

REKENMODEL EN PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT
MET GETROKKEN EN ZELFRIJDENDE DUMPERS

J.G.S. de Wilde

RAPPORT 16

INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (ICW)
POSTBUS 35, 6700 AA WAGENINGEN 1985

249641

Tussen de jaren 1957 en 1964 zijn 23 Rapporten (eerste serie) verschenen. In 1982 is de reeks in een andere vorm hervat als RAPPORTEN (nieuwe serie).

Te verkrijgen RAPPORTEN (nieuwe serie)

1. Sprik, J.B. en G.H. Horst. 1982. Onderzoek naar capaciteitsnormen voor diepploegen, bulldozers en hydraulische graafmachines.
2. Nieuwenhuis, G.J.A. en C.L. Palland. 1982. Verdamping van een aardappelgewas en de meting daarvan via remote sensing.
3. Hoeks, J. en G.J. Agelink. 1982. Onderzoek naar mogelijkheden om de infiltratie van regenwater in een afvalstort te verminderen.
4. Alderwegen, H.A. van. 1982. Planning van openluchtrecreatievoorzieningen bij voorbereiding van landinrichtingsprojecten.
5. Rijtema, P.E. et al. 1982. Bemesting, waterhuishouding, perceelscheidingen en landbouw. Commentaar op een RIN-rapport.
6. Harmsen, J. en H. van Drumpt. 1982. Conservering van watermonsters.
7. Ernst, L.F. 1983. Wegzijging en kwel; de grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden.
8. Steenvoorden, J.H.A.M. en M.J. de Heus. 1984. Fosfaatbalansstudies en de bijdrage van diffuse bronnen.
9. Wijk, A.L.M. van. 1984. Landbouwkundige aspecten van ontwatering in veenweidegebieden. Commentaar op een literatuuranalyse.
10. Beuving, J. 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden.
11. Weerd, B. van der en L.F. Ernst. 1984. Een prognose van het effect van een peilverhoging in het Philippinekanaal (Zeeland) op de grondwaterstand in de aangrenzende polders.
12. Werkgroep nitraatuitspoeling in waterwingebieden. 1985. Nitraatproblematiek bij grondwaterwinning in Nederland. Onderzoek naar alternatieve maatregelen.
13. Wilde, J.G.S. de. 1984. Dammen van riet, heide of boomschors als perceelverbinding in veenweidegebieden.
14. Kemmers, R.H. en P.C. Jansen. 1985. Stikstofmineralisatie in onbemeste half-natuurlijke graslanden.
15. Bakel, P.J.T. van. 1985. Effecten van peilbeheer in het gebied 'De Monden' (Drenthe).
16. Wilde, J.G.S. de. 1985. Rekenmodel en produktienormen voor grondtransport met getrokken en zelfrijdende dumpers.

De RAPPORTEN (nieuwe serie) zijn te bestellen door storting van het verschuldigde bedrag op giro 817672 t.n.v. ICW, Wageningen, onder vermelding van de gewenste publikatie en het aantal exemplaren. Toezending geschiedt na ontvangst van het bedrag.

Prijs Rapport 1 f 15; Rapport 2 f 10; Rapport 3 f 5; Rapport 4 f 5; Rapport 5 f 5; Rapport 6 f 5; Rapport 7 f 7,50; Rapport 8 f 7,50; Rapport 9 f 5; Rapport 10 f 7,50; Rapport 11 f 7,50; Rapport 12 f 12,50; Rapport 13 f 10; Rapport 14 f 7,50; Rapport 15 f 15; Rapport 16 f 10

I N H O U D

	blz.
IN KORT BESTEK	1
1. INLEIDING	1
2. HET TRANSPORT	2
2.1. Materieel	2
2.2. Transportelementen en modelprincipe	3
2.3. Transportafstanden	4
2.4. Transportcapaciteit	4
2.4.1. Bakinhoud	4
2.4.2. Bakvulling	5
2.4.3. Bakverontreiniging	5
3. BODEMGESTELDHEID EN UITLEVERING	5
4. NETTO-PRODUKTIE	6
4.1. Algemeen	6
4.2. Bepalen van functies voor laad- en lostijd, en transport- en terugrijtijd	7
4.3. Meetresultaten	8
4.4. Rekenmodellen voor de netto-productie	9
5. AFSTEMMING DIEPLEPEL OP DUMPER (EN OMGEKEERD)	10
5.1. Algemeen	10
5.2. Aantal dumpers per dieplepel	10
5.3. Afrondingscriterium	11
5.4. Reductie afstemverliezen	12
5.5. Inhoud dumper- en dieplepelbak	12
6. ENERGIEBEHOEFTE	12
7. VAN NETTO- NAAR BRUTO-PRODUKTIENORMEN	13
8. CONCLUSIE	14
LITERATUUR	15
LIJST GEBRUIKTE SYMBOLEN	17
BIJLAGEN 1 T.M 9	19

IN KORT BESTEK

Bij het opstellen van begrotingen voor landinrichtingsprojecten worden zogenaamde standaard-eenhedsprijzen gehanteerd. Deze dienen gebaseerd te zijn op recente werkmethoden en behaalde produkties van personeel en werktuigen en op recente kosten van personeel, materiaal en materieel. Om voor deze standaard-eenhedsprijzen onder andere normen voor de produkties vast te stellen, worden gedetailleerde metingen uitgevoerd aan werktuigen die op cultuurtechnische werken worden ingezet. Hierdoor kan een rekenmodel voor deze produktienormen worden samengesteld. Grondtransport, wat in landinrichtingsprojecten een veel voorkomende activiteit is, kreeg in dit verband eerste urgentie. In dit rapport komen dergelijke rekenmodellen en de daarvan afgeleide produktienormen voor grondtransport met dumpers aan de orde.

Transport van grond die vrijkomt bij het graven van waterlopen of afgraven van grondwallen vindt plaats met getrokken of zelfrijdende dumpers. Dit graven en laden van de dumpers gebeurt meestal met een dieplepel. Bij de metingen is gebruik gemaakt van een video- en printersysteem, waarmee het mogelijk is zowel dieplepel als dumper gelijktijdig op te nemen. De tijd voor het laden, onderdeel van de transportcyclus, kan hierdoor als functie van de bakgrootte van zowel de dieplepel (B_i) als van de dumper (B_u) worden uitgedrukt. Door eveneens functies af te leiden voor transport en lostijd wordt een vergelijking voor de cyclustijd verkregen met als variabelen de bakinhoud van dieplepel en dumper en de transportafstand. Na substitutie van deze vergelijking en gemiddelde waarden voor de vullingsgraad van de dumperbak en de hoeveelheid grond die na het lossen in de dumperbak achterblijft in een basisformule voor grondverzet, ontstaan netto-produktiemodellen voor grondtransport.

Door de netto-produktie die met de modellen wordt verkregen te vermenigvuldigen met een opslagfactor voor nevenactiviteiten wordt de bruto-produktie berekend, die als taaknorm kan dienen. De calculatienorm ontstaat door deze bruto-produktienorm met een ervaringspercentage van ongeveer 10% te verminderen.

Er is voorts bepaald hoe de afstemming van dieplepel op dumper (en omgekeerd) zo efficiënt mogelijk kan zijn. Ook is de energiebehoefte van dumpers vastgesteld. Het blijkt dat per m^3 afgegrepen bakinhoud voor getrokken dumpers een vermogen is vereist van 17 kW en voor zelfrijdende dumpers van 14 kW. Per m^3 vaste grond blijkt dat zelfrijdende dumpers met 28% minder vermogen kunnen volstaan.

1. INLEIDING

Landinrichtingsplannen en planwijzigingen vereisen nauwkeurige kostenbegrotingen, die gestoeld moeten zijn op recente werkmethoden en behaalde produkties. Om het opstellen van begrotingen mogelijk te maken, zijn zogenaamde standaard-eenhedsprijzen ingevoerd. De prijzen zijn gebaseerd op werkmethode en produktie van het ingezette materieel en personeel, kosten van materiaalverbruik en de kosten per uur van materieel en personeel. De laatsten worden elders verkregen (NIVAG, 1983; BOVAL, 1984).

Het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW) verricht reeds een aantal jaren onder-

zoek om produktienormen voor bepaalde cultuurtechnische werkzaamheden te bepalen (BOELS et al., 1981; De WILDE, 1981; SPRIK en HORST, 1982; De WILDE en Van der MEER, 1984). Als norm wordt hierbij de produktie bedoeld die kan worden behaald onder als normaal beschouwde omstandigheden.

Door het uitvoeren van gedetailleerde metingen per werktuigtype kunnen produktie(reken)modellen worden afgeleid. Handelingen die in zogenaamde netto-werktijd (direct produktieve uren) worden uitgevoerd, geven een netto-produktiemodel. Door de tijd die nodig is voor nevenactiviteiten (indirect produktieve uren) in rekening te brengen kan de bruto-produktie, die als taaknorm kan dienen, worden bepaald. Vereenvoudiging bij de produktiebepalingen is bereikt door

de relatie tussen de werkelijke rijtijden voor heen- en terugweg en de rechtstreekse transportafstand in het model in te voeren en verder als grootte-aanduiding van dumper en dieplepel de afgestreeken bakinhouden van beide werktuigen te gebruiken. Een computerprogramma DUMPRO voert de berekeningen uit waarna de bruto-produktienormen tabelsgewijs naar dumpergrootte, bodemsoort, wijze van graven enz. worden gegeven (bijlagen 1 t.m 9). Ook worden daar richtwaarden gegeven voor het in te zetten aantal dumpers bij het transport.

Om de tijdwaarnemingen zo efficiënt mogelijk te verrichten, is een video- en printersysteem geïntroduceerd (De WILDE, 1980, 1984b), waarmee één waarnemer meer werktuigen gelijktijdig kan opnemen. Deze gewijzigde opnametechniek stelt ons in staat meer facetten te belichten dan die nodig zijn voor een bepaling van een produktiemodel alleen. Het is daardoor mogelijk gebleken meer inzicht te krijgen in oorzaken die aanleiding zijn tot optredende produktieverschillen.

Voor het bepalen van de calculatienorm wordt geadviseerd de in de bijlagen 1 t.m 9 gegeven bruto-produktienormen (taaknormen) met ongeveer 10% te verminderen. Het verschil tussen taaknorm en calculatienorm kon aan de hand van de uitgevoerde metingen nog niet voldoende worden bestudeerd, daarom moet hiervoor genoeg worden genomen met het genoemde ervaringspercentage. De opslag in tijd uitgedrukt door dit percentage omvat wachttijden, aan- en aflooptijden, transporttijd op het werk, te betalen verleturen en afstemverliezen.

2. HET TRANSPORT

2.1. MATERIEEL

Transport van bodemmateriaal bij het graven van waterlopen of bij het afgraven van schot- of grondwallen vindt meestal plaats met dumpers. Dit kunnen zijn door wieltrekkers getrokken tweewielige dumpers (grondkarren) of zelfrijdende dumpers met knikbesturing (Fig. 1). De trekkers die worden gebruikt bij de eerstgenoemde dumpers kunnen zowel twee- als vierwielaandrijving hebben. Voor en achter worden of wielen van verschillende of van gelijke grootte aangebracht. Alle wielen kunnen tevens zijn uitgevoerd in zogenaamde dubbele montering. De dumperbak is hydraulisch kipbaar en vanaf de trekker te bedienen.

Bij dit onderzoek zijn dumpertrekkers ingezet

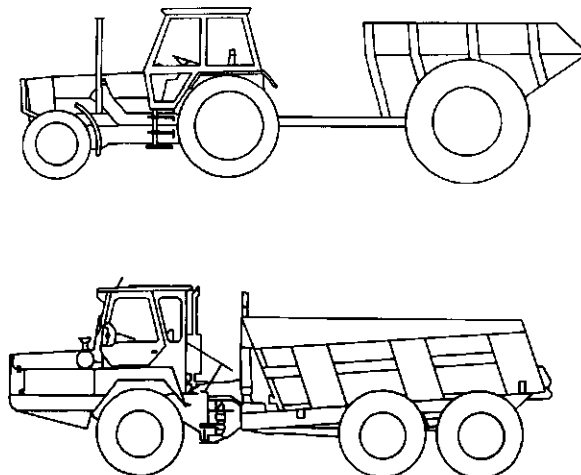


Fig. 1. Getrokken dumper/trekker combinatie (boven) en knikbestuurde zelfrijdende dumper (onder)

van de volgende merken en typen: Ford 5000, International 844S, en John Deere, typen 3130, 4430, 4640 (alle tweewiel-aandrijving) en Fendt Favorit 612 LS, Ford County 1164, Ford 6700 en 7700, en Renault 891 (alle vierwielaandrijving). Bij de zelfrijdende dumpers kwamen de volgende merken en typen voor: DJB D250, Engström & Nilson 666 B, Kockums 412, Volvo DR 860, DR 860 S en 5350.

Bij de zelfrijdende dumpers vormt het trekkende onderdeel één geheel met het transporterende werktuig (dumperbak). De dumper kan zowel twee- als drie-assig zijn uitgevoerd. Op de voorste as bevindt zich de motor en cabine en op de achterste as(sen) zit de dumperbak. De dumperbak is kipbaar. De eerste en tweede as zijn altijd aandrijfassen. De derde as, indien aanwezig, kan zowel als sleepas of als aangedreven as zijn uitgevoerd. De besturing wordt verkregen door de voorste as door middel van een scharnierende koppeling te bewegen ten opzichte van de andere as(sen) (knikbesturing).

De getrokken dumpers worden mede door hun geringe bakinhoud en grote wendbaarheid voornamelijk gebruikt op afstanden tussen de 50 en 200 m. De zelfrijdende dumpers worden hoofdzakelijk ingezet tussen de 100 en 800 m. Voor grotere afstanden wordt veelal gebruik gemaakt van een vrachtwagen (kipper, dumptruck), doch deze is niet in dit onderzoek betrokken. Genoemde vervoermiddelen worden alle geladen door een extern werktuig (dieplepel, dragline of frontlader). In dit onderzoek is uitsluitend geladen met een dieplepel. Bij het afgraven van een schot- of grondwal was de dieplepel uitgerust met een zgn. slotenbak. Bij het graven van leidingen was dit een taludbak.

2.2. TRANSPORTELEMENTEN EN MODELPRINCIPE

In de cyclus van het grondtransport met dumpers onderscheiden we een aantal bewegingselementen van het werktuig (De WILDE, 1980). Deze elementen zijn de kleinste handelingseenheden die in beschouwing zijn genomen. Bij grondtransport komen vier elementen in iedere cyclus voor:

laden : het vullen van de dumper door één of meer keren lossen van de dieplepelbak
transport : het vervoer van de gevulde dumper over de transportweg (geladen transport)
lossen : storten van dumperinhoud op losplaats
terugrijden: het bewegen van lege dumper van los- naar laadplaats (leeg transport)

Deze elementen komen in iedere transportcyclus voor en worden repeteerbare elementen genoemd. Daarnaast komen bij het transport nog enkele incidentele elementen voor die wel een wezenlijk deel van het werk vormen, doch niet in iedere cyclus voorkomen:

achteruitsteken: het manoeuvreren om een gunstige lospositie in te nemen
oprijden : het bewegen vanuit de wachtpositie bij de laadplaats naar de laadpositie

Beide laatste elementen zijn wel als afzonderlijke elementen gemeten, doch werden bij de latere berekeningen ondergebracht bij respectievelijk de repeteerbare elementen 'transport' en 'terugrijden'.

Behalve genoemde elementen komen handelingen voor die geen wezenlijk deel van het werk uitmaken, doch er wel direct of indirect mee te maken hebben. Deze handelingen worden vreemde elementen genoemd (WHITMORE, 1972). Het zijn alle handelingen die gerangschikt worden onder de verzameling nevenactiviteiten. Het element 'wachten' neemt hierbij een aparte plaats in aangezien het dikwijls voorkomt tijdens het transport. We maken hierbij nog onderscheid tussen:

wachten bij/op de laadplaats, wat voorkomt indien de dumper na aankomst niet direct kan worden geladen;
wachten vanwege obstakels in de transportroute, zoals dammen, bruggen en smalle wegen of toegangswegen tot percelen waar slechts ruimte is voor één dumper.

Het grondtransport zoals hiervoor is aangegeven, is schematisch voorgesteld in Fig. 2.

Andere handelingen die tot de groep nevenactiviteiten worden gerekend zijn: stagnatie van de machine,

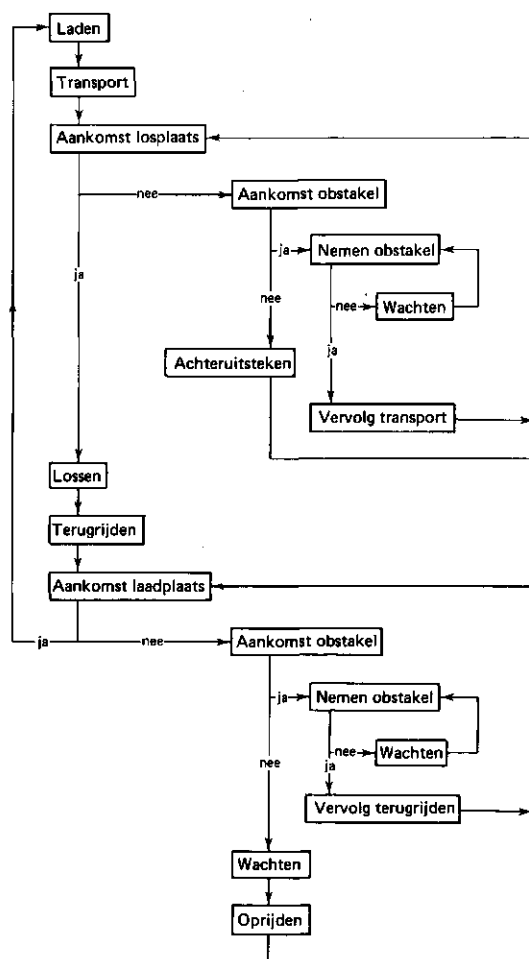


Fig. 2. Grondtransportschema. Wachten op de losplaats vóór 'achteruitsteken' komt nauwelijks voor (losplaats is niet vast omlijnd in tegenstelling tot de laadplaats) en is in het schema niet opgenomen

overleg, persoonlijke verzorging, onderhoud en overige handelingen. De tijd besteed aan de nevenactiviteiten wordt tot de indirect productieve uren gerekend.

Onder netto-productie wordt bij grondverzet verstaan de verplaatste hoeveelheid bodemmateriaal - in niet uitgeleverde toestand - gedurende de netto-werk-tijd. De netto-werk-tijd is opgebouwd uit de tijd die wordt toegerekend aan de productieve handelingen. Als basismodel voor de netto-productie bij grondverzet kan worden gebruikt (naar BOELS et al., 1981):

$$q'_n = \frac{Q'c}{aT'_c} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) \quad (1)$$

waarin: q'_n = de netto-productie voor grondverzet in $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$

Q' = hoeveelheid per cyclus verplaatste grond
 in m^3
 T'_c = cyclustijd in minuten
 c = constante (= $60 \text{ min} \cdot h^{-1}$)
 a = uitleveringsfactor van de grond

De netto-productie kan niet als rekennorm worden gebruikt, maar uitsluitend als basisnorm. De neven-activiteiten (vreemde elementen) vormen tezamen een opslagfactor die met deze basisnorm de bruto-productie vormt. Het gemiddelde van de bruto-producties is de taaknorm. Uiteindelijk kan een calculatienorm worden berekend, die gestoeld op ervaring, circa 90% van de taaknorm bedraagt (zie Hoofdstuk 8).

2.3. TRANSPORTAFSTANDEN

Transport vindt plaats tussen laad- en losplaats. De afstand tussen deze punten zal zelden via de kortste lijn kunnen worden overbrugd. Dit wordt veroorzaakt door onder meer bruggen, sloten, wegen, afsluitingen, boomgroepen en niet-draagkrachtige delen in het tussenliggende perceel. Vrijwel altijd zal de transportweg groter zijn dan de kortste afstand. De kortste afstand tussen laad- en losplaats is bij dit onderzoek als transportafstand gedefinieerd. De afstand die het transport volgt van de laad- naar de losplaats en de weg terug is respectievelijk transportweg en terugrijweg genoemd. De transportweg is inclusief de afstand die afgelegd wordt bij het achteruitsteken en de terugrijweg is inclusief de afstand voor het oprijden. Met de vertraging die ontstaat bij het transport, doordat de transportweg en terugrijweg langer zijn dan de transportafstand, wordt rekening gehouden door de later te bepalen relatie tussen transporttijd en transportafstand (Par. 4.3).

Uit het onderzoek bleek dat bij de getrokken dumpers de transportweg steeds groter was dan de terugrijweg (gem. 1,24 maal). Bij de zelfrijdende dumpers was dit voor 60% het geval (gem. 1,11 maal). De zwaar beladen dumpers kozen die route die ook na vele malen rijden de minste transportproblemen gaf. In het algemeen wordt in beladen toestand het meest egale traject gereden. Over het minder egale terugrijtraject wordt de snelheid aan de terreinomstandigheden aangepast en wordt de heenrijnsnelheid vaak niet gehaald. De transport- en terugrijwegen kunnen dermate gescheiden lopen dat eventuele stagnatiepunten in de terugrijweg en niet in de transportweg voorkomen.

Het kiezen van een transportroute zal kritisch moeten gebeuren, waarbij de veiligheid niet uit het oog mag worden verloren. Ook is het niet efficiënt om direct na het laden een scherpe draai te maken. Een

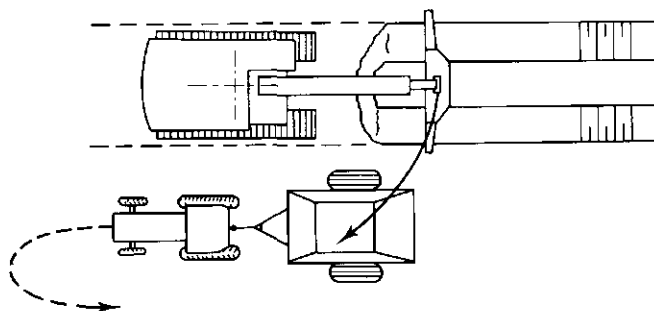


Fig. 3. Opstelling van de dumper bij het laden tijdens het graven van een leiding, waarbij rekening wordt gehouden met de veiligheid van de dumperbestuurder

scherpe draai zou eerder moeten worden ingepast tijdens het terugrijden, doch de noodzaak van het 'beladen' draaien kan afhangen van de standplaats van de ladende machine. Het is namelijk een bezwaar dat een trekker- of dumpercabine (+ bestuurder) zich tijdens het zwenken binnen het draaibereik van de giek/arm van de dieplepel bevindt. De richting waarin gegraven wordt, bepaalt de opstellingsrichting van de dumper (Fig. 3). Dit veiligheidsaspect kan de oorzaak zijn dat de dumper(combinatie) direct na het laden een scherpe draai (bijvoorbeeld 180°) moet maken om in tegengestelde richting dan de opstellingsrichting naar de losplaats te rijden.

Uit de ter beschikking staande opnamen van getrokken dumpers is afgeleid dat bij dergelijke transporten de transportweg gemiddeld 1,96 maal de transportafstand bedroeg. Dit gegeven, samen met de verhouding transportweg en terugrijweg (1,24), heeft als resultaat dat de weg die met een getrokken dumper wordt afgelegd om de transportafstand te overbruggen (heen en terug) gemiddeld 3,6 maal de transportafstand bedraagt. Bij zelfrijdende dumpers bedraagt de transportweg 1,64 maal de transportafstand, en de weg (heen en terug) bedraagt gemiddeld 3,1 maal de transportafstand.

2.4. TRANSPORTCAPACITEIT

2.4.1. Bakinhoud

Vorm en grootte van de dumperbakken zijn weinig uniform. Evenals taludbakken voor dieplepels (De WILDE, 1981) worden dumperbakken waarschijnlijk gemaakt naar inzicht van de fabrikant of naar aanwijzing van de gebruiker. De inhoud van de bak kan afgestemd zijn op een bepaalde trekkergrootte die bij de gebruiker voorhanden is of op een bepaalde motorgrootte voor de zelfrijdende dumper. Bij de getrokken dumpers werden afgestreden bakinhouden aangetroffen tus-

sen de 3,7 en 5,5 m³, bij de zelfrijdende dumpers tussen de 7,9 en 11,7 m³. De bakafmetingen worden elders gegeven (De WILDE, 1984a; De WILDE en Van Der MEER, 1984).

De bakinhoud moet als één van de variabelen in de produktieformule fungeren (zie Hoofdstuk 4) en moet derhalve nauwkeurig worden bepaald. Aangezien er weinig overeenkomst is in vorm en grootte zijn de dumperbakken van de opgenomen dumpers gemeten en hertekend om de afgestreken bakinhoud te kunnen bepalen. Voor dit laatste is gebruik gemaakt van het computerprogramma CONVIN (Van DOORNE, 1983). Alhoewel CONVIN werd opgezet voor taludbakken, die meestal voorzien zijn van vele rondingen en niet loodrecht op elkaar staande vlakken, kan met het programma ook snel een dumperbakinhoud worden bepaald.

De afgestreken inhoud van de dumperbak loopt niet parallel met de afgestreken inhoud van bijvoorbeeld een eetlepel. Dit wordt veroorzaakt doordat de stortrand of bovenzijde van de achterklep lager is dan voor- of zijwanden. De afgestreken inhoud van dumpers is daarom gedefinieerd als de inhoud die wordt ingesloten door het vlak dat loopt door de overstortrand c.q. bovenrandklep onder een hoek van 45° met de horizontaal, het vlak door de bovenranden van zijwanden en voorrand en het zich daaronder bevindende bakgedeelte. De veronderstelling van dit vlak onder een helling 1:1 door de rand berust op het instellen van een natuurlijk talud bij het los storten van bodemmateriaal. Een en ander geldt voor zavel in een droog tot vochtige toestand (CULTUUR-TECHNISCH VADEMECUM, 1970). Voor klei zal deze in te stellen hoek iets groter zijn en voor zand iets kleiner. Naarmate het bodemmateriaal natter wordt zal de grootte van de in te stellen hoek iets afnemen. Aangezien het echter om een relatief klein vlak gaat, is bij de berekeningen, ook voor zware klei en zand, een vlak onder 45° aangehouden.

2.4.2. Bakvulling

Per dumpercyclus wordt de hoeveelheid grond die in de dumperbak vervoerd wordt, bepaald. Hierbij wordt de grootte geschat van de meervulling of de kop die boven de dumperrand uitsteekt. Bakinhoud en kop samen zijn de bakvulling. In de produktieformules wordt gewerkt met bakvullingsgraad (b_v). Is deze 1,2, dan wil dat zeggen dat de kopinhoud 0,2 maal de afgestreken bakinhoud bedraagt.

Bij het schatten van de kopgrootte worden de zichtbare bakgrenzen als maatstaf gehanteerd. Het is daarbij noodzakelijk dat men de inhoud van de dumper kent en zich tevens een goede voorstelling kan maken

hoe het bovenvlak (open vlak) van de dumper zich verhoudt met de contourvlakken van de eigenlijke bak, het liefst in zij- en achteraanzicht. Hoe verschillend deze contouren voor de diverse dumpers zijn, wordt elders aangegeven (De WILDE en Van Der MEER, 1984). Om het schatten eenvoudiger en waarschijnlijk nauwkeuriger te maken, is het gewenst van iedere bak een idee te hebben van bakvullingsgraden en kopafmetingen.

In het onderzoek is een indeling van dumpers gemaakt naar afgestreken bakinhoud, zoals die voor dumpers werd gedefinieerd in de vorige paragraaf. Een indeling naar de maximaal te vervoeren volume-eenheid grond, zoals veelal wordt gedaan, heeft als bezwaar dat deze na omrekening naar zogenaamde 'vaste kuubs' voor iedere grondsoort verschillend is, door verschil in uitlevering van de grondsoorten.

2.4.3. Bakverontreiniging

De hoeveelheid grond die na het lossen in de dumperbak achterblijft wordt bakverontreiniging genoemd. Naarmate een bak beter op het 'lossen' is afgestemd of het plaatmateriaal aan de binnenzijde gladder is, zal de bakverontreiniging kleiner zijn. Ook de vochttoestand en de aard van het vervoerde bodemmateriaal spelen hierbij een rol. Vochtige grond geeft meer bakverontreiniging dan droog materiaal.

Bij de getrokken dumpers is in 6% van het aantal metingen bakverontreiniging aangetroffen. De hoeveelheid grond die hierbij in de bak achterbleef bedroeg gemiddeld 6% van de afgestreken bakinhoud. De vochttoestand van de grond was in die gevallen zeer vochtig tot nat. Bij de zelfrijdende dumpers is bij 44% van het aantal metingen bakverontreiniging geconstateerd. Deze bedroeg circa 3% van de afgestreken bakinhoud en kwam eveneens voor bij een hoge vochttoestand van de grond. Duidelijk is dat de bakverontreiniging zorgt voor een verschil tussen de getransporteerde en de geloste hoeveelheid grond.

3. BODEMGESTELDHEID EN UITLEVERING

De volumetoeename van grond die plaats heeft bij het roeren van grond noemt men uitlevering. De uitleveringsfactor is de verhouding tussen het volume grond in ongeroerde en in geroerde toestand. Deze verschilt per grondsoort, klei levert onder gelijke omstandigheden meer uit dan zand. De uitleveringsfactor van dezelfde grondsoort varieert met de vochttoestand, voor natte klei is deze kleiner dan voor droge.

Tabel 1. Globale verzadigingsgrenzen voor gronden bij drie veel voorkomende vochttoestanden. De verzadigingsgrenzen voor zand zijn gegeven door Huizinga (1969)

	Zand		Zavel		Zware klei	
Normaal	0	-0,25	0	-0,72	0	-0,83
Zeer vochtig	0,25-0,50		0,72-0,88		0,83-0,96	
Nat	0,50-0,75		0,88-0,90		0,96-0,98	

De vochttoestand van grond die bij het graven van waterlopen vrijkomt, kan goed worden bepaald. Indien bij het graven een hoog grondwaterpeil voorkomt, zal de grond vochtiger zijn dan bij een laag peil. Ook kan bij een diepere leiding de gemiddelde vochttoestand van de ontgraven grond iets hoger zijn dan bij een minder diepe. Bij het opstellen van produktie-normen wordt derhalve met de vochttoestand van de grond rekening gehouden. Drie vochttoestanden worden op basis van de verzadigingsgraad onderscheiden: normaal, zeer vochtig en nat.

Voor de vochttoestand van grond zijn we uitgegaan van het deel van het poriënvolume dat gevuld is met water, en namen daarvoor de indeling van de verza-digingsgraad (S_r) voor zandgronden (HUIZINGA, 1969). Uitgaande van deze indeling zijn ook S_r -waarden voor zavel en zware klei afgeleid uit vocht karakteristieken (pF-curve), gegeven door BEUVING (1984). Deze S_r -waarden voor zand, zavel en zware klei worden gegeven in Tabel 1. De waarden in deze tabel voor zavel en zware klei suggereren een grote nauwkeurigheid. Deze wordt in wezen niet gehaald doch uitsluitend bereikt door omrekening. Bij afronding verliezen de waarden hun effect.

De mate van uitlevering van de grond in de dum-perbak is opgevat als overeenkomend met de uitleve-ring van los gestorte grond. De globale uitleverings-factoren naar vochttoestand die bij de berekeningen zijn gebruikt, zijn gegeven in Tabel 2. De getallen in deze tabel zijn gebaseerd op waarden voor losge-storte grond (HEKKET, 1969; KOMATSU, 1979). Ze zijn gecorrigeerd volgens de indrukken over uitlevering en vochttoestand bij de transportopnamen en voor de re-sultaten betreffende uitlevering naar vochttoestand

Tabel 2. Globale waarden voor de uitleveringsfactoren van grond onderscheiden naar de vochttoe-stand (zie ook Tabel 1)

Grondsoort	Vochttoestand van de grond		
	normaal	zeer vochtig	nat
Zware klei	1,43	1,40	1,38
Zavel	1,25	1,23	1,20
Zand	1,11	1,09	1,07

bij het graven van waterlopen (De WILDE en Van Der MEER, 1983a).

4. NETTO-PRODUKTIE

4.1. ALGEMEEN

Vergelijking (1), het basismodel voor grondver-zet, kan voor grondtransport met dumpers worden ge-schreven als:

$$q_n = \frac{cB_u(b_v - b_o)}{aT_c} \quad (m^3 \cdot h^{-1}) \tag{2}$$

waarin: q_n = netto-produktie voor grondtransport met dumpers in $m^3 \cdot h^{-1}$

T_c = cyclustijd voor grondtransport met dum-pers in minuten

B_u = afgestreken bakinhoud van de dumper in m^3

b_v = vakvullingsgraad als fractie van B_u

b_o = bakverontreiniging als fractie van B_u

c = constante (= $60 \text{ min} \cdot h^{-1}$)

In verg. (2) stelt $B_u(b_v - b_o)$ de hoeveelheid grond voor die per cyclus door de dumper wordt vervoerd en die inderdaad ook verplaatst dan wel gelost wordt.

Een cyclus bij het grondtransport met dumpers bestaat uit vier repeteerbare elementen, zoals in Par. 2.2 is aangegeven. De cyclustijd kan worden voorge-steld door:

$$T_c = T_l + T_t + T_d + T_r \quad (\text{min}) \tag{3}$$

waarin: T_l = laadtijd in min

T_t = transporttijd in min

T_d = lostijd in min

T_r = terugrijtijd in min

De tijden voor het 'achteruitsteken' en het 'oprijden' (Par. 2.2) worden gerekend tot respectievelijk T_t en T_r .

De in verg. (3) aangegeven elementen kunnen voor het transport met dumpers, waarbij laden plaatsvindt door een dieplepel (gecombineerde bewerking van twee verschillende werktuigen), worden voorgesteld als functies van onderdelen die het transport kenmerken. We onderscheiden voor de laadtijd de functie:

$$T_l = f_1(B_u, B_i) \quad (\text{min}) \tag{4}$$

waarin: f_1 = nader te bepalen functie van B_u en B_i
 B_i = de afgestreeken bakinhoud van het ladende
 werktuig (dieplepel) in m^3

De laadtijd is voorts afhankelijk van de graafwijze,
 dus de wijze van beladen.

De transporttijd en terugrijtijd worden bepaald
 door de afstand tussen laad- en losplaats:

$$T_t + T_r = f_2(L_t) \quad (\text{min}) \quad (5)$$

waarin: L_t = de transportafstand in m

In principe zijn zowel T_t als T_r verschillende func-
 ties van L_t , doch ter vereenvoudiging is de som van
 beide genomen. Voor de lostijd onderscheiden we:

$$T_d = f_3(B_u) \quad (\text{min}) \quad (6)$$

Indien we verg. (4) t.m. (6) substitueren in verg.
 (3) en deze vervolgens in verg. (2), dan ontstaat een
 vergelijking voor de netto-productie in de vorm:

$$q_n = c \frac{B_u(b_v - b_o)}{a\{f_1(B_u, B_i) + f_2(L_t) + f_3(B_u)\}} \quad (m^3 \cdot h^{-1}) \quad (7)$$

De functies f_1 , f_2 en f_3 uit vergelijking (7) moeten
 nu nader worden bepaald.

4.2. BEPALEN VAN FUNCTIES VOOR LAAD- EN LOSTIJD, EN TRANSPORT- EN TERUGRIJTIJD

Het bepalen van f_1

De laadtijd voor het vullen van een dumper kan
 worden geschreven als:

$$T_1 = \frac{B_u(b_v - b_o)}{q_n^*} \quad (\text{min}) \quad (8)$$

waarin: q_n^* = netto-productie van het ladende werk-
 tuig (i.c. de dieplepel) in $m^3 \cdot \text{min}^{-1}$

Tijdens het laden van de dumper is de dieplepel uit-
 sluitend bezig met graven, zwenken, lossen en terug-
 zwenken. Op het moment van laden is er geen tijd voor
 overleg, persoonlijke verzorging of een andere vorm
 van nevenactiviteit. Bovendien zullen tijdens het la-
 den werkzaamheden als egaliseren van het dieplepeltra-
 cé of het tussentijdse transport naar de volgende
 standplaats niet worden uitgevoerd. Bij het laden
 werkt de dieplepel continu en zijn productie komt
 overeen met de netto-productie.

De netto-productie voor de dieplepel wordt ana-
 loog aan verg. (2) geschreven:

$$q_n^* = \frac{B_i(b_v^* - b_o^*)}{T_c^*} \quad (m^3 \cdot \text{min}^{-1}) \quad (9)$$

waarin: B_i = de afgestreeken bakinhoud van de dieple-
 pel in m^3

b_v^* = bakvullingsgraad als fractie van B_i

b_o^* = bakverontreiniging als fractie van B_i

T_c^* = cyclustijd van het graven in min

waarmee gevonden wordt:

$$T_1 = f_1(B_u, B_i) = \frac{B_u(b_v - b_o)}{B_i(b_v^* - b_o^*)} T_c^* \quad (\text{min}) \quad (10)$$

Het bepalen van f_2

De transportafstand L_t stelt de kortste afstand
 voor tussen laad- en losplaats. Zowel de transportweg
 als de terugrijweg zijn over het algemeen langer. We
 veronderstellen dat de transporttijd en de terugrij-
 tijd een rechtlijnig verband vormen met de transport-
 afstand. Naarmate de afstand korter is, zullen het af-
 remmen, optrekken en schakelen van meer invloed zijn
 en de gemiddelde snelheid verlagen. Bij kortere af-
 standen zal enige afwijking kunnen voorkomen van het
 lineaire karakter. De tijd die nodig is om de trans-
 portafstand L_t éénmaal in heengaande richting en één-
 maal in teruggaande richting te overbruggen is $T_t +$
 T_r . Deze som stellen we ons eveneens voor in een
 rechtlijnig verband met de transportafstand waarbij:

$$T_t + T_r = f_2(L_t) = eL_t + h \quad (\text{min}) \quad (11)$$

waarin: e = richtingscoëfficiënt van de lijn in
 $\text{min} \cdot m^{-1}$

h = constante (afstand tussen het snijpunt van
 de lijn met de $(T_t + T_r)$ -as en de L_t -as)

Het bepalen van f_3

De tijd voor het lossen is voorgesteld als de
 functie van de afgestreeken bakinhoud B_u . We veronder-
 stellen dat de functiewaarden dicht bij elkaar liggen,
 zodat de lostijd kan worden opgevat als een constante
 (r):

$$T_d = f_3(B_u) = r \quad (\text{min}) \quad (12)$$

Theoretisch model voor de netto-productie

Door substitutie van de verg. (10) t.m. (12) in
 verg. (7) is het model voor de netto-productie van
 grondtransport met dumpers bepaald. Het wordt voorge-
 steld door:

$$q_n = c \frac{B_u(b_v - b_o)}{a \left(\frac{B_u(b_v - b_o)}{B_i(b_v^* - b_o^*)} T_c^* + eL_t + h + r \right)} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) \quad (13)$$

4.3. MEETRESULTATEN

Verg. (13) is een theoretisch model voor de netto-productie. Om te komen tot een praktisch model is onder veldomstandigheden nagegaan welke factoren van invloed zijn op de productie van het grondtransport met dumpers. Als belangrijkste kwamen daarbij naar voren:

- bakinhoud van het ladende werktuig (dieplepel);
- bakinhoud van de dumper;
- transportafstand;
- grondsoort;
- soort bewerking waarbij de grond vrijkomt, graafwijze.

De eerste drie factoren komen in verg. (13) voor, de vierde is onder andere in de uitlevering a van de grond aanwezig. Deze vierde heeft ook invloed op het laden en het transport, door graafweerstandverschillen en verschillen in gewicht en berijdbaarheid. Hiervoor zijn geen afzonderlijke metingen uitgevoerd; de invloed ervan is dus niet na te gaan. De soort bewerking is verdisconteerd in de laadtijd T_1 (verg. 10), waardoor verschillende functies f_1 kunnen worden gevonden al naar gelang de graafwijze. De meetresultaten bij het graven van waterlopen en het afgraven van grondwallen zijn diensgevolge gescheiden gehouden.

Om verg. (13) te kunnen invullen, zijn metingen uitgevoerd aan transporten met getrokken en zelfrijdende dumpers onder normale, gemiddeld werkbare omstandigheden. Het ingevulde model is daarom geschikt om producties te berekenen die gelden als norm.

Van de cyclustijd van de dieplepel zijn niet in alle gevallen meetresultaten bekend, daarom is deze cyclustijd bepaald door verg. (8) en (9) te combineren waardoor T_c^* geschreven kan worden als:

$$T_c^* = B_i(b_v^* - b_o^*) \frac{T_1}{B_u(b_v - b_o)} \quad (\text{min}) \quad (14)$$

De factor $\frac{T_1}{B_u(b_v - b_o)}$ uit verg. (14) is de laadtijd per m^3 en wordt in het vervolg voorgesteld door de grootheid T ($\text{min} \cdot \text{m}^{-3}$). De cyclustijd wordt dan:

$$T_c^* = B_i(b_v^* - b_o^*) T \quad (\text{min}) \quad (15)$$

Indien we T relateren aan B_i dan wordt een empirische functie gevonden die een hyperbolisch verloop heeft en waarbij de T - en B_i -as optreden als asymptoten (De WILDE, 1984a). De vergelijking voor deze functie is:

$$T = \frac{\alpha}{B_i} \quad (\text{min} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (16)$$

waarin α een constante is (min). Indien we verg. (16) invullen in verg. (15) dan is:

$$T_c^* = (b_v^* - b_o^*) \alpha \quad (\text{min}) \quad (17)$$

Blijkbaar is de verhouding $\frac{T_c^*}{(b_v^* - b_o^*)}$ uit verg. (13) een constante. Substitutie van verg. (17) in (9) en deze vervolgens in verg. (8) geeft:

$$T_1 = \frac{\alpha(b_v - b_o) B_u}{B_i} \quad (\text{min}) \quad (18)$$

Voor de term $(b_v - b_o)$ werd uit de veldmetingen een waarde van 1,11 voor getrokken dumpers en 1,26 voor zelfrijdende dumpers bepaald. De waarde van α is bepaald voor het ontgraven van een grondwal en voor het graven van een waterloop, voor zowel getrokken als zelfrijdende dumpers. De laadtijd van getrokken dumpers is dan bij het afgraven van een grondwal:

$$T_{11} = \frac{0,225 B_u}{B_i} \quad (\text{min}) \quad (19)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$T_{12} = \frac{0,391 B_u}{B_i} \quad (\text{min}) \quad (20)$$

Voor zelfrijdende dumpers is de laadtijd bij het afgraven van een grondwal:

$$T_{13} = \frac{0,285 B_u}{B_i} \quad (\text{min}) \quad (21)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$T_{14} = \frac{0,495 B_u}{B_i} \quad (\text{min}) \quad (22)$$

Gedurende de periode van onderzoek zijn geen transporten uitgevoerd met zelfrijdende dumpers bij het graven van waterlopen. Om verg. (22) op te stellen, is verondersteld dat de verhouding van de laadtijden bij het graven van een grondwal door een getrokken en een zelfrijdende dumper dezelfde is als bij het graven van een waterloop. Voor getrokken dum-

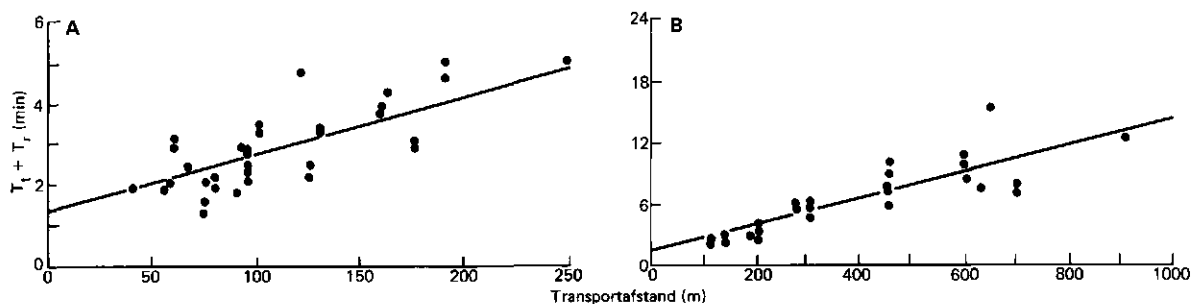


Fig. 4. Verband tussen de som van de transporttijd en de terugrijtijd ($T_t + T_r$) en de transportafstand (L_t) voor getrokken dumpers (A) en voor zelfrijdende dumpers (B)

pers bedraagt de verhouding 1,74. Vermenigvuldiging hiervan met verg. (21) geeft verg. (22).

Uit de vergelijkingen (19) t.m (22) is het volgende af te leiden. Bij gelijke waarden voor B_i en B_u is de laadproduktie van de dieplepel bij de (kleinere) getrokken dumpers hoger dan die van de (grote-re) zelfrijdende dumpers. Bij iedere eerste laadcyclus wacht de dieplepel met een volle bak, er hoeft dan geen volledige graafcyclus plaats te vinden. Naarmate de dumper kleiner is, zal deze eerste korte 'cyclus' van grotere invloed zijn op de laadduur.

Eveneens is te zien dat het laden van de dumper meer tijd kost bij het graven van een waterloop dan bij het afgraven van een grondwal. Het profilerend graven van een waterloop stelt eisen aan de kwaliteit; deze is bij het afgraven van een grondwal ondergeschikt, en vraagt dus minder tijd. Bovendien ontstaat bij het vullen van dumpers bij het graven van een waterloop meer morsgrond, wat voornamelijk veroorzaakt wordt doordat een deel van de meergevoerde grond op de vleugels van de taludbak naast de dumper belandt.

De relatie tussen de transport- en terugrijtijd en de transportafstand is rechtlijnig en wel:

$$T_t + T_r = eL_t + h \quad (11)$$

Uit de metingen is voor getrokken dumpers gevonden:

$$T_{t1} + T_{r1} = 0,0142 L_t + 1,32 \quad (r = 0,81) \text{ (min)} \quad (23)$$

en voor zelfrijdende dumpers:

$$T_{t2} + T_{r2} = 0,0128 L_t + 1,54 \quad (r = 0,91) \text{ (min)} \quad (24)$$

De relaties (23) en (24) zijn weergegeven in Fig. 4.

De veldmetingen hebben laten zien dat de lostijd voor de dumpers nauwelijks varieert. De waarde is berekend als gemiddelde van alle lostijden. Voor getrokken dumpers geldt:

$$T_{d1} = 0,32 \quad (\text{min}) \quad (25)$$

en voor zelfrijdende dumpers

$$T_{d2} = 0,41 \quad (\text{min}) \quad (26)$$

4.4. REKENMODELLEN VOOR DE NETTO-PRODUKTIE

Wanneer de meetresultaten en de gevonden relaties worden verwerkt in verg. (13) vinden we een aantal rekenmodellen voor de netto-produktie(norm) van grondtransport. Voor getrokken dumpers is deze bij het afgraven van grondwal:

$$q_{n1} = \frac{66,6B_u B_i}{a\{0,225B_u + (0,0142L_t + 1,64)B_i\}} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) \quad (27)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$q_{n2} = \frac{66,6B_u B_i}{a\{0,391B_u + (0,0142L_t + 1,64)B_i\}} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) \quad (28)$$

Voor zelfrijdende dumpers is het rekenmodel bij het afgraven van een grondwal:

$$q_{n3} = \frac{75,6B_u B_i}{a\{0,285B_u + (0,0128L_t + 1,95)B_i\}} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) \quad (29)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$q_{n4} = \frac{75,6B_u B_i}{a\{0,495B_u + (0,0128L_t + 1,95)B_i\}} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}) \quad (30)$$

Met voorgaande rekenmodellen is het mogelijk de bruto-produktienorm (taaknorm) voor grondtransport te bepalen nadat de opslag, in de vorm van een opslagfactor, in rekening is gebracht (Hoofdstuk 7 en 8). Alvorens hierop in te gaan, is het van belang dat de dieplepel en het aantal dumpers zo efficiënt mogelijk op elkaar zijn afgestemd.

5. AFSTEMMING DIEPLEPEL OP DUMPER (EN OMGEKEERD)

5.1. ALGEMEEN

Het grondtransport met getrokken en knikbestuurde zelfrijdende dumpers gebeurt altijd in combinatie met een ladend werktuig. Op cultuurtechnische werken is dat vrijwel altijd een dieplepel. De metingen zijn dan ook alle gedaan bij een dieplepel.

Om efficiënt te werken, moet het transport van laad- naar losplaats onbelemmerd kunnen plaatsvinden. Stilstand van de dumper door te wachten bij de laadplaats moet zo veel mogelijk worden beperkt. Hiervoor is een goede afstemming van een of meer dumpers op de dieplepel vereist. Dit is onder meer afhankelijk van de produktie van de dieplepel en de capaciteit van de dumper en van de afstand waarover het transport moet plaatsvinden. Stilstand, anders dan bij laden en lossen en door wachten bij de laadplaats, kan ontstaan door mankementen aan de machine. Om machine-storingen zo veel mogelijk te voorkomen, is preventief onderhoud erg belangrijk, waarbij vooral de essentiële onderdelen zoals loopwerk, bandenprofiel, motor en het hydraulische gedeelte veel controle verdienen.

Ook kan stilstand ontstaan door een slechte toestand van de transport- dan wel terugrijweg, doordat deze te smal is of belemmeringen heeft als dammen of greppels. Neerslag kan de oorzaak zijn dat een aanvankelijk goede afstemming vermindert. Bij slechte terreinomstandigheden zijn de dumpers dikwijls sneller uitgeschakeld dan de dieplepel. Bij de onderzoekopnamen zijn ook metingen uitgevoerd tijdens en na veel regen. De behaalde transportsnelheden geven dan ook geen optimaal beeld, maar zijn een gemiddelde onder diverse weersomstandigheden. Stagnaties die het gevolg zijn van tekortkomingen van de vervoerswegen kunnen dikwijls worden voorkomen door voorbereidend werk te verrichten. Dit kan bestaan uit (VERHAGEN, 1969):

- het verwijderen van obstakels;
- het egaliseren van de rijweg;
- het ontwateren van de laadplaats, de stortplaats en de rijweg;
- het verbreden van de transportweg indien deze te smal is.

Verder verdient het de voorkeur de transport- en de terugrijweg gescheiden te houden. Noodzakelijk voorkomende obstakels dienen zo veel mogelijk in de terugrijweg opgenomen te worden.

Tijdens de opnamen is gebleken dat in de praktijk met genoemde punten rekening wordt gehouden en

dat indien nodig het voorbereidende werk wordt uitgevoerd.

De afstemming van dumpergrootte op de grootte van het vermogen van het trekkende voertuig of van de dumper is eveneens van belang. Dit wordt besproken in Hoofdstuk 6.

5.2. AANTAL DUMPERS PER DIEPLEPEL

Slechts in uitzonderlijke situaties is sprake van een juiste afstemming van dieplepel en dumper(s). Meestal zal een situatie optreden waarbij of stilstand van de dieplepel optreedt omdat de dumper nog niet aanwezig is of de terugrijdende dumper moet wachten bij de laadplaats omdat de voorgaande dumper nog niet geladen is. Niet altijd hoeft dit echter tot stilstand te leiden. Indien er nog geen volgende dumper aanwezig is, kan de machinist van de dieplepel, terwijl hij de dieplepelbak vult, correctiewerk uitvoeren of de grond egaliseren en bijeenschrapen. Ook kan hij de dieplepel verplaatsen om een nieuwe positie in te nemen. De dumperchauffeur die ziet dat hij moet wachten bij de laadplaats, zal in vele gevallen zijn terugrijnsnelheid verminderen, waardoor een deel van de afstemming terug te vinden is in de terugrijnsnelheid.

De afstemming van de produktie van de dumper(s) op de produktie van de dieplepel afhankelijk van de transportafstand L_t komt er op neer dat wordt bepaald hoeveel dumpers (n) in de cyclustijd T_c van het dumpertransport worden geladen door de dieplepel. Deze cyclustijd is gedefinieerd door verg. (3). Het aantal dumpers dat afgestemd op de continu werkende dieplepel (zie Par. 4.2) benodigd is, komt overeen met:

$$n = 1 + \frac{T_t + T_r + T_d}{T_1} \quad (31)$$

Reeds eerder zijn soortgelijke vergelijkingen gegeven om het benodigde aantal dumpers te bepalen (Van GILST, 1963; VERHAGEN, 1969; MIJNLIEFF, 1973). Verhagen geeft in principe verg. (31), indien met de door hem genoemde inhoud van het vervoermiddel de door ons aangegeven 'verplaatste' vulling $\{B_u(b_v - b_o)\}$ bedoeld wordt. Van Gilst gaat uit van de bruto-produktie van de graafmachine en Mijnlieff neemt de wachttijden tijdens het transport op in de cyclustijd. Aangezien het wachten tijdens het transport geen herhaalbaar element is, is dit door ons buiten beschouwing gelaten.

Wanneer verg. (31) en verg. (19) t.m. (26) worden gecombineerd dan worden vier empirische vergelij-

kingen gevonden voor het vereiste aantal dumpers.
Voor getrokken dumpers is dit aantal bij:
het afgraven van een grondwal:

$$n_{g1} = 1 + (0,063L_t + 7,29) \frac{B_i}{B_u} \quad (32)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$n_{w1} = 1 + (0,036L_t + 4,19) \frac{B_i}{B_u} \quad (33)$$

Voor zelfrijdende dumpers bedraagt dit aantal bij:
het graven van een grondwal:

$$n_{g2} = 1 + (0,045L_t + 6,84) \frac{B_i}{B_u} \quad (34)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$n_{w2} = 1 + (0,026L_t + 3,94) \frac{B_i}{B_u} \quad (35)$$

Indien met deze vergelijkingen het aantal dumpers wordt bepaald, wordt meestal geen geheel getal gevonden. Afronding van de gevonden waarden kan de bepaalde afstemming in zekere mate verstoren. In de volgende paragraaf wordt hierop ingegaan.

5.3. AFRONDINGSCRITE RIUM

Ruim vijftien jaar geleden gebeurde grondtransport grotendeels met getrokken dumpers. De kosten van de laadmachine waren toen een factor 2 à 2,5 hoger dan die van de dumper (VERHAGEN, 1969). In die tijd werd een zekere voorrang gegeven aan de laadmachine en was het gewoon dat optredende wachttijden voorkwamen bij de dumpers. Afstemming vond plaats op de laadmachine. Met andere woorden: om het aantal dumpers te bepalen, vond afronding naar boven plaats.

Momenteel liggen de tarieven voor dumper en dieplepel dicht bij elkaar. Het afronden van een niet geheel getal dat berekend wordt voor het aantal in te zetten dumpers per dieplepel moet hierdoor kritisch worden bekeken. Voor een getrokken dumper met een bakinhoud van gemiddeld $4,5 \text{ m}^3$ wordt een uurtarief berekend van f 57,- (inclusief trekker en machinist). Voor een dieplepel op rupsen met een bakinhoud van 1000 liter (gemiddelde waarde uit de opnamen) wordt een uurtarief (inclusief machinist) berekend van f 81,- (BOVAL, 1984). De gemiddelde kosten per uur van een dieplepel (1) en een getrokken dumper (m) verhouden zich als:

$$k = \frac{1}{m} \quad (36)$$

In dit voorbeeld (prijsspeil 1984) is k gelijk aan 1,42.

Afhankelijk van de verhouding k kan nu het aantal dumpers per dieplepel worden bepaald. Het afrondingscriterium is de theoretische waarde (dat wil zeggen het decimale gedeelte) waarbij lagere decimalen dan die waarde naar beneden moeten worden afgerond. Een evenwichtssituatie in kosten tussen dieplepel en dumper ontstaat voor het geval:

$$1x' = (1 - x')m \quad (37)$$

waarin x' het afrondingscriterium voorstelt door verschillen in uurtarief. Combinatie van verg. (36) en (37) geeft:

$$x' = \frac{1}{k + 1} \quad (38)$$

Met het voorbeeld van $k = 1,42$ wordt voor $x' = 0,41$ gevonden.

Bij de afronding is verder van belang dat de berekening van het aantal dumpers heeft plaatsgevonden uitgaande van de netto-productie van de dumpers. De bruto-productie (taaknorm) van de dumpers ligt namelijk lager, doordat ook tijd wordt besteed aan nevenactiviteiten (Hoofdstuk 7). De verhouding tussen netto- en bruto-productie is de opslagfactor voor de nevenactiviteiten. Het afrondingscriterium waarbij zowel met verschil in uurtarief als de netto-/bruto-productie wordt rekening gehouden wordt als volgt bepaald:

$$x = \frac{1}{kf_o + 1} \quad (39)$$

waarin: x = gemiddeld afrondingscriterium door verschil in uurtarief en netto-/bruto-productie*

k = tariefsverhouding tussen dieplepel en dumper ($k = 1/m$)

f_o = opslagfactor voor nevenactiviteiten

*Indien ook rekening moet worden gehouden met de verhouding tussen calculatienorm en taaknorm, wat buiten het bestek van dit rapport valt, dan zou dat afrondingscriterium als volgt bepaald kunnen worden:

$$x'' = \frac{1}{kf_o f' + 1} \quad (40)$$

waarin: x'' = gemiddeld afrondingscriterium ten gevolge van verschil in uurtarief, netto-/bruto-productie en produktieverhouding tussen taaknorm en calculatienorm
 f' = produktieverhouding tussen taaknorm en calculatienorm

Voor dumpertransporten bedraagt $f_0 = 1,2$ (zie Hoofdstuk 7). Voor getrokken dumpers wordt nu met verg. (39), een afrondingscriterium (x) berekend van 0,37 bij $k = 1,42$.

Bij de zelfrijdende dumpers bedroeg de gemiddelde afgestreeken inhoud van de dumpers ruim 9 m^3 . Voor een dergelijke dumper geldt een uurtarief van ongeveer f 83,- (BOVAL, 1984). De gemiddelde afgestreeken inhoud van de dieplepelbak is 1000 liter (uurtarief f 81,-). Bij de zelfrijdende dumpers is hierdoor het kostenverschil tussen dumper en dieplepel weggefallen ($k = 1$). Het afrondingscriterium (x) is dan voor zelfrijdende dumpers 0,45. Decimaalgedeelten groter dan 0,37 en 0,45 voor respectievelijk het aantal getrokken en zelfrijdende dumpers moeten naar boven worden afgerond; lagere decimale waarden naar beneden.

5.4. REDUCTIE AFSTEMVERLIEZEN

In de vorige paragrafen is reeds besproken dat verliezen in de afstemming kunnen ontstaan. Deze zijn groot indien het benodigde aantal dumpers per dieplepel het afrondingscriterium benadert. In de bijlagen 1 t.m. 9 zijn normtabellen gegeven waarin naast de bruto-dumperproductie het met verg. (32) t.m. (35) benodigde aantal dumpers staan vermeld. Indien meer dumpers per dieplepel moeten worden ingezet, is ervan uitgegaan dat de dumpers even groot zijn. Is een te grote afronding nodig dan kan de afstemming worden verbeterd door:

- een andere combinatie van dieplepel en dumper toe te passen, zodanig dat het benodigde aantal dumpers in de buurt ligt van een geheel getal (zie productietabellen bijlagen 1 t.m. 9);
- bij de oorspronkelijke combinatie waarmee de berekening van het aantal dumpers plaatsvond ook dumpers te betrekken uit een andere grootte-klasse.

5.5. INHOUD DUMPER- EN DIEPLEPELBAK

De afgestreeken inhoud van dumperbak (B_u) versus dieplepelbak (B_i) is bepalend voor de afstemming. Een dieplepel is afhankelijk van de graafwijze uitgerust met verschillende bakken. Bij het afgraven van een grondwal wordt gebruik gemaakt van een zogenaamde slotenbak en bij het graven van leidingen wordt een taludbak gebruikt. De slotenbak is een vrij brede, doch ondiepe bak en de taludbak is een bak voorzien van zogenaamde vleugels die samen met de bak de contouren van het slootprofiel vormen.

De afstemming van de dieplepelbak op de dumper-

bak zal ongetwijfeld afhangen van het materieel dat voorhanden is. Om een richtlijn te geven, is uit de metingen bepaald hoe de verhoudingen tussen B_u en B_i liggen. Bij getrokken dumpers is B_u/B_i 4,9 bij het laden vanuit een grondwal en bij het laden vanuit een waterloop 4,5. Bij de zelfrijdende dumpers is voor B_u/B_i 9,0 berekend bij het laden vanuit een grondwal en 8,3 bij het laden vanuit een waterloop.

6. ENERGIEBEHOEFTE

Een maat voor de energie of arbeid is het vermogen (arbeid per tijdseenheid). Over het vermogen van de trektermotor ten opzichte van de grootte van de getrokken dumper of van de dumpermotor ten opzichte van de bakgrootte van de zelfrijdende dumper is weinig bekend. Voor het onderzoek is ervan uitgegaan dat de waargenomen combinaties van trekker en getrokken dumpers en zelfrijdende dumpers representatief zijn. We mogen aannemen dat aannemers in het grondverzet goed ingespeeld zijn op het gebruik van getrokken dumpers en fabrikanten van zelfrijdende dumpers evenzo. Het is echter wel zo dat niet alle mogelijkheden van de dumpercombinatie optimaal kunnen worden benut, doorgaans wordt een keuze gemaakt uit hetgeen op dat moment voorhanden is, waarbij rekening is gehouden met de veelal slechte terreinomstandigheden bij cultuurtechnisch werk.

De energiebehoefte naar grootte van de dumperbak wordt voor getrokken dumpers weergegeven door het verband tussen het krukasvermogen N_1 van de trektermotor en de bakinhoud van de dumper B_u :

$$N_1 = 25,7B_u - 38,76 \quad (R = 0,77) \quad (\text{kW}) \quad (41)$$

Voor zelfrijdende dumpers is het krukasvermogen van de dumpermotor:

$$N_2 = 15,2B_u - 10,69 \quad (R = 0,91) \quad (\text{kW}) \quad (42)$$

Beide vergelijkingen worden weergegeven in Fig. 5. Voor de getrokken dumpers is het vermogen gemeten aan de krukas van de trektermotor en ontleend aan MACHINE-PARK (1974) en HOENDERKEN (1980). Het gemiddelde toerental bedroeg bij deze motoren circa $2200 \text{ omw} \cdot \text{min}^{-1}$. Doordat trekker en dumper geen vaste verbinding vormen, is voor de bepaling van verg. (41) het aantal keren dat een combinatie werd aangetroffen aangegeven in Fig. 5. Het berekende rechtlijnige verband lijkt niet geheel in overeenstemming met de werkelijke toename van de energiebehoefte bij toenemende bakgrootte.

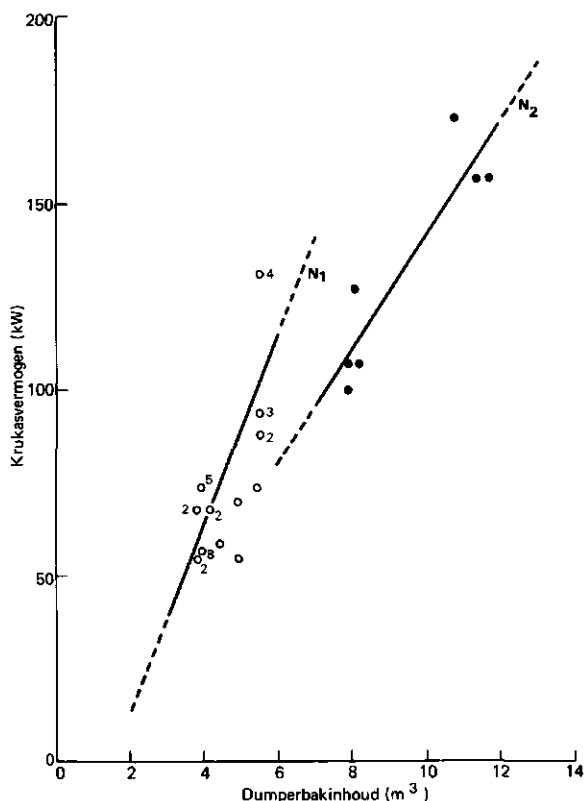


Fig. 5. Energiebehoefte van dumpers uitgedrukt in het krukasvermogen bij een afgestreden bakinhoud B_u voor getrokken dumpers (N_1) en zelfrijdende dumpers (N_2). Indien een bepaalde combinatie van trekker en dumper vaker werd aangetroffen is dit aangegeven

Een kromme door de oorsprong waarvan de richtingscoëfficiënt toeneemt naarmate B_u groter wordt lijkt reëler. De veronderstelling van een rechtlijnig verband in het gebied tussen 3 en 6 m^3 bakinhoud lijkt terecht. Dumpers kleiner dan 3 m^3 zijn niet in het onderzoek betrokken (gezien de geringe toepassing). Ook getrokken dumpers met een bakinhoud groter dan 6 m^3 zijn niet aangetroffen. Bij het vervoer van hoeveelheden groter dan 6 m^3 tegelijk wordt gebruik gemaakt van zelfrijdende dumpers met een bakinhoud van 7 m^3 of meer.

Voor de zelfrijdende dumpers is voor de vaststelling van het krukasvermogen afgegaan op opgave van de dumperfabrikanten c.q. importeur (MACHINEPARK, 1977, 1978, 1980, 1982). Het gemiddelde motortoerental bedroeg daarbij 2470 omwentelingen per minuut. Aangezien het hier gaat om vaste combinaties tussen motorgrootte en dumpergrootte, die door de fabrikant zijn samengesteld en waar slechts op kleinere punten van kan worden afgeweken, is het aantal aangetroffen dumpers niet in rekening gebracht bij de regressieberekening. Weergave met een rechtlijnig verband in het gebied tussen 7 en 12 m^3 bakinhoud lijkt juist.

Het gemiddelde vermogen van de toegepaste trekkers bij de getrokken dumpers bedroeg 76,5 kW, terwijl de gemiddelde grootte van de toegepaste dumpers, naar afgestreden bakinhoud B_u , 4,5 m^3 bedroeg. De gemiddelde bakvulling in m^3 vaste grond was 4,1 m^3 , terwijl dit in uitgeleverde toestand 5,0 m^3 was, wat neerkomt op een gemiddelde uitleveringsfactor van de grond van 1,21. Globaal kunnen we nu stellen dat per m^3 afgestreden bakinhoud van de getrokken dumper een trekkervermogen van 17 kW vereist is, of van 18,5 kW per m^3 vaste grond.

Het gemiddelde vermogen van de zelfrijdende dumper bedroeg 132,6 kW, terwijl de gemiddelde grootte van de dumpers, naar afgestreden bakinhoud B_u , 9,4 m^3 bedroeg. De gemiddelde bakvulling in m^3 vaste grond was 10,0 m^3 , terwijl dit in uitgeleverde toestand 11,4 m^3 was, wat neerkomt op een gemiddelde uitleveringsfactor van 1,14. Per m^3 afgestreden bakinhoud van de zelfrijdende dumper is de vermogensbehoefte 14 kW of 13,3 kW per m^3 vaste grond. Deze waarden zijn aanmerkelijk lager dan die van getrokken dumpers; voor vaste grond zelfs circa 28%.

7. VAN NETTO- NAAR BRUTO-PRODUKTIONORMEN

In de vorige hoofdstukken is vrijwel steeds uitgegaan van de netto-productie. Behalve de netto-werk-tijd, gevormd door de productieve uren, wordt tijd besteed aan nevenactiviteiten (Par. 2.2).

Aangezien het onderzoek zich in hoofdzaak richtte op de transportcyclus van de diverse werktuigen, zijn de metingen onvolledig om inzicht te hebben in de tijd die wordt besteed aan nevenactiviteiten. Deze tijd kan worden uitgedrukt in een percentage van de netto-werk-tijd, de zogenaamde opslag. De verhouding tussen de som van netto-werk-tijd en opslag-tijd en de netto-werk-tijd is de opslagfactor f_o . De bruto-productie wordt verkregen door de netto-productie te vermenigvuldigen met de reciproke van de opslagfactor ($q_b = q_n \cdot 1/f_o$).

Tot de nevenactiviteiten worden gerekend overleg, tanken, persoonlijke verzorging, onderhoud, het uitvoeren van kleine reparaties of aanpassingen en storings- of stagnatie aan bijvoorbeeld de machine. Als algemene opslag voor dumpertransporten en graafwerkzaamheden (waterlopen) wordt 20% aangehouden (SPRIK, 1981; CATERPILLAR, 1982; De WILDE en Van Der MEER, 1983b). De reciproke van de opslagfactor bedraagt dan 0,83.

De bruto-productienormen (of taaknormen) worden

verkregen door de netto-productie uit verg. (27), (28) (28), (29) en (30) te vermenigvuldigen met 0,83. De bruto-productie van getrokken dumpers, die als taak-norm kan worden aangehouden, is bij het afgraven van een grondwal:

$$q_{b1} = \frac{55,3B_u B_i}{a\{0,225B_u + (0,0142L_t + 1,64)B_i\}} \quad (m^3 \cdot h^{-1}) \quad (43)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$q_{b2} = \frac{55,3B_u B_i}{a\{0,391B_u + (0,0142L_t + 1,64)B_i\}} \quad (m^3 \cdot h^{-1}) \quad (44)$$

Voor zelfrijdende dumpers is de bruto-productie bij het afgraven van een grondwal:

$$q_{b3} = \frac{62,7B_u B_i}{a\{0,285B_u + (0,0128L_t + 1,95)B_i\}} \quad (m^3 \cdot h^{-1}) \quad (45)$$

en bij het graven van een waterloop:

$$q_{b4} = \frac{62,7B_u B_i}{a\{0,495B_u + (0,0128L_t + 1,95)B_i\}} \quad (m^3 \cdot h^{-1}) \quad (46)$$

Op basis van verg. (43) t.m. (46) zijn voor verschillende transportafstanden, vochttoestanden van de te verwerken grond, graafwijzen, afgestreken bakinhouden van dieplepel (B_i) en dumper (B_u), voor getrokken en zelfrijdende dumpers en voor een drietal grondsoorten bruto-productienormen berekend met het computerprogramma DUMPRO. Deze zijn samengevat in twee Instituutsnota's (De WILDE, 1984a; De WILDE en Van Der MEER, 1984). In dit rapport wordt in de bijlagen 1 t.m. 9 volstaan met het weergeven van de bruto-productienormen die gelden voor een gemiddelde vochttoestand die als normaal omschreven is (Hoofdstuk 3). De waarden die achter de producties worden vermeld, geven het aantal in te zetten dumpers aan, berekend met verg. (32) t.m. (35). Door de productie per dumper met deze waarde te vermenigvuldigen, wordt de gemiddeld te behalen bruto-productie voor alle ingezette dumpers voor dat grondtransport berekend.

8. CONCLUSIE

Met een basismodel voor grondverzet, het bepalen van functies voor de transportcycluselementen laden, transport, lossen en terugrijden was het mogelijk een theoretisch model voor de netto-productie te bepalen.

Tot een praktisch model voor het berekenen van productienormen kon worden gekomen door de resultaten van metingen uitgevoerd aan transporten van grond in het theoretisch model in te vullen. Door onderscheid te maken tussen getrokken en zelfrijdende dumpers geladen door een dieplepel bij het afgraven c.q. graven van zowel grondwallen als waterlopen konden modellen worden afgeleid naar dumpertype en graafwijze. Door voorts als modelvariabelen de belangrijkste invloedsfactoren op de transportproductie, zoals de transportafstand L_t , de dumpergrootte B_u , de dieplepelgrootte B_i en de uitlevering van de grond te nemen, is het mogelijk voor iedere dumpercombinatie en grondsoort de normproductie te berekenen.

Door voor iedere dumperbak de afgestreken inhoud B_u te bepalen, werd een uniforme grootte-maat voor de dumper verkregen die niet afhankelijk is van de grondsoort. Er zijn gemiddelde waarden ingevoerd voor bakvulling en bakverontreiniging, waarmee rekening is gehouden voor de effectief vervoerde hoeveelheid grond. Voor getrokken en zelfrijdende dumpers blijkt deze waarde respectievelijk 1,11 en 1,26 te bedragen.

Door de vochttoestand van de gegraven grond te verdisconteren in de uitleveringsfactor a van de grond wordt in zekere mate rekening gehouden met de grondvochtsituatie in de produktienorm.

Het laden van dumpers kan gezien worden als een bewerking waarbij het ladende werktuig continu functioneert. Om die reden kan tijdens het laden als productie voor dit werktuig de netto-productie worden aangehouden. De relaties tussen de laadtijd per m^3 grond T en de bakinhoud B_i van de dieplepel blijken een hyperbolisch verloop te hebben. De laadproducties van de dieplepel bij de (kleinere) getrokken dumpers blijkt hoger dan die van de (grotere) zelfrijdende dumpers. Ook blijkt dat het laden van de dumper bij het graven van een waterloop meer tijd kost dan bij het afgraven van een grondwal.

Door een relatie af te leiden tussen de werkelijke rijtijden voor transport- en terugrijweg en de rechtstreekse transportafstand L_t en deze relatie in het model in te voeren, kan worden volstaan met een opgave voor de kortste afstand tussen laad- en losplaats. In de productieberekening zijn de variaties in de rijwegen aanwezig doordat deze als functie van de tijd zijn ingevoerd. Dit leidt tot een vereenvoudiging bij de productiebepaling. Gemiddeld blijkt bij de getrokken dumpers de transportweg 1,24 maal de terugrijweg te bedragen en is de transportweg 1,96 maal de transportafstand. De afstand die met de getrokken dumper wordt afgelegd om de transportafstand te overbruggen (heen en terug) blijkt 3,6 maal de transportafstand te zijn. Bij zelfrijdende dumpers komen we op

verhoudingsgetallen die respectievelijk 1,11, 1,64 en 3,1 bedragen.

De tijd voor het lossen blijkt opgevat te kunnen worden als een constante die voor getrokken en zelfrijdende dumpers verschilt.

Door met verg. (39) het afrondingscriterium te bepalen voor afronding van het niet gehele getal dat gevonden is voor het aantal in te zetten dumpers, kan een reductie van het afstemverlies worden bereikt. Bij een te grote afronding kan herziening van de materieelkeuze gewenst zijn.

Met de verg. (41) en (42) is het mogelijk de energiebehoefte van dumpers te bepalen al naar gelang de baggrootte. Globaal kan gesteld worden dat per m^3 afgestreden bakinhoud van de dumper een trekkervermogen van 17 kW vereist is, hetgeen neerkomt op 18,5 kW per m^3 vaste grond. Voor zelfrijdende dumpers is per m^3 afgestreden inhoud een dumpervermogen van 14 kW vereist, hetgeen neerkomt op 13,3 kW per m^3 vaste grond. De grotere zelfrijdende dumpers kunnen gemiddeld per m^3 vaste grond met 28% minder vermogen uit.

De in de bijlagen 1 t.m. 9 gegeven produkties kunnen als taaknormprodukties gezien worden. Voor het bepalen van calculatienormen wordt geadviseerd deze taaknormprodukties met ongeveer 10% te verminderen. Het verschil tussen taaknorm en calculatienorm kon aan de hand van de uitgevoerde metingen nog onvoldoende bestudeerd worden. Daarom moet hier genoeg worden genomen met het genoemde ervaringspercentage. De opslag in tijd uitgedrukt door dit percentage omvat wachttijden, aan- en aflooptijden, transporttijd op het werk, te betalen verleturen en afstemverliezen.

LITERATUUR

- BEUVING, J. 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden. Rapport ns 10. ICW, Wageningen. 26 pp.
- BOELS, D., J.B. SPRIK en G.H. HORST. 1981. Tijdstudies aan machines in de cultuurtechniek. Themanummer Cultuurt. Tijdschr. 21,4: 197-263.
- BOVAL. 1984 (jaarlijks). Adviestarieven grondverzet. Bond van loonbedrijven voor agrarisch- en grondverzetwerk (BOVAL), Utrecht. 1 pp.
- CATERPILLAR. 1982. Caterpillar performance handbook. Edition 13. Peoria, Illinois, USA. 542 pp.
- CULTUURTECHNISCH VADEMECUM. 1970. Cultuurt. Vereniging, Utrecht. 288 pp.
- DOORNE, W. VAN. 1983. Het schatten van de bakinhoud voor machines bij grondverzet. Nota 1404. ICW, Wageningen. 11 pp.
- GILST, W.J. VAN. 1963. Machines op cultuurtechnische werken in Nederland. Publ. 75. Instituut voor Landbouwtechniek en Rationalisatie, Wageningen. 279 pp.
- HEKKET, G. 1969. Grondwerk. Handleiding bij weg- en waterbouwkunde voor studierichting XIII. Landbouwhogeschool, Wageningen. 44 pp.
- HOENDERKEN, J.A. 1980. Enkele technische gegevens van wieltrekkers in de landbouw. Landbouwmekanisatie 31,1. Bijlage 1-19.
- HUIZINGA, T.K. 1969. Grondmechanica. AGON Elsevier, Amsterdam. 291 pp.
- KOMATSU. 1979. Specifications and application handbook. Edition 3. Tokio, Japan. 635 pp.
- MACHINEPARK. 1974. Technische gegevens tractoren. Door machinepark opgestelde lijst voor tractoren. Ten Hagen BV, 's-Gravenhage. 44 pp.
- 1977, 1978, 1980, 1982. Technische gegevens dumptrucks. Door machinepark opgestelde lijst voor dumpers. Ten Hagen BV, 's-Gravenhage. 15 pp.
- MIJNLIEFF, A.W. 1973. Analyse en kostenminimalisering van grondverzet. Meded. Landbouwhogeschool 73-10, Wageningen. 77 pp.
- NIVAG (Nieuwe Vereniging van Aannemers Grootbedrijf). 1983. Kostennormen voor aannemersmateriaal. Samson, Alphen aan de Rijn. 198 pp.
- SPRIK, J.B. en G.H. HORST. 1982. Onderzoek naar capaciteitsnormen voor diepploegen, bulldozers en hydraulische graafmachines. Rapport ns 1. ICW, Wageningen. 97 pp.
- VERHAGEN, A. 1969. Uitvoering van grondwerk op cultuurtechnische projecten. In: Cultuurtechnische Verhandelingen, Ministerie van Landbouw en Visserij: 223-246. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- WHITMORE, D.A. 1972. Inleiding tot de arbeidskunde. NIVE (Nederlandse Vereniging voor Management). Univers. Pers, Rotterdam. 320 pp.
- WILDE, J.G.S. DE. 1980. Ontwikkelingen in het doen van tijdwaarnemingen aan grondverzets- en grondbewerkingswerktuigen. Nota 1226. ICW, Wageningen. 18 pp. + bijl.
- 1981. Dieplepelprodukties bij het graven van waterlopen bepaald met behulp van een nieuw opnamesysteem. Nota 1315. ICW, Wageningen. 80 pp.
- 1984a. Analyse, model en produktienormen voor grondtransport met knikbestuurde zelfrijdende dumpers. Nota 1541. ICW, Wageningen. 45 pp. + bijl.

- WILDE, J.G.S. DE. 1984b. Video als hulpmiddel bij produktiestudies in de cultuurtechniek. Cultuurtechn. Tijdschr. 24,3: 125-134. Med. ns 32. ICW, Wageningen.
- en J.F. VAN DER MEER. 1983a. Produktiemodel en produktienormen voor het graven van waterlopen. Nota 1417. ICW, Wageningen. 38 pp. + bijl.
- en J.F. VAN DER MEER. 1983b. Perceelverbindingen in veenweidegebieden. III. Modelleren, kostenaspecten en verdere conclusies na de aanleg van 9 proefdammen in de Eilandspolder van riet, heide en boomschors. Nota 1479. ICW, Wageningen. 41 pp. + bijl.
- en J.F. VAN DER MEER. 1984. Analyse, model en produktienormen voor grondtransport met getrokken dumpers. Nota 1527. ICW, Wageningen. 43 pp. + bijl.

LIJST GEBRUIKTE SYMBOLEN

α	constante in minuten (voor getrokken en zelfrijdende dumpers geladen bij grondwal en leiding graven worden vier verschillende waarden voor α bepaald)
a	uitleveringsfactor van de grond
b_o	bakverontreiniging als fractie van B_u
b_o^*	bakverontreiniging als fractie van B_i
b_v	bakvullingsgraad als fractie van B_u . Een bakvullingsgraad van 1,2 geeft aan dat de vulling van de bak 20% meer is dan de afgestreken inhoud
b_v^*	bakvullingsgraad als fractie van B_i (zie ook opmerking bij b_v)
B_i	afgestreken bakinhoud van de dieplepel in m^3
B_u	afgestreken bakinhoud van de dumper in m^3
c	constante ($c = 60 \text{ min} \cdot h^{-1}$ voor q_n in $m^3 \cdot h^{-1}$ en T_c in minuten)
e	richtingscoëfficiënt van regressielijn die verband weergeeft tussen $T_t + T_r$ en L_t
f_1, f_2, f_3	functie van
f'	verhouding tussen produktie volgens taaknorm en calculatienorm
f_o	opslagfactor voor nevenactiviteiten. De verhouding tussen de som van de netto-werktijd en tijd voor nevenactiviteiten en de netto-werktijd. (Met de reciproke van de opslagfactor moet de netto-produktie worden vermenigvuldigd om de bruto-produktie te krijgen)
h	constante (afstand tussen het snijpunt van de regressielijn, die het verband weergeeft tussen $T_t + T_r$ en L_t , met de $T_t + T_r$ -as en de L_t -as)
k	tariefsverhouding tussen dieplepel en dumper ($k = 1/m$)
l	adviestarief voor de dieplepel inclusief de machinist in $gld \cdot h^{-1}$
L_t	transportafstand rechtstreeks van laad- naar losplaats in m
m	adviestarief voor getrokken dumper inclusief trekker en machinist of zelfrijdende dumper inclusief machinist in $gld \cdot h^{-1}$
n	benodigd aantal dumpers (behoeft geen geheel getal te zijn)
n_{g1}	n bij grondwal graven met getrokken dumpers
n_{w1}	n bij leiding graven met getrokken dumpers
n_{g2}	n bij grondwal graven met zelfrijdende dumpers
n_{w2}	n bij leiding graven met zelfrijdende dumpers
$N1$	krukasvermogen van de trekkermotor (getrokken dumpers) in kW bij $2200 \text{ omw} \cdot \text{min}^{-1}$

$N2$	krukasvermogen van de zelfrijdende dumpermotor in kW bij $2470 \text{ omw} \cdot \text{min}^{-1}$
q_b	bruto-produktie voor grondtransport met dumpers in $m^3 \cdot h^{-1}$ ($q_b = q_n \times 1/f_o$)
q_{b1}	q_b bij grondwal graven met getrokken dumpers
q_{b2}	q_b bij leiding graven met getrokken dumpers
q_{b3}	q_b bij grondwal graven met zelfrijdende dumpers
q_{b4}	q_b bij leiding graven met zelfrijdende dumpers
q_n	netto-produktie voor grondverzet in $m^3 \cdot h^{-1}$
q_n	netto-produktie voor grondtransport met dumpers in $m^3 \cdot h^{-1}$
q_{n1}	q_n bij grondwal graven met getrokken dumpers
q_{n2}	q_n bij leiding graven met getrokken dumpers
q_{n3}	q_n bij grondwal graven met zelfrijdende dumpers
q_{n4}	q_n bij leiding graven met zelfrijdende dumpers
q_n^*	netto-produktie bij het graven met een dieplepel in $m^3 \cdot \text{min}^{-1}$
Q	hoeveelheid grond die bij transport per cyclus gelost wordt in m^3
Q'	hoeveelheid per cyclus verplaatste grond in m^3
r	constante waarde voor lossen (verschillend voor getrokken en zelfrijdende dumpers)
R	correlatiecoëfficiënt voor de lineaire regressie
S_r	(Saturation ratio) verzadigingsfractie van grond
T	tijd voor het laden van een dumper in $\text{min} \cdot m^{-3}$
T_c	cyclustijd voor grondtransport met dumpers in minuten
T_c^*	cyclustijd bij het graven van een dieplepel in minuten
T_c'	(algemeen) cyclustijd in minuten
T_d	lostijd in minuten
T_{d1}	T_d voor getrokken dumpers
T_{d2}	T_d voor zelfrijdende dumpers
T_l	laadtijd van dumpers in minuten
T_{l1}	T_l bij het graven van een grondwal voor getrokken dumpers
T_{l2}	T_l bij het graven van een leiding voor getrokken dumpers
T_{l3}	T_l bij het graven van een grondwal voor zelfrijdende dumpers
T_{l4}	T_l bij het graven van een leiding voor zelfrijdende dumpers
T_r	terugrijtijd in minuten
T_{r1}	T_r voor getrokken dumpers
T_{r2}	T_r voor zelfrijdende dumpers
T_t	transporttijd in minuten
T_{t1}	T_t voor getrokken dumpers
T_{t2}	T_t voor zelfrijdende dumpers

- x afrondingscriterium ten gevolge van verschil in uurtarief en netto/bruto-productie
- x' afrondingscriterium ten gevolge van verschil in uurtarief
- x'' afrondingscriterium ten gevolge van verschil in uurtarief, netto/bruto-productie en productieverhouding tussen taaknorm en calculatienorm

PRODUKTIONORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER GETROKKEN DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
dumpergrootte : 3. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	37. - 2.4	43. - 3.1	47. - 3.8	49. - 4.5	51. - 5.2	53. - 5.9
100.	31. - 2.8	36. - 3.7	38. - 4.6	40. - 5.5	41. - 6.4	42. - 7.3
200.	24. - 3.7	27. - 5.0	28. - 6.3	29. - 7.6	30. - 9.0	30. -10.3
300.	20. - 4.5	21. - 6.2	22. - 8.0	23. - 9.7	23. -11.5	23. -13.2
500.	14. - 6.2	15. - 8.8	16. -11.3	16. -13.9	16. -16.5	16. -19.1
1000.	9. -10.4	9. -15.1	9. -19.7	9. -24.4	9. -29.1	9. -33.8

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	33. - 2.4	38. - 3.1	42. - 3.8	44. - 4.5	46. - 5.2	47. - 5.9
100.	28. - 2.8	32. - 3.7	34. - 4.6	36. - 5.5	37. - 6.4	37. - 7.3
200.	22. - 3.7	24. - 5.0	25. - 6.3	26. - 7.6	26. - 9.0	27. -10.3
300.	17. - 4.5	19. - 6.2	20. - 8.0	20. - 9.7	21. -11.5	21. -13.2
500.	13. - 6.2	13. - 8.8	14. -11.3	14. -13.9	14. -16.5	14. -19.1
1000.	8. -10.4	8. -15.1	8. -19.7	8. -24.4	8. -29.1	8. -33.8

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	29. - 2.4	33. - 3.1	36. - 3.8	38. - 4.5	40. - 5.2	41. - 5.9
100.	24. - 2.8	28. - 3.7	30. - 4.6	31. - 5.5	32. - 6.4	33. - 7.3
200.	19. - 3.7	21. - 5.0	22. - 6.3	23. - 7.6	23. - 9.0	23. -10.3
300.	15. - 4.5	17. - 6.2	17. - 8.0	18. - 9.7	18. -11.5	18. -13.2
500.	11. - 6.2	12. - 8.8	12. -11.3	12. -13.9	12. -16.5	13. -19.1
1000.	7. -10.4	7. -15.1	7. -19.7	7. -24.4	7. -29.1	7. -33.8

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	28. - 1.8	35. - 2.2	39. - 2.6	42. - 3.0	45. - 3.4	47. - 3.8
100.	25. - 2.0	30. - 2.6	33. - 3.1	35. - 3.6	37. - 4.1	38. - 4.6
200.	20. - 2.5	23. - 3.3	25. - 4.0	26. - 4.8	27. - 5.6	28. - 6.3
300.	17. - 3.0	19. - 4.0	20. - 5.0	21. - 6.0	22. - 7.0	22. - 8.0
500.	13. - 4.0	14. - 5.4	15. - 6.9	15. - 8.4	15. - 9.9	16. -11.4
1000.	8. - 6.4	8. - 9.0	9. -11.7	9. -14.4	9. -17.1	9. -19.8

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	25. - 1.8	31. - 2.2	35. - 2.6	38. - 3.0	40. - 3.4	42. - 3.8
100.	22. - 2.0	26. - 2.6	29. - 3.1	31. - 3.6	33. - 4.1	34. - 4.6
200.	18. - 2.5	21. - 3.3	22. - 4.0	23. - 4.8	24. - 5.6	25. - 6.3
300.	15. - 3.0	17. - 4.0	18. - 5.0	19. - 6.0	19. - 7.0	20. - 8.0
500.	11. - 4.0	12. - 5.4	13. - 6.9	13. - 8.4	14. - 9.9	14. -11.4
1000.	7. - 6.4	7. - 9.0	8. -11.7	8. -14.4	8. -17.1	8. -19.8

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	22. - 1.8	27. - 2.2	30. - 2.6	33. - 3.0	35. - 3.4	36. - 3.8
100.	19. - 2.0	23. - 2.6	26. - 3.1	27. - 3.6	29. - 4.1	30. - 4.6
200.	16. - 2.5	18. - 3.3	20. - 4.0	21. - 4.8	21. - 5.6	22. - 6.3
300.	13. - 3.0	15. - 4.0	16. - 5.0	16. - 6.0	17. - 7.0	17. - 8.0
500.	10. - 4.0	11. - 5.4	11. - 6.9	12. - 8.4	12. - 9.9	12. -11.4
1000.	6. - 6.4	7. - 9.0	7. -11.7	7. -14.4	7. -17.1	7. -19.8

Bijlage 2

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER GETROKKEN DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
dumpergrootte : 4. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d 0.4	d i e p l e p e l 0.6	i n m 3 0.8	1.0	1.2	1.4
50.	43.- 2.0	52.- 2.6	57.- 3.1	61.- 3.6	64.- 4.1	67.- 4.7
100.	38.- 2.4	44.- 3.0	48.- 3.7	50.- 4.4	52.- 5.1	54.- 5.8
200.	30.- 3.0	33.- 4.0	36.- 5.0	37.- 6.0	38.- 7.0	39.- 8.0
300.	24.- 3.6	27.- 4.9	28.- 6.2	29.- 7.5	30.- 8.9	30.-10.2
500.	18.- 4.9	19.- 6.8	20.- 8.8	21.-10.7	21.-12.6	21.-14.6
1000.	11.- 8.0	11.-11.5	12.-15.1	12.-18.6	12.-22.1	12.-25.6

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d 0.4	d i e p l e p e l 0.6	i n m 3 0.8	1.0	1.2	1.4
50.	38.- 2.0	46.- 2.6	51.- 3.1	54.- 3.6	57.- 4.1	59.- 4.7
100.	33.- 2.4	39.- 3.0	42.- 3.7	45.- 4.4	46.- 5.1	48.- 5.8
200.	26.- 3.0	30.- 4.0	32.- 5.0	33.- 6.0	34.- 7.0	35.- 8.0
300.	22.- 3.6	24.- 4.9	25.- 6.2	26.- 7.5	27.- 8.9	27.-10.2
500.	16.- 4.9	17.- 6.8	18.- 8.8	18.-10.7	19.-12.6	19.-14.6
1000.	10.- 8.0	10.-11.5	10.-15.1	11.-18.6	11.-22.1	11.-25.6

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d 0.4	d i e p l e p e l 0.6	i n m 3 0.8	1.0	1.2	1.4
50.	34.- 2.0	40.- 2.6	45.- 3.1	48.- 3.6	50.- 4.1	52.- 4.7
100.	29.- 2.4	34.- 3.0	37.- 3.7	39.- 4.4	41.- 5.1	42.- 5.8
200.	23.- 3.0	26.- 4.0	28.- 5.0	29.- 6.0	30.- 7.0	30.- 8.0
300.	19.- 3.6	21.- 4.9	22.- 6.2	23.- 7.5	23.- 8.9	24.-10.2
500.	14.- 4.9	15.- 6.8	16.- 8.8	16.-10.7	16.-12.6	16.-14.6
1000.	9.- 8.0	9.-11.5	9.-15.1	9.-18.6	9.-22.1	9.-25.6

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d 0.4	d i e p l e p e l 0.6	i n m 3 0.8	1.0	1.2	1.4
50.	32.- 1.6	40.- 1.9	46.- 2.2	51.- 2.5	55.- 2.8	57.- 3.1
100.	29.- 1.8	35.- 2.2	40.- 2.6	43.- 2.9	46.- 3.3	48.- 3.7
200.	24.- 2.1	28.- 2.7	31.- 3.3	33.- 3.8	34.- 4.4	36.- 5.0
300.	20.- 2.5	23.- 3.2	25.- 4.0	27.- 4.7	28.- 5.5	28.- 6.2
500.	16.- 3.2	18.- 4.3	19.- 5.4	19.- 6.5	20.- 7.7	20.- 8.8
1000.	10.- 5.0	11.- 7.0	11.- 9.0	11.-11.0	12.-13.1	12.-15.1

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d 0.4	d i e p l e p e l 0.6	i n m 3 0.8	1.0	1.2	1.4
50.	28.- 1.6	36.- 1.9	41.- 2.2	45.- 2.5	48.- 2.8	51.- 3.1
100.	25.- 1.8	31.- 2.2	35.- 2.6	38.- 2.9	41.- 3.3	42.- 3.7
200.	21.- 2.1	25.- 2.7	27.- 3.3	29.- 3.8	31.- 4.4	32.- 5.0
300.	18.- 2.5	21.- 3.2	23.- 4.0	24.- 4.7	25.- 5.5	25.- 6.2
500.	14.- 3.2	16.- 4.3	17.- 5.4	17.- 6.5	18.- 7.7	18.- 8.8
1000.	9.- 5.0	10.- 7.0	10.- 9.0	10.-11.0	10.-13.1	10.-15.1

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d 0.4	d i e p l e p e l 0.6	i n m 3 0.8	1.0	1.2	1.4
50.	25.- 1.6	31.- 1.9	36.- 2.2	40.- 2.5	42.- 2.8	45.- 3.1
100.	22.- 1.8	27.- 2.2	31.- 2.6	33.- 2.9	35.- 3.3	37.- 3.7
200.	18.- 2.1	22.- 2.7	24.- 3.3	26.- 3.8	27.- 4.4	28.- 5.0
300.	16.- 2.5	18.- 3.2	20.- 4.0	21.- 4.7	21.- 5.5	22.- 6.2
500.	12.- 3.2	14.- 4.3	14.- 5.4	15.- 6.5	15.- 7.7	16.- 8.8
1000.	8.- 5.0	8.- 7.0	9.- 9.0	9.-11.0	9.-13.1	9.-15.1

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER GETROKKEN DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
 dumpergrootte : 5. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	48. - 1.8	59. - 2.3	66. - 2.7	72. - 3.1	76. - 3.5	79. - 3.9
100.	42. - 2.1	50. - 2.6	56. - 3.2	60. - 3.7	62. - 4.3	64. - 4.8
200.	34. - 2.6	39. - 3.4	42. - 4.2	44. - 5.0	46. - 5.8	47. - 6.6
300.	29. - 3.1	32. - 4.1	34. - 5.2	35. - 6.2	36. - 7.3	37. - 8.3
500.	22. - 4.1	23. - 5.7	25. - 7.2	25. - 8.8	26. -10.3	26. -11.9
1000.	13. - 6.6	14. - 9.4	14. -12.2	15. -15.1	15. -17.9	15. -20.7

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	43. - 1.8	52. - 2.3	59. - 2.7	64. - 3.1	67. - 3.5	70. - 3.9
100.	38. - 2.1	45. - 2.6	50. - 3.2	53. - 3.7	55. - 4.3	57. - 4.8
200.	30. - 2.6	35. - 3.4	38. - 4.2	39. - 5.0	41. - 5.8	42. - 6.6
300.	25. - 3.1	28. - 4.1	30. - 5.2	31. - 6.2	32. - 7.3	33. - 8.3
500.	19. - 4.1	21. - 5.7	22. - 7.2	22. - 8.8	23. -10.3	23. -11.9
1000.	12. - 6.6	12. - 9.4	13. -12.2	13. -15.1	13. -17.9	13. -20.7

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	37. - 1.8	46. - 2.3	51. - 2.7	56. - 3.1	59. - 3.5	61. - 3.9
100.	33. - 2.1	39. - 2.6	43. - 3.2	46. - 3.7	48. - 4.3	50. - 4.8
200.	27. - 2.6	30. - 3.4	33. - 4.2	34. - 5.0	36. - 5.8	37. - 6.6
300.	22. - 3.1	25. - 4.1	26. - 5.2	28. - 6.2	28. - 7.3	29. - 8.3
500.	17. - 4.1	18. - 5.7	19. - 7.2	20. - 8.8	20. -10.3	20. -11.9
1000.	10. - 6.6	11. - 9.4	11. -12.2	11. -15.1	12. -17.9	12. -20.7

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	34. - 1.5	44. - 1.7	52. - 2.0	58. - 2.2	63. - 2.4	66. - 2.7
100.	31. - 1.6	39. - 1.9	45. - 2.2	50. - 2.6	53. - 2.9	56. - 3.2
200.	27. - 1.9	32. - 2.4	36. - 2.8	39. - 3.3	41. - 3.7	42. - 4.2
300.	23. - 2.2	27. - 2.8	30. - 3.4	32. - 4.0	33. - 4.6	34. - 5.2
500.	18. - 2.8	21. - 3.7	22. - 4.6	23. - 5.4	24. - 6.3	25. - 7.2
1000.	12. - 4.2	13. - 5.8	14. - 7.4	14. - 9.0	14. -10.6	14. -12.3

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	31. - 1.5	39. - 1.7	46. - 2.0	51. - 2.2	56. - 2.4	59. - 2.7
100.	28. - 1.6	35. - 1.9	40. - 2.2	44. - 2.6	47. - 2.9	50. - 3.2
200.	24. - 1.9	29. - 2.4	32. - 2.8	34. - 3.3	36. - 3.7	38. - 4.2
300.	21. - 2.2	24. - 2.8	27. - 3.4	28. - 4.0	29. - 4.6	30. - 5.2
500.	16. - 2.8	18. - 3.7	20. - 4.6	21. - 5.4	21. - 6.3	22. - 7.2
1000.	11. - 4.2	12. - 5.8	12. - 7.4	12. - 9.0	13. -10.6	13. -12.3

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	27. - 1.5	34. - 1.7	40. - 2.0	45. - 2.2	49. - 2.4	52. - 2.7
100.	24. - 1.6	31. - 1.9	35. - 2.2	39. - 2.6	41. - 2.9	43. - 3.2
200.	21. - 1.9	25. - 2.4	28. - 2.8	30. - 3.3	32. - 3.7	33. - 4.2
300.	18. - 2.2	21. - 2.8	23. - 3.4	25. - 4.0	26. - 4.6	27. - 5.2
500.	14. - 2.8	16. - 3.7	17. - 4.6	18. - 5.4	19. - 6.3	19. - 7.2
1000.	9. - 4.2	10. - 5.8	11. - 7.4	11. - 9.0	11. -10.6	11. -12.3

Bijlage 4

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER GETROKKEN DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
dumpergrootte : 6. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	52. - 1.7	65. - 2.0	74. - 2.4	81. - 2.7	86. - 3.1	90. - 3.4
100.	46. - 1.9	56. - 2.4	63. - 2.8	68. - 3.3	71. - 3.7	74. - 4.2
200.	38. - 2.3	44. - 3.0	48. - 3.7	51. - 4.3	53. - 5.0	55. - 5.6
300.	32. - 2.7	37. - 3.6	39. - 4.5	41. - 5.4	43. - 6.2	44. - 7.1
500.	25. - 3.6	27. - 4.9	29. - 6.2	30. - 7.5	30. - 8.8	31. - 10.1
1000.	16. - 5.7	17. - 8.0	17. - 10.4	17. - 12.7	18. - 15.1	18. - 17.4

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	46. - 1.7	58. - 2.0	66. - 2.4	72. - 2.7	76. - 3.1	80. - 3.4
100.	41. - 1.9	50. - 2.4	56. - 2.8	60. - 3.3	63. - 3.7	66. - 4.2
200.	34. - 2.3	39. - 3.0	43. - 3.7	46. - 4.3	47. - 5.0	49. - 5.6
300.	29. - 2.7	33. - 3.6	35. - 4.5	37. - 5.4	38. - 6.2	39. - 7.1
500.	22. - 3.6	24. - 4.9	25. - 6.2	26. - 7.5	27. - 8.8	27. - 10.1
1000.	14. - 5.7	15. - 8.0	15. - 10.4	15. - 12.7	16. - 15.1	16. - 17.4

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	41. - 1.7	50. - 2.0	57. - 2.4	63. - 2.7	67. - 3.1	70. - 3.4
100.	36. - 1.9	44. - 2.4	49. - 2.8	53. - 3.3	55. - 3.7	58. - 4.2
200.	30. - 2.3	34. - 3.0	38. - 3.7	40. - 4.3	41. - 5.0	43. - 5.6
300.	25. - 2.7	28. - 3.6	31. - 4.5	32. - 5.4	33. - 6.2	34. - 7.1
500.	19. - 3.6	21. - 4.9	22. - 6.2	23. - 7.5	24. - 8.8	24. - 10.1
1000.	12. - 5.7	13. - 8.0	13. - 10.4	13. - 12.7	14. - 15.1	14. - 17.4

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	36. - 1.4	48. - 1.6	57. - 1.8	64. - 2.0	69. - 2.2	74. - 2.4
100.	33. - 1.5	43. - 1.8	50. - 2.0	55. - 2.3	60. - 2.6	63. - 2.8
200.	29. - 1.8	36. - 2.1	40. - 2.5	44. - 2.9	46. - 3.3	49. - 3.7
300.	25. - 2.0	30. - 2.5	34. - 3.0	36. - 3.5	38. - 4.0	39. - 4.5
500.	20. - 2.5	24. - 3.2	26. - 4.0	27. - 4.7	28. - 5.4	29. - 6.2
1000.	14. - 3.7	15. - 5.0	16. - 6.4	16. - 7.7	17. - 9.0	17. - 10.4

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	32. - 1.4	42. - 1.6	50. - 1.8	57. - 2.0	62. - 2.2	66. - 2.4
100.	30. - 1.5	38. - 1.8	44. - 2.0	49. - 2.3	53. - 2.6	56. - 2.8
200.	26. - 1.8	32. - 2.1	36. - 2.5	39. - 2.9	41. - 3.3	43. - 3.7
300.	23. - 2.0	27. - 2.5	30. - 3.0	32. - 3.5	34. - 4.0	35. - 4.5
500.	18. - 2.5	21. - 3.2	23. - 4.0	24. - 4.7	25. - 5.4	25. - 6.2
1000.	12. - 3.7	13. - 5.0	14. - 6.4	15. - 7.7	15. - 9.0	15. - 10.4

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
50.	28. - 1.4	37. - 1.6	44. - 1.8	49. - 2.0	54. - 2.2	58. - 2.4
100.	26. - 1.5	33. - 1.8	39. - 2.0	43. - 2.3	46. - 2.6	49. - 2.8
200.	22. - 1.8	28. - 2.1	31. - 2.5	34. - 2.9	36. - 3.3	38. - 3.7
300.	20. - 2.0	24. - 2.5	26. - 3.0	28. - 3.5	30. - 4.0	31. - 4.5
500.	16. - 2.5	18. - 3.2	20. - 4.0	21. - 4.7	22. - 5.4	22. - 6.2
1000.	11. - 3.7	12. - 5.0	12. - 6.4	13. - 7.7	13. - 9.0	13. - 10.4

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER ZELFRIJDENDE DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
dumpergrootte : 8. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	51. - 1.6	64. - 1.9	74. - 2.1	82. - 2.4	88. - 2.7	93. - 3.0
300.	39. - 2.0	47. - 2.5	52. - 3.0	56. - 3.5	59. - 4.1	61. - 4.6
500.	32. - 2.5	37. - 3.2	40. - 3.9	43. - 4.7	44. - 5.4	45. - 6.1
1000.	22. - 3.6	24. - 4.9	26. - 6.2	27. - 7.5	27. - 8.8	28. - 10.1
1500.	17. - 4.7	18. - 6.6	19. - 8.4	19. - 10.3	20. - 12.2	20. - 14.0
2000.	14. - 5.8	14. - 8.3	15. - 10.7	15. - 13.1	15. - 15.5	15. - 17.9

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	45. - 1.6	57. - 1.9	66. - 2.1	73. - 2.4	78. - 2.7	83. - 3.0
300.	35. - 2.0	42. - 2.5	46. - 3.0	50. - 3.5	52. - 4.1	54. - 4.6
500.	29. - 2.5	33. - 3.2	36. - 3.9	38. - 4.7	39. - 5.4	40. - 6.1
1000.	20. - 3.6	22. - 4.9	23. - 6.2	24. - 7.5	24. - 8.8	25. - 10.1
1500.	15. - 4.7	16. - 6.6	17. - 8.4	17. - 10.3	17. - 12.2	18. - 14.0
2000.	12. - 5.8	13. - 8.3	13. - 10.7	13. - 13.1	14. - 15.5	14. - 17.9

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	39. - 1.6	50. - 1.9	58. - 2.1	64. - 2.4	68. - 2.7	72. - 3.0
300.	31. - 2.0	37. - 2.5	41. - 3.0	43. - 3.5	46. - 4.1	47. - 4.6
500.	25. - 2.5	29. - 3.2	31. - 3.9	33. - 4.7	34. - 5.4	35. - 6.1
1000.	17. - 3.6	19. - 4.9	20. - 6.2	21. - 7.5	21. - 8.8	21. - 10.1
1500.	13. - 4.7	14. - 6.6	15. - 8.4	15. - 10.3	15. - 12.2	15. - 14.0
2000.	11. - 5.8	11. - 8.3	12. - 10.7	12. - 13.1	12. - 15.5	12. - 17.9

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	34. - 1.3	46. - 1.5	55. - 1.7	63. - 1.8	69. - 2.0	75. - 2.1
300.	29. - 1.6	36. - 1.9	42. - 2.2	46. - 2.5	50. - 2.8	52. - 3.1
500.	25. - 1.8	30. - 2.3	34. - 2.7	37. - 3.1	39. - 3.5	40. - 4.0
1000.	18. - 2.5	21. - 3.2	23. - 4.0	24. - 4.7	25. - 5.5	26. - 6.2
1500.	15. - 3.1	16. - 4.2	17. - 5.3	18. - 6.4	18. - 7.4	19. - 8.5
2000.	12. - 3.8	13. - 5.2	14. - 6.6	14. - 8.0	15. - 9.4	15. - 10.8

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	31. - 1.3	41. - 1.5	49. - 1.7	56. - 1.8	61. - 2.0	66. - 2.1
300.	26. - 1.6	32. - 1.9	37. - 2.2	41. - 2.5	44. - 2.8	47. - 3.1
500.	22. - 1.8	27. - 2.3	30. - 2.7	33. - 3.1	34. - 3.5	36. - 4.0
1000.	16. - 2.5	19. - 3.2	20. - 4.0	21. - 4.7	22. - 5.5	23. - 6.2
1500.	13. - 3.1	14. - 4.2	15. - 5.3	16. - 6.4	16. - 7.4	17. - 8.5
2000.	11. - 3.8	12. - 5.2	12. - 6.6	13. - 8.0	13. - 9.4	13. - 10.8

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	27. - 1.3	36. - 1.5	43. - 1.7	49. - 1.8	54. - 2.0	58. - 2.1
300.	22. - 1.6	28. - 1.9	33. - 2.2	36. - 2.5	39. - 2.8	41. - 3.1
500.	19. - 1.8	23. - 2.3	26. - 2.7	28. - 3.1	30. - 3.5	31. - 4.0
1000.	14. - 2.5	16. - 3.2	18. - 4.0	19. - 4.7	19. - 5.5	20. - 6.2
1500.	11. - 3.1	13. - 4.2	13. - 5.3	14. - 6.4	14. - 7.4	15. - 8.5
2000.	9. - 3.8	10. - 5.2	11. - 6.6	11. - 8.0	11. - 9.4	12. - 10.8

Bijlage 6

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER ZELFRIJDENDE DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
dumpergrootte : 9. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d d i e p l e p e l i n m 3					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	53. - 1.5	68. - 1.8	79. - 2.0	88. - 2.3	95. - 2.5	100. - 2.8
300.	42. - 1.9	51. - 2.4	57. - 2.8	61. - 3.3	64. - 3.7	67. - 4.2
500.	34. - 2.3	40. - 3.0	44. - 3.6	47. - 4.3	48. - 4.9	50. - 5.6
1000.	24. - 3.3	27. - 4.5	28. - 5.6	29. - 6.8	30. - 7.9	31. - 9.1
1500.	18. - 4.3	20. - 6.0	21. - 7.6	21. - 9.3	22. -10.9	22. -12.6
2000.	15. - 5.3	16. - 7.5	17. - 9.6	17. -11.8	17. -13.9	17. -16.1

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d d i e p l e p e l i n m 3					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	47. - 1.5	60. - 1.8	70. - 2.0	78. - 2.3	84. - 2.5	89. - 2.8
300.	37. - 1.9	45. - 2.4	50. - 2.8	54. - 3.3	57. - 3.7	59. - 4.2
500.	31. - 2.3	36. - 3.0	39. - 3.6	41. - 4.3	43. - 4.9	44. - 5.6
1000.	21. - 3.3	24. - 4.5	25. - 5.6	26. - 6.8	27. - 7.9	27. - 9.1
1500.	16. - 4.3	18. - 6.0	19. - 7.6	19. - 9.3	19. -10.9	20. -12.6
2000.	13. - 5.3	14. - 7.5	15. - 9.6	15. -11.8	15. -13.9	15. -16.1

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d d i e p l e p e l i n m 3					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	41. - 1.5	53. - 1.8	61. - 2.0	68. - 2.3	74. - 2.5	78. - 2.8
300.	32. - 1.9	39. - 2.4	44. - 2.8	47. - 3.3	50. - 3.7	52. - 4.2
500.	27. - 2.3	31. - 3.0	34. - 3.6	36. - 4.3	38. - 4.9	39. - 5.6
1000.	19. - 3.3	21. - 4.5	22. - 5.6	23. - 6.8	23. - 7.9	24. - 9.1
1500.	14. - 4.3	16. - 6.0	16. - 7.6	17. - 9.3	17. -10.9	17. -12.6
2000.	12. - 5.3	12. - 7.5	13. - 9.6	13. -11.8	13. -13.9	13. -16.1

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d d i e p l e p e l i n m 3					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	35. - 1.3	48. - 1.4	58. - 1.6	66. - 1.7	73. - 1.9	79. - 2.0
300.	30. - 1.5	38. - 1.8	45. - 2.0	50. - 2.3	53. - 2.6	57. - 2.8
500.	26. - 1.8	32. - 2.1	37. - 2.5	40. - 2.9	42. - 3.3	44. - 3.6
1000.	20. - 2.3	23. - 3.0	25. - 3.7	26. - 4.3	28. - 5.0	28. - 5.7
1500.	16. - 2.9	18. - 3.9	19. - 4.8	20. - 5.8	20. - 6.7	21. - 7.7
2000.	13. - 3.5	15. - 4.7	15. - 6.0	16. - 7.2	16. - 8.5	17. - 9.7

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d d i e p l e p e l i n m 3					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	31. - 1.3	42. - 1.4	51. - 1.6	59. - 1.7	65. - 1.9	70. - 2.0
300.	27. - 1.5	34. - 1.8	40. - 2.0	44. - 2.3	48. - 2.6	50. - 2.8
500.	23. - 1.8	29. - 2.1	32. - 2.5	35. - 2.9	37. - 3.3	39. - 3.6
1000.	17. - 2.3	20. - 3.0	22. - 3.7	24. - 4.3	24. - 5.0	25. - 5.7
1500.	14. - 2.9	16. - 3.9	17. - 4.8	18. - 5.8	18. - 6.7	19. - 7.7
2000.	12. - 3.5	13. - 4.7	14. - 6.0	14. - 7.2	14. - 8.5	15. - 9.7

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d d i e p l e p e l i n m 3					
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	27. - 1.3	37. - 1.4	45. - 1.6	51. - 1.7	57. - 1.9	62. - 2.0
300.	23. - 1.5	30. - 1.8	35. - 2.0	39. - 2.3	42. - 2.6	44. - 2.8
500.	20. - 1.8	25. - 2.1	28. - 2.5	31. - 2.9	33. - 3.3	34. - 3.6
1000.	15. - 2.3	18. - 3.0	19. - 3.7	21. - 4.3	21. - 5.0	22. - 5.7
1500.	12. - 2.9	14. - 3.9	15. - 4.8	15. - 5.8	16. - 6.7	16. - 7.7
2000.	10. - 3.5	11. - 4.7	12. - 6.0	12. - 7.2	13. - 8.5	13. - 9.7

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER ZELFRIJDENDE DUMPER

vechtttoestand : NORMAAL
 dumpergrootte : 10. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDHAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	55. - 1.5	71. - 1.7	83. - 1.9	93. - 2.1	101. - 2.4	107. - 2.6
300.	44. - 1.8	54. - 2.2	60. - 2.6	65. - 3.0	69. - 3.4	72. - 3.8
500.	37. - 2.2	43. - 2.8	47. - 3.3	50. - 3.9	53. - 4.5	54. - 5.1
1000.	26. - 3.1	29. - 4.1	31. - 5.1	32. - 6.2	33. - 7.2	34. - 8.3
1500.	20. - 4.0	22. - 5.5	23. - 6.9	24. - 8.4	24. - 9.9	24. - 11.4
2000.	16. - 4.9	17. - 6.8	18. - 8.7	19. - 10.7	19. - 12.6	19. - 14.6

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	48. - 1.5	63. - 1.7	74. - 1.9	83. - 2.1	89. - 2.4	93. - 2.6
300.	39. - 1.8	48. - 2.2	54. - 2.6	58. - 3.0	61. - 3.4	64. - 3.8
500.	32. - 2.2	38. - 2.8	42. - 3.3	45. - 3.9	47. - 4.5	48. - 5.1
1000.	23. - 3.1	26. - 4.1	27. - 5.1	29. - 6.2	29. - 7.2	30. - 8.3
1500.	18. - 4.0	19. - 5.5	20. - 6.9	21. - 8.4	21. - 9.9	22. - 11.4
2000.	14. - 4.9	16. - 6.8	16. - 8.7	17. - 10.7	17. - 12.6	17. - 14.6

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	42. - 1.5	55. - 1.7	65. - 1.9	72. - 2.1	78. - 2.4	83. - 2.6
300.	34. - 1.8	42. - 2.2	47. - 2.6	51. - 3.0	54. - 3.4	56. - 3.8
500.	28. - 2.2	33. - 2.8	37. - 3.3	39. - 3.9	41. - 4.5	42. - 5.1
1000.	20. - 3.1	22. - 4.1	24. - 5.1	25. - 6.2	26. - 7.2	26. - 8.3
1500.	16. - 4.0	17. - 5.5	18. - 6.9	18. - 8.4	19. - 9.9	19. - 11.4
2000.	13. - 4.9	14. - 6.8	14. - 8.7	14. - 10.7	15. - 12.6	15. - 14.6

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	36. - 1.3	49. - 1.4	60. - 1.5	69. - 1.7	77. - 1.8	83. - 1.9
300.	31. - 1.5	40. - 1.7	47. - 1.9	53. - 2.2	57. - 2.4	61. - 2.6
500.	27. - 1.7	34. - 2.0	39. - 2.4	42. - 2.7	45. - 3.0	48. - 3.4
1000.	21. - 2.2	25. - 2.8	27. - 3.4	29. - 4.0	30. - 4.6	31. - 5.2
1500.	17. - 2.7	19. - 3.6	21. - 4.4	22. - 5.3	22. - 6.2	23. - 7.0
2000.	14. - 3.2	16. - 4.4	17. - 5.5	17. - 6.6	18. - 7.7	18. - 8.8

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	32. - 1.3	44. - 1.4	53. - 1.5	61. - 1.7	68. - 1.8	74. - 1.9
300.	28. - 1.5	36. - 1.7	42. - 1.9	47. - 2.2	51. - 2.4	54. - 2.6
500.	24. - 1.7	30. - 2.0	35. - 2.4	38. - 2.7	40. - 3.0	42. - 3.4
1000.	18. - 2.2	22. - 2.8	24. - 3.4	25. - 4.0	27. - 4.6	27. - 5.2
1500.	15. - 2.7	17. - 3.6	18. - 4.4	19. - 5.3	20. - 6.2	20. - 7.0
2000.	13. - 3.2	14. - 4.4	15. - 5.5	15. - 6.6	16. - 7.7	16. - 8.8

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	28. - 1.3	38. - 1.4	47. - 1.5	54. - 1.7	60. - 1.8	65. - 1.9
300.	24. - 1.5	31. - 1.7	37. - 1.9	41. - 2.2	44. - 2.4	47. - 2.6
500.	21. - 1.7	26. - 2.0	30. - 2.4	33. - 2.7	35. - 3.0	37. - 3.4
1000.	16. - 2.2	19. - 2.8	21. - 3.4	22. - 4.0	23. - 4.6	24. - 5.2
1500.	13. - 2.7	15. - 3.6	16. - 4.4	17. - 5.3	17. - 6.2	18. - 7.0
2000.	11. - 3.2	12. - 4.4	13. - 5.5	13. - 6.6	14. - 7.7	14. - 8.8

Bijlage 8

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER ZELFRIJDENDE DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
dumpergrootte : 11. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	56. - 1.4	73. - 1.6	87. - 1.8	98. - 2.0	106. - 2.2	114. - 2.4
300.	46. - 1.7	56. - 2.1	64. - 2.5	70. - 2.8	74. - 3.2	77. - 3.6
500.	38. - 2.1	46. - 2.6	51. - 3.1	54. - 3.7	57. - 4.2	59. - 4.7
1000.	28. - 2.9	31. - 3.8	33. - 4.8	35. - 5.7	36. - 6.7	37. - 7.6
1500.	21. - 3.7	24. - 5.1	25. - 6.4	26. - 7.8	26. - 9.1	27. - 10.5
2000.	18. - 4.5	19. - 6.3	20. - 8.0	20. - 9.8	21. - 11.6	21. - 13.3

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	50. - 1.4	65. - 1.6	77. - 1.8	87. - 2.0	94. - 2.2	101. - 2.4
300.	40. - 1.7	50. - 2.1	57. - 2.5	62. - 2.8	66. - 3.2	69. - 3.6
500.	34. - 2.1	41. - 2.6	45. - 3.1	48. - 3.7	50. - 4.2	52. - 4.7
1000.	24. - 2.9	28. - 3.8	30. - 4.8	31. - 5.7	32. - 6.7	32. - 7.6
1500.	19. - 3.7	21. - 5.1	22. - 6.4	23. - 7.8	23. - 9.1	24. - 10.5
2000.	16. - 4.5	17. - 6.3	18. - 8.0	18. - 9.8	18. - 11.6	19. - 13.3

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	44. - 1.4	57. - 1.6	67. - 1.8	76. - 2.0	83. - 2.2	88. - 2.4
300.	35. - 1.7	44. - 2.1	50. - 2.5	54. - 2.8	57. - 3.2	60. - 3.6
500.	30. - 2.1	36. - 2.6	39. - 3.1	42. - 3.7	44. - 4.2	46. - 4.7
1000.	21. - 2.9	24. - 3.8	26. - 4.8	27. - 5.7	28. - 6.7	28. - 7.6
1500.	17. - 3.7	18. - 5.1	19. - 6.4	20. - 7.8	20. - 9.1	21. - 10.5
2000.	14. - 4.5	15. - 6.3	15. - 8.0	16. - 9.8	16. - 11.6	16. - 13.3

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	37. - 1.2	50. - 1.4	62. - 1.5	72. - 1.6	80. - 1.7	87. - 1.8
300.	32. - 1.4	42. - 1.6	49. - 1.9	55. - 2.1	60. - 2.3	64. - 2.5
500.	28. - 1.6	36. - 1.9	41. - 2.2	45. - 2.5	48. - 2.8	51. - 3.2
1000.	22. - 2.1	26. - 2.6	29. - 3.2	31. - 3.7	32. - 4.3	33. - 4.8
1500.	18. - 2.6	21. - 3.3	22. - 4.1	23. - 4.9	24. - 5.7	25. - 6.5
2000.	15. - 3.0	17. - 4.1	18. - 5.1	19. - 6.1	19. - 7.1	20. - 8.1

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	33. - 1.2	45. - 1.4	55. - 1.5	64. - 1.6	71. - 1.7	78. - 1.8
300.	28. - 1.4	37. - 1.6	44. - 1.9	49. - 2.1	53. - 2.3	57. - 2.5
500.	25. - 1.6	32. - 1.9	36. - 2.2	40. - 2.5	43. - 2.8	45. - 3.2
1000.	19. - 2.1	23. - 2.6	26. - 3.2	27. - 3.7	29. - 4.3	30. - 4.8
1500.	16. - 2.6	18. - 3.3	20. - 4.1	21. - 4.9	21. - 5.7	22. - 6.5
2000.	13. - 3.0	15. - 4.1	16. - 5.1	17. - 6.1	17. - 7.1	18. - 8.1

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	29. - 1.2	39. - 1.4	48. - 1.5	56. - 1.6	62. - 1.7	68. - 1.8
300.	25. - 1.4	32. - 1.6	38. - 1.9	43. - 2.1	47. - 2.3	50. - 2.5
500.	22. - 1.6	28. - 1.9	32. - 2.2	35. - 2.5	37. - 2.8	39. - 3.2
1000.	17. - 2.1	20. - 2.6	22. - 3.2	24. - 3.7	25. - 4.3	26. - 4.8
1500.	14. - 2.6	16. - 3.3	17. - 4.1	18. - 4.9	19. - 5.7	19. - 6.5
2000.	12. - 3.0	13. - 4.1	14. - 5.1	15. - 6.1	15. - 7.1	15. - 8.1

PRODUKTIENORMEN VOOR GRONDTRANSPORT PER ZELFRIJDENDE DUMPER

vochttoestand : NORMAAL
 dumpergrootte : 12. M3

****PRODUKTIE IN M3 PER UUR PER DUMPER - BENODIGD AANTAL DUMPERS*****

geladen bij : AFGRAVEN GRONDWAL

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	58. - 1.4	76. - 1.6	90. - 1.8	102. - 1.9	111. - 2.1	119. - 2.3
300.	47. - 1.7	59. - 2.0	67. - 2.4	74. - 2.7	78. - 3.0	82. - 3.4
500.	40. - 2.0	48. - 2.5	54. - 3.0	58. - 3.4	61. - 3.9	63. - 4.4
1000.	29. - 2.7	33. - 3.6	36. - 4.5	37. - 5.3	39. - 6.2	39. - 7.0
1500.	23. - 3.5	25. - 4.7	27. - 6.0	28. - 7.2	28. - 8.4	29. - 9.7
2000.	19. - 4.2	20. - 5.8	21. - 7.5	22. - 9.1	22. - 10.7	23. - 12.3

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	51. - 1.4	67. - 1.6	80. - 1.8	91. - 1.9	99. - 2.1	106. - 2.3
300.	42. - 1.7	52. - 2.0	60. - 2.4	65. - 2.7	70. - 3.0	73. - 3.4
500.	36. - 2.0	43. - 2.5	48. - 3.0	51. - 3.4	54. - 3.9	56. - 4.4
1000.	26. - 2.7	29. - 3.6	32. - 4.5	33. - 5.3	34. - 6.2	35. - 7.0
1500.	20. - 3.5	22. - 4.7	24. - 6.0	24. - 7.2	25. - 8.4	26. - 9.7
2000.	17. - 4.2	18. - 5.8	19. - 7.5	19. - 9.1	20. - 10.7	20. - 12.3

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	45. - 1.4	59. - 1.6	70. - 1.8	79. - 1.9	87. - 2.1	93. - 2.3
300.	37. - 1.7	46. - 2.0	52. - 2.4	57. - 2.7	61. - 3.0	64. - 3.4
500.	31. - 2.0	37. - 2.5	42. - 3.0	45. - 3.4	47. - 3.9	49. - 4.4
1000.	23. - 2.7	26. - 3.6	28. - 4.5	29. - 5.3	30. - 6.2	31. - 7.0
1500.	18. - 3.5	20. - 4.7	21. - 6.0	21. - 7.2	22. - 8.4	22. - 9.7
2000.	15. - 4.2	16. - 5.8	17. - 7.5	17. - 9.1	17. - 10.7	18. - 12.3

geladen bij : GRAVEN LEIDING MET TALUDBAK

grondsoort : ZAND

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	37. - 1.2	52. - 1.3	64. - 1.4	74. - 1.5	83. - 1.7	91. - 1.8
300.	33. - 1.4	43. - 1.6	51. - 1.8	58. - 2.0	63. - 2.2	68. - 2.4
500.	29. - 1.6	37. - 1.8	43. - 2.1	47. - 2.4	51. - 2.7	54. - 3.0
1000.	23. - 2.0	27. - 2.5	31. - 3.0	33. - 3.5	34. - 4.0	36. - 4.5
1500.	19. - 2.4	22. - 3.1	24. - 3.9	25. - 4.6	26. - 5.3	27. - 6.0
2000.	16. - 2.9	18. - 3.8	19. - 4.7	20. - 5.7	21. - 6.6	21. - 7.5

grondsoort : ZAVEL

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	33. - 1.2	46. - 1.3	56. - 1.4	66. - 1.5	74. - 1.7	81. - 1.8
300.	29. - 1.4	38. - 1.6	46. - 1.8	51. - 2.0	56. - 2.2	60. - 2.4
500.	26. - 1.6	33. - 1.8	38. - 2.1	42. - 2.4	45. - 2.7	48. - 3.0
1000.	20. - 2.0	24. - 2.5	27. - 3.0	29. - 3.5	31. - 4.0	32. - 4.5
1500.	17. - 2.4	19. - 3.1	21. - 3.9	22. - 4.6	23. - 5.3	24. - 6.0
2000.	14. - 2.9	16. - 3.8	17. - 4.7	18. - 5.7	19. - 6.6	19. - 7.5

grondsoort : KLEI

rechtstreekse afstand in m	b a k i n h o u d	d i e p l e p e l	i n	m 3		
	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4
100.	29. - 1.2	40. - 1.3	49. - 1.4	57. - 1.5	64. - 1.7	70. - 1.8
300.	25. - 1.4	34. - 1.6	40. - 1.8	45. - 2.0	49. - 2.2	52. - 2.4
500.	23. - 1.6	29. - 1.8	33. - 2.1	37. - 2.4	40. - 2.7	42. - 3.0
1000.	18. - 2.0	21. - 2.5	24. - 3.0	25. - 3.5	27. - 4.0	28. - 4.5
1500.	15. - 2.4	17. - 3.1	18. - 3.9	19. - 4.6	20. - 5.3	21. - 6.0
2000.	12. - 2.9	14. - 3.8	15. - 4.7	16. - 5.7	16. - 6.6	17. - 7.5