

NOTA 528

29 september 1969

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

VERGELIJKENDE STUDIE VAN ENKELE ONTSLUITINGSALTERNATIEVEN

VOOR VEENKOLONIALE AKKERBOUWBEDRIJVEN

J.B. Sprik

BOUWTEK
STANDEBOUW

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

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

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

543903

1991-1992

1993-1994

1995-1996
1997-1998

1999-2000

2001-2002

2003-2004

2005-2006

1991-1992
1993-1994
1995-1996
1997-1998
1999-2000
2001-2002
2003-2004
2005-2006

I N H O U D

	blz.
INLEIDING	1
UITGANGSPUNTEN	2
TRANSPORTTIJDEN BIJ BESTAANDE SITUATIE	5
BEDRIJFSWEGEN VERBETEREN	6
HET OPENBARE WEGENSTELSEL VERDICHTEEN	9
VERGELIJKING VAN DE ONTSLUITINGSALTERNATIEVEN	14
SAMENVATTING	18
LITERATUUR	19
Bijlagen 1, 2 en 3	

INLEIDING

Bij het ontwerpen van cultuurtechnische verbeteringsplannen voor een strokenverkaveling doet zich meestal direct de vraag voor hoe de ontsluiting van de veelal lange en smalle bedrijfskavels moet worden gerealiseerd. De bedrijfsgebouwen staan in een rij langs de hoofdweg met er achter of er voor één of meer bedrijfskavels in lengte variërend van één tot enkele kilometers. Dat de transportkosten op dergelijke bedrijven hoog zijn is duidelijk. De belangrijkste cultuurtechnische maatregel in een dergelijk gebied is dan ook veelal een verkorting van de transportafstand tussen de bedrijfsgebouwen en de percelen. Deze verkorting kan worden verkregen door het land rond de bedrijfsgebouwen te concentreren, hetgeen echter meestal gepaard gaat met boerderijverplaatsing. Het bezwaar is dat boerderijverplaatsing in het algemeen hoge investeringen vraagt, waardoor het als verbeteringsmaatregel minder aantrekkelijk wordt.

Eveneens kunnen de transporttijden dalen door de bestaande bedrijfswegen te verbeteren. Hierdoor kunnen hogere transportsnelheden worden bereikt en de bedrijfswegen kunnen toegankelijk worden gemaakt voor zwaarder verkeer.

Het openbare wegenstelsel verdichten kan ook een vermindering van de transporttijden tot gevolg hebben. Het landbouwverkeer kan dan gedeeltelijk over deze openbare wegen plaatsvinden.

Met behulp van reeds eerder gedane onderzoeken in de Veenkoloniën (REINDS en VAN HEMERT, 1962; RIGHOLT, 1967 en SPRIK en VAN DUIN, 1967) worden in het volgende enkele vergelijkende beschouwingen gegeven over het verbeteren van de bestaande bedrijfswegen en het aanleggen van verharde openbare wegen.

UITGANGSPUNTEN

Door SPRIK en VAN DUIN (1967) is in 1963 onderzoek verricht naar de transportfrequentie op veenkoloniale akkerbouwbedrijven, waarbij onderscheid is gemaakt naar de manier van verplaatsen, namelijk door middel van lopen, fietsen, met een paard en met een trekker. In verband met de steeds verdergaande mechanisatie in de landbouw is gemeend de paardetractie te mogen vervangen door trekkertractie, met dien verstande dat twee paarderitten gelijk zijn gesteld aan één trekkerrit. Eveneens is lopen vervangen door fietsen.

Verder is onderscheid gemaakt naar de transportrichtingen. SPRIK en VAN DUIN maakten de volgende indeling: bedrijfsgebouw - perceel, perceel - opslagplaats, perceel - perceel en bedrijfsgebouw - opslagplaats.

Bij de transportorganisatie is er van uitgegaan dat de produkten van zowel de granen als de hakvruchten direct van het land af of niet via een opslagplaats worden afgeleverd.

De transportfrequentie voor de akkerbouwgewassen (aardappelen 32,5 %, suikerbieten 8 %, haver 23,5 % en zomertarwe 20,0 %) op een landbouwbedrijf wordt dan als volgt.

Tabel 1. Transportfrequentie voor akkerbouwgewassen op een veenkoloniaal bedrijf in ritten per ha. jaar

Wijze van verplaatsen	Transportrichting			
	bedr.geb.- perceel	perceel- opsl.pl.	perceel- perceel	bedr.geb.- opsl.pl.
Manverplaatsingen:				
d.m.v. fietsen	26,4	0	1,7	5,1
met trekker: verzorging	26,8	0	6,5	3,0
transp.prod.	3,8	32,0	0	3,8
Trekkerrit : verzorging	19,3	0	5,5	1,8
transp.prod.	2,0	27,3	0	2,0

De transportfrequentie voor de transportrichting perceel - perceel is afhankelijk van de perceelsgrootte. Omdat echter niet bekend is in welke mate de perceelsgrootte deze transportfrequentie beïnvloedt en het aantal ritten relatief klein is, wordt ongeacht de perceelsgrootte gewerkt met de bestaande gegevens.

REINDS en VAN HEMERT (1962) en RIGHOLT (1964) hebben metingen verricht betreffende de rij snelheden in de Veenkoloniën, waarbij onderscheid is gemaakt in tractie, al of niet beladen en wegkwaliteit van zowel verharde als onverharde wegen. Voor het vaststellen van de diverse transportsnelheden is uitgegaan van een middelmatige veenkoloniale laan (volgens RIGHOLT wegkwaliteit 6). Een verbeterde bedrijfs-weg wordt gerekend tot een middelmatige zandlaan, overeenkomend met wegkwaliteit 7 van RIGHOLT en een verharde weg is gewaardeerd met wegkwaliteit 9.

Tabel 2. Enkele verplaatsingssnelheden op veenkoloniale bedrijven

Omschrijving	Bestaande bedrijfsweg		Verbeterde bedrijfsweg		Verharde weg	
	km/uur	min/km	km/uur	min/km	km/uur	min/km
Fietsen	10,0	6,0	10,0	6,0	12,0	5,0
Trekker met lege vier-wielige wagen of aanbouwwerktuig	10,0	6,0	12,0	5,0	16,0	3,8
Trekker met beladen vierwielige wagen	6,6	9,1	8,0	7,5	14,0	4,3

Voor een bestaande bedrijfsweg, een verbeterde bedrijfsweg en een verharde weg zijn dan de volgende transporttijden te berekenen.

Tabel 3. Transporttijden op veenkoloniale akkerbouwbedrijven in min per ha, km. jaar

Wijze van verplaatsen	Bestaande bedrijfsweg				Verbeterde bedrijfsweg				Verharde weg													
	bedr. geb.-perc.	perc.-opsl.	bedr. geb.-opsl.	t ₀₁	perc.-opsl.	bedr. geb.-opsl.	t ₀₂	t ₀₃	t ₀₄	t _{b1}	perc.-opsl.	bedr. geb.-opsl.	t _{b2}	t _{b3}	t _{b4}	t _{v1}	perc.-opsl.	bedr. geb.-opsl.	t _{v2}	t _{v3}	t _{v4}	
Manverplaatsingen:																						
d.m.v. fietsen	15,8	0	3,1	15,8	1,0	3,1	15,8	0	1,0	3,1	13,2	0	0,9	3,1	1,0	3,1	13,2	0	0,9	3,1	2,6	
met een trekker:																						
verzorging	16,1	0	1,8	13,4	3,9	1,8	13,4	0	3,3	1,5	10,2	0	2,5	1,5	3,3	1,5	10,2	0	2,5	1,1	1,1	
transportprod.	2,9	24,2	2,9	2,4	0	2,9	2,4	20,0	0	2,4	1,5	13,0	0	0	2,4	1,5	13,0	13,0	0	0	1,5	1,5
Totaal	34,8	24,2	7,8	31,6	4,9	7,8	31,6	20,0	4,3	7,0	24,9	13,0	3,4	7,0	4,3	7,0	24,9	13,0	3,4	5,2	5,2	
Trekkerritten:																						
verzorging	11,6	0	1,1	9,7	3,3	1,1	9,7	0	2,8	0,9	7,3	0	2,1	0,9	2,8	0,9	7,3	0	2,1	0,7	0,7	
transportprod.	1,5	20,6	1,5	1,3	0	1,5	1,3	17,1	0	1,3	0,8	11,1	0	0	1,3	0,8	11,1	11,1	0	0	0,8	0,8
Totaal	13,1	20,6	2,6	11,0	3,3	2,6	11,0	17,1	2,8	2,2	8,1	11,1	2,1	2,2	2,8	2,2	8,1	11,1	2,1	1,5	1,5	

Uit de tabel blijkt duidelijk dat de transportrichtingen bedrijfsgebouw - perceel en perceel - opslagplaats het belangrijkst zijn. Een verbetering van de ontsluiting zal daarom het effectiefst zijn als de transporttijden van deze twee transportrichtingen worden verlaagd.

TRANSPORTTIJDEN BIJ BESTAANDE SITUATIE

Bij de aanleg van de Veenkoloniën lagen de meeste bedrijven aan vaarwater, waarover het vervoer van zware vrachten plaats vond. Voor het lichtere verkeer (verzorging van de gewassen) was een bedrijfs- weg (laan) naast de wijk gelegd. Door meerdere oorzaken zijn vele wijken onbevaarbaar geworden, waardoor de produkten door de landbouwers in kleinere hoeveelheden over de minder draagkrachtige lanen naar een verlaadplaats moeten worden vervoerd. Deze verlaadplaatsen liggen dan meestal vooraan de kavels bij de bedrijfsgebouwen (aan vaarwater of een verharde weg), hetgeen een aanzienlijke stijging van de transporttijden met zich meebrengt. Aannemende dat er een lineair verband bestaat tussen de transporttijden en de afstand kan voor een dergelijk bedrijf de transporttijd als volgt worden berekend

$$T_o = \frac{t_{o1} FD}{2} + \frac{t_{o2} FD}{2} + \frac{t_{o3} F(n+1) D}{3n}$$

waarin:

T_o = transporttijden voor personen op bedrijven met

bestaande bedrijfswegen en onbevaarbare wijken

in min per jaar;

F = bedrijfsoppervlakte in ha;

D = bedrijfsdiepte in hm;

t_{o1} , t_{o2} , t_{o3} en t_{o4} = transporttijden over bestaande bedrijfswegen

voor de respectievelijke transportrichtingen:

bedrijfsgebouw - perceel, perceel - opslag-

plaats, perceel - perceel en bedrijfsgebouw -

- opslagplaats in min per ha.hm.jaar;

n = aantal gebruikspcelen.

Een volledige lijst met gebruikte symbolen is gegeven in bijlage 3.

Substitutie van de transporttijden per ha.hm.jaar uit tabel 3 geeft:

$$T_o = FD \left\{ \frac{34,8}{2} + \frac{24,2}{2} + \frac{4,9(n+1)}{3n} \right\} = FD \left\{ 29,5 + 4,9 \left(\frac{n+1}{3n} \right) \right\}$$

stel $n = 5$

$$T_o = 31,5 \text{ FD manminuten} \quad (I)$$

Voor de tractie zijn de transporttijden op een identieke manier te berekenen. Deze zijn dan:

$$TT_o = 18,2 \text{ FD} \quad (Ia)$$

waarin TT_o = transporttijden voor tractie op bedrijven met bestaande bedrijfswegen en onbevaarbare wijken in min.per jaar.

BEDRIJFSWEGEN VERBETEREN

Een verbetering van de ontsluiting kan worden verkregen door de bestaande bedrijfswegen zodanig te verbeteren dat ze berijdbaar worden voor vrachtauto's. In de Veenkoloniën kan men dit bewerkstelligen door het veen te verwijderen en het cunet aan te vullen met zand of door de wijken met zand te dempen die dan als gemeenschappelijke bedrijfswegen kunnen fungeren. De produkten kunnen in een dergelijke situatie op de percelen naast de verbeterde bedrijfswegen worden gezet vanwaar ze per vrachtauto worden afgeleverd. De totale transporttijd op een dergelijk bedrijf kan als volgt worden berekend:

$$T_{bz} = \frac{t_{b1} \text{ FD}}{2} + \frac{t_{b3} F(n+1) D}{3n} + \frac{t_{b4} \text{ FD}}{2}$$

waarin:

T_{bz} = transporttijd voor personen op bedrijven met verbeterde bedrijfswegen in min. per jaar;

t_{b1} , t_{b2} , t_{b3} en t_{b4} = transporttijden over verbeterde bedrijfswegen voor de respectievelijke transportrichtingen: bedrijfsgebouwen - perceel, perceel - opslagplaats, perceel - perceel en bedrijfsgebouwen - opslagplaats in min. per ha.hm.jaar.

Substitutie van de transporttijden per ha.hm.jaar uit tabel 3 geeft:

$$T_{bz} = FD \left\{ \frac{31,6}{2} + \frac{4,3(n+1)}{3n} + \frac{7,0}{2} \right\} = FD \left\{ 19,3 + 4,3 \left(\frac{n+1}{3n} \right) \right\}$$

stel $n = 5$

$$T_{bz} = 21,0 \text{ FD} \quad (\text{II})$$

De transporttijden voor de bijbehorende tractie worden dan:

$$TT_{bz} = 7,7 \text{ FD} \quad (\text{IIa})$$

In plaats van de bedrijfswegen verbeteren tot een middelmatige zandweg kan men ook verharde bedrijfswegen aanleggen. De transport-snelheden worden groter, waardoor de totale transporttijd nog verder daalt:

voor personen

$$T_{bv} = 16,4 \text{ FD} \quad (\text{III})$$

en voor tractie

$$TT_{bv} = 5,6 \text{ FD} \quad (\text{IIIa})$$

Het is niet nodig dat de bedrijfswegen over de hele lengte worden verbeterd. Het achterste gedeelte van de bedrijfsweg zal een lager rendement hebben dan het voorste gedeelte omdat de oppervlakte dat door het laatste gedeelte wordt ontsloten, afneemt naarmate een groter lengte van de bedrijfsweg wordt verbeterd. Het is daarom ge-

wenst het punt te bepalen tot waar men een bedrijfsweg moet verbeteren. Door het te verbeteren bedrijfsweggedeelte op aD te stellen kan met de volgende vergelijking de totale transporttijd worden berekend:

$$T_{bza} = F \left\{ \frac{aD}{D} \times t_{b1} + \frac{D-aD}{D} \left(t_{o1} \times \frac{D-aD}{2} + t_{b1} aD \right) + \frac{D-aD}{D} \times t_{o2} \frac{D-aD}{2} + \right. \\ \left. + \left(\frac{D-aD}{D} \times t_{o3} + \frac{aD}{D} \times t_{b3} \right) \times \frac{n+1}{3n} \times D + \frac{D-aD}{D} \times t_{b4} \times aD + \frac{aD}{D} t_{b4} \frac{aD}{2} \right\}$$

of

$$T_{bza} = FD \left\{ (1-a)^2 \frac{(t_{o1} + t_{o2})}{2} + a(2-a) \frac{(t_{b1} + t_{b4})}{2} + \right. \\ \left. + (t_{o3} - a t_{o3} + a t_{b3}) \frac{n+1}{3n} \right\}$$

Substitutie van de transporttijden per ha.hm.jaar uit tabel 3

geeft:

$$T_{bza} = FD \left\{ 10,2 a^2 - 20,4 a + 29,5 + (4,9 - 0,6 a) \frac{n+1}{3n} \right\}$$

stel $n = 5$

$$T_{bza} = FD(10,2 a^2 - 20,6 a + 31,5) \quad (IV)$$

De transporttijden voor de bijbehorende tractie zijn:

$$T_{bza} = FD(10,3 a^2 - 20,8 a + 18,2) \quad (IVa)$$

Evenzo kan men volstaan met alleen het voorste gedeelte van de bedrijfsweg te verharderen. De transporttijden worden dan:

$$T_{bva} = FD(14,5 a^2 - 29,5 a + 31,5) \quad (V)$$

en

$$T_{bva} = FD(21,1 a^2 - 24,6 a + 18,2) \quad (Va)$$

HET OPENBARE WEGENSTELSEL VERDICHTEN

De totale transporttijd op landbouwbedrijven kan eveneens worden verlaagd door het aanleggen van openbare wegen. Deze wegen worden in een strokenverkaveling meestal dwars op de kaveldiepte geprojecteerd. De transportafstand perceel - opslagplaats wordt hierdoor aanzienlijk korter. De transporttijd op bedrijven met een dwarsweg door de kavels wordt:

$$T_d = \frac{t_{o1} FD}{2} + t_{o2} \left(\frac{zD}{4} \times \frac{zD}{D} + \frac{D - zD}{2} \times \frac{D - zD}{D} \right) F + \frac{t_{o3} (n + 1)}{3n} FD + t_{o4} zD \left(\frac{\frac{zD}{2} + D - zD}{D} \right) F$$

waarin:

zD = de afstand van de dwarsweg tot de bedrijfsgebouwen.

Substitutie van de waarden voor t geeft:

$$T_d = FD(31,5 - 16,4 z + 14,3 z^2) \quad (\text{bij } n = 5) \quad (\text{VI})$$

De bijbehorende transporttijden voor de tractie zijn dan:

$$TT_d = FD(18,2 - 18,0 z + 14,2 z^2) \quad (\text{VIa})$$

Bovenstaande formule houdt echter geen rekening met opstreckende wegen. Deze opstreckende wegen kunnen dienst doen als omrijroute voor de bedrijven die bij deze opstreckende wegen liggen. De afstand van deze omrijroute is wel groter maar dit kan vaak worden gecompenseerd door een grotere rijsnelheid op de verharde weg (zie tabel 2).

Het berekenen van de transporttijden wordt iets gecompliceerder omdat het gebied in kleinere vakken is te splitsen die allen een verschillende ontsluiting hebben (fig. 1).

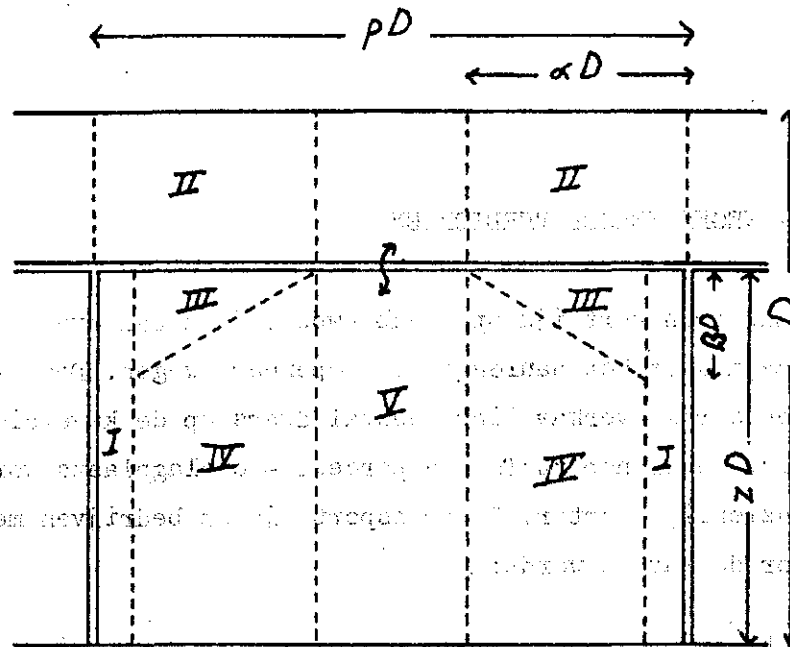


Fig. 1. Schema dwarsweg met twee opstreckende wegen

Vak I is het voorste gedeelte van een bedrijf dat direct naast de opstreckende weg ligt. Deze oppervlakte wordt volledig over een verharde weg ontsloten. De oppervlakte is lengte x breedte of $\frac{zD^2}{f}$, waarin $f =$ diepte/breedte verhouding van een bedrijf.

Voor de twee opstreckende wegen wordt het dus $\frac{2 zD^2}{f}$.

Vak II kan men bereiken via de bedrijfswegen, maar ook via de omrijroute over de verharde wegen. De snelste route is het aantrekkelijkst en dient daarom in de berekening te worden opgenomen. De vraag is echter tot waar men gebruik maakt van de omrijroute. Dit punt kan worden bepaald door de transporttijden voor personen over de bedrijfsweg gelijk te stellen aan die over de omrijroute.

$$(t_{o1} + t_{o4}) zD = (t_{v1} + t_{v4}) (zD + 2 \alpha D)$$

Substitutie van de waarden voor t van personen geeft:

$$\alpha = 0,21 z$$

Het gebruik van de omrijroute beperkt zich dus tot $0,21 zD$ vanaf de opstreckende weg.

De oppervlakte van dit onderdeel is $(D - zD) \alpha D$ of $0,21 zD^2(1 - z)$. Voor de beide opstreckende wegen wordt de oppervlakte $0,42 zD^2(1 - z)$.

Eveneens zal een gedeelte liggend voor de dwarsweg gebruik maken

van de omrijroute, namelijk vak III. De maximale afstand over de dwarsweg is gelijk aan die van vak II, namelijk αD of $0,21 zD$. De maximale afstand over de bedrijfsweg is gesteld op βD . Door de transporttijd voor personen over de bedrijfsweg weer gelijk te stellen aan de transporttijd via de omrijroute is β te berekenen.

$$t_{o1}(zD - \beta D) = t_{v1}(zD + \frac{2D}{f}) + t_{o1} \beta D$$

Substitutie van de waarden voor t uit tabel 3 geeft:

$$\beta = 0,14 z - \frac{0,72}{f}$$

De oppervlakte van vak III wordt dan $\frac{\beta D(\alpha D - \frac{D}{f})}{2}$ en voor beide opstreckende wegen $\beta D(\alpha D - \frac{D}{f})$.

Om vak IV te bereiken wordt geen gebruik gemaakt van de omrijroute. De oppervlakte van dit gedeelte wordt

$$(\alpha D - \frac{D}{f}) (\frac{zD + zD - \beta D}{2})$$

(IV) Voor de beide opstreckende wegen wordt de oppervlakte van vak IV

$$(\alpha D - \frac{D}{f}) (2 zD - \beta D)$$

Indien de afstand tussen de opstreckende wegen groter is dan $2 \alpha D$ of $p > 2\alpha$, dan zal er een oppervlakte overblijven die alleen via de bedrijfswegen wordt bereikt. De oppervlakte van dit vak (V) wordt dan

$$(pD - 2 \alpha D) D$$

Zoals reeds eerder gezegd, wordt de berekening van de transporttijden in een gebied met een dwarsweg en opstreckende wegen gecompliceerd. De vier transportrichtingen maken niet allen een gelijk gebruik van de verbeterde ontsluiting. Zo zal de transportrichting perceel - perceel nagenoeg geen baten ondervinden van zowel de dwarsweg als de opstreckende weg. De transportrichting perceel - opslagplaats zal daarentegen vrij veel voordeel hebben van de verbeterde ontsluiting,

omdat de produkten grotendeels naar de dwarsweg kunnen worden gebracht. De bereikbaarheid van de percelen wordt alleen verbeterd door de opstreckende wegen, indien de transporttijd via de omrijroute kleiner is dan die over de bedrijfswegen. Alleen de transportrichting bedrijfsgebouw - opslagplaats wordt nadelig beïnvloed. In de uitgangssituatie werden de produkten aan een verharde weg of vaarwater nabij de bedrijfsgebouwen gebracht, zodat de afstand nihil was. Na een verbeterde ontsluiting worden de opslagplaatsen bij de dichtstbijzijnde verharde weg gekozen, waardoor een transportafstand is ontstaan. Gedeeltelijk kan dit weer enigszins worden gecompenseerd door gebruik te maken van de omrijroute.

Door de transporttijden voor de verschillende transportrichtingen per vak te totaliseren kan de transporttijd voor het gehele gebied worden verkregen (bijlage 1). Opgemerkt dient te worden dat deze formule alleen geldt indien $p > 2\alpha$.

De totale transporttijd in minuten voor personen is dan:

$$t_{do} (p > 2\alpha) = pD^3 \left\{ 31,5 - 16,4 z + 14,3 z^2 + \frac{z^2}{p} (2,2 z - 2,6) + \frac{1}{pf} \left(\frac{13,4}{f^2} - \frac{13,2 z}{f} - 20,4 z^2 - 1,2 z \right) \right\} \quad (VII)$$

en voor de tractie:

$$T_{do} (p > 2\alpha) = pD^3 \left\{ 18,2 - 18,0 z + 14,2 z^2 + \frac{z^2}{p} (1,5 z - 1,7) + \frac{1}{pf} \left(\frac{3,8}{f^2} - \frac{5,12}{f} - 14,3 z^2 - 1,0 z \right) \right\} \quad (VIIa)$$

Het eerste gedeelte van de formule is gelijk aan de formule voor een dwarsweg zonder opstreckende wegen (formule VI), waardoor het laatste gedeelte gebruikt kan worden als een aanvullende baten berekening van de opstreckende wegen.

Blijkt $p < 2\alpha$ te zijn dan overlappen de vakken II, III en IV elkaar gedeeltelijk en zouden de transporttijden van deze oppervlakten dubbel worden gerekend.

Verder blijft er geen oppervlakte achter de dwarsweg waarvoor geen gebruik van de dwarsweg wordt gemaakt, zodat vak V in zijn geheel vervalt.

transp. tijd in min
per ha. hm. jaar

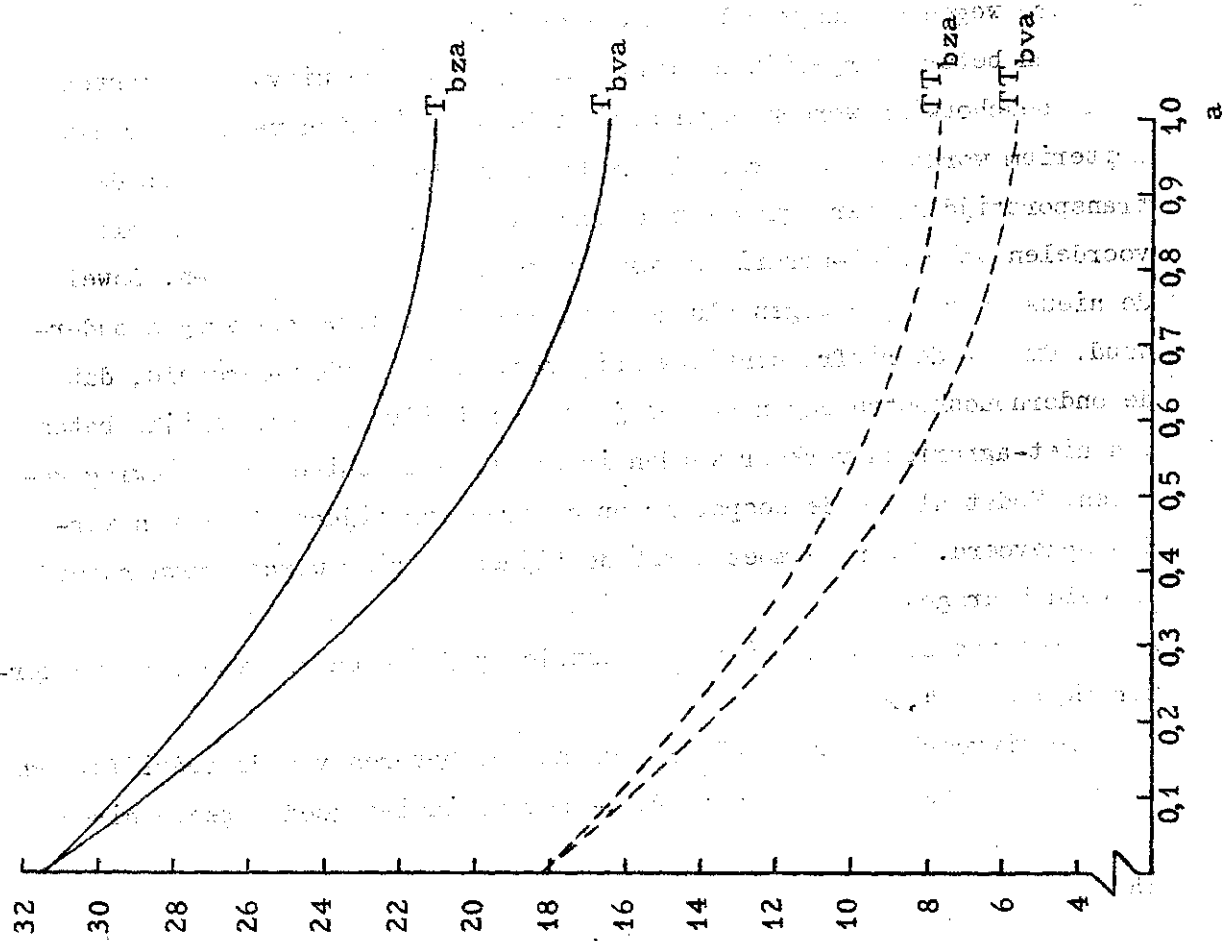


Fig. 2. Transporttijd op gedeeltelijk verbeterde of verharde bedrijfswegen

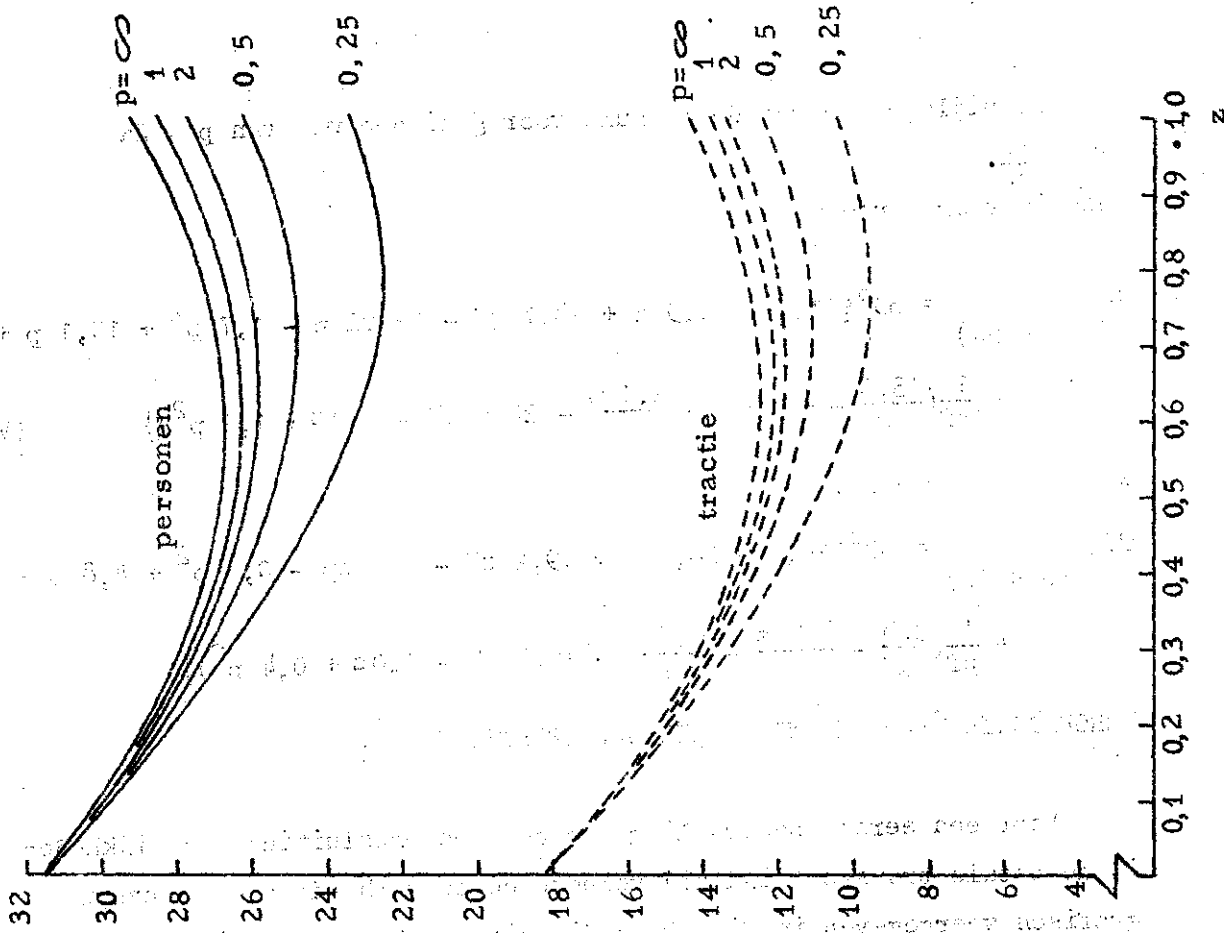


Fig. 3. Transporttijd in een gebied met openbare wegen bij $f = 20$

In bijlage 2 wordt de formule voor gebieden waarvan $p < 2\alpha$ afgeleid.

Deze is voor personen:

$$T_{do}(p < 2\alpha) = pD^3 \left\{ 31,5 - 28,9 z + 24,7 z^2 - 12,02 p - 1,7 p^2 + 15,1 p + \frac{1}{pf} \left(\frac{13,3}{f^2} - \frac{12,3 z}{f} - \frac{2,1 p}{f} - 20,6 z^2 - 1,2 z + 1,1 p^2 \right) \right\} \quad (\text{VIII})$$

en voor de tractie:

$$T_{do}(p < 2\alpha) = pD^3 \left\{ 18,2 - 24,1 z + 19,2 z^2 - 3,6 zp - 0,5 p^2 + 4,8 p + \frac{1}{pf} \left(\frac{3,8}{f^2} - \frac{4,7 z}{f} - \frac{0,8 p}{f} - 14,4 z^2 - 1,0 z + 0,4 p^2 \right) \right\}$$

VERGELIJKING VAN DE ONTSLUITINGSALTERNATIEVEN

Voor een eerste beoordeling van de twee ontsluitingsmogelijkheden is de totale transporttijd bij verbeterde en verharde bedrijfswegen grafisch weergegeven in fig. 2 en die bij openbare wegen in fig. 3. Hieruit blijkt duidelijk dat het aanleggen van verharde bedrijfswegen de grootste besparing op de transporttijden geeft en het aanleggen van openbare wegen de laagste besparing geeft.

Een betere vergelijking krijgt men als ook de uitvoeringskosten in de beschouwing worden opgenomen en de baten/kosten verhouding als criterium wordt gehanteerd. Als de baten zouden de besparing op de transporttijden, verlaging van de onderhoudskosten en de eventuele voordelen voor niet-agrarisch verkeer kunnen worden opgenomen. Zowel de nieuw aangelegde wegen als de bestaande bedrijfswegen vragen onderhoud. Om dat de ritfrequentie weinig verandert, is verondersteld, dat de onderhoudskosten nagenoeg gelijk zullen blijven. De mogelijke baten van niet-agrarisch verkeer worden in dit stadium buiten beschouwing gelaten. Zodat alleen de besparing op de transporttijden als baten worden opgevoerd. Hiertoe moet eerst de tijdsbesparing worden gewaardeerd in geldsbedragen.

De kosten van een manuur (K_m) is gesteld op f 6,- en die van een trekkeruur (K_t) op f 4,50.

De uitvoeringskosten (I_{bz}) voor het verbeteren van de bedrijfswegen kunnen gesteld worden op f 1200,- per hm indien goede specie direct

naast de bedrijfsweg gewonnen kan worden door middel van omputten. Wordt de bedrijfsweg ook nog verhard dan moet hiervoor nog f 2500,- per hm extra gerekend worden, zodat een verharde bedrijfsweg f 3700,- per hm kost (I_{bv}). De kosten van een landbouwweg $b(I_v)$ is geraamd op f 1 500,- per hm.

Het investeringseffect van verbeterde bedrijfswegen komt hiermee op

$$\frac{(T_o - T_{bza}) K_m + (TT_o - TT_{bza}) K_t}{I_{bz} aD}$$

Worden $K_m = f 6,-$ per uur; $K_t = f 4,50$ per uur en $I_{bz} = f 1200,-$ per hm gesubstitueerd in de betreffende formule dan wordt het investeringseffect:

$$\text{Investeringsseffect} = \frac{(3,62 - 1,79 a) D^2}{1200 f} \quad (\text{IX})$$

Van een verharde bedrijfsweg is het investeringseffect

$$\frac{(T_o - T_{bva}) K_m + (TT_o - TT_{bva}) K_t}{I_{bv} aD}$$

Substitutie van de uurkosten en de uitvoeringskosten in de betreffende formule geeft:

$$\text{Investeringsseffect} = \frac{(4,80 - 2,36 a) D^2}{3700 f} \quad (\text{X})$$

Voor een gebied tussen twee opstreckende wegen is de lengte van de dwarsweg te stellen op pD . De lengte van de opstreckende wegen is zD per weg. Omdat de opstreckende wegen een tweezijdige ontsluiting geven moet dus $2 \times \frac{1}{2} zD$ is zD hm opstreckende weg gerekend worden. De investering wordt dan $I_v(pD + zD)$ voor een gebied van pD^2 ha.

Het investeringseffect wordt dan

$$\frac{(T_o - T_{do}) K_m + (TT_o - TT_{do}) K_t}{I_v(pD + zD)}$$

investerings-effect
0,01 D

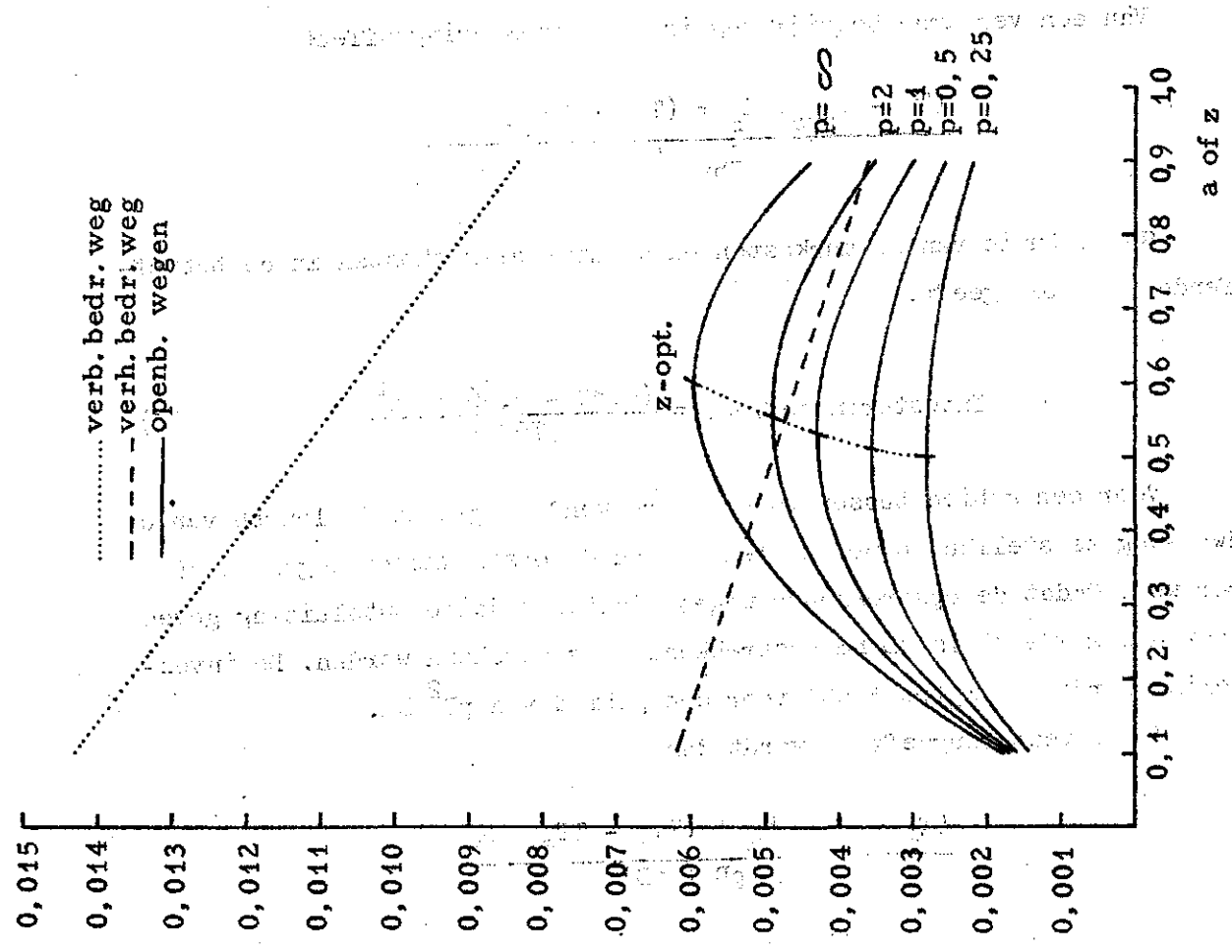


Fig. 4. Invloed van a en z op het investerings-effect bij verbeterde en verharde bedrijfswegen en openbare wegen bij $f = 20$

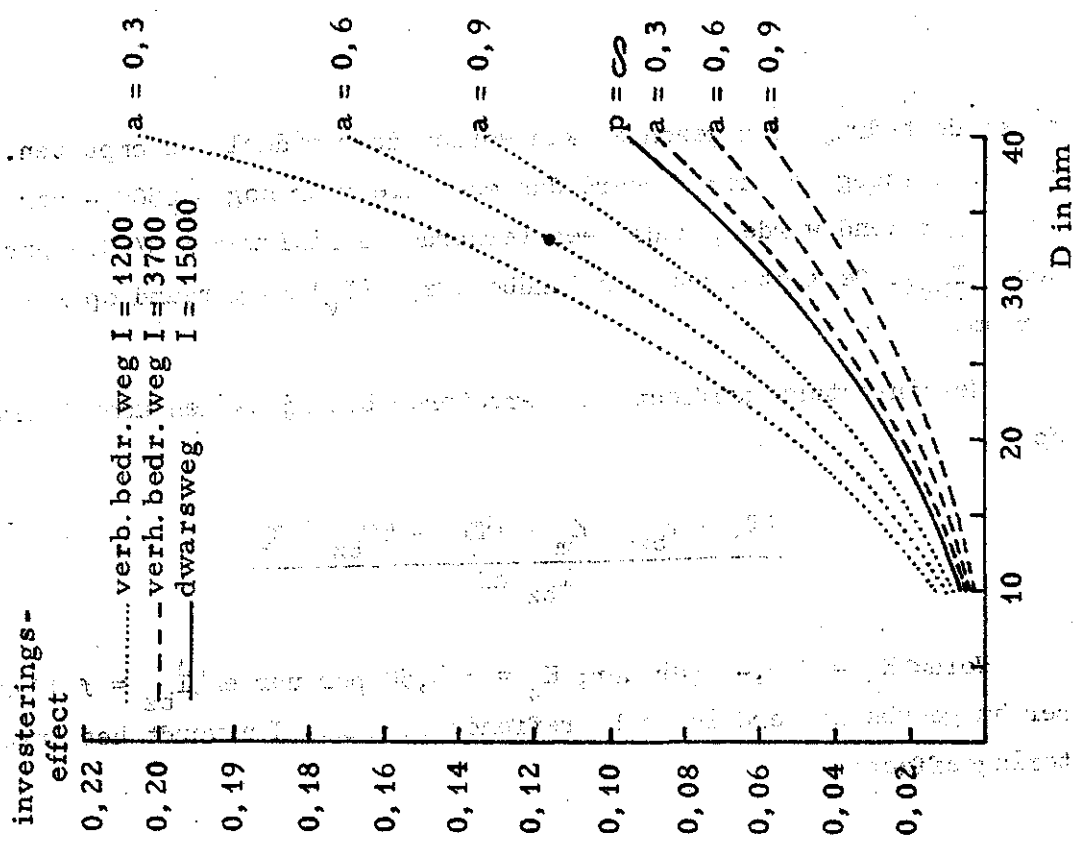


Fig. 5. Het investerings-effect van een dwarsweg op de optimale plaats (zonder opstr. wegen), van verbeterde en verharde bedrijfswegen bij $f = 20$ en een gegeven I en a.

Substitutie van de uurkosten en de uitvoeringskosten in de betreffende formule geeft:

Investerings-effect^{do} (p > 2α) =

$$= \frac{(2,99 z - 2,50 z^2 - 0,33 \frac{z^3}{p} + 0,39 \frac{z^2}{p} - \frac{1,63}{pf^3}) pD^2}{I_v(p+z)} +$$

$$+ \frac{(\frac{1,70 z}{pf^2} + \frac{3,11 z^2}{pf} + \frac{0,20 z}{pf}) pD^2}{I_v(p+z)} \quad (XI)$$

en

Investerings-effect^{do} (p < 2α) =

$$= \frac{(4,70 z - 3,91 z^2 + 1,47 zp + 0,21 p^2 - 1,87 p - \frac{1,62}{pf^3}) pD^2}{I_v(p+z)} +$$

$$+ \frac{(\frac{1,87 z}{pf^2} + \frac{0,27}{f^2} + \frac{3,14 z}{pf} + \frac{0,20 z}{pf} - \frac{0,14 p}{f}) pD^2}{I_v(p+z)} \quad (XII)$$

Om het investerings-effect van de verbeterde c.q. verharde bedrijfswegen te kunnen vergelijken is in fig. 4 het investerings-effect per 0,01 D² uitgezet tegen het verbeterde c.q. verharde bedrijfsweggedeelte (a) en voor openbare wegen tegen de plaats van de dwarsweg (z) bij verschillende afstanden tussen de opstreckende wegen (p) onderling. Duidelijk blijkt dat bij verbeterde bedrijfswegen het investerings-effect het grootst is. Bij verharde bedrijfswegen en openbare wegen liggen ze vrijwel gelijk. Wel blijkt het aanleggen van opstreckende wegen minder aantrekkelijk te zijn. Dit laatste is te verklaren omdat bij de berekening van de transporttijden reeds bleek dat gebruik van de omrijroute weinig tijdwinst oplevert. Deze tijdwinst komt voornamelijk uit de vereenvoudiging van het afvoeren van de produkten. In hoeverre de kaveldiepte D het investerings-effect beïnvloedt blijkt uit fig. 5.

Slechts bij een grote kaveldiepte is het investeringseffect op basis van het interne landbouwverkeer voldoende hoog. Bij een kleine kaveldiepte is dit laag en kan een verharde weg achter de kavels langs ($z = 1$) met een tweezijdige ontsluiting in overweging worden genomen.

SAMENVATTING

Tengevolge van de lange opstreckende kavels en de veelal slechte bedrijfswegen in de Veenkoloniën zijn de transportkosten op de landbouwbedrijven hoog. Concentratie van de grond rond de bedrijfsgebouwen is alleen mogelijk als tevens boerderijverplaatsing op ruime schaal plaats vindt, hetgeen hoge investeringen met zich brengt. Verbetering en uitbreiding van het bestaande wegensysteem is dan ook meer voor de hand liggend. Vandaar dat getracht is door middel van een studie van het interne landbouwverkeer, een optimale ontsluiting van de landbouwgronden te verkrijgen. Het landbouwverkeer is hiertoe in vier transportrichtingen verdeeld te weten bedrijfsgebouw - perceel ($b - p$), perceel - opslag ($p - o$), perceel - perceel ($p - p$) en bedrijfsgebouw - opslag ($b - o$).

Bij de huidige ontsluiting is de transporttijd $31,5$ FD manminuten (form. I) en $18,2$ FD trekkerminuten (form. Ia) ($F =$ oppervlakte in ha en $D =$ bedrijfsdiepte in hm).

Worden de bedrijfswegen geheel of gedeeltelijk verbeterd tot zandlanen dan zijn de transporttijden $(10,2 a^2 - 20,6 a + 31,5)$ FD manminuten (form. IV) en $(10,3 a^2 - 20,8 a + 18,2)$ FD trekkerminuten (form. IVa) ($a =$ te verbeteren bedrijfsweggedeelte).

Op een geheel of gedeeltelijk verharde bedrijfsweg zijn de transporttijden $(14,5 a^2 - 29,5 a + 31,5)$ FD manminuten (form. V) en $(12,1 a^2 - 24,6 a + 18,2)$ FD trekkerminuten (form. Va).

In plaats van de bedrijfswegen te verbeteren of te verharderen kan ook een dwarsweg al dan niet met opstreckende wegen worden aangelegd. De landbouwprodukten kunnen dan via deze openbare wegen worden afgevoerd en de bedrijven gelegen bij de opstreckende wegen kunnen deze wegen als omrij route gebruiken. De gemiddelde transporttijden op de landbouwbedrijven zijn dan te berekenen met form. VII indien de halve afstand tussen de opstreckende wegen groter is als de maximale afstand

langs de dwarsweg die men nog gebruikt voor het omrijden ($p > 2\alpha$) en form. VIII indien $p < 2\alpha$.

Door de tijdwinst te waarden op f 6,- per manuur en f 4,50 per trekkeruur is het investeringseffect van de diverse ontsluitingsalternatieven berekend en weergegeven in de figuren 4 en 5.

Hieruit blijkt dat het investeringseffect op basis van het interne landbouwverkeer klein is en slechts bij een grote bedrijfsdiepte op een aanvaardbaar niveau ligt.

LITERATUUR

DUIN, R.H.A. VAN, 1962. Ontsluiting van landbouwgronden.

Mededeling 35, I.C.W.

OOSTERBAAN, G.A., 1967. Afweging van ontsluitingsplannen in gebieden met een strokenverkaveling. Mededeling 70, Cultuurtechnische Dienst.

REINDS, G.H. en A.K. VAN HEMERT, 1962. Transportonderzoek.

Nota 144, I.C.W.

RIGHOLT, J.W., 1964. Wegkwaliteit en landbouwtransport. Mededeling 66, I.C.W.

SPARENBURG, G.A., 1964. Een ontsluitingssysteem bij opstrekende verkaveling. Landbouwkundig tijdschrift 76 - 6.

SPRIK, J.B. en R.H.A. VAN DUIN, 1967. Intern bedrijfstransport in de Veenkoloniën. Mededeling 105 I.C.W.

Afleiding van de formule voor de berekening van de transporttijden voor een gebied liggend tussen twee opstreckende wegen onder de voorwaarde dat $p \geq 2\alpha$.

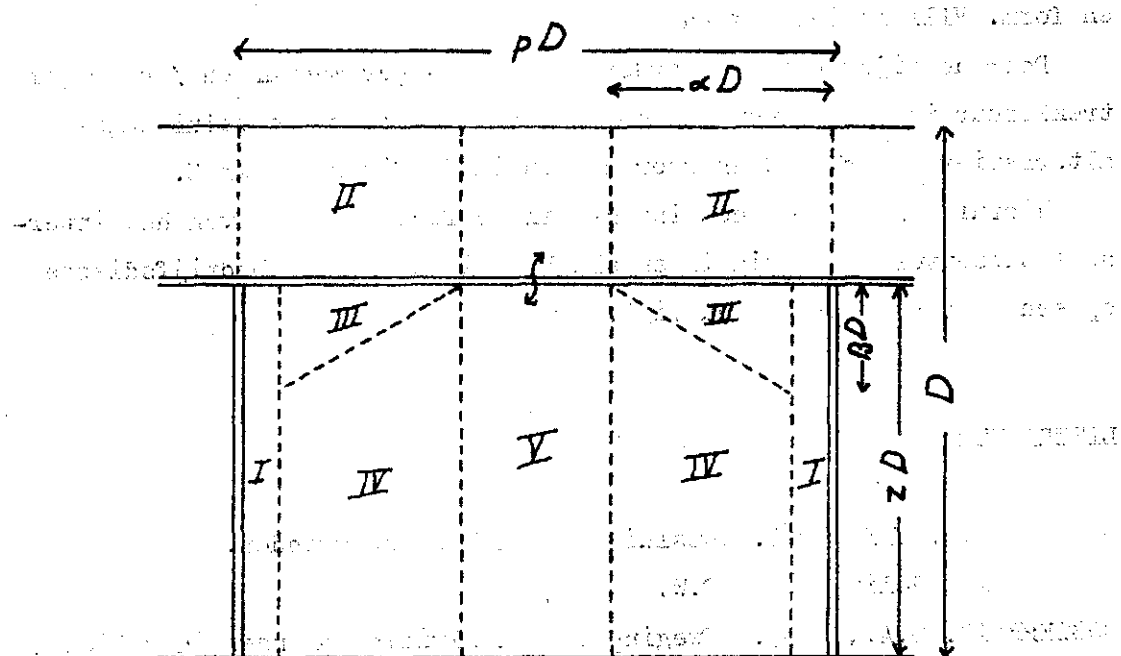


Fig. 1-1. Schema dwarsweg met twee opstreckende wegen bij $p \geq 2\alpha$.

Omdat de verbeterde ontsluiting op de transportrichtingen bedrijfsgebouw - perceel (b - p), perceel-opslagplaats (p - o), perceel - perceel (p - p) en bedrijfsgebouw - opslagplaats (b - o) per vak een verschillende invloed heeft, wordt de formule voor de diverse transportrichtingen per vak afzonderlijk en indien mogelijk gecombineerd afgeleid. Eerst worden de deelformules volledig uitgeschreven en na substitutie van de verschillende t-waarden vereenvoudigd.

Voor vak I kan de transporttijd voor de transportrichtingen b - p, p - o en b - o in één deel formule worden berekend, waarbij de afstand p - o nihil is, namelijk

$$2 \frac{zD^2}{f} (t_{v1} + t_{v4}) \frac{zD}{2} = (t_{v1} + t_{v4}) \frac{z^2 D^3}{f}$$

Het bedrijf liggend naast de opstreckende weg is dieper dan alleen zD, zodat voor het verkeer tussen de percelen onderling tevens een gedeelte van vak II in de vergelijking moet worden opgenomen; namelijk

$$\left\{ \frac{2 zD^2}{f} \times t_{v3} \frac{(n+1)}{3n} + \frac{2 D^2 - 2 zD^2}{f} \times t_{o3} \frac{(n+1)}{3n} \right\} D$$

bij n = 5 wordt de deelformule

$$\frac{0,8 zD^3 t_{v3}}{f} + \frac{(0,8 D^3 - 0,8 zD^3) t_{o3}}{f} = \{t_{o3} + (t_{v3} - t_{o3})z\} \frac{0,80 D^3}{f}$$

Voor vak II geldt dat men voor de transportrichtingen b - p en b - o gebruik maakt van de omrij route en dat de produkten naar de verharde weg worden vervoerd. De transporttijd wordt dan

$$2 \alpha D^2 (1 - z) \left\{ (t_{v1} + t_{v4}) \left(\frac{2 \alpha D}{2} + zD \right) + t_{o1} + t_{o2} \right\} \left(\frac{D - zD}{2} \right) =$$

$$= 2 \alpha D^3 (1 - z) \left\{ (\alpha + z) (t_{v1} + t_{v4}) + (1 - z) \left(\frac{1}{2} t_{o1} + \frac{1}{2} t_{o2} \right) \right\}$$

Het transport voor vak III is voor drie transportrichtingen gecombineerd met het transport voor vak IV te berekenen. Alleen de transportrichting b - p wijkt af omdat deze richting voor vak III gebruik maakt van de omrij route en voor vak IV gaat deze transportrichting over de bedrijfsweg. De transporttijd voor de transportrichting b - p naar vak III wordt

$$BD \left(\alpha D - \frac{D}{f} \right) \left[2 \left(\frac{\alpha D}{3} + \frac{D}{f} \right) + zD \right] t_{v1} + \frac{BD}{3} \times t_{o1} =$$

$$= BD^3 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right) \left\{ \left(\frac{2}{3} \alpha + \frac{4}{3f} + z \right) t_{v1} + \frac{1}{3} t_{o1} \right\}$$

Het interparcellair verkeer op de vakken II^{ged.}, III en IV moet gecombineerd worden berekend, omdat de bedrijven zich uitstrekken over alle drie vakken. De transporttijd hiervoor is

$$2 D \left(\alpha D - \frac{D}{f} \right) \left\{ t_{o3} \frac{(n+1)}{3n} D \right\}$$

bij n = 5 wordt de formule

$$0,8 D^3 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right) t_{o3} = \frac{0,80 D^3}{f}$$

Eveneens moeten de transportrichtingen p - o en b - o voor de vakken III en IV als een geheel worden gezien waardoor de transporttijd gecombineerd moet worden berekend. De deelformule wordt:

$$2(\alpha D - \frac{D}{f}) zD \{ t_{o2} \frac{zD}{4} + t_{v4} (\frac{1}{2} \alpha D - \frac{D}{2f} + \frac{D}{f} + zD + \frac{D}{f} + \frac{1}{2} \alpha D - \frac{D}{2f}) 0,5 \} = \\ zD^3 (\alpha - \frac{1}{f}) \{ \frac{1}{2} z t_{o2} + t_{v4} (\alpha + \frac{1}{f} + z) \}$$

Alleen de transportrichting b - p blijft nu nog over voor vak IV. Het transport voor deze transportrichting vindt volledig plaats over de bedrijfsweg, zodat de transporttijd hiervoor als volgt is te berekenen.

$$\frac{1}{f} (\alpha D - \frac{D}{f}) (zD - \frac{1}{2} \beta D) t_{o1} (\frac{2zD - \beta D}{4}) = \\ D^3 (\alpha - \frac{1}{f}) (z - \frac{1}{2} \beta)^2 t_{o1}$$

Van vak V kan de transporttijd voor alle transportrichtingen in een keer worden berekend met de deelformule:

$$(pD^2 - 2\alpha D^2) \{ t_{o1} \times \frac{D}{2} + t_{o2} (\frac{zD}{4} \times \frac{zD}{D} + \frac{D - zD}{2} \times \frac{D - zD}{D}) + \\ + t_{o3} \frac{(n+1)}{3n} D t_{o4} (\frac{zD}{2D} + \frac{D - zD}{D}) zD \}$$

bij n = 5 wordt de formule

$$D^3 (p - 2\alpha) \{ \frac{1}{2} t_{o1} + t_{o2} (\frac{3}{4} z^2 + \frac{1}{2} - z) + 0,4 t_{o3} + z t_{o4} - 0,5 z^2 t_{o4} \}$$

Indien de transporttijden van alle vakken worden getotaliseerd en de waarden uit tabel 3 worden gesubstitueerd ontstaan de volgende formules voor het berekenen van de transporttijden in minuten.

Voor personen:

$$T_{do}(p \geq 2\alpha) = pD^3 \{ 31,5 - 16,4 z + 14,3 z^2 + \frac{z^2}{p} (2,2 z - 2,6) + \\ + \frac{1}{pf} (\frac{13,4}{f^2} - \frac{13,2}{f} - 20,4 z^2 - 1,2 z) \}$$

en voor de tractie:

$$T_{do}(p > 2\alpha) = pD^3 \left\{ 18,2 - 18,0 z + 14,2 z^2 + \frac{z^2}{p} (1,5 z - 1,7) + \right. \\ \left. + \frac{1}{p^2} \left(\frac{3,8}{p^2} - \frac{5,1}{p} - 14,3 z^2 - 1,02 \right) \right\}$$

Afleiding van de formule voor het berekenen van de transporttijden voor een gebied met een dwarsweg liggend tussen twee opstreckende wegen met een $p < 2a$.

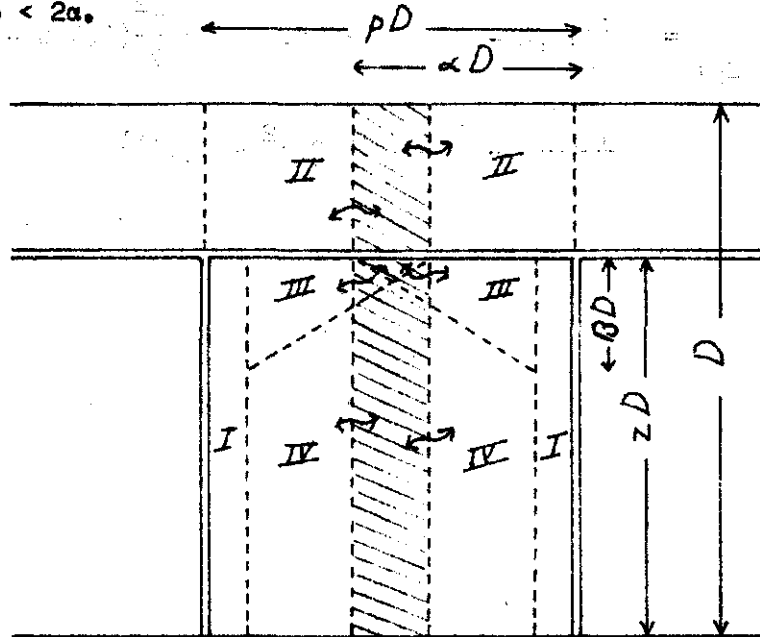


Fig. 2-1. Schema dwarsweg met twee opstreckende wegen bij $p < 2a$

Indien de afstand tussen de twee opstreckende wegen (pD) kleiner is dan twee keer de maximale afstand die men bij omrijden langs de dwarsweg zou rijden ($2 \alpha D$) dan wordt met de formule zoals die in bijlage 1 is afgeleid voor een oppervlakte van $2 \alpha D^2 - pD^2$ te veel transportkosten berekend. Vandaar dat voor een dergelijk gebied een andere formule moet worden afgeleid. De deelformules moeten evenals in bijlage 1 weer per vak en per transportrichting afzonderlijk worden afgeleid, waarna ze voor het gehele gebied getotaliseerd kunnen worden.

Zoals uit figuren 1-1 en 2-1 blijkt blijft vak I gelijk, zodat de transporttijd voor de transportrichtingen b-p, p-o en b-o is

$$(t_{v1} + t_{v4}) \frac{z^2 D^3}{f}$$

Ook de transporttijd voor de transportrichting p-p van vak I en een gedeelte van vak II blijft gelijk en wel:

$$\left\{ \frac{2 z D^2}{f} \times t_{v3} \frac{(n+1)}{3n} + \frac{2 D^2 - 2 z D^2}{f} \times t_{o3} \frac{(n+1)}{3n} \right\} D$$

Bij n = 5 wordt de deelformule

$$\{t_{o3} + (t_{v3} - t_{o3}) z\} \frac{0,8 D^3}{f}$$

Vak II in dit gebied heeft een oppervlakte van $\frac{1}{2} pD(D - zD)$ elk en samen $pD(D - zD)$. Voor de transportrichtingen b - p, p - o en b - o is de deelformule weer gecombineerd afgeleid en is als volgt:

$$pD(D - zD) \left\{ (t_{v1} + t_{v4}) \left(\frac{1}{2} pD + zD \right) + (t_{o1} + t_{o2}) \left(\frac{D - zD}{2} \right) \right\}$$

Voor vak III moet de deelformule voor alle transportrichtingen opnieuw worden afgeleid. De figuratie van dit vak is een trapezium en de oppervlakte voor de twee vakken samen is

$$\left\{ \beta D + \left(\frac{\alpha - \frac{1}{2} p}{\alpha - \frac{1}{f}} \right) \beta D \left(\frac{1}{2} pD - \frac{D}{f} \right) \right\}$$

De transportafstand naar dit vak is gerekend tot het zwarte punt van de trapezium. Langs de dwarsweg is dit dan

$$\left(\frac{p}{2} - \frac{1}{f} \right) \left(\frac{3\alpha - p - \frac{1}{f}}{2\alpha - \frac{1}{2} p - \frac{1}{f}} \right) \frac{1}{3} D$$

en vanaf de dwarsweg tot het zwaartepunt van dit vak wordt de afstand

$$\frac{1}{3} \beta D \left\{ \frac{\left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right)^2 - 3 \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) \left(\alpha - \frac{1}{f} \right) + 3 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)^2}{2 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)^2 - \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)} \right\}$$

Voor de transportrichting b - p wordt de transporttijd dan

$$\left\{ \beta D + \left(\frac{\alpha - \frac{1}{2} p}{\alpha - \frac{1}{f}} \right) \beta D \right\} \left(\frac{1}{2} pD - \frac{D}{f} \right) \left[t_{v1} \frac{2}{3} \left(\frac{3\alpha - \frac{1}{f} - p}{2\alpha - \frac{1}{f} - \frac{1}{2} p} \right) \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) D + \frac{2D}{f} + zD \right] + t_{o1} \times \frac{1}{3} \beta D \left\{ \frac{\left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right)^2 - 3 \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) \left(\alpha - \frac{1}{f} \right) + 3 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)^2}{2 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)^2 - \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)} \right\}$$

Bij substitutie van $\alpha = 0,21 z$ en $\beta = 0,14 z - \frac{0,72}{f}$ blijkt $\frac{\beta}{\alpha - \frac{1}{f}}$ overeen te komen met 0,70, waardoor de deelformule ook te schrijven is als

$$\left\{ \beta D + 0,70 \left(\alpha - \frac{1}{2} p \right) D \right\} \left(\frac{1}{2} p D - \frac{D}{f} \right) \left[t_{v1} \frac{2 \left(\frac{3\alpha - \frac{1}{f} - p}{2\alpha - \frac{1}{f} - \frac{1}{2} p} \right) \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) D + \frac{2D}{f} + zD \right] + t_{o1} \left[\frac{\left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right)^2 - 3 \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right) \left(\alpha - \frac{1}{f} \right) + 3 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right)^2}{2 \left(\alpha - \frac{1}{f} \right) - \left(\frac{1}{2} p - \frac{1}{f} \right)} \right] 0,23 D$$

Voor de transporttijd tussen de percelen onderling moet de formule voor de vakken II^{ged.}, III en IV gecombineerd worden afgeleid. De totale oppervlakte van deze vakken tussen de twee opstrekende wegen samen is $(pD - \frac{2D}{f}) D$ en de totale transporttijd voor dit gedeelte wordt dan

$$\left(pD - \frac{2D}{f} \right) D \left\{ t_{o3} \frac{(n+1)}{3n} D \right\}$$

Bij $n = 5$ wordt de deelformule $0,4 D^3 \left(p - \frac{2}{f} \right) t_{o3}$.

De deelformule voor de transportrichtingen p - o en b - o zijn voor de vakken III en IV eveneens gecombineerd af te leiden. De oppervlakte van deze vakken totaal is $(pD - \frac{2D}{f}) zD$ en de transporttijd van de twee transportrichtingen voor deze oppervlakte is dan

$$\left(pD - \frac{2D}{f} \right) zD \left\{ t_{o2} \times \frac{1}{4} zD + t_{v4} \left(\frac{1}{2} pD + \frac{D}{f} + zD \right) 0,5 \right\}$$

Van vak IV moet nu nog voor de transportrichting b - p een formule worden afgeleid. De totale oppervlakte is

$$\left(pD - \frac{2D}{f} \right) \left\{ zD - \frac{1}{2} \beta D - \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha - \frac{1}{2} p}{\alpha - \frac{1}{f}} \right) \beta D \right\}$$

De transporttijd voor deze oppervlakte is

$$\left(pD - \frac{2D}{f} \right) \left\{ zD - \frac{1}{2} \beta D - \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha - \frac{1}{2} p}{\alpha - \frac{1}{f}} \right) \beta D \right\} \left[t_{0,1} \left\{ zD - \frac{1}{2} \beta D - \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha - \frac{1}{2} p}{\alpha - \frac{1}{f}} \right) \beta D \right\} 0,5 \right]$$

Substitutie van $\frac{\beta}{\alpha - \frac{1}{f}} = 0,70$ geeft

$$\left(pD - \frac{2D}{f} \right) \left\{ zD - \frac{1}{2} \beta D - 0,35 D \left(\alpha - \frac{1}{2} p \right) \right\} \left[0,5 t_{0,1} \left\{ zD - \frac{1}{2} \beta D - 0,35 D \left(\alpha - \frac{1}{2} p \right) \right\} \right]$$

Omdat $pD < 2 \alpha D$ zijn er tussen de twee opstreckende wegen geen bedrijven die geen enkel gebruik van de omrij route maken, zodat vak V ontbreekt.

Indien de deelformules van alle vakken worden getotaliseerd en de waarden uit tabel 3 in de formules worden gesubstitueerd ontstaan de volgende formules voor het berekenen van de transporttijd in minuten.

Voor personen:

$$T_{do}(p < 2\alpha) = pD^3 \left\{ 31,5 - 28,9 z + 24,7 z^2 - 12,0 zp - 1,7 p^2 + 15,1 p + \frac{1}{pf} \left(\frac{13,3}{f^2} - \frac{12,3 z}{f} - \frac{2,1 p}{f} - 20,6 z^2 - 1,2 z + 1,1 p^2 \right) \right\}$$

en voor de tractie:

$$T_{do}^{TT}(p < 2\alpha) = pD^3 \left\{ 18,2 - 24,1 z + 19,2 z^2 - 3,6 zp - 0,5 p^2 + 4,8 p + \frac{1}{pf} \left(\frac{3,8}{f^2} - \frac{4,7 z}{f} - \frac{0,8 p}{f} - 14,4 z^2 - 1,0 z + 0,4 p^2 \right) \right\}$$

LIJST VAN GEBRUIKTE SYMBOLEN

- T_o = transporttijd voor personen op bedrijven met bestaande bedrijfs-
wegen en onbevaarbare wijken (min. per jaar);
- TT_o = idem voor tractie (min. per jaar);
- T_{bz} = transporttijd voor personen op bedrijven met verbeterde bedrijfs-
wegen (min. per jaar);
- TT_{bz} = idem voor tractie (min. per jaar);
- T_{bza} = transporttijd voor personen op bedrijven met over een lengte
aD verbeterde bedrijfswegen (min. per jaar);
- TT_{bza} = idem voor tractie (min. per jaar);
- T_{bv} = transporttijd voor personen op bedrijven met verharde bedrijfs-
wegen (min. per jaar);
- TT_{bv} = idem voor tractie (min. per jaar);
- T_{bva} = transporttijd voor personen op bedrijven met over een lengte
aD verharde bedrijfswegen (min. per jaar);
- TT_{bva} = idem voor tractie (min. per jaar);
- T_d = transporttijd voor personen op bedrijven met een dwarsweg door
de kavel (min. per jaar);
- TT_d = idem voor tractie (min. per jaar);
- T_{do} = transporttijd voor personen op bedrijven met een dwarsweg door
de kavel en op een bepaalde afstand opstreckende wegen
(min. per jaar);
- TT_{do} = idem voor de tractie (min. per jaar);
- F = bedrijfsoppervlakte (ha);
- D = bedrijfsdiepte (hm);
- z = gedeelte van bedrijfsdiepte dat ligt voor de dwarsweg;
- αD = $0,21 z D$ = de bij omrijden theoretisch maximaal afgelegde afstand
over de dwarsweg (hm);
- βD = $(0,14 z - \frac{0,72}{f}) D$ = de theoretisch maximaal over land af te
leggen afstand na omrijden (hm);
- a = verhouding van de lengte waarover bedrijfswegen worden verbeterd
of verhard en de bedrijfsdiepte;
- p = verhouding afstand opstreckende wegen en de bedrijfsdiepte;
- f = diepte/breedte verhouding van de bedrijven;
- K_m = kosten van een manuur (gld/uur)

- K_t = kosten van een trekkeruur (gld per uur);
 I_{bz} = uitvoeringskosten van verbeterde bedrijfswegen (gld per hm);
 I_{bv} = uitvoeringskosten van verharde bedrijfswegen (gld per hm);
 I_v = uitvoeringskosten van verharde landbouwwegen - b
(gld per hm).

