

NN31545.1168

A 1168

januari 1980

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

PLAATSKEUZE VAN ZANDWINOBJECTEN

Deel 1. Technische en economische grondslagen

ing. G.F.P. IJkelenstam

**BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW**

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking



I N H O U D

	blz.
1. INLEIDING	1
2. OPZET EN WERKWIJZE	2
3. KEUZE POTENTIËLE WINPLAATSEN	4
4. BEPALING TRANSPORTAFSTANDEN	6
5. RAMING VAN KOSTEN	9
5.1. Enkele uitgangspunten voor de berekening, werkwijze, keuze materieel en tarieven	9
5.2. Kosten voor aankoop van de grond	10
5.3. Berekening van het benodigd vermogen	12
5.3.1. Putproduktie	12
5.3.2. Zuigen en persen	13
5.4. Berekening van kosten voor winning en transport	16
5.4.1. Algemeen	16
5.4.2. Transport per truck	17
5.4.3. Keuze leidingdiameter	19
5.4.4. Winning en transport hydraulisch	19
5.4.5. Vergelijking truck- met hydraulisch transport	23
6. OPTIMALISERING PLAATSKEUZE	25
7. SAMENVATTING	26
8. LITERATUUR	28
BIJLAGE	30

1. INLEIDING

Ontgrondingen vinden in Nederland reeds eeuwenlang plaats. Diverse voormalige wingebieden worden thans vanwege de natuurlijke, landschappelijke of recreatieve waarde van het gebied hoog gewaardeerd. De schaal waarop thans ontgrondingen plaatsvinden, roept echter veel weerstanden op, zie onder andere GRONDELLE e.a., 1978.

Het gemiddeld jaarlijks verbruik van zand, grind en klei bedraagt circa: 100 miljoen ton ophoogzand, 19 miljoen ton industriezand, 18 miljoen ton grind en 6 miljoen ton klei voor de grofkeramische industrie (BAK, 1979).

Deze studie beperkt zich tot ophoogzand aangezien de behoefte daaraan het grootst is en vraag en aanbod zich doorgaans manifesteert binnen een bepaalde regio. Hierbij is het gebruikelijk dat het zand per as en, bij grote hoeveelheden, per buis wordt getransporteerd. Voor industriezand en grind geldt in het algemeen een ingewikkelder distributiesysteem voor een groot afzetgebied waarbij de scheepvaart een belangrijke rol speelt (VEERBEEK, 1975). De lokatie van winplaatsen voor industriezand werd tot nu toe voornamelijk door de bereikbaarheid van vaarwater bepaald.

Ontgrondingen zijn geregeld in de 'ontgrondingenwet', die het ontgronden zonder vergunning verbiedt. De wet laat de uitwerking van verordeningen over aan vergunningverlenende instanties. De vergunning wordt, nadat verschillende belangen tegen elkaar zijn afgewogen, verleend door de Minister van Verkeer en Waterstaat als het de Rijks wateren of de IJsselmeerpolders betreft en door Gedeputeerde Staten van een provincie als de aanvraag op hun grondgebied betrekking heeft.

Tot nu toe wordt elke aanvraag op zich beoordeeld, hetgeen overeenkomstig de strekking van de ontgrondingenwet is. Deze wet heeft

formeel geen relatie met de Wet op de Ruimtelijke Ordening (SCHUUR-HUIZEN en SMIT, 1979). Bij de toenemende waarde die gehecht wordt aan belangen van landschap, milieu, natuur en dergelijke moeilijk in geld uit te drukken factoren worden echter steeds minder aanvragen gehonoreerd.

Uit de diverse provinciale nota's met betrekking tot dit onderwerp blijkt steeds meer een streven naar centrale winplaatsen. Dit betekent dat het in de toekomst om grote winplaatsen gaat, waarbij een waterplas ontstaat. Dit sluit andere vormen van grondgebruik uit.

Alvorens tot een plaatskeuze kan worden besloten dienen diverse moeilijk kwantificeerbare en onderling nauwelijks vergelijkbare waarden tegen elkaar te worden afgewogen. Deze problematiek was in 1978 onderwerp van studie voor de werkgroep 'Binnendijkse industrie zandwinning'. Daarbij werd een aantal zandwinningen geselecteerd waarbij onder andere rekening werd gehouden met ecologische en landschappelijke waarden. Evenals bij VOS e.a. (1978) en DIJKSTRA e.a. (1979) blijft het kostenaspect daarbij buiten beschouwing.

Als mogelijke bijdrage aan de oplossing van het afwegingsprobleem wordt in deze nota voor een proefgebied in de Betuwe ingegaan op de invloed van bepaalde factoren zoals putgrootte, transportmiddel, transportafstand, zandfractie en dergelijke op de totale kostprijs van ophoogzand.

In een vervolgnota wordt ingegaan op een rekenmodel waarmee de consequenties van beleidsalternatieven kunnen worden doorgerekend.

2. OPZET EN WERKWIJZE

Voor het onderzoek is uitgegaan van een proefgebied in de Betuwe gelegen ten oosten van Dodewaard. De provincie Gelderland heeft voor de periode 1977/86 de behoefte aan ophoogzand per gemeente geraamd. Daarmee kan de vraag naar ophoogzand verdeeld over een aantal bestemmingen in die periode als bekend worden verondersteld.

[illegible]

Voor Nijmegen wordt aangenomen dat ophoogzand ten zuiden van de Waal wordt gewonnen.

3

De kosten voor winning en transport worden bepaald voor het winnen met een zuiger $\varnothing$ 0,35 m en $\varnothing$ 0,60 m buisdiameter en verder transport per buis of per as. Rekening houdend met de gemiddelde korreldiameter van het zand wordt het benodigd vermogen en daartoe in te zetten materieel en personeel bepaald. Met behulp van huurprijzen en lonen worden daarna de kosten voor winning en transport geraamd waarbij onderscheid wordt gemaakt in 'vaste' en 'variabele' kosten. Transport per schip als alternatief is niet bij de ramingen betrokken, dit vergt extra overslag en daardoor, bij relatief korte afstanden, extra kosten.

Aangezien het om een vergelijking van locaties gaat worden diverse details van de techniek van hydraulisch grondverzet zoals onder andere beschreven door MIJNLIEF en BUSSE (1970), welke de uiteindelijke kostenvergelijking weinig beïnvloeden, buiten beschouwing gelaten.

De kosten voor winning en transport vormen de grondslag voor een daarna uit te voeren en in een vervolgnota te beschrijven optimalisering van de winplaatskeuze met behulp van een model gebaseerd op gemengd geheeltallige lineaire programmering. De eerste opzet beperkt zich tot een statische situatie. Voor de uiteindelijke optimalisering van de plaatskeuze bij ontgrondingen wordt gestreefd naar een model met een dynamisch karakter, waarbij de vraag, gefaseerd in de tijd, het uitgangspunt vormt.

3. KEUZE POTENTIELE WINPLAATSEN

Aangezien de granulaire samenstelling van het zand bij hydraulisch transport een grote invloed op de transportkosten heeft, wordt in dit hoofdstuk op informatie over de bodem ingegaan.

Het rivierengebied wordt zowel in bodemkundig als ook in geologisch opzicht gekenmerkt door een grote mate van grilligheid. Het gevolg hiervan is dat (oppervlakkige en ook diepe) grondmonsters in het algemeen slechts een strikt lokale geldigheid bezitten.

De Stichting voor Bodemkartering verschaft informatie over de bovengrond. Diepboringen worden verricht en verzameld door de Rijks

Geologische Dienst. Van het beschouwde gebied komt een groot aantal profielbeschrijvingen in het archief van de Rijks Geologische Dienst voor. De nauwkeurigheid van de bemonstering is echter sterk afhankelijk van de instantie die de boring verrichtte en het doel van de boring. Vooral bij oudere boringen wordt dikwijls volstaan met zeer globale aanduidingen (zand, grind, klei) zonder nadere informatie over fractie of slibgehalten en dergelijke.

Over de bovengrond is voldoende informatie beschikbaar. Zo heeft de Stichting voor Bodemkartering een kaart vervaardigd waarop de geschiktheid van de bovengrond voor de keramische industrie is aangegeven (KLEYER en ZEEGERS, 1977). Aangezien grondstof voor de keramische industrie, in dit geval voornamelijk steenfabrieken, evenals zand tot de schaarser wordende grondstoffen kan worden gerekend, is er uit een oogpunt van rationeel benutten van ruimte en middelen, van uitgegaan dat de bovengrond van de te kiezen lokaties geschikt moet zijn voor de steenfabriek.

Wegens het ontbreken van voldoende informatie hierover is geen rekening gehouden met voor dijkverzwaring benodigde klei waaraan minder strenge eisen worden gesteld.

Het gevolg van een en ander is dat potentiële winplaatsen niet worden aangetroffen in de kommen van het rivierenlandschap waar over het algemeen zware klei en veen wordt aangetroffen, welke ongeschikt is voor de keramische industrie. Evenmin op zandopduikingen, met al of niet dun kleipakket, welke in het verleden in het algemeen vanwege de hogere ligging als eerste werden bestemd voor allerlei nederzettingsvormen.

In de overige gebieden zijn, voor zover daarover geologische gegevens beschikbaar zijn, arbitrair 19 lokaties als potentiële winplaatsen aangewezen (zie fig. 1).

Plaatsen waar veel grind en/of grof zand wordt verwacht zijn niet als potentiële winplaats aangemerkt. Bij hydraulisch grondverzet neemt het benodigd vermogen en dus de transportkosten voor het persen van de specie toe naarmate het materiaal grover is. Behalve dat putten met grof zand en grind uit een oogpunt van kosten voor winning en transport voor ophoogzand weinig kans maken te worden gekozen,

is er bovendien van uitgegaan dat grind en grof zand als grondstoffen voor de bouwwereld dermate schaars zijn dat gebruik hiervan als ophoogzand, bij een verstandig gebruik van grondstoffen, verwerpelijk is. De grove zandfracties en grind, die in lagen in de potentiële winputten kunnen voorkomen, zouden voorzover economisch haalbaar, tijdens de winning gescheiden moeten worden voor verwerking tot grind en industriezand. In deze eerste opzet wordt deze scheiding niet in de toepassing opgenomen.

In het zuidwesten en zuidoosten van het gebied kunnen gezien de ruimtelijke spreiding nog potentiële winplaatsen geprojecteerd worden. Dit wordt niet reëel geacht omdat uit de beschikbare boringen blijkt dat daar overwegend grof zand en grind kan worden aangetroffen. Het proefgebied bevat relatief weinig winplaatsen met fijne zanden die bij uitstek geschikt zijn voor ophogingen. In deze toepassing wordt elke winplaats als potentiëel voor ophoogzand aangemerkt. Hoe een en ander bij een gecoördineerd ontgrondingenbeleid en een schaarste aan industriezand uiteindelijk zal worden uitgewerkt wordt buiten beschouwing gelaten.

In de praktijk zal de beschikbare informatie over de ondergrond veelal onvoldoende zijn om zonder aanvullend onderzoek tot een verantwoorde keuze van potentiële winplaatsen te komen. Voor het hier besproken onderzoek worden de gegevens echter voldoende geacht om de praktijk te benaderen.

4. BEPALING TRANSPORTAFSTANDEN

In het totaal van de te ramen kosten nemen de transportkosten een belangrijke plaats in. Deze kosten worden beïnvloed door het transportmiddel en de transportafstand. Als transportmethode wordt hier onderscheid gemaakt tussen trucktransport in het terrein en over de weg en transport met behulp van hydraulisch grondverzet.

De transportafstand kan worden bepaald aan de hand van een goede kaart waarop moet worden aangegeven: de plaats van vraag en aanbod, gegevens over het wegennet en de voor hydraulisch grondverzet als dwingend op te vatten punten. Deze punten kunnen zijn bruggen

of duikers welke bij de tracering van persleidingen kostbare voorzieningen overbodig maken of wegen voor de bereikbaarheid of waterlopen voor de koeling van te plaatsen tussenstations. Zijn deze punten bekend dan kan door meting, met inachtnaam van de wegkwaliteit en eventuele bebouwing, voor trucktransport het kortste wegtracé en voor hydraulisch transport het leidingtracé tussen de plaatsen van vraag en aanbod worden bepaald.

De afstanden zijn voor de in fig. 1 gegeven situatie met behulp van een curvimeter bepaald. Voor trucktransport is als gemiddelde snelheid, over een verharde weg, een onverharde weg en in het terrein, respectievelijk 40, 20 en 10 km per uur aangehouden, hetgeen resulteert in een tabel met schijnbare afstanden.* Bij het bepalen van de afstanden in dit gebied viel het op dat tussen oost en west in het algemeen directer kan worden gereden dan tussen noord en zuid. Nieuwe uitbreidingen bij kernen zijn per truck in het algemeen beter bereikbaar dan nieuwe wegtracés.

Bij hydraulisch grondverzet kan voor het leidingtracé doorgaans een veel directere route worden gekozen dan over de weg waardoor deze afstanden dikwijls aanzienlijk korter zijn.

Tussen de potentiële winplaatsen en de bestemmingen is voor hydraulisch transport een leidingtracé geschematiseerd (zie fig. 2). Hierdoor wordt het aantal voor de berekening te gebruiken afstanden weliswaar beperkt, doch bepaalde trajecten voor meerdere bestemmingen worden gecombineerd op een moment dat onvoldoende inzicht bestaat in hoeveelheden en financiële consequenties. Zonder combinatie moeten echter meer leidingen met tussenstations worden aangelegd.

Aangezien het tijdstip van winning en de gemiddelde korreldiameter, welke bepalend is voor de onderlinge afstand van eventuele tussenstations, in principe per winput verschilt, wordt elke put met bijbehorend leidingstelsel afzonderlijk beschouwd.

*Schijnbare afstand:

Aantal lengte-eenheden nadat in de afstand de diverse wegingsfactoren (wegkwaliteit, bodemtype, helling) zijn verdisconteerd

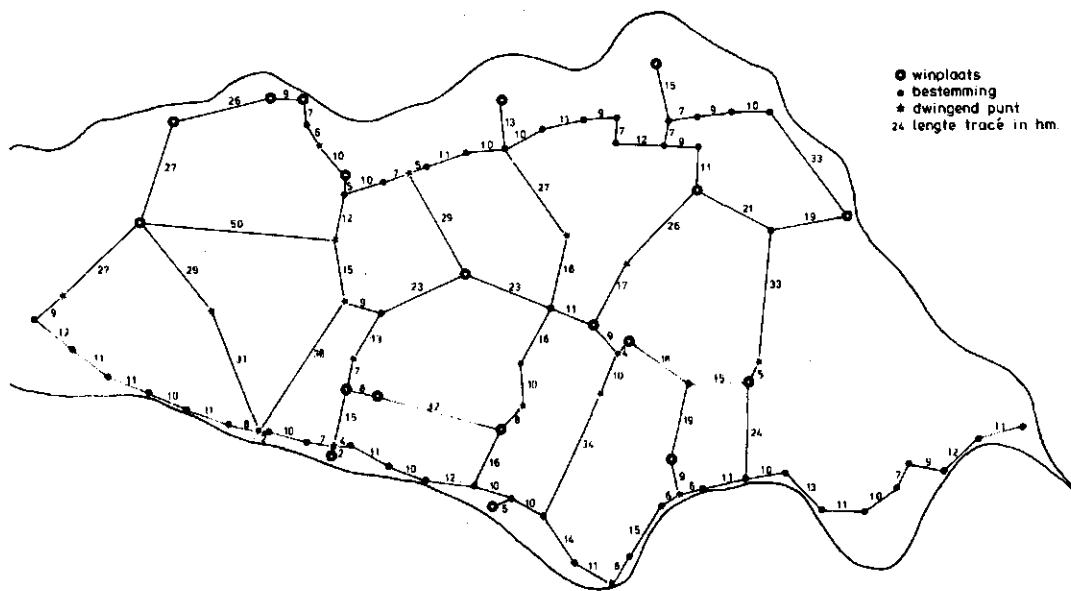


Fig. 2. Geschematiseerd leidingtracé voor hydraulisch transport in het proefgebied

Een in dit stadium van het onderzoek niet gebruikte methode voor het automatisch bepalen van de kortste afstand tussen herkomst en bestemming via de weg of dwingende punten is die welke op het ICW is toegepast ten behoeve van het toedelingsonderzoek (KIK, 1979). Hierbij wordt in het kader van de voorbereidingsfase van een ruilverkaveling de kortste afstand via het beschikbare wegennet berekend tussen de boerderijen en de vakken waarin kavels kunnen worden toegedeeld. Met een betrekkelijk eenvoudige aanpassing is het daarvoor beschikbare programma operationeel te maken voor toepassing op het ontgrondingenprobleem.

De werkwijze wordt dan als volgt. Op een kaart worden de punten van herkomst en bestemming aangegeven evenals voldoende belangrijke punten van het wegennet (kruisingen, bochten en dergelijke) waarlangs

trucktransport kan plaatsvinden en dwingende punten voor hydraulisch transport. Met behulp van een digitizer worden de punten van herkomst en bestemming evenals de tussenpunten van de kaart overgenomen en in coördinaten vastgelegd. Door aanpassing van het computerprogramma voor het berekenen van afstanden uit het toedelingsonderzoek van Kik wordt volgens het boomalgoritme de kortste route tussen herkomst en bestemming via de tussenpunten berekend. Bij de berekening kan rekening worden gehouden met de wegkwaliteit door het invoeren van wegingsfactoren (bijvoorbeeld: verhard : onverhard : terrein = 1 : 2 : 4).

De werkwijze voor hydraulisch grondverzet is overeenkomstig indien geen rekening wordt gehouden met combinatie van leidingtracé's voor meer dan één herkomst of bestemming. Het direct betrekken van combinatiemogelijkheden in de afstandberekening teneinde een evenwichtige toedeling van de vaste kosten te verkrijgen, vergt een ingrijpende uitbreiding van het beschikbare computerprogramma. Hoe ver moet worden gedetailleerd bij de combinatie van tracé's voor meerdere bestemmingen zal blijken uit de invloed van de vaste kosten voor aanleg leiding en tussenstations op het uiteindelijke resultaat. Bij de optimalisering zullen meerdere alternatieven doorgerekend moeten worden.

5. RAMING VAN KOSTEN

5.1. Enkele uitgangspunten voor de berekening, werkwijze, keuze materieel en tarieven

Een voorwaarde voor hydraulisch winnen is naast voldoende water een voldoende plaatselijke hoeveelheid en laagdikte van het zand met een minimum aan storende lagen en een verhoudingsgewijs aanvaardbaar afdekkend pakket. Voor kleine hoeveelheden is deze grondverzetmethode economisch niet verantwoord.

Voor de berekening van het benodigde vermogen en het in te zetten materieel is gebruik gemaakt van VAN BAARDEWIJK (1969), MIJNLIEF e.a.

(1970) en VAN DER GRAAF (1979). Kostennormen zijn ontleend aan de NIVAG kostennormen (1977) aangevuld met informatie van de directies van Centrale Industriezandvoorziening (CIV) te Nijmegen en het Baggerbedrijf de Boer BV te Zaandam. In het baggerbedrijf is een 50-urige werkweek gebruikelijk, de NIVAG kostennormen zijn voor het baggermaterieel vermeld in kosten per week van 50 uur. Voor de kostenraming is uitgegaan van in 1979 geldende tarieven. De gehanteerde normen en tarieven zijn vermeld in Bijlage 1.

Het uitgangspunt dat de bovengrond bruikbaar moet zijn voor de keramische industrie houdt in dat deze veelal 'om niet' kan worden verwijderd en soms zelfs enige kwartjes per m³ oplevert. Voorwaarde is echter dat de klei 'in den droge' ontgraven moet worden waardoor extra voorzieningen noodzakelijk kunnen zijn waardoor deze mogelijke opbrengst komt te vervallen. Voor de hier besproken kostenvergelijking wordt daarom geen rekening gehouden met kosten of opbrengsten van de bovengrond.

De voor het proefgebied veronderstelde werkwijze bij winning en transport van zand is als volgt: na verwijdering van de bovengrond wordt het eronder voorkomende zand 'in den natte' met behulp van een profielzuiger gewonnen. Bij transport per truck wordt het zand vooraf met een zuiger $\emptyset$ 0,35 of $\emptyset$ 0,60 op korte afstand in een depôt gespoten, waarna transport per truck plaatsvindt. Daarnaast worden de kosten berekend voor transport via een persleiding van $\emptyset$ 0,60 voor zuiger plus tussenstations waarvan het aantal afhankelijk is van het benodigd vermogen.

Voor de berekeningen wordt de praktische volume concentratie (zand met poriën), welke voor profielzuigers doorgaans varieert van 25 - 35%, op 30% gesteld.

5.2. K o s t e n v o o r a a n k o o p v a n d e g r o n d

De benodigde oppervlakte voor een winput hangt samen met de totale hoeveelheid, de diepte, de vorm en in mindere mate de helling van het talud (zie fig. 3). Naarmate de vorm meer afwijkt van een cirkel en de put kleiner wordt, neemt de opbrengst per oppervlakte-eenheid af en daarmee het aandeel van de prijs per m³ als gevolg van

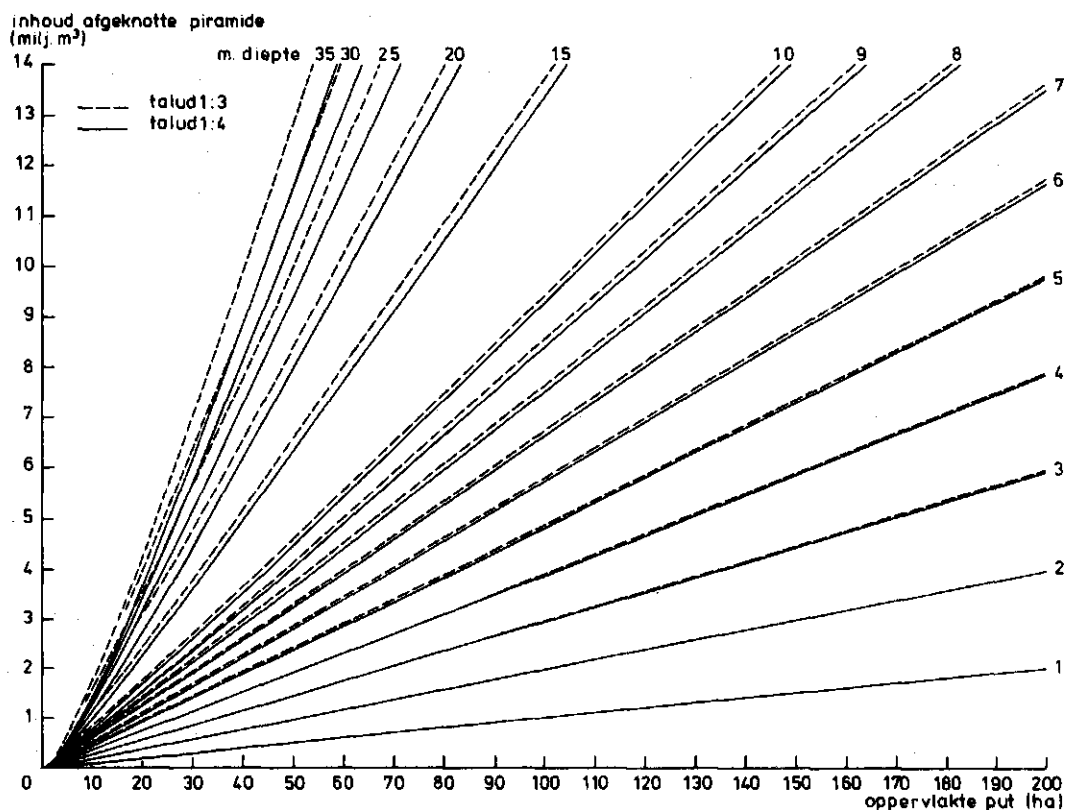


Fig. 3. Verband tussen putinhoud en putoppervlakte van een afgeknotte pyramide bij variërende diepte en een talud van 1:3 of 1:4

de aankoop van grond toe. Bij een grondprijs van f 50 000 per ha kan de prijs per m^3 afhankelijk van diepte en taludhelling (fig. 4) variëren van f 0,25 tot f 0,90 per m^3 . Bij een gecoördineerd beleid moet f 50 000 per ha, dat is iets meer dan de landbouwkundige waarde, haalbaar zijn. Prijzen van f 100 000 per ha voor een zandput zijn echter geen uitzondering, daarnaast komen afdrachten door producenten voor herinrichting van de put na de winning tot f 200 000 per ha voor (SOUWERBREN, 1979), waardoor de bijdrage aan de zandprijs in extreme gevallen tot f 1,50 en f 5,40 per m^3 kan oplopen. Bij een gecoördineerd ontgrondingenbeleid hoeft met dergelijke extremen in mindere mate rekening te worden gehouden.

Voor de optimalisering wordt uitgegaan van een rekenprijs voor de benodigde oppervlakte. Daarbij kan behalve met de aankoopwaarde voor de grond tevens rekening worden gehouden met extra onderscheid in waarden voor landschap of natuur en dergelijke. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om per winplaats een maat voor het maatschappelijk verlies door deze vorm van grondgebruik aan te geven en het effect op het totaal door te rekenen.

5.3. B e r e k e n i n g v a n h e t b e n o d i g d v e r m o - g e n

5.3.1. Putproduktie

De putproduktie is afhankelijk van de mate waarin het zand naar de zuigmond van de zandzuiger toestroomt. De hoogste produktie is haalbaar wanneer bressen, dat is instorten van het talud gepaard aan verstopping of breuk van de zuigbuis, nog juist wordt voorkomen. Dit bressen en daarmee de produktie van de put is afhankelijk van de grondsoort (pakking, doorlatendheid) en de breshoogte, welke doorgaans gelijk is aan de zuigdiepte. VAN DER GRAAF (1978) geeft het volgende verband:

$$Q_{\text{put}} = pB^2 \quad (1)$$

waarin:

Q_{put} = putproduktie in m^3 zand/uur

p = grondconstante in m/uur

B = breshoogte in m'

De hoeveelheid zand (Q) is afhankelijk van de leidingdiameter, de volumeconcentratie en de stroomsnelheid van het mengsel. De leidingdiameter bedraagt in dit geval 0,35 of 0,60 m, de concentratie 30%, terwijl de snelheid afhankelijk is van de korreldiameter van het zand. De snelheid waarbij de korrels nog juist blijven zweven wordt de kritische snelheid genoemd, deze varieert voor de hier besproken zanden (150 - 800 μ) van 1,8 - 5,9 m/s. Bij deze kritische snelheid, daaronder bestaat gevaar voor aanzanden en verstoppingen,

bedraagt de zandproduktie van fijn naar grof, voor een leiding $\varnothing$ 0,60 circa 560 - 1800 m³/uur. De grondconstante p is een voornamelijk aan de praktijk ontleende maat om de pakking van de specie aan te geven. Voor fijn zand wordt circa 7,5 m/uur en voor grof zand circa 10 m/uur aangehouden, klei heeft een veel lagere waarde. De breshoogte B kan hier worden opgevat als de zuigdiepte. Deze moet op grond van het voorgaande minimaal circa 13,5 m (grof zand) of 8,5 m (fijn zand) bedragen aangezien anders onvoldoende zand naar de zuigmond toestroomt om de gestelde produktie te halen. Het in fig. 1 aangegeven potentiële aanbod aan zand voldoet aan deze voorwaarde.

Tevens zal het duidelijk zijn dat het streven naar milieu vriendelijker ondiepe zandwinputten (geen stratificatie) behalve tot meer grondverlies bovendien leidt tot lagere produkties en hogere kosten.

5.3.2. Zuigen en persen

Voor de hier besproken berekeningen is het voor persen benodigd vermogen in het algemeen groter dan het vermogen om te zuigen. De maximale onderdruk voor de pomp om nog water te kunnen opzuigen bedraagt 1 atm. (10 mwk). Bij normale zuigers geldt een zuigkracht van circa 8,5 mwk. Bij de berekening van het vermogen om te zuigen en te persen wordt bij de hier besproken kostenvergelijkingen steeds uitgegaan van 1 atm. voor zuigen. (1 atm = 10 m H₂O = 98066,5 Pascal)

De totaal benodigde druk om een mengsel te zuigen en te persen bedraagt:

$$H_{\text{tot}} = H_Z + H_G + H_B + H_W + H_{\text{vast}} \quad (2a)$$

waarin:

H_{tot} = totaal benodigde druk

H_Z = voor zuigen

H_G = voor overwinnen van het hoogteverschil G
($H_G = G \times \text{s.g. specie}$)

H_B = voor drukverlies ten gevolge van bochten, wissels e.d.

H_W = voor het overwinnen van de leidingweerstand bij water-persen

H_{vast} = voor meepersen vaste delen

Voor H_Z , H_G en H_B wordt bij de kostenvergelijkingen gerekend met gemiddelde waarden: $H_Z = 10$ mwk, $H_G = 4$ mwk en $H_B = 0,5$ mwk/1000 m. Zoals nog zal blijken is de invloed van deze aannamen relatief gering. De onderlinge verschillen tussen deze grootheden komen vooral tot uitdrukking in de benodigde druk voor het overwinnen van de leidingweerstand bij persen van een mengsel: $H_M = H_W + H_{\text{vast}}$ (2b)
De leidingweerstand voor water bedraagt:

$$H_W = \lambda \gamma_W \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

waarin:

H_W = druk in Pascal

λ = maat afhankelijk van wandruwheid, viscositeit en snelheid

γ_W = soortelijk gewicht water

L = leidinglengte in m'

D = leidingdiameter in m'

v = leidingsnelheid in m'/s

g = versnelling van de zwaartekracht ($9,81 \text{ m/s}^2$)

De extra weerstand voor het meepersen van vaste delen bedraagt:

$$H_{\text{vast}} = \frac{S_c \cdot C}{v} L \quad (4)$$

waarin:

S_c = maat afhankelijk van leidingdiameter D en gemiddelde korreldiameter d_m

C = volumeconcentratie vaste stof met poriën

Uit de in de stromingsleer gebruikelijke formules (2b), (3) en (4) volgt de leidingweerstand bij het persen van een mengsel:

$$H_M = \lambda \gamma_W \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} + \frac{S_c \cdot C}{v} L \quad (5)$$

Behalve de leidinglengte (L) is vooral de snelheid (v), wegens het kwadratisch verband met H_W , van invloed op het benodigd vermogen. Teneinde de korrels zwevend in het water te transporteren en aanzanden en verstopping van de leiding te voorkomen, moet de snelheid hoger zijn naarmate de korrel groter is. Een hogere snelheid kost onnodig veel energie (zie (3)). Naar deze 'kritische' snelheid en waarden voor λ en S_c is onder andere onderzoek verricht door DURAND

e.a. (1953), FÜHRBÖTER (1961) en GIBERT (1960). Voor de volume concentratie C is bij de berekeningen steeds 30% aangehouden. Door VAN BAARDEWIJK (1969) en VAN DER GRAAF (1978) zijn voor het berekenen van de benodigde druk met behulp van formule (5) voor λ , v , en S_c verschillende waarden gebruikt.

Op grond van beide uitgangspunten is de druk berekend voor 1000 m leiding $\varnothing$ 0,35 en $\varnothing$ 0,60 m bij een variërende korreldiameter. Het resultaat is weergegeven in fig. 4.

Gebruik van verschillende waarden voor λ , S_c en v hebben niet geleid tot grote verschillen in de berekende druk H_m . Op grond van de veronderstelling dat hij de meest recente ervaring heeft verwerkt wordt voor de kostenramingen verder uitgegaan van VAN DER GRAAF (1979). Uit fig. 4 blijkt dat toepassing van een installatie $\varnothing$ 0,35 m relatief meer druk (pompvermogen) vergt dan een installatie $\varnothing$ 0,60 m. Bovendien is sprake van een groot verschil in produktie bij een nagenoeg gelijke personeelsbezetting. De hieruitvolgende hogere produktiekosten van $\varnothing$ 0,35 ten opzichte van $\varnothing$ 0,60 wegen doorgaans niet op tegen de lagere

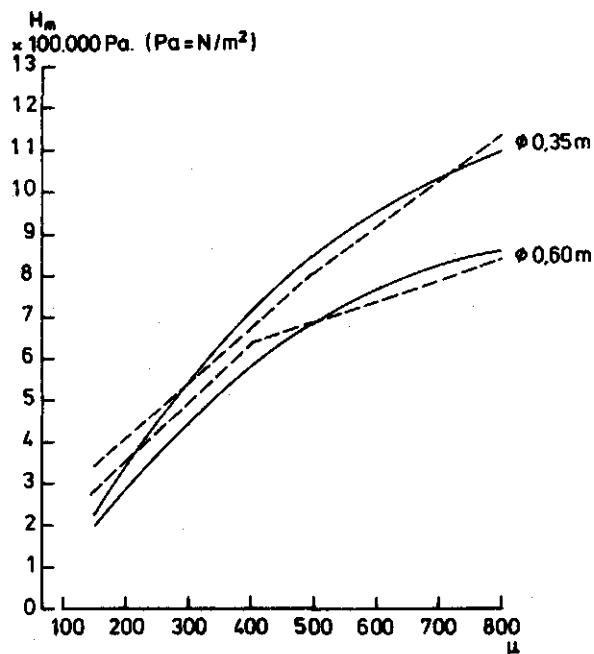


Fig. 4. Verband tussen de benodigde manometrische druk en de korreldiameter van zand bij 1 km persleiding, concentratie van het mengsel 30%, volgens VAN BAARDEWIJK (---) en VAN DER GRAAF (—) voor leiding $\varnothing$ 0,35 en $\varnothing$ 0,60 (1 atm. = 10 m H_2O = 98066,5 Pascal)

installatiekosten van een kleine zuiger met toebehoren. Hierop wordt in 5.4.3. nader ingegaan.

5.3.3. Te installeren pompvermogen

Indien de transportlengte bekend is, kan de totaal benodigde druk H_{totaal} - zie form. (2) - worden bepaald. Vervolgens dient het benodigde pompvermogen te worden berekend hetgeen volgt uit de vergelijking:

$$N = \frac{Q_{\text{mengsel}}}{100 \eta} H_{\text{totaal}} \quad (6)$$

waarin:

N = motorvermogen van de pomp (in kW)

Q = mengselhoeveelheid (in liters/s)

η = rendement installatie (circa 60%)

De mengselhoeveelheid bedraagt $\frac{1}{4}\pi D^2 \cdot v \text{ m}^3/\text{s}$ (voor buisdiameter $D = 0,35 \text{ m}$, $v = 4 \text{ m/s}$ geldt dan bijvoorbeeld $Q_{\text{mengsel}} = 385 \text{ liter/s}$ en voor $D = 0,60 \text{ m}$, $v = 4 \text{ m/s}$ $Q_{\text{mengsel}} = 1130 \text{ liter/s}$). De zandproduktie bedraagt dan in 50 uur bij een concentratie van 30% en een snelheid van 4 m/s $20\,780 \text{ m}^3$ voor $\varnothing 0,35 \text{ m}$ leiding en $61\,070 \text{ m}^3$ voor $\varnothing 0,60 \text{ m}$ leiding. Hoe groter de gemiddelde korreldiameter hoe hoger de noodzakelijke mengselsnelheid (in verband met de kritische snelheid). De produktie varieert daardoor met de korreldiameter.

De produktie (Q_{mengsel}) is nu bekend en afhankelijk van leidinglengte en korrelverdeling kan het voor H_{totaal} benodigd vermogen worden berekend. Op dit vermogen kan een zuiger met eventuele tussenstations worden afgestemd.

5.4. Berekening van kosten voor winning en transport

5.4.1. Algemeen

Met behulp van de NIVAG tabellen, waarin het vermogen van het materieel en de bijbehorende kosten per week zijn vermeld, zijn de totale weekkosten van zuigers en eventuele tussenstations te berekenen. Na toerekenen van de kosten voor leidinghuur, overig materieel (kraan,

bulldozer en dergelijke), brandstof en mankracht zijn de totale 'variabele kosten' per week en per m^3 voor winning en transport te bepalen.

Behalve de bovengenoemde kosten welke direct samenhangen met het zandtransport dienen kosten te worden toegerekend voor aanvoer en inzet van zuigers en eventuele tussenstations, evenals kosten voor aanleg en opruimen van het leidingtracé, deze kosten worden voortaan tot de 'vaste kosten' gerekend. De uiteindelijke kosten per m^3 hangen nauw samen met de totale zandopbrengst van een bepaalde winput. Voor de raming gebruikte tarieven zijn vermeld in bijlage 1. Aangezien het een onderlinge kostenvergelijking van alternatieven betreft wordt geen toeslagpercentage gerekend voor overheadkosten.

Bij het doorberekenen van de kosten voor aankoop van de grond resulteert een kleine of ondiepe put in een hogere prijs per m^3 zand. Voor de aankoop van grond wordt bij de optimalisering uitgegaan van een rekenprijs. Hierdoor kan het effect worden doorgerekend van onderscheid in de aankoopwaarde van grond waarbij bijvoorbeeld rekening wordt gehouden met een verschil in landschappelijke waarde. Een kleine ondiepe put heeft een relatief grote oppervlakte; dit wordt geïllustreerd in fig. 3. waarin de inhoud en de oppervlakte van een afgeknotte piramide is gegeven voor een talud van 1:3 en 1:4 en verschillende putdieptes. De keuze van veel kleine winputten om aan een bepaalde vraag te voldoen verhoogt de benodigde oppervlakte grond en daarmee de kosten per m^3 voor grondaankoop, inzet materieel en afwerken resterende plas. Hier staat in het algemeen echter een lagere transportafstand tegenover. Het effect van een en ander wordt met het resultaat van enkele kostenramingen nader geïllustreerd.

5.4.2. Transport per truck

Deze kosten zijn geraamd voor het ontgraven van het zand met een hydraulische kraan van 2000 liter, uit een vooraf opgespoten depôt en verder transport met behulp van trucks die 400 m door het terrein en de rest over de (on)verharde weg rijden. In een werkweek van 45 uur kan hiermee circa $8000 m^3$ zand worden verzet. De gemiddelde rijnsnelheid van de trucks is gesteld op 40, 20 en 10 km/uur voor wegkwaliteit, verhard, onverhard en terrein.

De kosten per m^3 voor laden en transporteren in afhankelijkheid van de transportafstand zijn gegeven in fig. 5. In deze figuur zijn alleen de variabele kosten voor laden en transport gegeven. Voor de uiteindelijke zandprijs dienen hieraan te worden toegevoegd variabele kosten voor winning (circa $f\ 1,-/\text{m}^3$) evenals vaste kosten (inzet zuiger, aanleg stort) welke circa $f\ 132\ 000$ per object bedragen indien het stort bij de winplaats ligt.

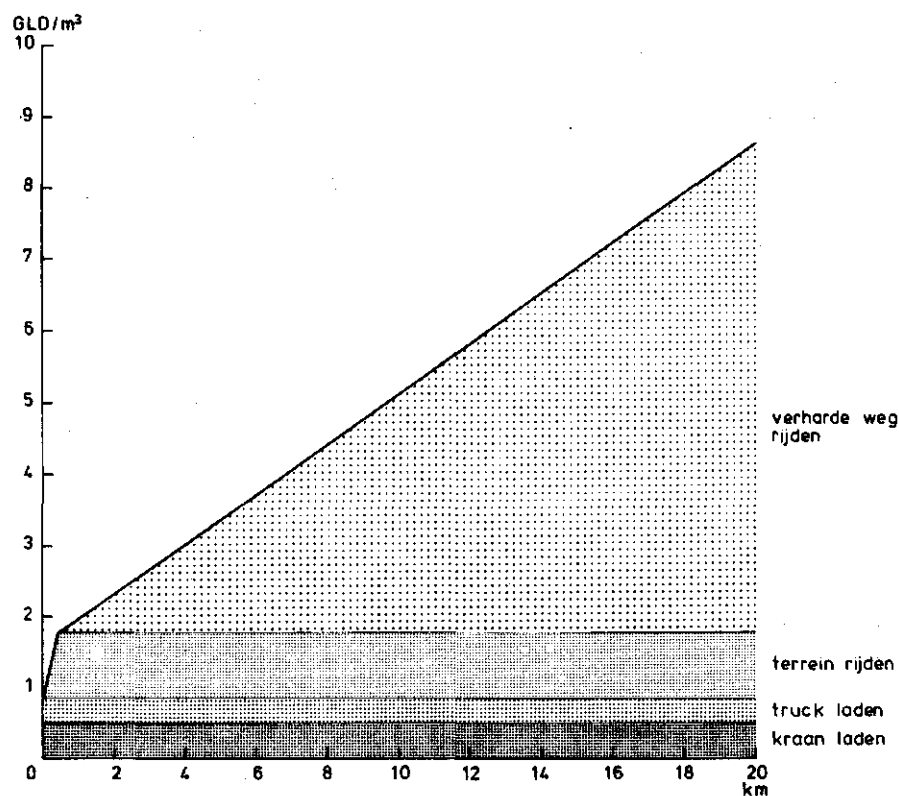


Fig. 5. Variabele transportkosten per m^3 in afhankelijkheid van de transportafstand per truck (laden uit depôt, 400 m terrein, rest verharde weg, truck $8,5 \text{ à } 9 \text{ m}^3$)

Om per as dezelfde produktie te halen als een zuiger $\varnothing\ 0,60$ bij zand van gemiddeld 400μ moeten circa 8 kranen worden ingezet en wekelijks circa 7400 ritten worden uitgevoerd.

Op de consequenties voor het verkeer, de veiligheid en schade aan het wegennet wordt in deze kostenvergelijking niet ingegaan. Bij een

uiteindelijke keuze tussen transport per leiding of per as dienen deze aspecten behalve de prijs per m³ vanzelfsprekend wel bij de beoordeling te worden betrokken.

5.4.3. Keuze leidingdiameter

In fig. 5 zijn geen kosten opgenomen voor de aanleg van een zanddepôt, waaruit het zand ten behoeve van trucktransport wordt ontgraven. Dit kan met grote of kleine zuigers worden aangelegd. Hier wordt de kostprijs vergeleken van twee alternatieven Ø 0,35 m en Ø 0,60 m zuig/persleiding. Een kleine zuiger is relatief goedkoop waar het de kosten voor aanvoer en inzet van de zuiger en aanleg en opruimen van persleidingen betreft; voor een zuiger met 200 m drijvende en 300 m vaste leiding bedragen deze vaste kosten circa f 55 000 bij een leiding Ø 0,35 m en circa f 132 000 bij Ø 0,60 m. Het op korte afstand in depôt persen kan globaal worden geraamd op f 1,10 voor Ø 0,35 m en f 0,70 voor Ø 0,60 m leiding. Hierdoor wordt het bij meer dan $\frac{132\ 000 - 55\ 000}{1,10 - 0,70} \approx 200\ 000\ \text{m}^3$ aantrekkelijk om een grote installatie te installeren. Naarmate de afstand langer en het zand grover is, geldt dit reeds voor kleinere hoeveelheden. Bij vergelijkbare voorwaarden (afstand, korreldiameter, concentratie) vergt een kleine installatie per m³ zand meer vermogen en meer manuren dan een grotere installatie.

Voor de kostenraming wordt daarom in het vervolg steeds uitgegaan van de grootste over land nog redelijk hanteerbare installatie Ø 0,60.

5.4.4. Winning en transport hydraulisch

Behalve het in depôt spuiten van het zand voor aansluitend transport per as, ligt het voor de hand om het gewonnen zand direct te verpersen naar de plaats waar het gevraagd wordt.

Met behulp van de formules (2) tot en met (5) werd de benodigde druk H_{totaal} en met formule (6) het benodigd vermogen berekend. De benodigde druk in kW's pompvermogen in afhankelijkheid van de persafstand is gegeven in fig. 6.

Met behulp van het benodigd vermogen kan het in te zetten materieel worden afgeleid evenals de benodigde mankracht, brandstof en dergelijke. Uit fig. 6 is tevens af te leiden hoeveel tussenstations

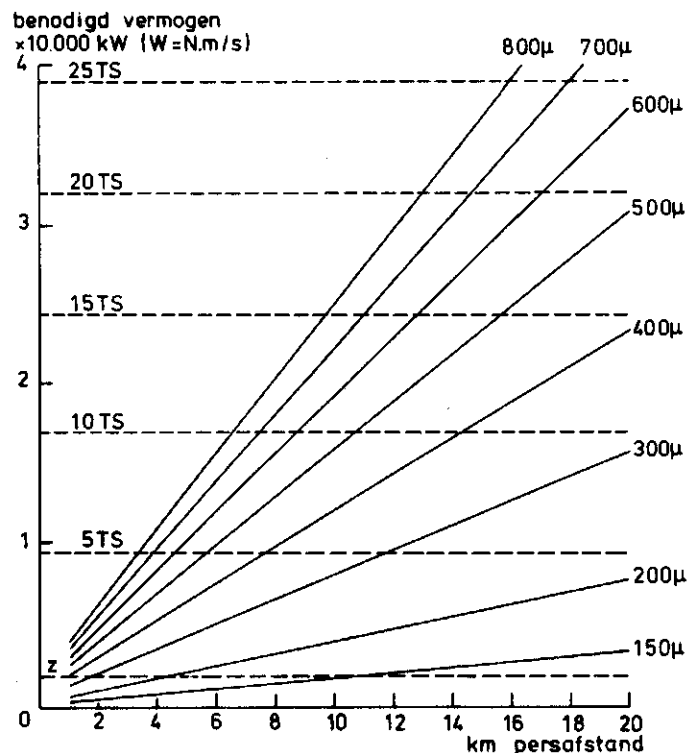


Fig. 6. Benodigde kW's pompvermogen voor zuigen en persen van een mengsel (concentratie 30%) door een buis $\varnothing$ 0,60 m in afhankelijkheid van de gemiddelde korreldiameter en de persafstand (z = zuiger 1850 kW, TS = tussenstation 1500 kW)

bij een bepaalde afstand en gemiddelde korreldiameter nodig zijn.

Op basis van de in Bijlage 1 vermelde tarieven zijn de kosten geraamd. Hierbij is onderscheid gemaakt in vaste kosten welke gelden voor een bepaald object ongeacht de hoeveelheid zand die eraan onttrokken wordt en variabele kosten welke samenhangen met het produceren van de installatie.

De vaste kosten per object zijn gegeven in fig. 7. In deze figuur is onderscheid gemaakt in de onderdelen van de vaste kosten voor inzet van zuiger, persleiding en eventuele tussenstations. Besparingen in vaste kosten zijn te bereiken door het combineren van transportbanen (leidingtracé's) vanuit een winplaats naar meerdere bestemmingen. Hierdoor worden bij hydraulisch transport de vaste kosten voor persleiding en tussenstations verlaagd. Combinatie van

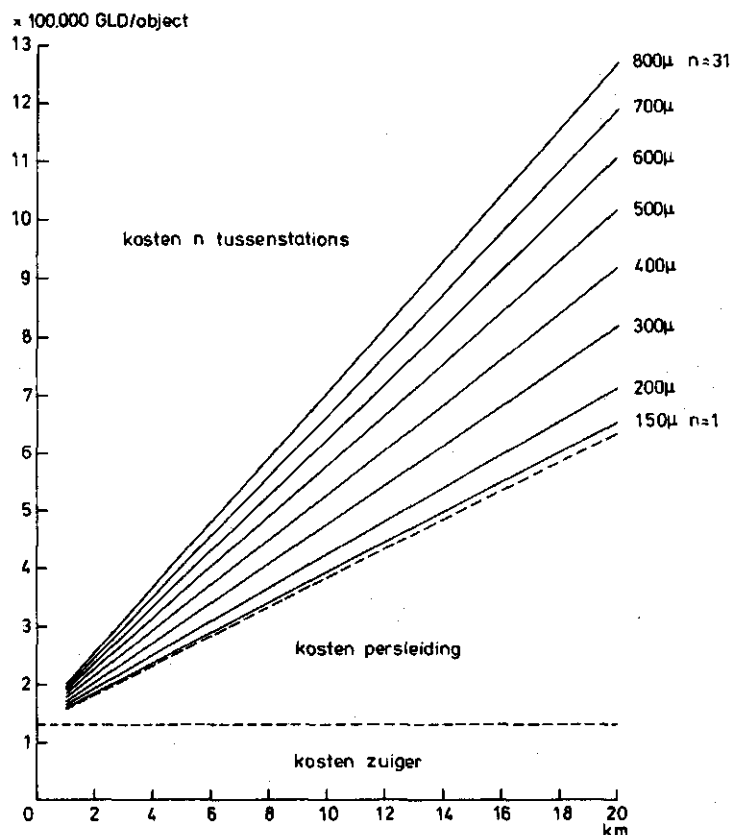


Fig. 7. Vaste kosten voor hydraulisch transport per object (inzet zuiger Ø 0,60 persleiding en tussenstation(s)) in afhankelijkheid van de transportafstand en de gemiddelde korrel-diameter

tracé's leidt in het algemeen tot langere transportafstanden. Hoe groter de hoeveelheden hoe geringer de invloed van de vaste kosten op de uiteindelijke zandprijs. Wat het uiteindelijke effect is bij een, in omvang variabele, vraag- en aanbodssituatie in een regio zal blijken uit de optimalisering.

Na de hiervoor genoemde vaste kosten voor het installeren van het materieel is nog geen m^3 zand verplaatst. Met behulp van de in Bijlage 1 vermelde tarieven zijn de variabele kosten per week berekend voor huur materieel, brandstof en bediening. Naarmate de korrelfractie groter is, neemt het benodigd vermogen toe en daarmee de variabele kosten per week. Deze kosten gedeeld door de produktie (aantal m^3) per week, welke vanwege een hogere snelheid eveneens toeneemt met de toename van de gemiddelde korrelgrootte, levert de

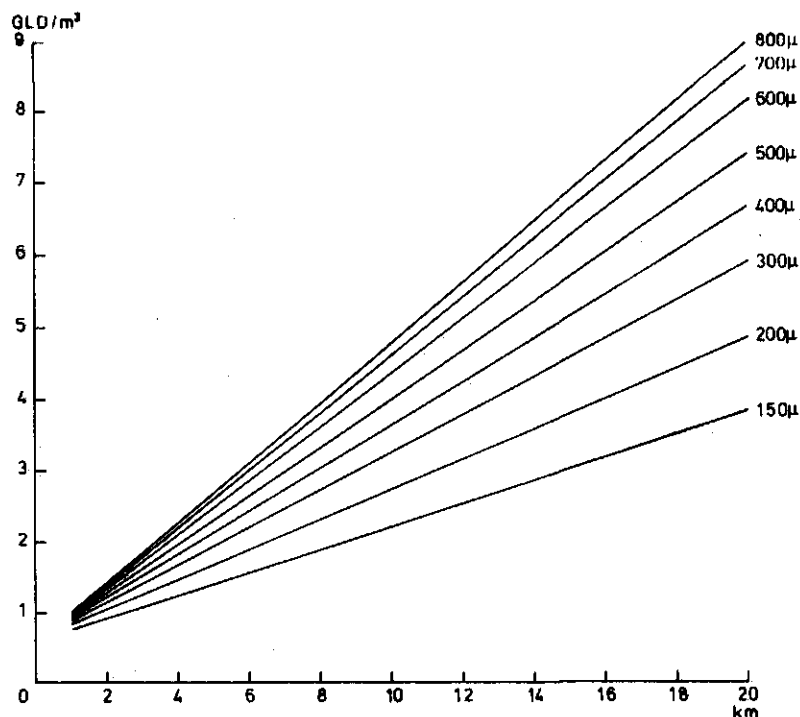


Fig. 8. Variabele kosten per m^3 in afhankelijkheid van de korrelgrootte en de transportafstand bij hydraulisch grondverzet, installatie $\varnothing$ 0,60 m

variabele kosten per m^3 . Deze zijn in afhankelijkheid van de korrelgrootte en de transportafstand gegeven in fig. 8.

Om de uiteindelijke zandprijs te berekenen dienen aan de in fig. 8, evenals voor truck in fig. 5, gegeven variabele kosten per m^3 de vaste kosten te worden toegevoegd. Deze zijn afhankelijk van de hoeveelheid waarop de vaste kosten betrekking hebben.

Voor al bij grote hoeveelheden is de invloed van de vaste kosten (fig. 7) relatief gering, zodat de in fig. 8 gegeven prijs de uiteindelijke win- en transportprijs benadert. Behalve de afstand blijkt de gemiddelde korrelgrootte sterk bepalend. Een gemiddelde korrelgrootte van 800μ betekent in de praktijk dat ook grind in het mengsel kan voorkomen.

De in fig. 8 gegeven kosten bestaan voornamelijk uit kosten voor de huur van zuiger en eventuele tussenstations, brandstof en personeelskosten. Voor een indicatie uitgedrukt in kosten per kW per week bedragen de variabele kosten, afgeleid uit bijlage 1, globaal:

zuiger circa f 15,60/kW/wk, bediening circa f 4,05/kW/wk
 tussenstation circa f 9,20/kW/wk, bediening circa f 2,00/kW/wk
 brandstof circa f 4,05/kW/wk

Kosten voor leidinghuur, toezicht en dergelijke als onderdeel van de variabele kosten kunnen niet gerelateerd worden aan het benodigd vermogen, doch deze bedragen in orde van grootte gezamenlijk minder dan bovenstaande afzonderlijke kosten/kW/week.

5.4.5. Vergelijking truck- met hydraulisch transport

De korrelgrootte heeft bij trucktransport geen en bij hydraulisch transport een grote invloed op de transportkosten.

Indien bij trucktransport de relatief geringe invloed van de korrelfractie op de winkosten wordt verwaarloosd, bedragen de totale kosten voor in depôt persen en transport per truck:

$$K_{\text{truck}} = \frac{132\ 000}{Q_{\text{totaal}}} + 2,6 + 0,35D \quad (7)$$

en bij rechtstreeks persen:

$$K_{\text{hydr.}} = \frac{117\ 000 + \alpha D}{Q_{\text{totaal}}} + 0,66 + \delta D \quad (8)$$

waarin:

- K = totale kosten in gld/m³
- Q_{totaal} = te winnen en te transporteren hoeveelheid in m³ uit één herkomst naar één bestemming
- D = transportafstand in km
- α = toename vaste kosten per km onder invloed van de korrelgrootte
- δ = toename variabele kosten per km en per m³ onder invloed van de korrelgrootte

Hoewel in de praktijk steeds sprake is van een kostensprong per toegevoegd tussenstation is, met het oog op de nog uit te voeren lineaire programmering, in fig. 7 en 8 en formule (7) en (8) uitgegaan van een lineair verband tussen kosten en transportafstand.

Voor α en δ geldt:

	150 μ	200 μ	300 μ	400 μ	500 μ	600 μ	700 μ	800 μ
α	26 000	29 100	34 550	39 350	48 850	48 300	52 500	56 600
δ	0,1585	0,2080	0,2615	0,2985	0,3355	0,3730	0,3985	0,4150

Deze waarden, welke herkenbaar zijn in fig. 7 en 8, gelden voor in 1979 geldende uitgangspunten.

Indien geen rekening wordt gehouden met organisatorische risico's, schade aan wegen, verkeersveiligheid en dergelijke dan zijn de kosten bij één winput met één bestemming voor beide transportsystemen gelijk indien formule (7) = formule (8) ofwel:

$$Q_{\text{totaal}} = \frac{\alpha D - 15\,000}{1,94 + (0,35 - \delta)D}$$

Met behulp van formule (9) is fig. 8 samengesteld, waarin per korrelfractie de curve is gegeven waarbij onder invloed van Q_{totaal} en D de kosten voor beide transportsystemen aan elkaar gelijk zijn.

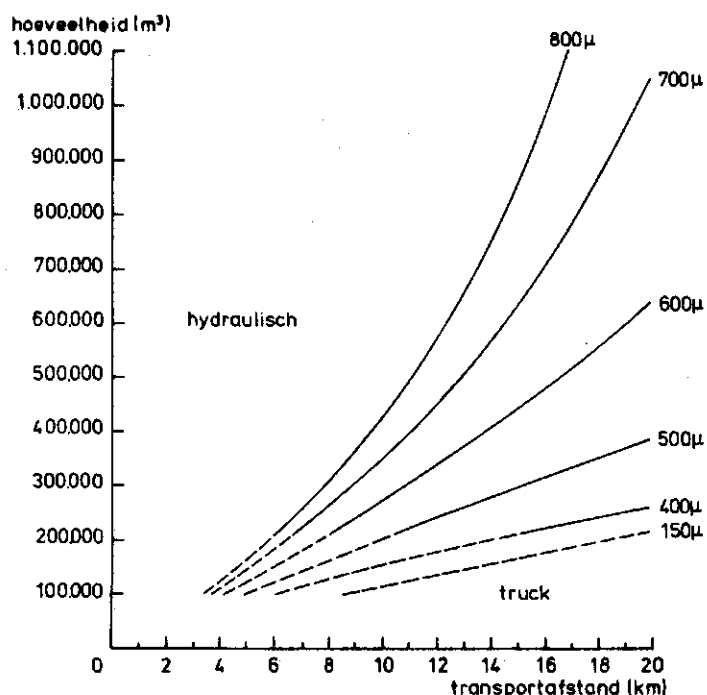


Fig. 9. Lijnen welke de punten verbinden waarop de totale kosten van winning en transport van beide systemen (hydraulisch en per truck) voor een bepaalde korrelfractie aan elkaar gelijk zijn in afhankelijkheid van de hoeveelheid en de transportafstand. Boven de curve is hydraulisch, eronder trucktransport goedkoper

Fig. 9 geldt voor de situatie waarbij sprake is van één winplaats met één bestemming. Zodra vanuit een winplaats meerdere bestemmingen van zand worden voorzien, dienen de vaste kosten voor de winning bij beide systemen over meerdere bestemmingen te worden verdeeld. Bij hydraulisch transport kunnen bij meerdere bestemmingen ook de vaste kosten van het leidingtracé voor het samenvallend traject over meerdere bestemmingen worden verdeeld. Vooral bij kleine hoeveelheden werkt combinatie van transportbanen ten gunste van hydraulisch grondverzet. Bij grote hoeveelheden daalt de invloed van de vaste kosten en daarmee die van de te behalen besparingen.

De in fig. 9 gegeven vergelijking is vrij theoretisch. De transportafstanden zijn doorgaans niet gelijk, per persleiding dikwijls korter dan over de weg. Bij centrale zandwinplaatsen is de kans groot dat een persleiding voor meerdere bestemmingen kan worden gebruikt. Zonder optimalisering is het vrijwel onmogelijk om aan te geven onder welke omstandigheden een van beide transportsystemen en welke winplaats de voorkeur verdient.

6. OPTIMALISERING PLAATSKEUZE

De in het voorgaande beschreven kosten en kostprijs-beïnvloedende factoren dienen als uitgangspunt voor een optimalisering van de plaatskeuze van een of meer zandwinobjecten in een situatie zoals geïllustreerd in fig. 1. De optimale combinatie tussen vraag en aanbod zal worden berekend met een bestaand rekenmodel dat is gebaseerd op gemengd geheeltallige lineaire programmering. De invoer zal daarbij bestaan uit de in deze nota beschreven kostprijsgegevens (vast en variabel voor truck en hydraulisch) en afstandgegevens. De eerste berekening zal als resultaat opleveren de laagste totaalprijs voor zandwinning ten behoeve van de gegeven vraag met aantal, hoeveelheden en plaats van één of meer van de 19 potentiële winplaatsen evenals de bijbehorende transportkeuze.

Afhankelijk van het resultaat kunnen alternatieven worden doorerekend waarin bepaalde beleidsuitgangspunten worden nagebootst. Hierbij kan gebruik worden gemaakt van het STREEKPLAN MIDDEN GELDERLAND

(1978). De meerprijs ten gevolge van de gestelde voorwaarden ten opzichte van de situatie met minimale kosten is een gevolg van het gewicht toegekend aan belangen van landschap, natuur, recreatie of anderszins. Als alternatieven kan bijvoorbeeld gedacht worden aan:

- wijziging van het aantal winplaatsen, uit een oogpunt van centralisatie;
- het uitsluiten van bepaalde winplaatsen, uit een oogpunt van landschap of natuurbehoud en dergelijke;
- het aanwijzen van een bepaalde winplaats met een bepaalde omvang, bijvoorbeeld in het belang van de recreatie;
- het aanbrengen van wijzigingen in de gegeven vraag om het effect van een plaats als Arnhem op de uitkomst na te gaan;
- variatie in de rekenprijs van de grond.

De in eerste instantie uit te voeren optimalisering beperkt zich tot de statische situatie, waarin de totale vraag van een meerjarige periode en het potentiële aanbod met elkaar worden geconfronteerd. De methode evenals de resultaten zullen worden beschreven in een vervolgnota.

Het uitvoeren van berekeningen voor een dynamische situatie, waarin het tijdstip van winning en transport voor diverse bestemmingen varieert, zal een aangepast rekenmodel vergen. De noodzaak hiertoe kan wellicht beter worden beoordeeld, nadat de gevoeligheid van de kostprijs van het zand voor de diverse relevante factoren bekend is. Bovendien moeten gemeenten en provincies in staat zijn om voor ophoogzand een in de tijd gefaseerde behoefte-raming op te stellen, eventueel in combinatie met een ruimtelijke planning.

7. SAMENVATTING

Ten behoeve van een optimalisering op basis van de win- en transportkosten van zandwinobjecten naar aantal en plaats op regionaal niveau, is in dit eerste deel ingegaan op de factoren welke bepalend zijn voor deze kosten. Hierbij is, voor winning met een zuiger en transport naar keuze per as of hydraulisch, onderscheid gemaakt in

vaste aan het object gebonden en variabele aan de produktie gebonden kosten. Hoewel voor het gekozen proefgebied vrij veel bodemkundige en geologische gegevens beschikbaar zijn, blijkt informatie over de korrelfracties onvoldoende. Dit te meer daar de korrelfractie naast de transportafstand bij hydraulisch transport een grote invloed op de transportprijs blijkt te hebben (zie fig. 7 en 8). Bij trucktransport is de korrelfractie slechts van invloed op de kosten van het opzuigen van het zand. Het effect hiervan is, bij de in dit geval voorkomende transportafstanden, relatief gering en daarom verwaarloosd. Slechts bij kleine hoeveelheden en/of grote korreldiameter is trucktransport voordeliger dan hydraulisch transport (zie fig. 9).

Voordat met behulp van een rekenmodel berekeningen naar de optimale combinatie zijn uitgevoerd, is over aantal en lokatie van de winplaatsen evenals de transportwijze geen uitspraak te doen. De uitwerking zal stapsgewijze plaatsvinden en worden beschreven in de vervolgnota.

8. LITERATUUR

- ADREA, J.F.R., 1969. Vergelijking diverse transportmiddelen. Cursus opspuiten terreinen. Delft
- BAARDEWIJK, A.P.H. VAN, 1969. Hydraulisch transport door leidingen. Cursus opspuiten terreinen. Delft
- BAK, R.L., 1979. Het ontgrondingenvraagstuk in Nederland. Geograf. Plan. Instituut, Vrije Universiteit, Amsterdam
- DIJKSTRA, H. (e.a.), 1979. Ontgrondingen in de uiterwaarden 'De Dorschkamp' Wageningen
- DURAND, R., M. GIBERT en E. CONDOLIOS, 1953. Etude expérimentale du refoulement matériaux en conduites en particulier des produits de dragage et des schlamms. Compte Rendu Deuxièmes journées de l'hydraulique
- FÜHRBÖTER, A., 1961. Über die Forderung von Sand-Wasser-Gemischen in Rohrleitungen. T.H. Hannover
- GIBERT, R., 1960. Transport hydraulique et refoulement des mixtures en conduites. Ann. Ponts et Chaussées 130-3, 307-373
- GRAAF, C.J. VAN DER, 1979. Kostprijsberekening baggerwerken. Dordrecht.
- GRONDELLE, W.J. VAN (e.a.), 1978. Ontgrondingen. Reeks Natuur en Milieu nr. 11. 's-Graveland. 126 pag.
- KIK, R., 1979. Beschrijving van de werkwijze en de computerprogramma's voor het uitvoeren van een toedelingsonderzoek. Nota ICW 1139
- KLEYER, H. en H.J.M. ZEEGERS, 1977. Inventarisatie van oppervlakte delfstoffen in Nederland, deel 2. Rapport Stiboka 1157
- MIJNLIEFF, A.W. en J.W. BUSSEER, 1970. Hydraulisch grondverzet. Meded. 81 Cultuurt. Dienst, Utrecht
- NIVAG, 1977. Kostennormen voor aannemersmaterieel. Samson, Alphen aan de Rijn
- ONTGRONDINGENWET
- PROVINCIALE STATEN VAN GELDERLAND, 1978. Streekplan Midden-Gelderland
- SCHUURHUIZEN, J.W. en C.TH. SMIT, 1979. Bouwstenen voor een ontgrondingenbeleid. Tijdschr. voor Milieu en Recht 79/1: 1-10
- SOUWERBREN, C., 1979. Grondstoffen voor beton een sombere toekomst? Cement XXXI nr. 2

- VEERBEEK, A.A., 1975. Aspecten van de zand- en grindvoorziening:
behoeften en productie. Vereniging Het Nederlands Wegencongres.
's-Gravenhage
- VOS, W. e.a., 1978. Uiterwaarden: toetsing van een plan voor klei- en
zandwinning. 'De Dorschkamp', Wageningen
- WERKGROEP BINNENDIJKSE INDUSTRIEZANDWINNING, 1978. Industriezand voor
Nederland; een oriënterende verkenning van de mogelijkheden
voor grootschalige binnendijkse industriezandwinning

Bijlage 1

BELANGRIJKSTE TARIEVEN VOOR DE KOSTENRAMING (prijspeil 1979)

Aanleg + opruimen van een vaste leiding	Ø 0,35	f	20,--/m'
Aanleg + opruimen van een vaste leiding	Ø 0,60	f	25,--/m'
Aanleg + opruimen van een drijvende leiding	Ø 0,35	f	45,--/m'
Aanleg + opruimen van een drijvende leiding	Ø 0,60	f	60,--/m'
Inzet zuiger (aanvoer + graven le put)	Ø 0,35	f	30 000,--
Inzet zuiger	Ø 0,60	f	100 000,--
Inzet tussenstation	Ø 0,60	f	20 000,--
Huurprijs vaste leiding	Ø 0,35	f	0,70/m'/week
Huurprijs vaste leiding	Ø 0,60	f	1,20/m'/week
Huurprijs drijvende leiding	Ø 0,35	f	8,--/m'/week
Huurprijs drijvende leiding	Ø 0,60	f	15,--/m'/week
Brandstof (verbruik 225 gr/kW, voor pompen			
100%, overigens 80%)		f	360,--/ton
Huurprijs truck, 8,5 à 9 m ³ , incl. brandstof		f	61,--/uur
Huurprijs hydraulische kraan 600 l		f	52,--/uur
Huurprijs hydraulische kraan 2000 l		f	95,--/uur
Huurprijs bulldozer 59 kW incl. 20% voor			
nat werk		f	68,50/uur
Huurprijs bulldozer 92 kW incl. 20%		f	85,--/uur
Huurprijs zuiger 1850 kW (A+r+O+R)		f	28 938,--/week
Huurprijs zuiger 350 kW (A+r+O+R)		f	9 137,--/week
Huurprijs tussenstation 1500 kW (A+r+O+R)		f	13 835,--/week
Huurprijs tussenstation 300 kW (A+r+O+R)		f	3 244,--/week
Personeel: op zuiger, tussenstation of stort		f	1 500,--/man/week
uitvoerder		f	2 000,--/man/week

(A+r+O+R = afschrijving + rente + onderhoud + reparatie)