

Verhardingen van gestabiliseerde kleigrond met asfaltdeklagen: ontwerp, uitvoering en beproeving

*Pavements with stabilized clay soil and
asphalt top layers:
design, construction and testing*

Ing. D. Swierstra

imag-dlo



CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Swierstra, D.

Verhardingen van gestabiliseerde kleigrond met asfaltdeklaag: ontwerp, uitvoering en beproeving. / D. Swierstra. – Wageningen : IMAG-DLO. – Ill. (Rapport / Dienst Landbouwkundig Onderzoek, Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen ; 93-33)

Met lit. opg. – Met samenvatting in het Engels.

ISBN 90-5406-064-6 geb.

NUGI 849

Trefw.: asfaltdeklaag ; landbouw.

© 1993

IMAG-DLO

Postbus 43 – 6700 AA Wageningen

Telefoon 08370-76300

Telefax 08370-25670

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enig andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system of any nature, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

Abstract

Swierstra, D.

Pavements with stabilized clay soil and asphalt top layers: design, construction and testing.

DLO Institute of Agricultural Engineering, report 93-33, in Dutch, with summary in English, 37 pp.

Two experiments with a stabilization of clay with cement for the foundation of pavements with a new additive called Geosta have been tested. A land road of approx. 1200 m² and a pavement in a silage storage of approx. 1000 m². In both objects with the stabilized soils with a 0.25 m depth were covered with asphalt top layers. The top layer of the land road was a gravel mastic asphalt with a depth of 30 and 40 mm and the silage storage had a top layer of openasphalt concrete covered with coarse asphalt concrete layer.

In the laboratory of the additive did show no effect on the compressive strength. The compressive strength of the samples in-situ could showed not either an improving caused by the Geosta. The last three years the practical experiments were satisfying.

Key-words: pavements, soil stabilization

Voorwoord

In de agrarische sector bestaat grote behoefte aan verhardingen voor kavelwegen en erfverhardingen. De bestaande oppervlakte bedraagt naar schatting 7 miljoen m². Het gebruik van verhardingen is aan veranderingen onderhevig. De gebruiksbelasting neemt toe en ook de afdichtende functie wordt steeds belangrijker. Met vloeistofdichte verhardingen kunnen emissies naar bodem en water namelijk worden voorkomen. Specifieke toepassingen daarvan zijn de teeltvloeren in de tuinbouw, de sleufsilos en de mestplaten.

Naast verhardingen die direct op het maaiveld worden aangelegd, worden in de land- en tuinbouw ook verhardingsconstructies met een fundering uitgevoerd. Als fundering kan een gestabiliseerde onderlaag van zandcement worden gebruikt. In dit rapport is onderzoek beschreven waarbij een ondergrond van klei is gestabiliseerd met cement in combinatie met een toevoegmiddel. Deze fundering is toegepast voor de asfaltdeklaag van respectievelijk een kavelwegverharding en een sleufsiilo. Het onderzoek heeft bestaan uit het ontwerp, de uitvoering en de beproeving van de genoemde verhardingsconstructies. Voor medewerking aan dit onderzoek is een woord van dank verschuldigd aan Kansai Engineering Europe, Lareco BV, VBW-Asfalt, de Landinrichtingsdienst en het Regionaal Onderzoek Centrum 'De Vlierd'.

Ir. A.A. Jongebreur
directeur

Inhoud

Samenvatting	6
1 Inleiding	7
2 Agrarische verhardingen	8
3 Materialen, constructies en meetmethoden	10
3.1 Stabilisatie onderlaag	10
3.2 Toevoegmiddel	10
3.3 Deklaag	11
3.4 Meetmethoden	12
4 Proefobjecten	13
4.1 Kavelweg	13
4.1.1 Ontwerp en vooronderzoek	13
4.1.2 Uitvoering kavelweg	15
4.2 Voeropslag	15
4.2.1 Ontwerp en vooronderzoek	15
4.2.2 Uitvoering voeropslag	16
5 Resultaten en discussie	18
5.1 Kavelweg	18
5.1.1 Stabilisatielaag	18
5.1.2 Deklaag	19
5.1.3 Kavelwegverharding	20
5.2 Voeropslag	23
5.2.1 Stabilisatielaag	23
5.2.2 Deklaag	24
5.2.3 Voeropslagverharding	25
6 Conclusies en aanbevelingen	26
Summary	27
Literatuur	28
Bijlage A Resultaten vooronderzoek	30
Bijlage B Resultaten waarnemingen bij kavelweg en voeropslag	32

Samenvatting

In de agrarische sector is een zandstabilisatie met cement als fundering voor verhardingen goed toepasbaar. Kleigrond kan niet zonder meer met cement worden gestabiliseerd. Een nieuwe ontwikkeling is het in Japan ontwikkelde toevoegmiddel Geosta, dat bij menging met cement en kleigrond tot een verharding komt.

Door IMAG-DLO is een tweetal praktijkproeven uitgevoerd, waarbij kleigrond is gestabiliseerd met cement en het toevoegmiddel Geosta. De proefobjecten bestonden uit ca. 1200 m² kavelwegverharding en ca. 1000 m² verharding voor een voeropslag met twee sleufsilos. Beide proefobjecten uitgevoerd met een stabilisatielaag van 0,25 m dik waren voorzien van asfaltdekkingen. De dekking van de kavelweg bestond uit twee lagen steenmastiekasfalt met dikten van 30 en 40 mm. De dekking van de voeropslag met een totale dikte van 60 mm bestond uit een onderlaag van openasfaltbeton en een bovenlaag van dichtasfaltbeton. In het laboratorium kon geen positieve bijdrage aan de 7-daagse druksterkte van onderzochte klei/cement-grondmonsters als gevolg van de toevoeging van Geosta worden vastgesteld. De druksterkte van de grondmonsters uit het werk nam als gevolg van de Geosta-toevoeging ook niet toe. Desondanks hebben de verhardingen tijdens een gebruiksduur van drie jaar goed voldaan ten aanzien van berijdbaarheid en vlakheid. Alvorens over te gaan tot toepassing in de praktijk van het toevoegmiddel Geosta voor de stabilisatie van kleigrond wordt meer fundamenteel onderzoek aanbevolen.

1 Inleiding

In de agrarische sector zijn erfverhardingen, toegangs- en kavelwegen een belangrijk onderdeel van het agrarisch bedrijfssysteem. De nieuwe methoden van huisvesting en verzorging van dieren en de toepassing van nieuwe teeltmethoden in akker- en tuinbouw hebben sterke invloed gehad op de produktiviteit en rentabiliteit van de bedrijven. Verhardingen in de agrarische sector ondervinden een toename van het aantal en de grootte van asbelastingen. Veel bestaande verhardingen voldoen niet meer aan de huidige eisen of zijn aan vervanging toe. In de tuinbouw wordt naast het draagvermogen van verhardingen, de isolerende (afdichtende) functie van de ondergrond in toenemende mate belangrijk [6,23]. In diverse beleidsnota's wordt gesteld dat verontreiniging van het grond- en oppervlaktewater in het jaar 2000 moet zijn gereduceerd tot een aanvaardbaar niveau [20,30,31].

Voor de periode 1980-1990 is een schatting gemaakt van de gemiddelde jaarlijkse behoefte aan verhardingen in de agrarische sector. In 1980 werd een uitbreiding van 680 ha verharding per jaar voorzien [2]. Gelet op nagenoeg een verdubbeling van de investeringen in grond-, weg- en andere bouwwerken van ca. f 400 miljoen, wordt in het laatste decennium ruimschoots geïnvesteerd in verhardingen [14]. Toenemende milieu-eisen zullen zowel in de glastuinbouw als in de open tuinbouw tot aanzienlijke investeringen leiden.

Verhardingen in de agrarische sector worden op verschillende wijzen uitgevoerd. Naast de enkelvoudige verhardingssystemen, direct op het maaiveld, worden samengestelde constructies met een fundering uitgevoerd.

Onderzoek is verricht naar de toepassingsmogelijkheid van een samengestelde verhardingsconstructie met een gestabiliseerde kleilaag als onderlaag. Voor de stabilisatie van de klei is het toevoegmiddel Geosta gebruikt. Het rapport beschrijft van een kavelweg en van een voeropslag uitgevoerd met Geosta de onderzoekactiviteiten betreffende het ontwerp, de aanleg en het gebruik.

2 Agrarische verhardingen

Verhardingen in de agrarische sector zijn te onderscheiden in: toegangswegen, erfverhardingen en kavel- of bedrijfswegen. Onder een toegangsweg wordt verstaan de verbindingsweg vanaf de openbare weg tot het bedrijf. Een kavel- of bedrijfsweg is een verbindingsweg tussen het erf en de percelen. Verschillende materialen worden als verhardingsconstructie gebruikt. Veel toegepaste materialen zijn asfalt, beton en klinkers, zie tabel 1.

Tabel 1 Procentuele aandeel van toegepaste materialen van het totaal gebruik van verhardingen in de landbouw in 1980 [2,8].

Table 1 View of materials used for pavements in percents in the agriculture.

verhardingstype	asfalt	beton	klinkers
erf	21	32	44
toegangsweg	54	12	25
bedrijfsweg	11	72	13

In tegenstelling tot asfalt- en klinkerverhardingen wordt in de landbouw een betonverharding veelal zonder een onder- of funderingslaag aangelegd. Voor bedrijfs- of kavelwegen in beton is een fundering in het algemeen niet noodzakelijk. Deze wegen worden tijdens een opdooiperiode nagenoeg niet gebruikt waardoor de kans op schade gering is.

Als funderingsonderlaag kunnen verschillende materialen en constructies worden gebruikt. Een mogelijkheid is een zandcement-stabilisatie. In het algemeen wordt een stabilisatielaag gecombineerd met een dunne dek- of topklaag. Een asfaltdeklaag biedt een snelle en prijstechnisch redelijke oplossing. De gebruikelijke constructies met zandcement-stabilisatie, zoals gebruikt in de wegebouw, zijn voor de agrarische sector financieel niet aantrekkelijk. Voor een zandcement-stabilisatie als onderlaag moet namelijk vaak de aanwezige kleigrond vervangen worden door een zandlaag.

Een recente ontwikkeling is de mogelijkheid klei te stabiliseren met cement en een toevoegmiddel, genoemd Glorit-A of Geosta-A, hier verder genoemd Geosta. Geosta is ontwikkeld in Japan en wordt door Kansai Engineering Europe te Zwijndrecht op de Nederlandse markt gebracht. Het poedervormige Geosta wordt opgelost in water en toegevoegd aan te stabiliseren klei-achtige gronden. Het effect van Geosta berust hoofdzakelijk op het neutraliseren van de aanwezige zuren. Hiermede zou de belemmering voor het cement om met de aanwezige veelal zure humusachtige kleigrond tot binding over te gaan, worden weggenomen. Prijsindicaties voor een stabilisatielaag met een dikte van 0,20 m waarvoor 100 kg Portland A cement en 1 kg Geosta per m³ grond wordt gebruikt, bedragen f 12 - 20 per m², afhankelijk van de grootte van de te stabiliseren oppervlakte. Een grondstabilisatie op kleigrond met cement en Geosta en voorzien van een asfaltdeklaag lijkt voor de land- en tuinbouw perspectief te bieden.

Door IMAG-DLO zijn enkele oriënterende proeven gedaan met het gebruik van Geosta voor de stabilisatie van kleigrond [5]. Deze proeven hebben een verbetering van de draagkracht aangetoond. Op basis van deze proeven en literatuurgegevens is besloten enkele proeven op praktijkschaal uit te voeren.

Dit onderzoek heeft zich geconcentreerd op de bijdrage van Geosta aan de draagkracht, zowel op korte als op lange termijn. Deze proeven betreffen de aanleg van een onderlaag van kleicement-grondstabilisatie met Geosta en zijn op praktijkschaal uitgevoerd bij de aanleg van een kavelweg- en een voeropslagverharding met asfaltdeklagen. In dit rapport zijn de resultaten van het vooronderzoek, de beproevingen tijdens de uitvoering en de metingen na een gebruikperiode van circa drie jaar beschreven.

3 Materialen, constructies en meetmethoden

3.1 Stabilisatie onderlaag

Het draagvermogen en de levensduur van asfaltverhardingen is sterk afhankelijk van de funderingsconstructie. Een fundering voor asfaltlagen kan uit verschillende materialen worden opgebouwd. Men spreekt van ongebonden en gebonden funderingen [22]:

- ongebonden: lastspreidend vermogen door cohesie en/of haakweerstand tussen korrels;
- licht-gebonden: lastspreiding t.g.v. een hydraulische binding van het funderingsmateriaal;
- gebonden: aan het funderingsmateriaal is cement als bindmiddel toegevoegd, waardoor de mechanische eigenschappen gunstiger worden.

Zandcement is een typisch voorbeeld van een gebonden funderingsmateriaal. Als nadeel van dit funderingstype worden wel de krimp- en de thermische scheurvorming genoemd, waarbij reflectiescheuren in de asfaltdeklaag ontstaan. De beschikbare ontwerpregels moeten derhalve in acht worden genomen bij het ontwerpen van gebonden funderingen. De Vereniging Stabilisatie Aannemers Groep (SAG) en de Vereniging Nederlandse Cementindustrie (VNC) hebben gezamenlijk richtlijnen opgesteld en een ontwerpmethode ontwikkeld voor zandcement-stabilisatie [6,22,29]. In de Standaard RAW Bepalingen [3] zijn eisen en bepalingen omtrent gestabiliseerde lagen opgenomen. Deze bepalingen betreffen: vooronderzoek van zandcement-mengsel, controle bouwstoffen en de nabehandeling. De richtwaarde voor de druksterkte van een geboord monster zandcement-stabilisatie is bij een ouderdom van 28 dagen ten minste 1,5 MPa. Om uitdroging te voorkomen wordt gewezen op een goede nabehandeling van de stabilisatielaag, bij voorkeur met een bitumenemulsie. Een ander minder aantrekkelijk aspect van een zandcement-stabilisatie is de benodigde verhardingstijd [30].

Een met cement gebonden materiaal dient vanaf ca. 3 uur na het mengen gedurende een bepaalde periode met rust te worden gelaten. Dit betekent in de praktijk dat gedurende een verhardingsduur van circa één week een dergelijke verharding niet gebruikt kan worden. Proeven hebben echter aangetoond dat direct asfalteren binnen 24 uur van een zandcement-stabilisatie geen nadelige gevolgen heeft voor de draagkracht van de stabilisatielaag [17]. Scheurvorming in de stabilisatielaag door verhardingskrimp kunnen zgn. reflectiescheuren in de asfaltdeklagen veroorzaken. Reflectiescheuren kunnen worden voorkomen door een relatief dikke asfaltdeklaag aan te brengen, doch dit is economisch minder aantrekkelijk. Het aanbrengen van kerven in de onderlaag kan het optreden van ongewenste scheuren in een schrale, gebonden funderingslaag verminderen [15].

3.2 Toevoegmiddel

Kleihoudende en vervuilde zandmengsels kunnen niet zonder meer met cement worden gebonden tot een funderingslaag. De aanwezigheid van organische zuren en oplosmiddelen kan schadelijk zijn voor de cementverharding. Een nieuwe ontwikkeling is het toevoegmiddel Glorit-A, of een meer recentere benaming Geosta-A, verder te noemen

Geosta. De eerste Europese onderzoekresultaten dateren van 1984 en zijn afkomstig van de Universiteit van Karlsruhe [9,10]. Geconcludeerd werd dat de druksterkte van zand met klei en gemengd met cement (Portlandcement) en Geosta werd verhoogd met ca. 35%. In 1988 komt de Technische Hochschule in Zürich met de volgende conclusies aan: *in grond met fijne deeltjes en/of organische toevoegingen geeft Geosta en cement een verhoging van de gemiddelde druksterkte van 15-20%*. Verschillende toepassingen van Geosta in funderingslagen voor verhardingen in Nederland, door o.a. Wegenbouwbedrijf Lintzen te Sittard, gaven eveneens positieve resultaten te zien [Persoonlijke mededelingen Lintzen].

Door Intron BV te Sittard is een milieuhygiënische toetsing van een mengsel bestaande uit grond, cement, Geosta en water uitgevoerd [11]. Uit het onderzoek is geconcludeerd dat bij toevoeging van 1 kg Geosta aan 1 m³ lemige tot kleiïge grond geen verhoging van het gehalte aan zware metalen geeft met uitzondering van kobalt, dat tot een verhoging van enkele procenten kan leiden.

3.3 Deklaag

Voor de deklaag op een zandcement-stabilisatie kunnen verschillende materialen worden toegepast. Het meest economisch is de stabilisatielaag met een bepaald draagvermogen te voorzien van een dunne afdeklaag van asfalt. Asfaltverhardingen kunnen veelal goed worden afgestemd op specifieke eisen en kunnen ook goed in de agrarische sector worden toegepast [1,25,26,28]. Asfaltverhardingen worden meestal machinaal aangelegd en moeten door gespecialiseerde aannemers worden uitgevoerd.

Asfaltmengsels voor agrarische sector

Een asfaltverharding wordt meestal uit meerdere lagen opgebouwd: een onderlaag, een tussenlaag en een deklaag. Voor de agrarische sector komen de volgende asfaltmengsels in aanmerking:

- voor onderlagen: grindasfaltbeton en openasfaltbeton;
- voor tussenlagen: openasfaltbeton
- voor deklagen: grindasfaltbeton en dichtasfaltbeton.

Recentelijk wordt steenmestiekasfalt voor deklagen in de wegenbouw gebruikt. Dit mengsel kan ook voor de agrarische sector aantrekkelijk zijn. Steenmestiekasfalt bezit een hoge duurzaamheid door de aanwezigheid van een hoog percentage bitumen. Door de toevoeging van cellulosevezel, ca. 0,3% (m/m), aan het mengsel steenmestiek wordt de weerstand tegen vervormingen verhoogd. [19]. Het is aan te bevelen asfaltmengsels met een dichte oppervlaktetextuur te kiezen. In extreme situaties, bij zeer hoge en langdurige concentraties van zuren, is het gewenst het oppervlak te slemmen met een mengsel van bitumen-emulsie, brekerzand en fijne steenslag [21,28].

Asfalt en milieu

Asfaltmengsels bestaan in principe uit steenslag of grind, zand, vulstof en bitumen. De meeste toeslagproducten zijn natuurlijke grondstoffen en daardoor onschadelijk voor het milieu [12,27]. Bepalend voor de milieubelasting is de mate waarin schadelijke stoffen door middel van o.a. uitloging in het milieu terecht kunnen komen. De in het bitumen voorkomende Polycyclisch Aromatische Koolwaterstoffen (PAK) blijven in het materiaal geïsoleerd; uitloging vindt op geringe schaal aan het oppervlak plaats [12]. Een

aantal aspecten zoals fysische, chemische en vloeistofdichte eigenschappen, maakt asfalt zeer geschikt voor milieu-constructieve toepassingen. Bitumen als bindmiddel is goed bestand tegen aantasting van vele chemische stoffen, zoals sulfaten en zuren. Lichte koolwaterstoffen (dieselolie, benzine) kunnen bitumen aantasten. De mineraal aggregaten zijn goed bestand tegen chemicaliën; alleen kalksteen is minder bestand tegen zuren. Indien de zuurgraad hoog is van de materialen, die met het oppervlak van het asfalt in aanraking komen, is het aan te bevelen zuurbestendige toeslagstoffen voor het asfalt te gebruiken.

3.4 Meetmethoden

Het onderzoek bestond hoofdzakelijk uit het vaststellen van de bijdrage in de draagkracht van het toevoegmiddel Geosta aan de funderingslaag voor de betreffende verhardingen. Daar het onderzoek onder praktijkomstandigheden is uitgevoerd, is tevens de wijze van uitvoering van de grondstabilisatie en van de deklagen vastgelegd. Metingen in de voorbereidings- en de uitvoeringsfase van de verhardingen zijn uitgevoerd naar de druksterkte en de stijfheidsmodulus van de ondergrond. In de gebruikperiode zijn deflectiemetingen uitgevoerd, op basis waarvan tevens elasticiteitsmodulussen van de grond zijn vastgesteld. Ook zijn tijdens en na de uitvoering van de projecten metingen uitgevoerd betreffende de samenstelling van de asfaltmengsels en de dikte van de deklagen. De metingen aan de grondmonsters zijn uitgevoerd door Fugro Geotechniek B.V. te Arnhem. De deflectiemetingen zijn met de Benkelmanbalkmethode door de Landinrichtingsdienst te Utrecht uitgevoerd. Tijdens het vooronderzoek en de uitvoering zijn de asfaltsamenstellingen bepaald door Ooms Avenhorn BV. De druksterke van de boorkernen van de asfaltdeklagen is door de VBW-Asfalt te Breukelen gemeten.

4 Proefobjecten

De proefprojecten met verhardingen met grondstabilisatie van kleigrond met asfaltdek-
lagen bestonden uit:

- een kavelweg op de Proefboerderij Oostwaardhoeve van IMAG-DLO te Slootdorp;
- een voeropslag met twee sleufsilos op het Regionaal Onderzoek Centrum De Vlierd te Bruchem.

De proefobjecten zijn tevens uitgevoerd met het doel om deze onder praktijkomstandig-
heden in gebruik te nemen. Voor en tijdens de aanleg en na het ingebruik nemen van de
kavelweg en de voeropslag zijn verschillende beproevingen en waarnemingen uitgevoerd.

4.1 Kavelweg

4.1.1 Ontwerp en vooronderzoek

Op de Proefboerderij Oostwaardhoeve is een kavelweg met een lengte van ca. 500 m en
een breedte van 3 m aangelegd op een akkerbouwperceel met een ondergrond
bestaande uit rivierklei, zie figuur 4.1. Als ontwerpbelasting is aangehouden een aslast
van 100 kN (10 ton). De kavelweg is uitgevoerd met vier proefvakken van elk 100 m lang.
De proefvakken zijn als volgt opgebouwd:

Vak I

- bestaande kleigrond stabiliseren met 1 kg Geosta en 125 kg cement per m³ grond,
dikte stabilisatiepakket 0,25 m;
- afspuiten met een bitumen;
- kerven in stabilisatie laag h.o.h. 5 m;
- deklaag steenmastiekasfalt met NS 0/8 mm, dik 0,04 m (NS = nominale minimum- en
maximummaat van het aggregaat).

Vak II

- bestaande kleigrond stabiliseren met 1 kg Geosta en 125 kg cement per m³ grond,
dikte stabilisatiepakket 0,25 m;
- afspuiten met een bitumen;
- kerven in stabilisatie laag h.o.h. 5 m;
- deklaag steenmastiekasfalt met NS 0/8 mm, dik 0,03 m.

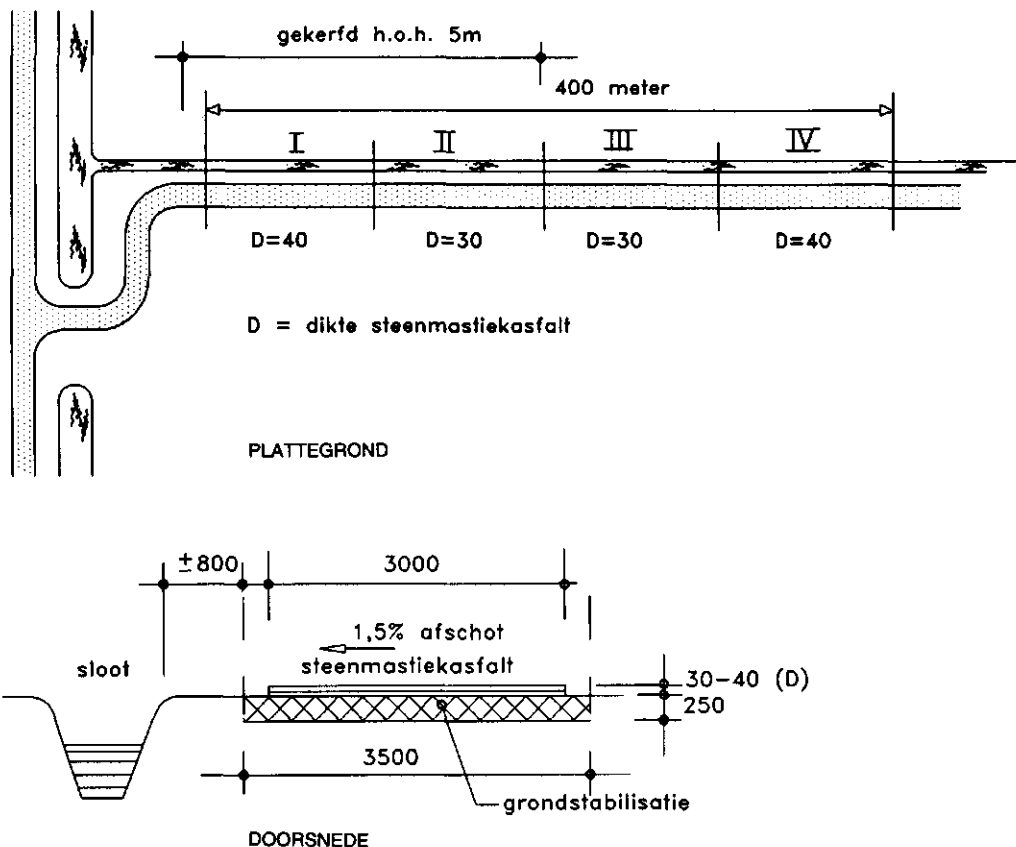
Vak III

- bestaande kleigrond stabiliseren met 1 kg Geosta en 125 kg cement per m³ grond,
dikte stabilisatiepakket 0,25 m;
- afspuiten met een bitumen;
- ongekerfd;
- deklaag steenmastiekasfalt met NS 0/8 mm, dik 0,03 m.

Vak IV

- bestaande kleigrond stabiliseren met 1 kg Geosta en 125 kg cement per m³ grond,
dikte stabilisatiepakket 0,25 m;

- afsputten met een bitumen;
- ongekerfd;
- deklaag steenmastiëkasfalt met NS 0/8 mm, dik 0,04 m.



Figuur 4.1 Kavelweg met proefvakken op perceel A28 van Proefboerderij Oostwaardhoeve te Slootdorp.

Figure 4.1 Land road with experimental bays on experimental farm.

In maart 1990 zijn door Fugro Geotechniek B.V. te Arnhem enkele grondmonsters onderzocht. De *fulvozuurtest* gaf aan dat deze monsters geen schadelijke organische bestanddelen bevatten voor de cementverharding.

Verder zijn van de onderzochte grondmonsters het *watergehalte* en de *korrelverdeling* vastgesteld, zie tabel 1 bijlage A.

In het laboratorium zijn van de gemengde monsters de *maximale dichtheid* (proctor-proef) en het *optimum watergehalte* met en zonder cementtoevoeging vastgesteld. De resultaten van de verschillende beproevingen zijn in tabel 2 van bijlage A beschreven. Aan het mengsel is 125 kg/m^3 hoogovencement, klasse A toegevoegd, overeenkomend met 7,3% (m/m). Van het gemengde grond/cementmonster is de *druksterkte* na 7-dagen bepaald met toevoeging van verschillende hoeveelheden Geosta. Onderzocht zijn meng-

monsters met 7,3% cement met toevoeging van resp. 1 kg en 0,5 kg Geosta per m³ grond en zonder Geosta toevoeging. In tabel 3 van bijlage A zijn de resultaten per mengmonster weergegeven. Uit de resultaten van de drukproeven van de in het laboratorium gemengde monsters blijkt dat de toevoeging van Geosta aan grond/cementmengsel van de kavelweg op de Oostwaardhoeve geen significante verbetering van de 7-daagse druksterkte heeft gegeven.

Steenmastiekasfalt

Als deklaag is gekozen voor een steenmastiekasfalt met een hoog steenslag-percentage en een mengsel met 0,3 % volumedelen cellulosevezel en met holle ruimte van 3,5%. Op basis van het door de leverancier van de steenmastiekasfalt uitgevoerde vooronderzoek, zie tabel 4 van bijlage A, voldoet het mengsel met 72% steentoeslag, een bitumenpercentage van 7,4% en holle-ruimte percentage van 3,5 aan de hiertoe gestelde eisen [Persoonlijke mededelingen Wegenbouwbedrijf Lareco BV].

4.1.2 Uitvoering kavelweg

De kavelweg met de 4 proefvakken is in juni 1990, op perceel A28 van de Proefboerderij Oostwaardhoeve bestaande uit kleigrond, aangelegd. De grondstabilisatie is als 'mix-insite' in één dag aangebracht. Eerst is de kleiachtige ondergrond tot een diepte van 0,25 m en met een breedte van ca. 3,50 m, totale overbreedte ca. 0,50 m, tweemaal met de stabilisatie-frees bewerkt. Met een cementspreider is de aangegeven hoeveelheid, 7% (V/V), hoogovencement aangebracht, dit komt overeen met ca. 110 kg cement per strekkende meter weg. Het toevoegmiddel Geosta, 1 kg opgelost in 20 liter water, is uitgereden met een tankwagen met een dosering van ca 17,5 liter per strekkende weg. Het totale grondpakket is nogmaals gefreesd, waarna het pakket is uitgevlakt met een grader en verdicht met een trilrol. Tot slot is de stabilisatielaag met een bandenwals nagewalst en afgesproeid met een bitumen-emulsie om uitdroging te voorkomen. De deklaag van steenmastiekasfalt is de volgende dag, ca. 24 uur na het gereedkomen van de stabilisatielaag, in een tijdsduur van 3 uur met behulp van een asfaltafwerk-machine, een tandemwals (60 kN) en een driewielwals (90 kN) aangebracht. Tijdens het aanbrengen van de steenmastiekasfalt was de bovenlaag van de stabilisatielaag nog niet goed verhard. Tijdens het verplaatsen van de walsen zijn daardoor lokaal dwarsscheuren opgetreden, welke na de zomer door de self-healing van de steenmastiek grotendeels waren verdwenen.

4.2 Voeropslag

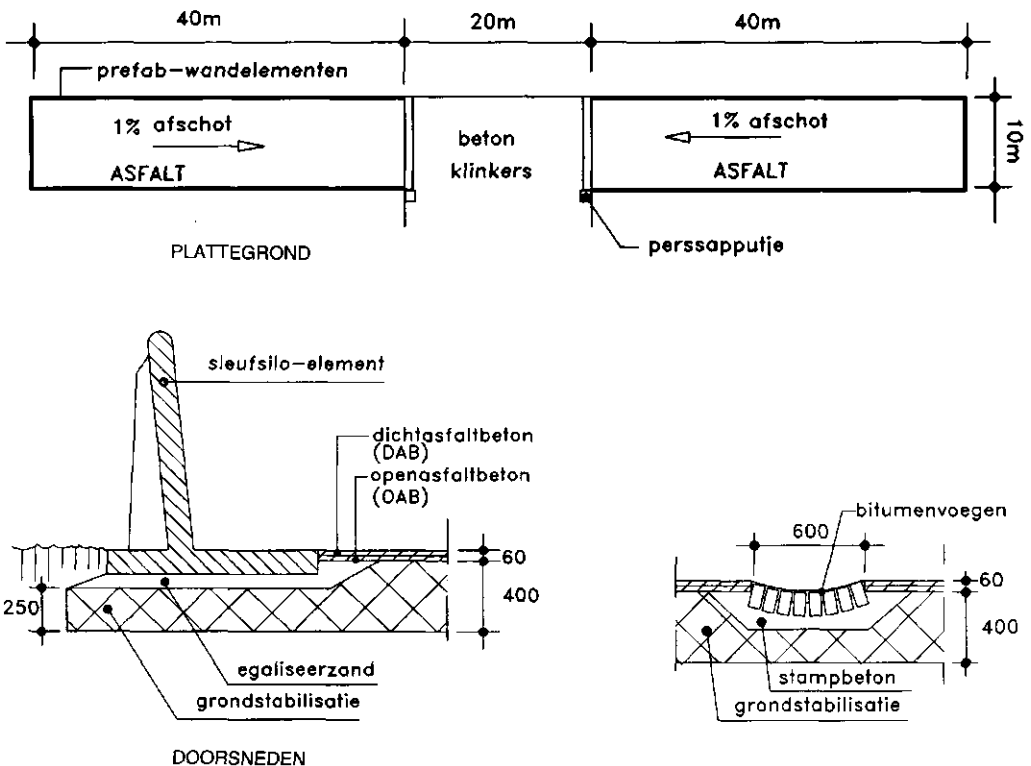
4.2.1 Ontwerp en vooronderzoek

De voeropslag bestaat uit een verharding met twee zgn. sleufsilos voor de opslag van maïs-kuilvoer. Beide sleufsilos hebben een breedte van 10 m en een lengte van 40 m met een wandhoogte van 1,25 m. De zijwanden zijn opgebouwd uit prefab betonelementen met een lengte van 4 m per stuk, zie figuur 4.2. De dikte van de stabilisatielaag is, gelijk als bij de kavelweg, gebaseerd op praktijkervaringen en minimaal gesteld op 0,25 m. De deklaag in de sleufsilos bestaat uit twee lagen, een onderlaag van openasfaltbeton

(OAB) en een bovenlaag van dichtasfaltbeton (DAB) met een totale dikte van 0,06 m. In tabel 5 van bijlage A zijn de samenstellingen van de beide asfaltmengsels aangegeven. In verband met het manoeuvreren van trekkers en voerwagens is als deklaag tussen de twee sleufsilos gekozen voor een betonklinkerverharding, dik 0,08 m, gelegd in een vlijlaag van grof zand.

4.2.2 Uitvoering voeropslag

De grondstabilisatie ten behoeve van de voeropslag is uitgevoerd in juni 1990. De stabilisatie van de kleigrond met cement en Geosta is op dezelfde wijze uitgevoerd als bij de kavelweg. In de aanwezige kleigrond kwamen hier en daar stukken puin voor, die meegefreest zijn. Ten behoeve van het afschot van 5 mm per meter voor de voeropslag was een nauwkeurige afwerking van de onderlaag noodzakelijk. In eerste instantie is de gehele stabilisatielaag met een dikte van 0,40 m aangelegd. Voor het aanbrengen van de wandelementen is ter plaatse van deze elementen 0,15 m van de stabilisatielaag weggefreest. De resterende laagdikte onder de wandelementen bedroeg 0,25 m.



Figuur 4.2 Voeropslag met twee sleufsilos met betonnen wandelementen en kleicement-stabilisatie met asfaltdeklaag.

Figure 4.2 Two silage storage silos with concrete walls and with a pavement of clay stabilization with asphalt toplayer.

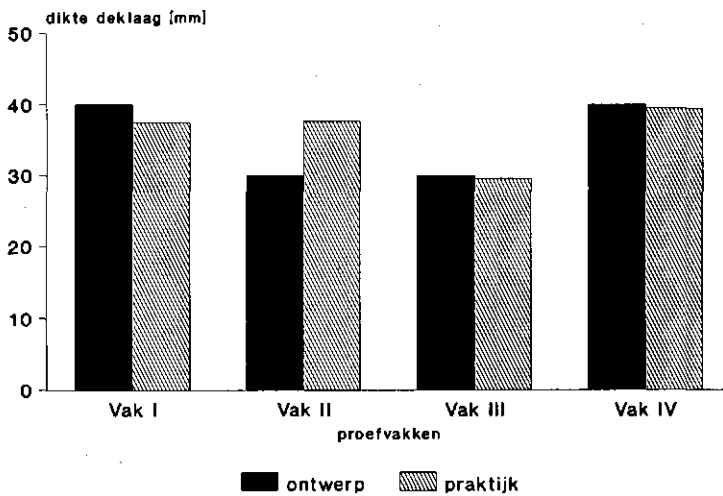
Ongeveer één week na de aanleg van de stabilisatielaag zijn de wandelementen met een gewicht van ca. 40 kN direct vanaf de vrachtwagen ter plaatse gesteld. De verticale naden tussen de wandelementen zijn in verband met de luchtdichtheid afgekit. De asfaltdeklagen bestaande uit een onderlaag van openasfaltbeton (OAB) en een deklaag dichtasfaltbeton (DAB), elk met een dikte van 0,03 m, zijn ca. 2 weken na de uitvoering van de stabilisatie-laag aangebracht. In de molgoot ter opvang van de perssappen uit het kuilvoer, uitgevoerd in klinkers, zijn de voegen afgegoten met een bitumen. Bij de meest noordelijke sleufsilos zijn tevens de aansluitvoegen tussen het asfalt en de betonnen wandelementen met bitumen afgegoten.

worden vooral veroorzaakt door onvoldoende verdichting van de ondergrond.

5 Resultaten en discussie

Geometrie

Van de dertien boorkernen is de eerste boorkern geboord uit het aanloopgedeelte tot de proefvakken. De resterende twaalf boorkernen zijn gelijkmatig verdeeld over de proefvakken. In figuur 5.2 is de gemiddelde dikte per proefvak uitgezet met de ontwerpdikte per proefvak. In tabel 3 van bijlage B zijn de dikten vergeleken met de ontwerpdikten. De variatiecoëfficiënt in de dikten bedroeg gemiddeld ca. 15%. Opgemerkt moet worden dat de lengte van de proefvakken 100 m bedroeg en per vak een geleidelijke verandering van dikten mogelijk was.



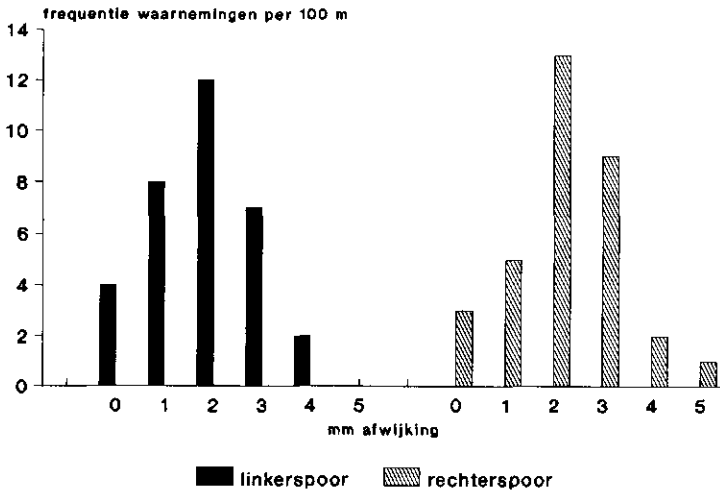
Figuur 5.2 Beoogde en waargenomen dikten asfaltdeklaag van de proefvakken in de kavelweg.
Figure 5.2 Design and measured depths of experimental bays of the land road.

5.1.3 Kavelwegverharding

De vier proefvakken van de kavelwegverharding zijn direct na de aanleg getoetst op vlakheid en draagvermogen. Een maat voor het draagvermogen van een weg is de doorbuiging onder een bekende aslast, de zgn. deflectie. De deflectiemetingen zijn tweemaal herhaald op resp. 12 en 52 weken na aanleg. In juni 1993 zijn nogmaals de langsvlakheid en de dwarsligging gemeten. Op genoemde datum zijn na regelmatig normaal gebruik geen zichtbare gebreken opgetreden. De eerder genoemde dwarsscheuren zijn geheel niet meer te onderscheiden. Tijdens hoge omgevingstemperaturen zijn er enkele afdrucken van een profiel van een trekband in de toplaag achtergebleven.

Vlakheid

De vlakheid in langsrichting van de kavelweg is gemeten met een 3 meter lange rei over een weggedeelte van 100 m. Aselect is gekozen voor het proefvak 2, waarvan ter plaatse van de rijsporen de langsvlakheid is vastgesteld.



Figuur 5.3 Afwijkingen langsvlakheid in mm per 100 m kavelweg.
Figure 5.3 Deviations of smoothness lengthways in mm per 100 m land road.

In de figuur 5.3 zijn de verdelingen van de afwijkingen, afgerond in hele millimeters, van het linker en rechter rijspoor aangegeven. In juni 1993 is nogmaals de vlakheid in langsvlakheid van proefvak 2 gemeten. Gemiddeld bedroeg de afwijking toen ca. 1,5 mm hetgeen nagenoeg geen verschil betekent ten opzichte van de gemeten waarden direct na aanleg.

Dwarsligging

Naast de langsvlakheid is de dwarsligging van het proefvak 2 door middel van waterpassingen vastgesteld. Het gemiddelde hoogteverschil van de linkerkant van de kavelweg ten opzichte van de rechterkant bedroeg 44 mm. Dit betekent een afschot van de kavelweg naar de linkerkant (slootkant) van ca. 1,5%. Het gemeten afschot was overeenkomstig het ontwerp. De dwarsligging, wederom gemeten in juni 1993, bedroeg 48 mm, hetgeen een toename van het afschot naar de slootkant betekent van 1,5% tot 1,7%.

Deflectiemetingen

Deflectiemetingen zijn op verschillende tijdstippen na de aanleg van de kavelweg uitgevoerd met behulp van de zgn. Benkelmanbalk [4]. Deze metingen zijn uitgevoerd door de Landinrichtingsdienst. De Benkelmanbalk bestaat uit een vast gedeelte, dat met drie instelbare steunpunten op de weg wordt geplaatst waaraan een tastarm is opgehangen. Het ene uiteinde van de tastarm rust op het wegdek ter plaatse van het meetpunt, terwijl het andere uiteinde contact maakt met een micrometer, waarmee de deflectie (doorbuiging) wordt gemeten. Bij de meting is gebruik gemaakt van een éénassige vrachtwagen en met een aslast van circa 60 kN. De deflecties zijn per 10 meter in langsvlakheid gemeten ter plaatse van zowel het linker- als van het rechterrijspoor. Op een drietal tijdstippen zijn deflectiemetingen uitgevoerd n.l. op 4, 12 en 52 weken na aanleg van de kavelweg. Als indicatie voor de vochtigheid van de ondergrond is de totale neerslag in 4-weekse perioden voorafgaand aan de meetdata, deze bedroegen resp. 41, 47 en 20 mm.

Literatuur

- 1 BACMI, 1987. Farming applications of asphalts and macadams. British Aggregate Construction Materials Industries. Sheet 8, 4 pp
- 2 Berg, R. v.d. en A.W. Knop, 1982. Verhardingen op landbouwbedrijfsgebouwen. Scriptie Vakgroep Landbouwtechniek, Landbouwhogeschool Wageningen, 36 pp
- 3 C.R.O.W., 1990. Standaard RAW Bepalingen, 1990. Ede, Stichting Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water en Wegenbouw en de Verkeerstechniek, 740 pp.
- 4 Diggele, P. van, 1974. Vergelijkend onderzoek van steenfunderingen van hoogovenslakken, lava en gebrande mijnsteen. Ede, Stichting Studie Centrum Wegenbouw, 97 pp
- 5 Eck, G. van, 1989. Verhardingsproef door middel van grondverbetering met cement en Glorit-A. Wageningen, IMAG nota 437, 7 pp
- 6 Frénay, J.W. en D. Swierstra, 1990. Gesloten containerveldverhardingen voor potplanten en boomkwekerijgewassen - ontwerp en uitvoering. Wageningen, IMAG nota P-502, 55 pp
- 7 Gels, J.A, 1980. De gemiddelde jaarlijkse behoefte aan wegverhardingen op de land- en tuinbouwbedrijven. Landbouwmechanisatie 31 (5), p. 463-465
- 8 Gels, J.A, 1985. Verharding in de agrarische sector. Landbouwmechanisatie 36 (6), p. 671-675
- 9 Hiersche, E.U, 1984. Bodenverfestigung unter Zusatz von Glorit-A und Zement. Gutachten-nr 27/84. Universität Karlsruhe (TH), 15 pp
- 10 Institut für Massivbau und Baustofftechnologie, 1985. Auslaugversuch von Bodenverfestigung. Universität Karlsruhe, Prüfungsbericht, 4 pp
- 11 Intron, 1988. Een chemische karakterisering van Glorit alsmede een milieuhygiënische toetsing van een gondstabilisator waarin Glorit is verwerkt. Intron rapport nr. 88057, 5 pp
- 12 Jong, J.A. de, 1991. Asphalt ten behoeve van het milieu. Asphalt 18 (2), p. 6-10
- 13 Kuonen, V. und R. Hirt, 1988. Untersuchungen von Glorit als Zusatz bei der Bodenstabilisierung mit Zement. Institut für Wald und Holzforschung, Technische Hochschule, Zürich, 25 pp
- 14 Landbouwcijfers 1991. Den Haag, uitgave Landbouweconomisch Instituut en CBS.
- 15 Betonwegen-nieuws, 1989. Het ontspannen van de fundering door kerven. Betonwegen-nieuws nr. 77, p. 24
- 16 Land+water-nu, 1984. Nieuwe ontwikkelingen in zandcementstabilisatie. Land + Water-nu, september, 3 pp
- 17 Land+water-nu, 1984. Direct asfalteren van een verse zandcementstabilisatie. Land + Water-nu, september, 3 pp
- 18 Farm Buildings and Engineering, 1986. Testing of Bitumastic finishes for silage bunker floors. Farm Buildings and Engineering 3 (1), p. 28
- 19 Rinckes, G., 1991. Dunne deklagen van steenmastiekasfalt. Asphalt 18 (4), p. 5-7
- 20 RIVM, 1988. Zorgen voor morgen. Nationale milieuverkenningen 1985-2010. Bilthoven, Uitgave RIVM, 456 pp
- 21 Rollfs, W.K. en A.C.J. Eijkelenboom, 1991. Proefvak Steen Mastiek Asphalt met diatomeeënaarde. Asphalt 18 (2), p. 13-15

- 22 SAG, 1988. Funderen met zandcement. Vereniging Stabilisatie Aannemers Groep (SAG) en VNC uitgave, 28 pp
- 23 Swierstra, D. e.a. Werkgroep Containerveldverhardingen Zuid en Oost Nederland, 1990. Richtlijnen aanleg containerveldverhardingen voor de boomteelt buiten. Deel I. Eisen. Wageningen, IMAG nota P-536, 21 pp
- 24 Swierstra, D. en G. Van Eck, 1990. Verhardingen met grondstabilisatie en Glorit: Eerste ervaringen in kleigebieden. Landbouwmechanisatie 10 (11), p. 22-23
- 25 VBW, 1985. Asfalt in wegen- en waterbouw. Breukelen, VBW uitgave nr. 1, 60 pp
- 26 VBW, 1989. Agrarische asfaltverhardingen. Breukelen, VBW uitgave nr. 12, 20 pp
- 27 VBW, 1991. Asfalt en milieu. Breukelen, VBW uitgave nr. 22, 26 pp
- 28 VBW, 1989. Technische adviezen voor agrarische asfaltverhardingen. Breukelen, VBW uitgave nr. 13, 52 pp
- 29 Ven, M. van de, 1984. Dimensioneren met zandcement. Land + Water-nu, oktober, 2 pp
- 30 VROM, 1989. Nationaal Milieubeleidsplan. De Haag, tweede Kamer (21137)1-2, 218 pp
- 31 VROM, 1990. Nationaal Milieubeleidsplan Plus (incl. Nota Duurzaam Bouwen). Den Haag, Tweede Kamer (21137)20 t/m 22

Bijlage A Resultaten vooronderzoek

Tabel 1 Korrelverdeling en watergehalte [%] van grondmonsters kavelweg (n = 2).

Table 1 Grading and water content of soil samples of land road (n = 2).

	korrelverdeling [%]
• op zeef 63,µm	41,6
• gehalte < 16,µm	30,3
• gehalte < 2 µm	19,7
watergehalte [%]	22,4

Tabel 2 Normale proctorproeven grondmonsters van kavelweg (n = 2).

Table 2 Normal proctor test of soil samples of land road (n = 2).

		hoogovencement klasse A	
cementgehalte	[kg/m ³]	0,0	125
optimum watergehalte	[%(V/V)]	19,0	17,6
max. drogedichtheid	[kg/m ³]	1703	1715

Tabel 3 Druksterkte [7-daagse in N/mm²] van in laboratorium bereide kleigrondcementmonsters kavelweg met en zonder Geosta.

Table 3 Compressive strength (7-days in N/mm²) of clay/cement samples of land road prepared in laboratory with and without Geosta.

cementgehalte % [m/m]	Geostagehalte [kg/m ³]	druksterkte [N/mm ²]	
		x	gemiddeld
7,3	0	1,1	1,0
		0,8	
		1,0	
7,3	0,5	0,8	0,8
		0,6	
		1,1	
7,3	1,0	1,0	1,0
		1,0	
		1,1	

Tabel 4 Ontwerp samenstelling steenmastiekasfalt mengsel van kavelweg.**Table 4** Composition of gravel mastic asphalt mixture design of land road.

steenslag	> 2 mm [%]	69,2
zand,	2 mm - 63 μ m [%]	20,5
vulstof	< 63 μ m [%]	10,0
bitumen	[%]	7,4
dichtheid proefstuk	[kg/m ³]	319
holle ruimte	[%]	3,5

Tabel 5 Samenstelling ontwerp asfaltmengsels - voeropslag.**Table 5** Composition of gravel mastic mixture design of silage storage.

		asfaltbeton	
		bovenlaag	onderlaag
steenslag	> 2 mm [%]	55	72
zand	2mm - 63 μ m [%]	38	23
vulstof	< 63 μ m [%]	7	5
bitumen	[%]	6,6%	5

Bijlage B Resultaten waarnemingen bij kavelweg en voeropslag

Tabel 1 Boorkernen kleicementmengsel van kavelweg met Geosta op resp. 28, 56 en 140 dagen na aanleg.

Table 1 Core samples of claycement mixtures with Geosta of land road after resp. 28, 56 and 140 days of construction.

		dagen na stabilisatie		
		28 n = 3	56 n = 3	140 n = 5
volumieke massa [kg/m ³]	x	1772	1846	1899
	s	17,6	41,3	60,11
	s/x	0,102	0,022	0,032
akoestische E [MPa]	x	1337	2814	3216
	s	52,3	266,6	512,8
	s/x	0,039	0,095	0,160
druksterkte [MPa]	x	0,41	0,92	0,75
	s	0,03	0,07	0,20
	s/x	0,073	0,076	0,260

x = gemiddeld

s = standaardafwijking

Tabel 2 Mengseldichtheid steenmastiekasfalt - kavelweg (uit het werk).

Table 2 Composition of gravel mastic asphalt of land road in-situ.

	x	s	s/x
dichtheid mengsel [kg/m ³]	2226,8	48,91	0,022
verdichtingsgraad [%]	95,0	2,09	0,022
holle ruimte [% (V/V)]	7,3	2,04	0,279

x = gemiddeld

s = standaardafwijking

Tabel 3 Dikten in mm van asfalttoplagen van kavelweg.

Table 3 Depths in mm of top layers of land road.

proefvak	ontwerp [mm]	in het werk [mm]		
		x	s	s/x
I en IV	40	38,5	5,9	0,153
II en III	30	33,6	5,3	0,517

x = gemiddeld

s = standaardafwijking

Tabel 4 Deflectie-metingen met de Benkelmanbalk van de kavelweg.**Table 4** Deflection measurements by Benkelman beam of land road.

proefvak	gemiddelde deflecties [μm]		
	26-06-90	28-08-90	11-06-91
I	1497	685	1280
II	1970	826	1499
III	2123	892	1367
IV	2142	934	1257
I/IV links	2260	1021	1453
I/IV rechts	1870	741	1323
I/IV	2065	881	1391

Tabel 5 Boorkernen kleicementmengsel van de voeropslag op resp. 69, 97 en 160 dagen na aanleg.**Table 5** Core samples of clay cement mixtures of silage storage after resp. 69, 97 and 160 days of construction.

			dagen na stabilisatie		
			69 n = 2	97 n = 2	160 n = 3
volumieke massa	[kg/m^3]	x	1702	1725	1722
		s	22	3	26,13
		s/x	0,012	0,002	0,015
akoestische E	[MPa]	x	1525*	1300*	2450
		s	—	—	628
		s/x	—	—	0,25
druksterkte	[MPa]	x	0,61	0,33	0,29
		s	0,03	0,12	0,32
		s/x	0,041	0,354	0,057

* waarden buiten meetbereik

x = gemiddeld

s = standaardafwijking

Tabel 6 Mengsels van asfaltbeton-toplagen van de voeropslag uit het werk.**Table 6** *Mixtures of asphalt top layers of silage storage in-situ.*

	ontwerp	uit het werk	
		links	rechts
openasfaltbeton (OAB)			
bitumen [% (V/V)]	5,0	4,9	4,9
holle ruimte [% (V/V)]	8,0	8,4	10,5
verdichtingsgraad [% (V/V)]	98	98,6	94,6
dichtasfaltbeton (DAB)			
bitumen [% (V/V)]	6,6	6,3	6,3
holle ruimte [% (V/V)]	5,0	7,2	15,6
verdichtingsgraad [% (V/V)]	98	95,9	89,1

Tabel 7 Gemeten gemiddelde dikten asfalttoplagen van de voeropslag in vergelijking met ontwerpdikten.**Table 7** *Depths of asphalt top layers of silage storage in comparison with design values.*

	ontwerpdikte [mm]	in het werk (n = 6) [mm]
voeropslag rechts		
dichtasfaltbeton (DAB)		28,3
openasfaltbeton (OAB)		36,3
totaal	60	64,6
voeropslag links		
dichtasfaltbeton (DAB)		25,2
openasfaltbeton (OAB)		35,8
totaal	60	61,0

Verschenen rapporten

- 93-1 Huis in 't Veld, J.W.H., Kroodsmā, W. en S. van Westreenen – Vermindering ammoniakemissie uit een ligboxenstal door spoelen van de roosters.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 16 pp., f 25,00
- 93-2 Elzing, A. en D. Swierstra. – Ammoniakemissiemetingen in een modelsysteem van een varkensstal; de invloed van vloerbevuilding en het vloertype.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp., f 25,00
- 93-3 Elzing, A. en W. Kroodsmā – De relatie tussen ammoniakemissie en stikstofconcentratie in de urine van melkvee.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-5 Dieën, J.H. van – Functional load of the low back.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 150 pp., f 40,00
- 93-6 Boer, W.J. de – Box Jenkins tijdreeksanalyse, toegepast op de resultaten van ammoniakemissiemetingen in een rundveestal.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 32 pp., f 30,00
- 93-7 Hoeksma, P., Scholtens, R. en A.J. van den Berg – Een milieuvriendelijk bedrijfsstelsel voor de varkenshouderij.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 26 pp., f 30,00
- 93-8 Smits, M.C.J., Kroodsmā, W., Swierstra, D. en W.J. de Boer – Opzet van het onderzoek inzake beperking van de ammoniakemissie in de Milieu-onderzoekstal.
Wageningen, IMAG-DLO-rapport, 32 pp., f 35,00
- 93-9 Drost, H. en D. van der Drift – Vergelijkend arbeidshygiënisch onderzoek in twee huisvestingssystemen voor leghennen. Onderzoek naar omgevingscomponenten en ODTS-symptomen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 54 pp., f 40,00
- 93-10 Uenk, G.H., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink – Luchtsamenstelling onder de overkapping van mestsilo's vóór en na het mixen van de mest.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 22 pp., f 25,00
- 93-11 Aarnink, A.J.A., Houwers, H.W.J., Ouwerkerk, E.N.J. van en P.B. Hangelbroek – Vooronderzoek naar een milieu- en welzijnsvriendelijk huisvestingssysteem voor vleesvarkens. Mestscheiding, vloerkoeling en grote groepen dieren.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp., f 40,00
- 93-12 Kasper, G.J. – Literatuuronderzoek naar het droogproces van gemaaid gras en de invloed van technische factoren hierop.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 30,00
- 93-13 Vollebregt, H.J.M. en T. de Jong – Experimenteel onderzoek aan indirecte verdampingskoeling.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 35,00
- 93-14 Hendrix, A.T.M. – Taaktijden voor de groenteteelt onder glas.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 95 pp. f 40,00
- 93-15 Loeffen, H. – CO₂-produktiesnelheid als maat voor groei van de champignon *Agaricus bisporus*.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 75 pp. f 35,00

- 93-16 Swierstra, D. en M.J.M. van den Elzen. – Verhardingen voor containerteelt buiten: technische eisen en ontwerpvarianten.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 61 pp. f 35,00
- 93-17 Frénay, J. W., Waltje, H. en H. Zilverberg. – Duurzaamheid van beton in agrarische milieu.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 108 pp. f 50,00
- 93-18 Ketelaar-de Lauwere, C.C., Benders, E. en P.J.M. Huijsmans. – De reactie van koeien als de krachtvoerverstrekking in de stal afhankelijk wordt gesteld van die in de AMS-ruimte. De invloed van verschillende stalindelingen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 19 pp. f 35,00
- 93-19 Huijs, J.P.G. en P. Knies. – Toepassingsmogelijkheden voor warmtekrachtkoppeling als onderdeel van de uitrusting op glastuinbouwbedrijven.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f . . .
- 93-20 Jong, T., et al. – Ontwerp van klimaatbeheersingsapparatuur voor gesloten kassystemen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 24 pp. f 35,00
- 93-21 Dingemans, E.C.F.M., Buré, R.G. en G. van Putten. – De invloed van opfokomstandigheden op het sociale gedrag van zeugen in groepen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 81 pp. f 35,00
- 93-22 Smits, M.C.J., Ooster, A. van 't en E.N.J. van Ouwwerkerk. – Beperking van de warmtebelasting in een ligboxenstal voor melkvee. Een oriënterend onderzoek.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 30,00
- 93-23 Hoeksma, P., Oosthoek, J., Verdoes, N. en J.A.M. Voermans. – Reductie van ammoniakemissie uit varkensstallen door mestspoelen met beluchte spoelwaterstof.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 56 pp. f 40,00
- 93-24 Waaijenberg, D. en J.W. Frénay. – Kunststofkas met tuiconstructie: ontwerp, uitvoering en toetsing van een prototype.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 43 pp. f 40,00
- 93-25 Drost, H. en D.W. van der Drift. – Aerial contaminants in aviary and battery housing systems for laying hens.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 28 pp. f 30,00.
- 93-26 Os, E.A. van, Klomp, G. en N.J. van de Braak. – Onderzoek geïntegreerde wateropslag met biologische reiniging van recirculatie water en energie-opslag.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 34 pp. f 35,00
- 93-27 Uenk, G.H., Monteny, G.J., Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink. – Vermindering ammoniakemissie door gebruik van biowassers.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 41 pp. f 40,00
- 93-28 Uenk, G.H., Monteny, G.J. Demmers, T.G.M. en M.G. Hissink. – Vermindering van ammoniakemissie door gebruik van biofilters.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, . . pp. f 40,00
- 93-29 Zuydam, R.P. van and C. Sonneveld. – Test of an automatic precision guidance system for implements for row crumpling, row fertilizing, row spraying, drilling and hoeing and its effect on weed development and fertilizer use in sugar beet.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 27 pp. f 35,00
- 93-31 Smits, M.C.J., Valk, H., Elzing, A., Huis in 't Veld, J.W.H. en A. Keen. – Perspectief van beperking van de ammoniakemissie uit melkveestallen door aanpassing van het rantsoen.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 36 pp. f 35,00

93-32 Os, E.A. van, Kramer, C.F.G., Kruistum, G. van, Looijesteijn, F.X.C. en H.H.E. Oude Vrieling. – Mens- en milieuvriendelijke treksystemen voor witlof: een verkenning van mogelijkheden.
Wageningen, IMAG-DLO rapport, 72 pp. f 40,00

De rapporten kunt u **schriftelijk** bestellen door overmaking van het genoemde bedrag op Postbanknummer 3514771 ten name van IMAG-DLO te Wageningen, onder vermelding van het rapportnummer.

Reports must be ordered by transferring the appropriate amount (in Dutch Guilders) to the IMAG-DLO account, no. 3514771, at the Postbank, Wageningen, quoting the relevant report number(s)