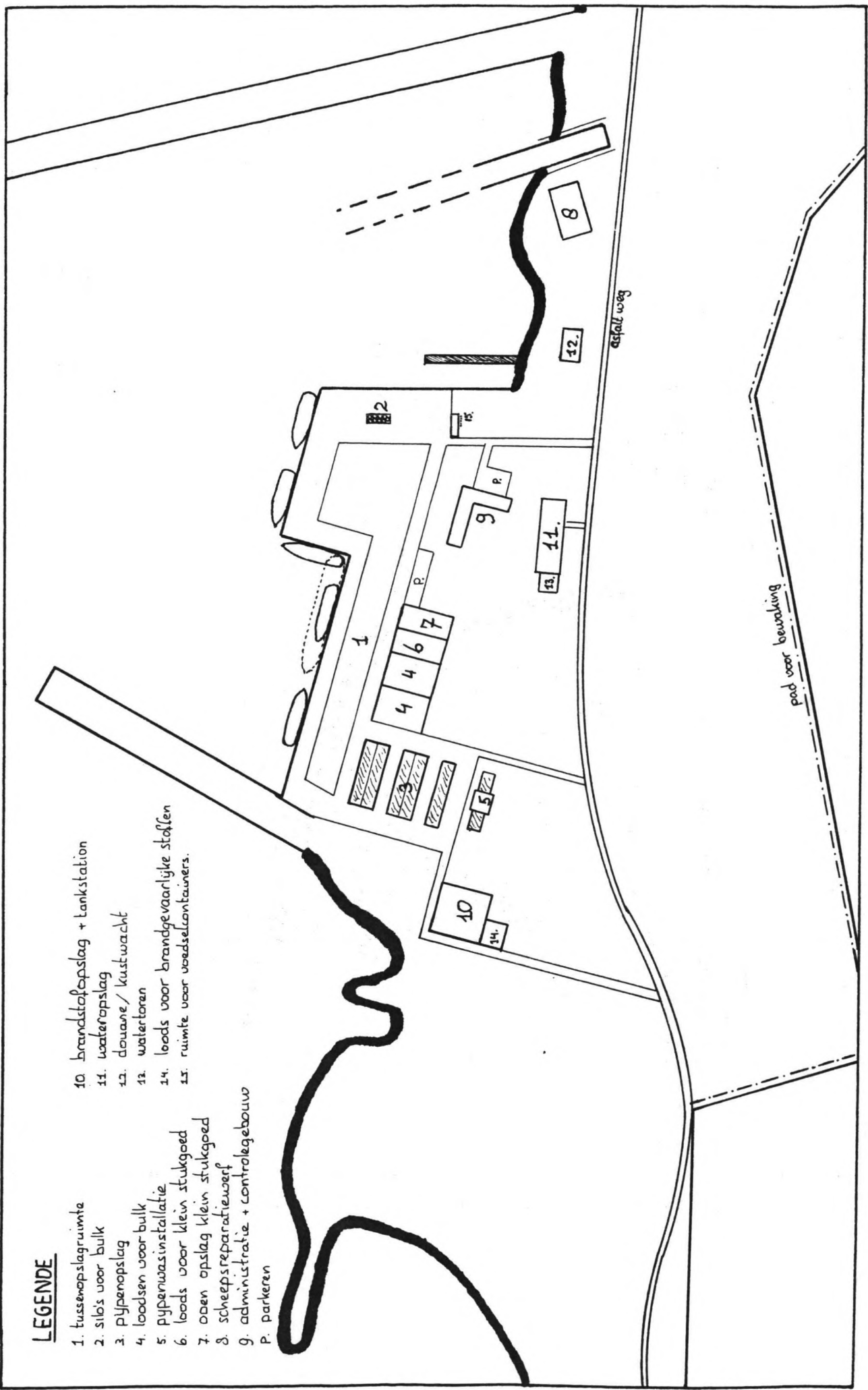


fig. g.4 Indeling opslagruimten

9.4 Benodigde equipment in de haven

Voor het transport in de haven en het tillen van de verschillende materialen zullen in de haven diverse voertuigen aanwezig moeten zijn. Voor het laden en lossen van de supply-schepen zullen drie mobiele kranen aanwezig moeten zijn, zodat er drie supply-schepen tegelijk geladen kunnen worden. Deze kranen worden ook gebruikt voor de opslag van de pijpmaterialen. Twee kranen dienen een hefvermogen te hebben van 30 ton, terwijl de derde kraan geschikt moet zijn voor de zwaarst te verwachten eenheden. Deze kraan dient daarom een hefvermogen van 60 ton te hebben.

Voor het behandelen van 20'-containers zullen twee heftrucks van 25 ton speciaal uitgerust worden. Ze kunnen echter ook voor het verplaatsen van andere zware eenheden gebruikt worden. Voor dit laatste doeleinde zal er ook nog een iets lichtere heftruck van 15 ton aanwezig zijn, die ook geschikt is voor de behandeling van de wat lichtere pijpmaterialen, zoals drillpijp.

Voor assistentie bij de pijpenwasinstallatie en voor het vervoer van lege containers wordt een heftruck van 6 ton gebruikt. Verder zullen er nog enige heftrucks van 3 ton aanwezig moeten zijn voor de behandeling van de bulkmaterialen en van de kleinere stukgoedmaterialen. In elke loods zal één heftruck werkzaam zijn, bij de zakken-snijinstallatie op de kade één en één voor algemene werkzaamheden op de basis en bij de open opslag van kleinere stukgoedmaterialen. Totaal zijn dit dus 5 heftrucks van 3 ton.

Voor het vervoer van de materialen tussen de kade en de opslagplaatsen zullen trucks en trailers gebruikt worden. Hiervoor zullen 5 trucks en 7 trailers aangehouden worden. Twee van deze trailers zullen permanent uitgerust worden voor het vervoer van pijpen. De overige trailers zijn voor algemeen gebruik. Voor het vervoer van brandstof en drinkwater zullen verder nog twee trailers aanwezig zijn, die uitgerust zijn met een tank van 10 m³. Alle trailers kunnen voortgetrokken worden zowel door de trucks als door de heftrucks.

Dit geeft uiteindelijk het volgende lijstje van de benodigde equipment:

type	tonnen	doeleinde
2 kranen	30	laden en lossen, pijpbehandeling
1 kraan	60	laden en lossen, zware eenheden
2 heftrucks	25	containers, algemeen gebruik
1 heftruck	15	drillpijp, algemeen gebruik
1 heftruck	6	pijpenwas, lege containers
5 heftrucks	3	bulkmaterialen, klein stukgoed
7 trailers	25	5 algemeen gebruik, 2 voor pijpen
2 tanktrail.		water en brandstof
5 trucks		

tabel 9.1 benodigd equipment

10. Totale lay-out van de haven

Slechts een klein gedeelte van het haventerrein wordt ingenomen door de feitelijke supply-basis. Het overige landgedeelte rond de centraal gelegen basis zal voor diverse doeleinden gebruikt worden. In de eerste plaats zal er slaap- en woongelegenheden moeten worden geboden aan het personeel. De basis ligt immers te ver van grote bevolkingscentra om dagelijks forensenverkeer mogelijk te maken. Daarom dient er een woonwijkje te komen met 35 kleine huisjes en enige slaapgebouwen met in totaal 75 slaapkamers. Deze worden gebruikt door personeel dat enige dagen per week en gedurende de vakanties naar huis gaat, of ongetrouwde personeelsleden. Voor het personeel zullen er verder een moskee, een supermarkt, een recreatiegebouw of een bar en enige sportfaciliteiten aangelegd moeten worden. Eveneens dient er een ruimte voor het huisvuil en het afval van de basis ingericht te worden. Het vuil wordt hier, indien mogelijk, verwerkt en opgeslagen. Na een bepaalde periode zal het afgevoerd worden. Het afval wordt met speciaal daarvoor bestemde wagentjes opgehaald.

Voor de veiligheid van het personeel en de basis zal er een brandweerstation gebouwd worden. Vanuit deze basis moet het gehele terrein snel te bereiken zijn, zodat een situering aan de hoofdweg logisch lijkt. Elders op het terrein zal verder een ruimte vrijgemaakt moeten worden voor oefendoeleinden van de brandweer. Dit terrein mag niet in de buurt van de opslagruimte voor brandgevaarlijke stoffen liggen.

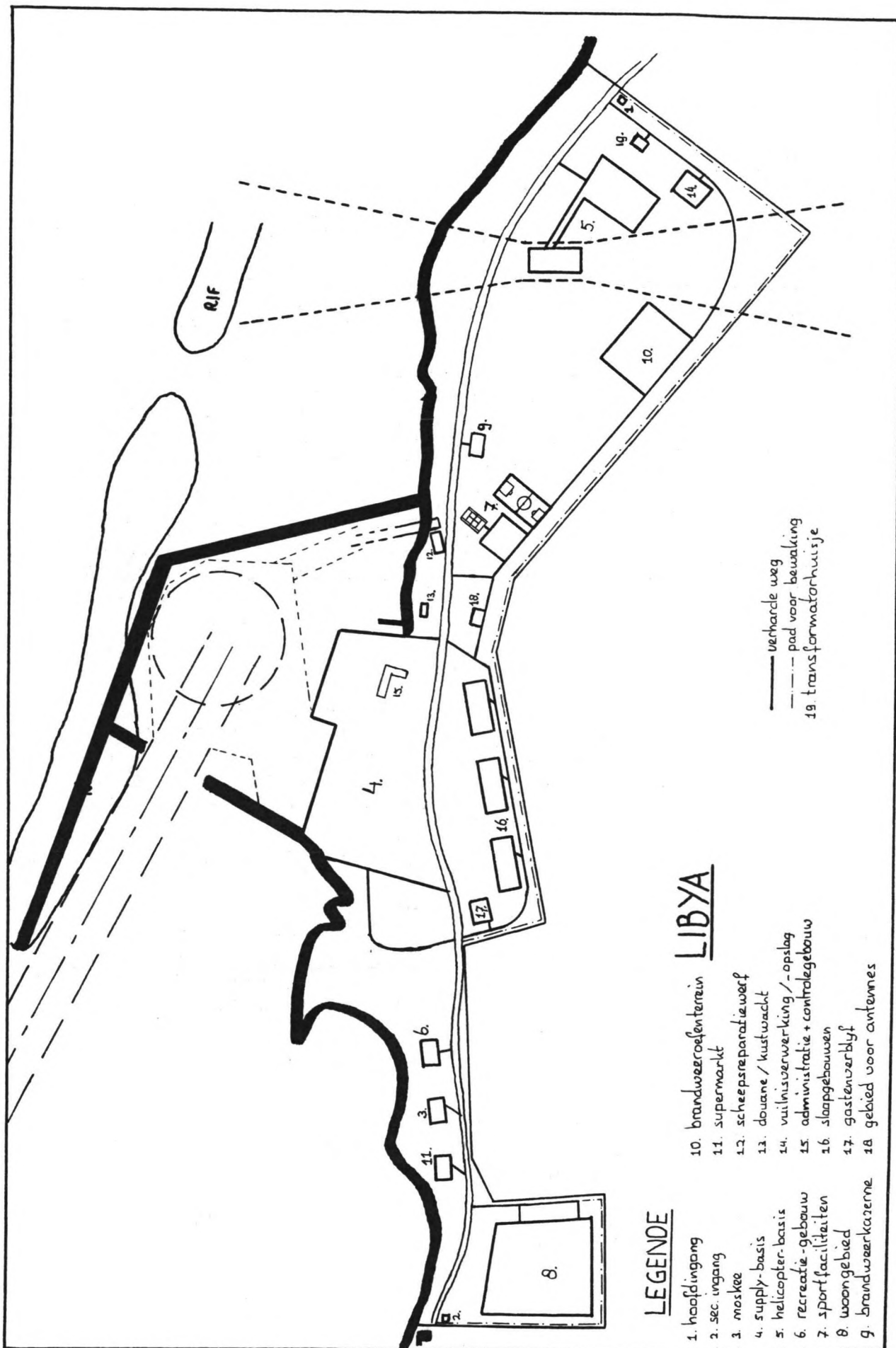
Voor de bewaking van het terrein zal langs de rand van het terrein een hek geplaatst worden, waarlangs een pad loopt dat door de bewaking gebruikt kan worden. Op de twee plaatsen waar de reeds aanwezige asfaltweg het terrein verlaat zal een portiersgebouw geplaatst worden voor controle van de in- en uitgaande personen en goederen. Voor basis-doeleinden zal er verder een gastverblijf aangelegd worden, dat slaapgelegenheden kan bieden aan 15 gasten. Daarnaast dient er voor de electriciteitsvoorziening een transformatorstation gebouwd te worden.

Als laatste dient er voor het vervoer van personeel van en naar de platforms een heliportbasis aangelegd te worden. Deze heliports kunnen eventueel ook kleine materialen meenemen naar de platforms. Daarnaast kunnen de heliports gebruikt worden voor het vervoeren van gasten van en naar de haven. De heliportbasis zal twee landingsplaatsen moeten hebben en er dient een hangar te zijn waarin twee heliports geplaatst kunnen worden. Naast de hangar zullen een loods voor de opslag van

Kleine onderdelen en enige kantoren gebouwd worden.

Alle gebouwen en faciliteiten zullen bereikbaar zijn via geasfalteerde wegen en overal zal voldoende parkeergelegenheid aangelegd moeten worden. Voor het vervoer van grote groepen personeel worden twee bussen gebruikt, die zowel op de basis zelf als voor vervoer tussen de haven en de woonsteden gebruikt worden.

In figuur 10.1 is een mogelijke indeling van het gehele haventerrein gegeven.



figuur 10.1 Lay-out gehele haventerrein

