NN31545.1952

ICW Nota 1952
januari 1989

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

ONDERZOEK NAAR ASLASTEN OP PLATTELANDSWEGEN: EEN EERSTE SELECTIE VAN MEETPUNTEN EN AFWEGING VAN MOGELIJKE MEETSENSOREN

ing. J.G.S. de Wilde

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

JSN 276346 *

1 JUNI 1989

NOTA/1952

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	1
2. KIEZEN VAN ENKELE ASLASTMEETPUNTEN	3
2.1. Algemeen	3
2.2. Produkten die keuze bepalen	4
2.3. Prognose specifieke wegbelasting	4
2.4. Te verkiezen meetpunten	6
3. AFWEGING, KEUZE EN KALIBRATIE MEETSENSOR	9
3.1. Algemeen	9
3.2 Capacitieve opnemer	9
3.3. Piëzo-elektrische opnemer	12
3.3.1. Bestaande sensoren	12
3.3.2. Ontwikkelingen	14
3.4. Trillings-opnemer	15
3.5. Te gebruiken meetsensor	16
3.5.1. Keuze	16
3.5.2. Kalibratie	16
3.5.3. Analoge meetmogelijkheid	18
3.5.4. Gecombineerd meten	18
4. CONCLUSIE	20
LITERATUUR	22
BIJLAGEN	

1. INLEIDING

De lengte van het plattelandswegennet in Nederland dat van een verharding is voorzien bedraagt ruim 42500 km. Dit is ongeveer 75 % van de totale lengte plattelandswegen (niet-planwegen buiten de bebouwde kom). Met de verbetering en het onderhoud van de verhardingen zijn jaarlijks aanzienlijke bedragen gemoeid. Zo besteden de diverse overheden per jaar ongeveer 250 miljoen gulden aan beheer en onderhoud en wordt vervolgens eenzelfde bedrag geïnvesteerd in aanleg en recontructie (MICHELS en DE WILDE, 1988) van de plattelandswegen. De Landinrichtingsdienst (LD) levert betreffende de reconstructie van de wegen een belangrijke bijdrage (circa 80 miljoen gulden per jaar) door middel van verbeteringsmaatregelen in landinrichtingsprojecten.
Kosten van onderhoud, aanleg of reconstructie zijn afhankelijk van de mate van belasting van de weg, voornamelijk door zwaar vrachtverkeer. Dit laatste wordt steeds zwaarder. Verkeersverkenning op plattelandswegen bevestigt dit, aangezien de gestaag groeiende vervoersomvang met steeds minder voertuigen wordt gerealiseerd (LANDINRICHTINGSDIENST, 1986 en VAN DER HEIJDEN, 1987). De grote diversiteit van de landbouwgebonden goederenstroom, voertuigtype, beladingsgraad, aslastpatroon in samenhang met produktsoort en gebiedsstructuur, maakt de schatting van de reële zwaarte van het verkeer twijfelachtig. Voor een optimale dimensionering van de wegconstructie en evaluatie van kosten van wegverzwaring versus die van het gebruik van lichter transportmaterieel is meer kennis vereist over aslasten op plattelandswegen. Daarom is een onderzoek gestart, opgebouwd uit 3 fasen (zie voor uitvoerige beschrijving: MICHELS en DE WILDE, 1988):

1. meten van aslasten en asconfiguraties. Gevolgd door afleiden van frequentieverdelingen. (Wat rijdt er?);
2. relaties leggen met verklarende factoren (gebiedssoort, bedrijfstype, produktsoort, wegtype, wegendichtheid enz.). Dit leidt tot vuistregels voor het voorspellen van frequentieverdelingen van aslasten. (Waarom rijdt het er?);
3. ontwikkelen simulatiemodel ten behoeve van prognoses en effectbepalingen voor landinrichtingsprojecten. (Hoe te beïnvloeden?).

Aan een dergelijk onderzoek bestaat in de landinrichting dringend behoefte. Als start van de eerste fase van dit onderzoek is een voorstudie verricht naar landbouwgebieden die het meest in aanmerking komen om er meetpunten in te richten. Onder de gevormde criteria waren de vervoerde produkten aardappelen, suikerbieten en granen de voornaamste. Indien mogelijk zal gebruik worden gemaakt van zogenaamde trendtelpunten van de LD en reeds bij deze dienst aanwezige meetapparatuur. De beschrijving van deze voorstudie en een afweging van mogelijk gebruik van instrumenten voor de aslastmeting worden hier gegeven.

2. KIEZEN VAN ENKELE ASLASTMEETPUNTEN

2.1. ALGEMEEN

Van het totaal aan binnenlands goederen vervoer (vervoerd gewicht) over de weg wordt in Nederland circa een vijfde deel ingenomen door vervoer van landbouwgebonden goederen (VAN DER HEIJDEN, 1987). Het is niet precies bekend hoe groot het deel is dat het vervoer van landbouwgebonden goederen inneemt van het totaal vervoerde gewicht op plattelandswegen. Dit vervoer van landbouwgebonden goederen betreft de aan- en afvoer van of naar landbouwbedrijfsgebouwen of veldkavels van dieren, stoffen, voeder, machines en produkten. Ook zijn geen cijfers bekend omtrent samenstelling van het voertuigenpark die deze en andere produkten op de Nederlandse plattelandswegen vervoeren. Dit gebrek aan informatie schijnt niet alleen in ons land een probleem te vormen, doch geldt ook over de grenzen voor het vervoer aldaar (OECD, 1983). Aangenomen wordt dat de landbouwgebonden goederen het overgrote deel vormen van het totaal vervoerde gewicht op de plattelandswegen.
Van een aantal van deze landbouwgebonden goederen is het moeilijk om cijfermateriaal betreffende het vervoerd gewicht over de weg te verzamelen. Dit ligt eenvoudiger voor aardappelen, suikerbieten, granen, melk en mengvoeder. Bekend is dat deze laatste groep circa 75 % uitmaakt van het totaal vervoerd gewicht aan landbouwgebonden goederen (VAN DER HEIJDEN, 1987). Een prognose die gemaakt is voor 1988, doch voor 1989 vermoedelijk nauwelijks zal afwijken, is dat aan in Nederland geproduceerde aardappelen, suikerbieten en granen respectievelijk circa 6,2; 7,0 en 1,2 mln.ton over de weg vervoerd (berekeningen worden gegeven in par. 2.3., zie ook tabel 3) dient te worden. Het dito vervoer van melk en mengvoeder bedraagt de laatste jaren (LEI/CBS, 1988) respectievelijk ongeveer 11,9 en 15,8 mln.ton.
De keuze van enkele aslastmeetpunten zal gemaakt worden op grond van het vervoer van een aantal landbouwprodukten, hun mogelijke opbrengst in een bepaald gebied en de wegbelasting per type plattelandsweg. Als belastingscriterium zal daarbij de verhouding tussen het vervoerd gewicht en de weg lengte fungeren (kg/m), hetgeen hier wordt aangeduid als specifieke wegbelasting.

2.2. PRODUKTEN DIE KEUZE BEPALEN

De keuze van aslastmeetpunten op plattelandswegen zal in samenhang moeten gebeuren met een hoge specifieke wegbelasting. Het vervoer van (in Nederland geproduceerde) aardappelen, suikerbieten en granen dient in een kort tijdsbestek (circa 4 maanden) te worden gerealiseerd. Deze produkten hebben tevens een belangrijk aandeel in het jaarlijks te vervoeren gewicht op plattelandswegen. Gedurende en kort na de oogstperiode van genoemde 3 akkerbouwprodukten vindt hierdoor extra verkeer op de plattelandswegen plaats, naast het over het gehele jaar gespreide vervoer van melk, mengvoeder en andere goederen. Door dit intensiever verkeer is vermoedelijk sprake van een hogere specifieke wegbelasting gedurende die periode. De keuze van aslastmeetpunten wordt hier daarom bepaald op grond van de specifieke wegbelasting door vervoer van de 3 akkerbouwprodukten. Om tot een prognose voor de specifieke wegbelasting te komen zal een bundeling van cijfers moeten plaatsvinden voor gebieden waarop deze betrekking hebben. In de landbouwstatistiek is een veel gekozen bundeling die per LEI-landbouwgebied, hierbij is Nederland ingedeeld in 14 gebieden hoofdzakelijk onderscheiden naar grondsoort (en gebruik) (LEI/CBS, 1988). De voorspelling van de specifieke wegbelasting voor de 3 akkerbouwprodukten heeft plaatsgevonden voor deze landbouwgebieden.

2.3. PROGNOSE SPECIFIEKE WEGBELASTING

Voor het maken van deze prognose is het nodig dat de verdeling naar lengte van de plattelandswegen per LEI-landbouwgebied over de te onderscheiden typen plattelandsweg bekend is. Aangezien aslastmetingen alleen worden uitgevoerd op verharde wegen, is uitsluitend naar deze soort plattelandswegen gekeken. Als typen plattelandsweg is onderscheid gemaakt tussen de typen 2, 3, 4 en 5, welke classificatie staat voor de aanduiding van de verhardingsbreedte. Onder plattelandswegen type 4 worden bijvoorbeeld gerekend die wegen die een verhardingsbreedte hebben van 4 m tot en met 4.99 m. Aangezien wegen > 6 m breed als plattelandsweg minder voorkomen en voor het aslastonderzoek minder geschikt zijn (doordat een weg breder dan 6 m bestaat uit 2 rijstroken kunnen slechts de aslasten van het verkeer in 1 richting gemeten worden), zijn deze niet in de vergelijkingen opgenomen.

De lengte aan verharde plattelandswegen buiten de bebouwde kom per landbouwgebied, onderscheiden naar de 4 aangegeven (breedte)typen en de landbouwgebiedsoppervlakte worden in tabel 1, zie bijlagen, gegeven. Dat de cijferwaarden voor deze globale lengte dateren uit 1984 is voor de prognose geen bezwaar, aangezien er sedert die tijd nauwelijks plattelandswegen bijgekomen zijn. De gebiedsoppevlakte heeft sedert de verstreken jaren geen noemenswaardige verandering ondergaan.
Vervolgens is aan de hand van de momenteel meest recente landbouw(mei)-telling (CBS, 1985) de oppervlakte bouwland naar gewas (gemeten maat) bepaald voor de landbouwgebieden en de produkten granen, aardappelen en suikerbieten. Aangezien deze cijfers per landbouwgebied in de landbouwtelling niet rechtstreeks voorhanden zijn doch per deel van de provincie of per gemeente, moesten deze kleinere eenheden eerst tot landbouwgebieden worden gebundeld, hetgeen goed mogelijk bleek. De granen waren daarbij onderverdeeld naar zomer- en wintertarwe, zomer- en wintergerst, rogge en haver en voorts is onderscheid gemaakt tussen consumptie- en fabrieksaardappelen. De aldus berekende oppervlakte bouwland voor de drie gewassen per landbouwgebied wordt naast de totale opervlakte bouwland in het gebied en de gebiedsoppervlakte gegeven in tabel 2, zie bijlagen. De afzonderlijke waarden voor iedere graansoort zijn berekend en komen voor in een sommatie tabel (vanwege de afmetingen niet in deze nota opgenomen), in tabel 2 wordt met de gesommeerde waarden van deze granen volstaan.
Een prognose van de opbrengst per gewas, de mogelijke opbrengst, kan gemaakt worden door de oppervlakte volgens bouwplan, tabel 2, te vermenigvuldigen met de gemiddelde gewasopbrengsten per oppervlakte-eenheid. Deze laatste worden gegeven in de oogstraming voor 1987 (CBS, 1988) per landbouwgebied. De mogelijke opbrengst is hier de gemiddelde opbrengst bij volledige benutting van de oppervlakte. In de gebieden waarvoor CBS geen gemiddeld opbrengstcijfer per ha voor een bepaald gewas verstrekt en waar volgens bouwplan wel een gewasoppervlakte werd aangetroffen, tabel 2, is voor dat gewas als opbrengstcijfer per ha een gemiddelde waarde aangehouden. De aldus berekende opbrengst van granen, aardappelen en suikerbieten worden gegeven in tabel 3 in kt (kiloton). De waarden voor granen, in tabel 3, werden verkregen na sommatie van de afzonderlijke mogelijke opbrengsten voor winter- en zomertarwe, winter- en zomergerst, rogge en haver voor de landbouw-gebieden.

Met dit cijfermateriaal, tabellen 1 en 3, is het mogelijk geworden een verwachte specifieke wegbelasting door vervoer van granen, aardappelen en suikerbieten te berekenen. Een en ander per type plattelandsweg in een bepaald landbouwgebied voor ieder gewas afzonderlijk of gezamenlijk. De verwachte specifieke wegbelasting wordt verkregen als verhouding tussen de mogelijke opbrengst van de gewassen (tabel 3) en de lengte per type plattelandsweg in het betreffende landbouwgebied (tabel 1). Aangenomen is bij deze bepaling van de specifieke wegbelasting, dat vervoer van de gewasopbrengst over de volle lengte plattelandsweg in het gebied zal plaats vinden. Deze aanname is theoretisch en de werkelijke verdeling zal vermoedelijk minder gelijkmatig verlopen, doch daar is nog geen inzicht in. Misschien was het statistisch beter geweest dat de halve lengte plattelandsweg in rekening was gebracht, doch cijfers worden hier uitsluitend gebruikt in relatie tot elkaar om een meer of minder intensief gebruik vast te stellen. Niettemin geeft de specifieke wegbelasting een indruk van de mate waarin de wegen gemiddeld worden belast met transporten van een bepaald produkt. De berekende verwachte specifieke wegbelasting voor vervoer van consumptie- en fabrieksaardappelen wordt in kg/m gegeven in tabel 4. Tabel 5 geeft deze resultaten weer voor de overige 2 akkerbouwprodukten en voor de som van de 3 gewassen. Met deze resultaten, tabellen 4 en 5, is een prognose gegeven van de vervoersomvang voor 1988 van 3 akkerbouwprodukten, die een belangrijk aandeel vormen van het te vervoeren gewicht op plattelandswegen, per landbouwgebied en wegtype.

2.4. TE VERKIEZEN MEETPUNTEN

Door middel van de verwachte specifieke wegbelasting uit de tabellen 4 of 5, zijn gebieden aan te wijzen die gedurende het transport van de 3 akkerbouwprodukten intensief belast zullen worden. Door het vervoer van aardappelen worden de plattelandswegen in de Hollandse- en IJsselmeerpolders, zowel als die in de Veenkoloniën, intensief belast, zie tabel 4. In de Veenkoloniën voornamelijk tengevolge van het vervoer van fabrieksaardappelen en in het andere landbouwgebied voornamelijk door het vervoer van aardappelen voor de consumptie.
Het Noordelijk zandgebied heeft ook een hoge specifieke wegbelasting door

aardappelen. De specifieke wegbelasting per wegtype in een landbouwgebied kan echter grote verschillen vertonen, hetgeen veroorzaakt wordt doordat de diverse wegtypen grote verschillen in weglengte hebben.
Het vervoer van suikerbieten geeft, net zoals bij de aardappelen, een grote specifieke wegbelasting in de Hollandse- en IJsselmeerpolders en de Veenkoloniën. Bij suikerbieten scoort het Noordelijk zeekleigebied eveneens hoog.
Het vervoer van granen speelt zich in volgorde van de specifieke wegbelasting voornamelijk af in de Hollandse- en IJsselmeerpolders, daarna in het Noordelijk zeekleigebied en vervolgens in het Zuidwestelijk zeekleigebied en de Veenkoloniën. De specifieke wegbelasting van (in Nederland geoogste) granen is landelijk gezien circa een vijfde deel van die van de overige twee akkerbouwprodukten afzonderlijk.
Bij het bekijken van de specifieke wegbelastingen van de 3 gewassen tesamen komen geen andere punten naar voren, dan reeds zijn aangehaald. We kunnen aan de hand van de resultaten in de tabellen 4 en 5 vaststellen dat indien er door het extra vervoer van de 3 akkerbouwprodukten aslastmeetpunten moeten worden gekozen deze moeten liggen in de 5 landbouwgebieden: Hollandse- en IJsselmeerpolders, Veenkoloniën, Zuidwestelijk zeekleigebied, Noordelijk zeekleigebied en het Noordelijk zandgebied, waarbij de volgorde tevens de prioriteit aangeeft. Om een voorstelling te kunnen maken van de ligging van deze 5 gebieden, zijn schetskaarten van deze landbouwgebieden, zie bijlagen figuren 1 tot en met 5, opgenomen.
Zoals reeds in de inleiding werd aangehaald is met de LD afgesproken dat voor het aanwijzen van aslastmeetpunten in een gebied gebruik zal worden gemaakt van zogenaamde LD trendtelpunten. Op vele van deze trendtelpunten worden sedert 1960 geregelde verkeerstellingen verricht. De ontwikkeling van het verkeer op deze trendtelpunten kan daardoor worden nagegaan. Uit een rapportage van de LD (HAUPTMEIJER, 1987) is gebleken dat de wegvakken waarop de tellingen werden uitgevoerd geen evenwichtige afspiegeling zijn van het plattelands-wegennet naar wegtype. Onder meer om deze reden is een lijst opgesteld van 50 trendtelpunten, waaronder ook nieuwe telpunten. Uit deze 50 punten zijn trendtelpunten, die in de eerder genoemde 5 landbouwgebieden voorkomen, aangewezen als mogelijk aslastmeetpunt. Deze verkozen trendtelpunten worden samen met enkele kenmerken van die punten gegeven in tabel 6.

Aan de LD is deze voorkeur kenbaar gemaakt. In de loop van 1989 zullen de betreffende wegvakken worden beoordeeld om de geschikste plaats voor het uitvoeren van de metingen vast te stellen.
Het kiezen van de circa 20 trendtelpunten als aslastmeetpunt moet gezien worden als een eerste stap naar het ontwikkelen van een landelijk meetnet voor aslasten. De meeste van de nu aangewezen punten komen voor op plattelandswegen op klei en veen. Op zand zullen meer punten moeten worden ingericht. De Hollandse- en IJsselmeerpolders worden, zie tabel 6, vertegenwoordigd door slechts 1 trendtelpunt, terwijl dit landbouwgebied de hoogste prioriteit heeft. Er moeten daar meer punten komen. Indien de ontwikkeling van een mobieler en betrouwbaar meetsysteem gerealiseerd wordt, zal het eenvoudiger zijn op veel plaatsen te meten.

3. AFWEGING, KEUZE EN KALIBRATIE MEETSENSOR

3.1. ALGEMEEN

Als uitgangspunt voor de mate van belasting van de weg is de dynamische aslast genomen. Dit is de aslast gedurende de voorwaartse beweging van het voertuig. Deze aslast kan gemeten worden met een instrument dat in, op of naast het wegdek wordt aangebracht. Hiermede blijkt de inrichting van een meetpunt voor het meten van aslasten mede afhankelijk van de keuze van het gebruikte instrument. Het aanbrengen van een sensor in het wegdek is gezien de wil om op vele punten te meten minder relevant. Toch moet een dergelijk instrument in de vorm van een in het wegdek aangebrachte weegbrug als de meest nauwkeurige manier voor het meten van dynamische aslasten gezien worden. Zelfs bij een dergelijk instrument, waarbij eigenlijk op een bepaald moment of punt op de weegbrug gemeten wordt, is de gemeten waarde sterk afhankelijk van de vlakheid van het weggedeelte voor de weegbrug, alsmede van de vlakke ligging van het element zelf (TEN CATE en HENDRIKS, 1976). Trouwens een minder vlak weggedeelte vóór de weegsensor hoeft niet bezwaarlijk te zijn, als maar bekend is hoe onvlak die weg is, zo is vastgesteld (CLAUWAERT, 1989).
Van een aantal instrumenten waarmee het mogelijk is of moet zijn om op verscheidene plaatsen aslasten te meten worden hier bijzonderheden gegeven. Geen van de hierna aangehaalde sensoren heeft op dit moment eigenschappen die het ver boven de anderen verheft. Enkele ervan verkeren nog in het ontwikkelingsstadium, doch deze bieden goede meetperspectieven. Een sensor is gereed en deze zal totdat zich een betere aandient gebruikt worden.

3.2. CAPACITIEVE OPNEMER

Het enige instrument dat momenteel voor mobiel gebruik kan worden toegepast voor het meten van dynamische aslasten is de Traffic Axle Weight Classifier (TAWC), die hier aangeduid zal worden als weegmat. Het is recenter ontwik-

keld als de boven genoemde weegbrug. Een dergelijke weegmat, type Mark 5, is bij de LD aanwezig. Het apparaat bestaat uit een rubber mat, die circa 7 mm dik en rechthoekig van vorm (510 x 1800 mm) is, waarin een over het gehele oppervlak werkende capacitieve sensor is aangebracht. De condensator wordt hier gevormd door een glasweefsel behuizing met bedrading waartussen het dielectricum is aangebracht. Indien de mat belast wordt door een wiel zal doordat de dikte van mat en condensator verandert ook de condensator-capaciteit wijzigen. Dit verschil in capaciteit veroorzaakt een te meten spanningsverschil dat samenhangt met de aslast. De mat wordt voor het meten samen met een onderlegger op een schoon en droog wegdek geplakt, zodanig dat in ieder geval de rechterwielen van de passerende grote voertuigen er overheen zullen rijden. De weegmat-electronica verdubbelt deze wiellast tot aslast.
Het meetbereik van de mat ligt tussen 200 en circa 20000 kg, verdeeld over 10 gewichtsklassen. De voertuigsnelheid moet liggen tussen circa 5 en 140 km/h. De gebruikstemperatuur mag liggen tussen de -40° tot +80° C. Omtrent de meetnauwkeurigheid worden geen waarden genoemd. De electronica deelt iedere gepasseerde as in de gemeten klasse in en geeft achteraf, na knop indruk, het totaal aantal ingedeelde assen per klasse weer en het totaal over de klassen. Deze en verdere informatie wordt gegeven in de handleiding van de Mark 5 weegmat (ELECTROMATIC, 1982). De fabrikant schrijft daarin voor dat over een afstand van 30 m voor de mat zich geen onregelmatigheden in het wegdek mogen bevinden. Rijkswaterstaat (WBD-Weg-bouwkundige Dienst) en de wegmeetdienst van de Hollandse Wegenbouw Zanen (HWZ) hebben, naast de LD, reeds ervaring met deze mat opgedaan (AKKER en VAN ZWIETEN, 1983).
Enkele citaten uit hun bevindingen zijn: De weegmat is vanwege zijn mobiliteit een aantrekkelijk alternatief voor de diverse aslastmeet-systemen die in de weg ingebouwde opnemers hebben. De nauwkeurigheid van de weegmat lag tijdens de (beperkte) test op hetzelfde niveau als van de ingebouwde weegbrug van de WBD (Als maat voor de herhaalbaarheid van de meetresultaten is een variatie-coëfficiënt bepaald van 5,4 %, zowel voor de weegmat als voor de weegbrug). Niet gekeken is naar de invloed van de rijsnelheid op het meetresultaat. Voor een betrouwbaar meetresultaat moet de rijsnelheid minimaal 40 km/h zijn.
In gesprekken noemde Rijkswaterstaat zelfs dat een gladde afstand van 100 m voor het meetpunt vereist is. Ook is volgens deze dienst de vlakke ligging

van het meetelement zelf eveneens bepalend voor een nauwkeurige meting. Datzelfde is van toepassing bij de eerder aangehaalde weegbrug. De breedte van de weegmat kan het realiseren van deze vlakke ligging bemoeilijken. Een indruk van de mobiliteit van de mat kan verkregen worden uit de benodigde inrichttijd van een meetpunt (BOUWMAN, 1988). Het aanbrengen van de mat op het wegdek duurt circa 1 uur (AKKER en VAN ZWIETEN, 1983) - 1,5 uur. Met het aansluiten is circa 0,5 uur gemoeid. De tijd voor het ijken van de mat is sterk afhankelijk van de ligging van het meetpunt ten opzichte van de keerpunten van de ijkwagen. Het zal op plattelandswegen circa 1 uur kosten. Met het opbreken van het meetpunt, inclusief het verwijderen van plakstroken op het wegdek, zal men circa 1,5 uur bezig zijn. In verband met de kwetsbaarheid van de behuizing van de condensator is het aan te bevelen dat de mat door twee personen geplaatst wordt. Het vervoer van de weegmat en de electronica kan goed plaats vinden in een aangepaste aanhanger, samen met de overige apparatuur.
Tijdens reeds uitgevoerde aslastmetingen is gebleken dat de mat erg kwetsbaar is doordat deze weinig weerstand biedt tegen indringing van scherpe voorwerpen. Deze dringen door de dunne rubberlaag heen en doorboren c.q. beschadigen de (glasweefsel/bedradings-)behuizing van de condensator zodanig dat een goede werking niet langer gewaarborgd blijft. Dit laatste geldt zeker indien onder natte weersomstandigheden gewerkt wordt (BOUWMAN, 1988). Om de invloed van temperatuurverschillen tijdens het meten uit te sluiten is op aanwijzing van de gebruikers de electronica voorzien van een temperatuurstabilisatie. Deze corrigeert de foute meting door afhankelijk van de temperatuur de aslastklassegrenzen te verschuiven, zodat toch de aslast in de juiste klasse wordt ingedeeld.
Tijdens de in het voorjaar 1988 gehouden vakbeurs Intertraffic bleek er nog een leverancier te zijn van een volgens hetzelfde principe werkende weegmat, type Mark 8, (TRUVELO, 1988). Deze claimt dat de kwetsbaarheid van de door haar geleverde mat klein is doordat de condensator behuizing bestaat uit platen van roestvrij staal met een grote doordringingsweerstand. Met een gebruiker van een dergelijke mat, het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (O.C.W.) te Brussel (Sterrebeek) is kontakt opgenomen. Dit instituut heeft te kennen gegeven dat het graag wil samenwerken betreffende het aslastonderzoek, dat zij zelf ook gaan uitvoeren. Een eerste verkenning van de mat door het O.C.W. heeft plaats gevonden door deze te gebruiken op het

terrein van een suikerfabriek. Met het eigenlijke testen is men begonnen. Het is de bedoeling dat gemeten gaat worden bij snelverkeer. Volgens het O.C.W. zijn er interessante nieuwe ontwikkelingen te melden betreffende het meten van aslasten (CLAUWAERT, 1988). Een ontmoeting op het O.C.W. is daarvoor vastgelegd, waarbij onder andere een proefopstelling in Machelen wordt bezocht.
Recente metingen met de Mark 5 mat in de omgeving van Schipluiden hebben nogmaals aangetoond dat de mat kwetsbaar is (BOUWMAN, 1988). De steenslag van de slijtlaag beïnvloedde daar de goede werking van de mat, ook na het treffen van voorzieningen. Daarentegen was het O.C.W. tevreden met de behaalde resultaten van de Mark 8 mat en bleek de mat na diverse malen gebruikt te zijn nog steeds in goede staat (CLAUWAERT, 1989).
Het temperatuur correctie/stabilisatie-systeem is in de O.C.W. mat geplaatst. Deze (Mark 8) mat wordt door de leverancier geleverd voorzien van twee opplakbare inductie-lussen, waarmee het mogelijk is de snelheid, asconfiguratie, lengte voertuig en wielbasis te meten. Deze lussen hebben een redelijke levensduur en zijn goedkoop. De toestand van de weg en de ligging onder een hoek zijn aan te passen in de processor, die bij de mat hoort. De O.C.W. mat blijkt gecorrigeerd op de versnellingskrachten die door de dikte van de mat optreden op de assen, waardoor toch de juiste aslasten worden gemeten. Hetzelfde geldt voor de correctie op de snelheid. Door het O.C.W. is zelf software aangeboden aan de leverancier die dit verwerkt heeft in de standaard electronica, die door hen zelf gemaakt wordt.

3.3. PIËZO-ELEKTRISCHE OPNEMER

3.3.1. Bestaande sensoren

Een volgende methode wordt gevonden in het meten met de vibracoax opnemer dat is het meest recent ontdekte instrument voor het meten van aslasten. De voeler van dit instrument bestaat uit een vibracoax-kabel, die gevormd wordt door een koperdraad, een dunwandige koperen buis en een piëzo-elektrisch kristal in poedervorm. De koperdraad is nauwkeurig in het centrum van de buis aangebracht en de ruimte tussen draad en buis is opgevuld met het bijzondere kristal. Indien op een dergelijk kristal een druk wordt uitgeoefend zal op de kristalgrenzen een elektrische lading worden opgewekt die evenredig is met de druk. Een piëzo-elektrisch kristal (zoals in de

vibracoax-kabel) kan dus een mechanische energie omzetten in een elektrische. Na versterking kan de elektrische spanning nauwkeurig gemeten worden. Doordat de sensor op de weg en de electronica naast de weg geplaatst moet worden kan de versterking pas daar gebeuren. Hoge eisen dienen daarom gesteld te worden aan de verbindingskabel tussen voeler en versterker (lage ruis).
Bij een eerste onderzoek (MAESSEN en VAN ZWIETEN, 1983) naar de toepassing van deze kabel voor aslastmetingen zijn 3 bevestigingsmogelijkheden op of in het wegdek bekeken. In alle gevallen was de kabel daarbij omgegeven door een kunststof die min of meer elastisch was. In 2 gevallen moest een sleuf in het wegdek worden aangebracht, terwijl bij de derde de kabel in een soort rubber mat (dik 8 mm en 300 mm breed) op het wegdek bevestigd werd. De eerste sleuf was slechts 4 mm breed en circa 45 mm diep, de tweede was 60 x 60 mm. De smalle sleuf was opgevuld met bitumen waarvan de stijfheid overeenkomt met die van het omringende asfalt. Bij de tweede was de kabel ingebed in hard rubber dat omgeven wordt door een metalen u-profiel. Het geheel wordt gelijmd in de in het wegdek aangebrachte sleuf. De geteste drie typen coax-opnemers waren ieder 2 m lang.
Na het uitvoeren van een testprogramma, waarbij de drie opnemers vergeleken zijn met een zich in het wegdek bevindende weegbrug, bleek de opnemer die ingebed was in hard rubber (sleuf 60 x 60) en u-profiel de beste resultaten op te leveren. De opnemer in de smalle sleuf (4 mm) bleek geen bruikbare en de opnemer in de mat geheel geen resultaten op te leveren. Dit laatste kwam doordat de opnemer kort na montage werd stuk gereden, tengevolge van een slechte hechting aan het wegdek door hevige regenval. Tijdens het korte functioneren werd vastgesteld dat er sprake was van een verloop van de referentielijn bij temperatuur veranderingen. De Vibracoax-opnemer in rubber en metaalprofiel geeft meetsignalen die onder meer een goede correlatie met resultaten van klassieke aslast-apparatuur vertonen. Bovendien is de invloed van de rijsnelheid, volgens dit eerste onderzoek tussen de 54 tot 90 km/h, niet aantoonbaar gebleken en is de repeteerbaarheid van de resultaten redelijk (Als variatie-coëfficiënt is voor de Vibracoax in rubber en profiel circa 8,5 % en voor de weegbrug circa 2,9 % bepaald). Dit geheel geeft een positief beeld.
Ook over de Vibracoax-opnemer in de mat, alhoewel stuk gereden, wordt niet ongunstig geoordeeld. Er wordt aanbevolen deze verder te onderzoeken. Nog

niet bekend is of dit heeft plaats gehad. Wel is de Vibracoax-opnemer in rubber en metaalprofiel aan een uitgebreider onderzoek onderworpen door de Stichting Wegmeetdienst Regionale Wegenbouwlaboratoria (WMD) in opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) te Delft. De resultaten van dit onderzoek zijn nog niet officieel bekend, doch de berichten tot nu toe zijn minder bemoedigend dan aanvankelijk werd gedacht. Een duidelijk overzicht is aan de hand van de nu beschikbaar gestelde niet officiële resultaten niet te verkrijgen.
Bij dit laatste onderzoek heeft vergelijking van de meetwaarden van de Vibracoax-opnemer plaats gehad met die van een weegmat, die gelijktijdig achter de coaxopnemer op het wegdek was aangebracht. Een combinatie van een Vibracoax-opnemer met een weegbrug, zoals ook bij het eerste onderzoek (MAESSEN en VAN ZWIETEN, 1983) heeft plaats gehad en net zoals indertijd de weegmat met de weegbrug werd vergeleken (AKKER en VAN ZWIETEN, 1983), zou een gelukkiger keuze zijn geweest. Bij de weegmattoetsing indertijd werd namelijk voor de weegmat vastgesteld dat individuele meetresultaten soms sterke afwijking vertoonden ten opzichte van de weegbrug resultaten. Buiten een vermoeden is toen niet vastgesteld waardoor deze verschillen veroorzaakt zijn.
Het aantal 'bruikbare' metingen bij het toetsen van de Vibracoax-opnemer lijkt belangrijk lager te zijn geweest dan bij de toetsing, waarbij de weegmat indertijd als dynamisch aslastmeetsysteem werd beproefd. Bij globale vergelijking van de resultaten van de nu geteste Vibracoax-opnemer contra de weegmat en de indertijd geteste weegmat contra de weegbrug lijkt de spreiding in de punten vooralsnog even groot. Een significante snelheidsinvloed op de gewichtsmetingen kon bij gebruik van de coax-opnemer binnen de 60 - 100 km/h niet worden waargenomen. Dit laatste is voor het meten op plattelandswegen van belang. Met belangstelling wordt uitgezien naar de conclusies in het eindrapport, dat nog moet verschijnen.

3.3.2. Ontwikkelingen

Bij een paar bedrijven die electronica-systemen ontwikkelen is vanuit het ICW de vraag gesteld naar mogelijke toepassingen van het 'piëzo-elektrisch kristal' voor het meten van aslasten, doch van een andere constructie dan de hierboven genoemde. Na enige tijd kwam hierop response en kon door een

Ingenieursbureau een prototype aslastmeter van sterk afwijkende constructie worden getoond (VAN HEUR, 1988). Het kristal is aangebracht op een kunststoffolie.
Voor het meten van aslasten is de folie ondergebracht in een dampdichte doos van hard rubber, ongeveer 15 mm hoog en 150 mm breed is. Het geheel is ondergebracht in een metalen u-vormig profiel van geringe hoogte, waarin de dampdichte doos door een tweetal langsstrippen op de plaats gehouden wordt. De gehele constructie, ongeveer 50 mm hoog, moet in het wegdek worden aangebracht. Indien de meetplek niet gebruikt wordt kan de meetsensor worden uitgenomen en wordt een dummy geplaatst. De sensor is dan elders te gebruiken. Met enkele fabrikanten lopen afspraken betreffende de aanmaak van deze meetsensor. Verwacht wordt dat de folie, indien deze op het wegdek is aangebracht in een plattere doos, goed te gebruiken is als meetstrip voor het meten van aslasten. Door de zeer kleine dikte van de folie-sensor lijkt zijdelingse druk tengevolge van vervorming van de omringende massa geen invloed te hebben. Bij een ronde of andere vorm van de sensor is deze invloed wel aanwezig. Nagegaan zal worden door ons of de strip-sensor voor het meten van aslasten te gebruiken is.
Bij het bezoek aan het O.C.W., zie paragraaf 3.2., bleek dat er reeds een firma was, de Pennwalt Corporation in de U.S.A., die een vergelijkbare sensor fabriceert. Met dit bedrijf zal kontakt worden opgenomen.

3.4. TRILLINGS-OPNEMER

Een derde methode voor het bepalen van aslasten zou ontstaan indien gebruik kan worden gemaakt van trillingsopnemers. Door op de weg een bepaalde onregelmatigheid aan te brengen, bijvoorbeeld in de vorm van een slang zoals gebruikt wordt bij verkeerstellers, ontstaat een trilling indien de slang overreden wordt. De trillingsintensiteit kan gemeten worden met een trillingsopnemer. Door deze trillingskracht in relatie te brengen met een vooraf bepaalde dito intensiteit veroorzaakt door een bekende aslast van de ijkwagen kan later de momentane aslast bepaald worden. Samen met de voorhanden zijnde electronica moet hier een oplossing voor gevonden kunnen worden. Het zal moeilijk zijn de niet terzake doende trillingen of trillingen veroorzaakt door andere bronnen uit te filteren. Ook zal de meetwaarde

onder meer afhangen van de plaats van het meetpunt, de wegconstructie, vochttoestand, grondwaterpeil, en bodemsoort. Ieder meetpunt zal steeds opnieuw geijkt moeten worden. Aan enkele electronica bedrijven is dit idee voorgelegd. De response heeft nog geen bruikbare resultaten opgeleverd.

3.5. TE GEBRUIKEN MEETSENSOR

3.5.1. Keuze

Uit het voorgaande zal gebleken zijn dat van een echte keuze van het geschikste meetinstrument nog geen sprake kan zijn. De bovenstaande opsomming is onder meer gegeven om te laten zien dat er ontwikkelingen en mogelijkheden zijn om tot nieuwe sensoren te komen. Waarschijnlijk doordat de groep direct geinteresseerden klein is lijkt het dat voor de aanmaak van snel op het wegdek te plaatsen sensoren weinig ondernomen is. Aanwijzigingen bestaan dat daarin verandering zal komen.
In de aanloop van het onderzoek zal gebruik worden gemaakt van de bij de LD aanwezige TAWC weegmat. Het is de enige operationele sensor, die bovendien direct beschikbaar is. Deze mat wordt aangesloten op een bijbehorende 10 kanalen recorder. Het apparaat totaliseert het aantal passages gedurende een bepaalde periode en dit kan op een display uitgelezen worden na het overhalen van een schakelknop. Het aantal passages in een bepaalde gewichtsklasse wordt uitgelezen na het overhalen van een corresponderende schakelknop. Er zijn 10 gewichtsklassen die ieder een meetgebied van 2 ton bestrijken. Met een los display, dat op de recorder kan worden aangesloten, is het mogelijk direct na iedere passage af te lezen in welke gewichtsklasse de assen zijn ingedeeld. De nummering op het display is de volgorde waarin de mat door de assen overreden wordt. Voor genoemde handeling moet continu iemand op de meetpost aanwezig zijn.

3.5.2. Kalibratie

Voor een betrouwbare indeling van de aslasten in de bepaalde gewichtsklassen moet een aanpassing plaats vinden van de weegmat/electronica aan de meetplaats, hetgeen bereikt wordt door de weegmat op die meetplaats te

kalibreren. Hoe deze kalibratie dient te worden uitgevoerd, wordt te summier in de TAWC handleiding aangegeven. Daarom is door de LD het ijken van de weegmat aan de hand van 3 voorbeelden nader onderzocht. Tot nu toe is niet duidelijk wat de functie is van de door de LD bepaalde gemiddelde kalibratiewaarde. De ijkmethode voor de weegmat is onder meer om deze reden in deze nota nogmaals in beschouwing genomen.
De kalibratie wordt hier beschreven bij gebruik van een 2 assige ijkwagen (vrachtauto) waarvan de achterasbelasting van te voren is bepaald. Het is wenselijk dat het verschil in aslast van voor- en achteras van de ijkwagen iets meer dan 2 ton bedraagt, aangezien de weegmat/electronica de aslasten in klassen van 2 ton indeelt. De ijkwagen moet gedurende de kalibratie een aantal malen over de mat rijden met ongeveer gelijke snelheid (circa 40 km/h). Voor het ijken is op de recorder een drie-cijferige teller aangebracht. De tellerstand kan met de hand ingesteld worden. Op de fabriek is de weegmat geijkt waarbij voor de daarbij geldende, vaak gunstige, omstandigheden een bepaalde kalibratiewaarde c.q. tellerstand is vastgesteld. De drie-cijferige fabriekswaarde, die voor de LD-weegmat 158 bedraagt, is op de mat vermeld. De omstandigheden bij het plaatsen van de mat op de plattelandsweg wijken meestal af van de omstandigheden bij de fabrieksijking. Daarom moet voor iedere praktijksituatie een nieuwe kalibratiewaarde worden afgeleid, hetgeen als volgt gebeurt: Uitgegaan wordt van de fabriekskalibratiewaarde, 158 in ons voorbeeld, die op de teller wordt ingesteld. De ijkwagen rijdt vervolgens over de mat en op het display wordt gecontroleerd in welke gewichtsklasse de achteraslast is ingedeeld (bijvoorbeeld 5). Voordat de volgende ijkwagenpassage plaats heeft dient de tellerstand met 1 te worden opgehoogd (bij de tweede passage staat de teller op 159, bij de derde op 160 enz.). Bij iedere opgehoogde tellerstand wordt tijdens het passeren gekeken of de klasseindeling overeenkomstig die bij tellerstand 158 is. Is de ingedeelde klasse 1 hoger geworden (dus klasse 6) dan is op dat moment de klasse-bovengrens bereikt en dient de bijbebehorende tellerstand genoteerd te worden. Een zelfde methode wordt gevolgd om de klasse-onder-grens en de daarbij behorende tellerstand te bepalen, door uitgaande van 158 voor iedere passage de tellerstand 1 te verlagen totdat de klasse 1 lager (dus 4) geworden is. De tellerstand bij de klasse-ondergrens moet men ook noteren. De kalibratiewaarde of tellerstand waarop de recorder op het betreffende meetpunt gedurende de resterende metingen

moet worden ingesteld is nu als volgt te bepalen:

$$X = Ko - \frac{(Kb-Ko)(M-O)}{B - O} \qquad (1)$$

waarin: X = kalibratiewaarde waarop de recorderteller moet worden ingesteld om een juiste indeling in klassen op het betreffende meetpunt te verkrijgen.

Ko = tellerstand bij de klasse-ondergrens.

Kb = tellerstand bij de klasse-bovengrens

M = massa (gewicht) aslast achteras van ijkwagen in kg

O = klasse ondergrens in kg

B = klasse bovengrens in kg

Opmerking: voor TAWC-mat is B - O = 2000 kg

3.5.3. Analoge meetmogelijkheid

De mogelijkheid om een analoge aslastmeting uit te voeren is latent aanwezig. De recorder is voorzien van een analoge uitgang. Hierop kan een oscillograaf worden aangesloten die een impuls weergeeft die door de aslast veroorzaakt is en waarvan de amplitude overeenkomt met de grootte van de aslast. Het voordeel is nu dat binnen bepaalde grenzen de absolute waarden van de gepasseerde aslasten uit de amplitudes is te bepalen. Het nadeel is dat dit veel achteraf werk met zich meebrengt. Doch dit is misschien op te lossen door synchroon een digitale piekmeter(printer) te laten meelopen. Inlichtingen hierover moeten nog worden ingewonnen. Ook dient nagegaan te worden of de temperatuur-stabilisatie die later is aangebracht, voor of na de analoge uitgang werkt. Aktie wordt hiervoor ondernomen. Waarschijnlijk wordt door ons in de toekomst gebruik gemaakt van de analoge uitgang aangezien de klassegrens van 2 ton bij normaal gebruik van de mat een grote marge is.

3.5.4. Gecombineerd meten

Tijdens het meten met de weegmat zal het wenselijk zijn enkele dagen de temperatuursveranderderingen van het wegdek te volgen, om later enige informatie te hebben omtrent de juiste werking van de uitgevoerde aslast-

correctie tengevolge van de temperatuur (temperatuur-stabilisatie). Ter controle van de klassetotalen kan achter de weegmat een verkeersteller opgesteld worden. Ook kan op deze wijze de asconfiguraties, snelheids-klassen of samen met visuele of radarwaarnemingen de snelheden per voertuig worden bepaald, zodat later een koppeling met de aslasten kan plaatsvinden. Om de hiervoor benodigde apparatuur alsmede de wegmarkeringsattributen te kunnen vervoeren is het permanent beschikken over een vervoers-eenheid een noodzaak. Gedacht wordt hierbij aan een eenvoudige voor het doel ingerichte tweewielige aanhanger, zoals ook bij de LD gebruikt wordt.

4. CONCLUSIE

Indien in Nederland aslastmeetpunten op plattelandswegen moeten worden ingericht, dan dienen deze te komen in de landbouwgebieden: Hollandse- en IJsselmeerpolders, Veenkoloniën, Zuidwestelijk zeekleigebied, Noordelijk zeekleigebied en het Noordelijk zandgebied.
Van de 20 trendtelpunten, die in de hiervoor genoemde 5 landbouwgebieden liggen, kan als aslastpunt gebruik worden gemaakt. Het exacte meetpunt moet ter plaatse worden vastgesteld. Op het Noordelijk zandgebied moeten meer meetpunten komen dan de twee trendtelpunten die nu zijn aangewezen.
Hetzelfde geldt voor de Hollandse- en IJsselmeerpolders, die nu slechts vertegenwoordigd worden door 1 trendtelpunt, terwijl dit landbouwgebied een eerste prioriteit heeft ten aanzien van het inrichten van aslastmeetpunten.
Nagegaan moet worden of alle wegtypen in gelijke mate vertegenwoordigd zijn in de gekozen meetpunten.
Recente metingen hebben aangetoond dat de weegmat (Mark 8), die voorzien is van een roestvrijstalen condensator behuizing (O.C.W.-mat), minder kwetsbaar is dan die met een glasweefsel/bedradings behuizing (LD-mat, Mark 5).
Gecontroleerd moet worden of de temperatuur-stabilisatie, die later op de LD-mat is aangebracht, voor of na de analoge uitgang is aangesloten.
Voor het vervoer van weegmat, electronica en montage materiaal, de wieldrukmeter voor het ijken van de weegmat, alsmede de overige te plaatsen apparatuur en de wegafbakenings-attributen is een 1-assige aanhangwagen noodzakelijk.
De ontwikkeling van een eenvoudig en snel op het wegdek te bevestigen aslastmeetsensor (inrichttijd volledige meetplaats circa 0,5 - 1 uur) is gewenst. Hierdoor is het mogelijk dat op meer plaatsen gemeten kan worden, waardoor het onderzoek de noodzakelijke basis krijgt.
Bundeling van gelijkgericht onderzoek is gewenst. Buiten het Staring Centrum zijn in Nederland momenteel slechts enkele instanties geïnteresseerd in een meetinstrument voor het meten van dynamische aslasten. De ontwikkeling van een goedkoop, eenvoudig en snel te monteren sensor is en wordt daardoor vertraagd. Daarom is internationale samenwerking, onder andere met het O.C.W. in België, gewenst.
De folie-sensor die werkt volgens het principe van het piëzo-elektrisch

kristal lijkt een aantal eigenschappen in zich te hebben die hem tot de aangewezen aslastmeter kunnen maken. De folie dient in een bestendige rubber doos van circa 10 a 15 mm dik, voorzien van afgeschuinde zijkanten, te worden ondergebracht. De doos moet voorzien zijn van bevestigingspunten voor montage op het wegdek. Kontakt is opgenomen met een leverancier van een soortgelijk apparaat in Amerika.
Nagegaan moet worden of de trillingsopnemer als aslastsensor te gebruiken is.

MICHELS, T. en J.G.S. DE WILDE, 1988. Goederentransport op plattelandswegen; probleem en onderzoeksaanpak. In: R. Hamerslag en A.J.H. Weenink, Vervoerslogistieke Werkdagen 1988: 343-350. Technische Universiteit Delft, Civiele Techniek, Delft.

OECD, 1983. Impacts of heavy freight vehicles. OECD-Road Research. Paris. ISBN 92-64-12423-3. 169 pp.

TRUVELO, 1988. Mededelingen leverancier en gegevens ontleend aan: Traffic counters and traffic data loggers/WIM equipment. Truvelo Manufactures, Duisburg, BRD. 6 pp.

LITERATUUR

AKKER, G. en J. VAN ZWIETEN, 1983. Dynamische aslastmetingen, een nieuw meetsysteem. Wegen 57, 103 - 105.

BOUWMAN, A.H., 1988. Mededelingen betreffende het gebruik van de TAWC-weegmat. Landinrichtingsdienst (Centr. Dir.), Utrecht.

CATE, A.J. TEN en A.J.J. HENDRIKS, 1976. Resultaten van 10 jaar aslastmeetonderzoek uitgevoerd door het rijkswegenbouwlaboratorium. Pub.23. Rijkswaterstaat, Delft. 17 pp. + bijlagen.

CBS, 1985. Landbouwtelling (mei) 1985. Centraal bureau voor de statistiek, Voorburg.

CLAUWAERT, C., 1988 en 1989. Mededelingen betreffende het aanstaande onderzoek naar aslasten op wegen in Belgie. Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, Brussel.

ELECTROMATIC, 1982. Handleiding weegmat TAWC. Ontleend aan: BASSON, J.E.B., 1981. A guide to install the Traffic Axle Weight Classifier (TAWC). NITRR Technical Note TP/76/81, Pretoria, CSIR. 32 pp.

HAUPTMEIJER, W.,1987. Analyse trendtelpunten. Landinrichtingsdienst, Utrecht. 3 pp. + bijlagen.

HEIJDEN, T.G.C. VAN DER, 1987. Landbouwgebonden vrachtverkeer; verkenning en onderzoeksvoorstel. Nota 1758. ICW, Wageningen. 25 pp.

HEUR, R.J.H.G. VAN, 1988. Mededeling betreffende de ontwikkeling van piëzoelektrische aslastmeter in folievorm. Van Heur, Capelle a/d IJssel.

LANDINRICHTINGSDIENST, 1986. Trendtellingen op plattelandswegen. Landinrichtingsdienst, Afd. Wegen en Verkeer, Utrecht. 125 pp.

LEI/CBS, 1988. Landbouwcijfers 1988. Landbouw-economisch instituut en Centraal bureau voor de statistiek, Den Haag/Voorburg.

MEIJER, E., 1987. Steekproefgegevens ten behoeve van de herziening van de plattelandswegennota. Nota 1818. ICW, Wageningen. 35 pp. + bijlagen.

MAESSEN, J.C. en J. VAN ZWIETEN, 1983. Aslastmetingen met een vibracoaxopnemer. Wegen 57, 229 - 232.

BIJLAGE 1

Tabel 1. Globale lengte van verharde plattelandswegen buiten de bebouwde kom per landbouwgebied en wegbreedtetype en de landbouwgebiedsoppervlakte

Landbouwgebied	Oppervlakte in ha	Lengte per type plattelandsweg in km				
		2	3	4	5*	Som*
1.1 Noordelijk zeekleigebied	176 008	113	950	457	257	1 777
1.2 Holl.- en IJsselm. polders	193 788	16	884	393	273	1 566
1.3 Zuidw. zeekleigebied	285 337	529	2 992	1255	653	5 429
2.1 Rivierkleigebied	174 524	180	1 577	904	433	3 094
2.2 Lössgebied	46 663	277	298	206	113	894
3.1 Noordelijk weidegebied	245 360	195	1 461	803	313	2 772
3.2 Westelijk weidegebied	260 307	285	1 731	838	592	3 446
4.1 Noordelijk zandgebied	338 407	151	2 717	1076	643	4 587
4.2 Oostelijk zandgebied	287 767	198	3 561	1014	557	5 330
4.3 Centraal zandgebied	209 168	57	1 048	752	376	2 233
4.4 Zuidelijk zandgebied	465 419	273	4 720	1451	1226	7 670
5.1 Veenkoloniën	104 867	25	704	238	184	1 151
6.1 Overig Noord-Holland	48 546	5	193	156	128	482
6.2 Overig Zuid-Holland	20 788	16	91	55	43	205
Totaal voor landbouwgebieden in Nederland	2 856 949	2320	22 927	9598	5791	40 636

Bron: CBS-statistiek van de wegen 1985 en CBS-bodemstatistiek 1983 (MEIJER, 1987)

*In type 5 en in de som zijn de wegbreedten > 6 m niet opgenomen

BIJLAGE 2

Tabel 2. De oppervlakte bouwland naar gewas, de gebiedsoppervlakte en het totaal oppervlak aan bouwland per landbouwgebied

Landbouwgebied	Gebiedsoppervlakte in ha	Totaal oppervl. bouwland in ha	Opp. bouwland voor 3 gewassen in ha (gemeten maat)*			
			granen**	aardappelen		suikerbieten
				consumpt.	fabrieks	
1.1 Noordelijk zeekleigebied	176 008	85 862	39 275	3 719	3 981	14 955
1.2 Holl.- en IJsselmeerpolders	193 788	104 492	37 798	19 156	45	24 837
1.3 Zuidwestelijk zeekleigebied	285 337	159 158	60 056	31 677	12	30 682
2.1 Rivierkleigebied	174 524	23 254	4 278	1 813	113	3 643
2.2 Lössgebied	46 663	17 676	6 041	1 625	-	5 205
3.1 Noordelijk weidegebied	245 360	7 744	1 147	408	896	549
3.2 Westelijk weidegebied	260 307	14 976	3 574	1 911	-	2 542
4.1 Noordelijk zandgebied	338 407	70 043	6 274	1 613	22 950	11 676
4.2 Oostelijk zandgebied	287 767	50 187	1 220	989	1 875	2 009
4.3 Centraal zandgebied	209 168	12 534	1 319	328	408	743
4.4 Zuidelijk zandgebied	465 419	107 539	8 406	8 465	-	16 342
5.1 Veenkoloniën	104 867	68 957	12 737	762	29 963	15 507
6.1 Overig Noord-Holland	48 546	3 277	471	692	-	204
6.2 Overig Zuid-Holland	20 788	425	213	94	-	44
Totaal voor landbouwgebieden in Nederland	2 856 949	726 124	182 809	73 252	60 243	128 938

*bepaald door de meest recente oppervlakte bouwland naar gewas per provinciedeel of gemeente te bundelen, bron: CBS, 1985

**deze granen zijn: wintertarwe, zomertarwe, winter gerst, zomer gerst, rogge en haver

BIJLAGE 3

Tabel 3. Mogelijke opbrengst van granen, aardappelen en suikerbieten in 1988 uitgaande van recent oppervlakte bouwplan* en gemiddelde gewasopbrengst per oppervlakteenheid**

Landbouwgebied	Granen***	Mogelijke opbrengst in kt van			
		aardappelen			suiker-bieten
		consumptie	fabrieks	som	
1.1 Noordelijk zeekleigebied	239	139	167	306	658
1.2 Holl. en IJsselm.polders	252	967	2	969	1540
1.3 Zuidwestelijk zeekleigebied	419	1520	0,5	1521	1718
2.1 Rivierkleigebied	27	82	5	87	191
2.2 Lössgebied	38	85	-	85	276
3.1 Noordelijk weidegebied	6	19	40	59	29
3.2 Westelijk weidegebied	22	87	-	87	134
4.1 Noordelijk zandgebied	31	67	998	1065	555
4.2 Oostelijk zandgebied	6	42	86	128	108
4.3 Centraal zandgebied	6	14	19	33	38
4.4 Zuidelijk zandgebied	47	449	-	449	940
5.1 Veenkoloniën	68	33	1303	1336	775
6.1 Overig Noord-Holland	2	32	-	32	11
6.2 Overig Zuid-Holland	1	4	-	4	2
Totaal voor landbouwgebieden in Nederland	1164	3540	2621	6161	6975

*oppervlakte bouwland, zie tabel 2. Bron: Landbouwtelling (CBS, 1985)
**oogstraming 1987, Landbouwcijfers 1988, LEI/CBS. Indien voor een gebied de gemiddelde opbrengst voor een gewas niet genoemd werd in de oogstraming is een gemiddelde waarde aangehouden
***dit is de gesommerde opbrenst voor tarwe, gerst, rogge en haver, die eerst ieder apart berekend is

BIJLAGE 4

Tabel 4. Verwachte specifieke wegbelasting door vervoer van aardappelen per type plattelandsweg en landbouwgebied in 1988

Landbouwgebied	Specifieke wegbelasting per type plattelandsweg voor aardappelen (in $kg.m^{-1}$)											
	Consumptie				Fabrieks				consumptie + fabrieks			
	2	3	4	5*	2	3	4	5*	2	3	4	5
1.1 No. zeekleigebied	1 230	146	304	541	1 478	176	365	650	2 708	322	670	191
1.2 Holl. en IJsselm.plcs.	60 438	1094	2461	3542	125	2	5	7	60 563	1096	2466	3549
1.3 Zu-we. zeekleigebied	2 873	508	1211	2328	1	0*	0	1	2 875	508	1212	2329
2.1 Rivierkleigebied	455	52	91	189	28	3	6	12	483	55	96	201
2.2 Lössgebied	307	285	413	752	-	-	-	-	307	285	413	752
3.1 No. weidegebied	97	13	24	61	205	27	50	128	303	40	73	195
3.2 We. weidegbied	305	50	104	147	-	-	-	-	305	50	104	147
4.1 No. zandgebied	444	25	62	104	6 609	367	928	1552	7 053	392	990	1656
4.2 Oo. zandgebied	212	12	41	75	434	24	85	154	646	36	126	230
4.3 Ce. zandgebied	246	13	19	37	333	18	25	51	579	31	44	88
4.4 Zu. zandgebied	1 645	95	309	366	-	-	-	-	1 645	95	309	366
5.1 Veenkolonien	1 320	47	139	179	52 120	1851	5475	7082	53 440	1898	5613	7261
6.1 Ov. Noord-Holland	6 400	166	205	250	-	-	-	-	6 400	166	205	250
6.2 Ov. Zuid-Holland	250	44	73	93	-	-	-	-	250	44	73	93
Totaal voor landbouwgebieden in Nederland	1 526	154	369	611	1 130	114	273	453	2 656	269	642	1064

*in type 5 zijn de wegbreedten > 6 m niet opgenomen, zie tekst Paragraaf 2.3
**0 = < 0,5 $kg.m^{-1}$

BIJLAGE 5

Tabel 5. Verwachte specifieke wegbelasting door vervoer van suikerbieten en granen, bovendien getotaliseerd met aardappelen, per type plattelandsweg en landbouwgebied in 1988

Landbouwgebied	Specifieke wegbelasting per type plattelandsweg (in kg.m^{-1}) voor											
	Suikerbieten				Granen				Suikerb. + granen + aardap.			
	2	3	4	5*	2	3	4	5*	2	3	4	5*
1.1 No. zeekleigebied	5 823	693	1440	2560	2 115	252	523	930	10 646	1266	2632	4 681
1.2 Holl. en IJsselm.plas.	96 250	1742	3919	5641	15 750	285	641	923	172 563	3123	7025	10 114
1.3 Zu-we. zeekleigebied	3 248	574	1369	2631	792	140	334	642	6 915	1223	2915	5 602
2.1 Rivierkleigebied	1 061	121	211	441	150	17	30	62	1 694	193	337	704
2.2 Lössgebied	996	926	1340	2442	137	128	184	336	1 440	1339	1937	3 531
3.1 No. weidegebied	149	20	36	93	31	4	7	19	482	64	117	300
3.2 We. weidegebied	470	77	160	226	77	13	26	37	853	140	290	410
4.1 No. zandgebied	3 675	204	516	863	205	11	29	48	10 934	608	1534	2 568
4.2 Oo. zandgebied	545	30	107	194	30	2	6	11	1 222	68	239	434
4.3 Ce. zandgebied	667	36	51	101	105	6	8	16	1 351	73	102	205
4.4 Zu. zandgebied	3 443	199	648	767	172	10	32	38	5 260	304	990	1 171
5.1 Veenkoloniën	31 000	1101	3256	4212	2 720	97	286	370	87 160	3095	9155	11 842
6.1 Ov. Noord-Holland	2 200	57	71	86	400	10	13	16	9 000	233	288	352
6.2 Ov. Zuid-Holland	125	22	36	47	63	11	18	23	438	77	127	13
Totaal voor landbouwgebieden in Nederland	3 006	304	727	1204	501	51	121	201	6 164	624	1490	2 469

*in type 5 zijn de wegbreedten > 6 m niet opgenomen, zie tekst Paragraaf 2.3

BIJLAGE 6

Tabel 6. Trendtelpunten van de LD in de 5 landbouwgebieden die, door de grootte van de verwachte van specifieke wegbelasting door vervoer aardappelen, suikerbieten en granen, te verkiezen zijn als aslast meetpunt en enkele kenmerken

Prio-teit	Landbouwgebied	(LD nr)	Produkten	Trendtelpunt		Prov.	Gemeente	Wegnaam	Wegbreedte in m /type	Grondsoort	
				Nieuw	Oud					Algemeen	Stiboka
1	1.2 Holl. en IJssel-meerpolders	2	som*	32T	n.v.t	NH	Haarlemmermeer	.....	..../ .	klei	1
2	5.1 Veenkoloniën	12	som*	3T	81/13	GR	Oude Pekela	Wedderweg	5,30/ 5	veen	37
				10T	16T	DR	Odoorn	1e Exloermond-O	5,00/ 5	veen	37
3	1.3 Zuidwestelijk zeekleigebied	3	suikerb. en aardap.	34T	78/72	ZH	Middelharnis	Oostmoersedijk	3,60/ 3	klei	13
				39T	83/55.4	ZE	Valkenisse	Hogelandseweg	4,00/ 4	klei	7
				40T	84/75.1	ZE	Mariekerke	Rapenburgseweg	3,00/ 3	klei	7
				41T	83/38	ZE	Kapelle	Ruisweg	3,50/ 3	klei	9
4	1.1 Noordelijk zeekleigebied	1	som*	4T	87/02	GR	Hefshuizen	Dwarsweg	3,50/ 3	klei	13
				6T	10T	FR	Franekeradeel	Hoarnestreek-O	3,80/ 3	klei	7
5	4.1 Noordelijk zandgebied	8	aardap.	1T	3T	GR	Grootegast	Parkweg	4,30/ 4	zand	46
				2T	8T	GR	Vlagtwedde	Veenweg	3,20/ 3	zand	39
				9T	13T	DR	Westerbork	Oranjekan. N-Z	3,50/ 3	veen	32/42
				11T	17T	DR	Zuidwolde	Ged. Hoofddiep Z	4,70/ 4	veen	37/49
				12T	6/225.48	DR	Odoorn	Zijtak	3,40/ 3	veen	32
				13T	7/125.28	DR	Sleen	Landschapsweg	3,00/ 3	veen	37

*som = suikerbieten + aardappelen + granen

BIJLAGE 7

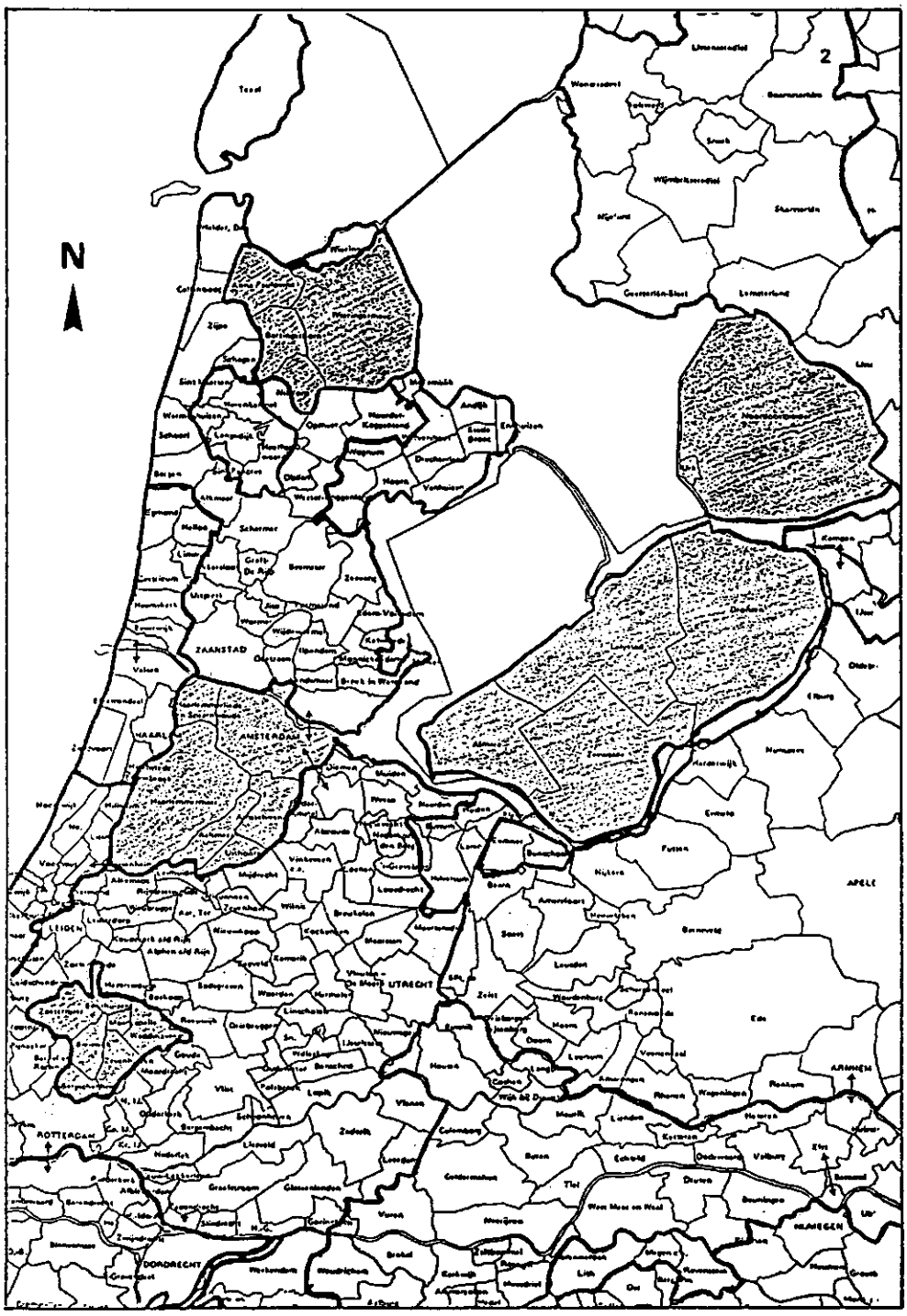

Fig. 1. Hollandse- en IJsselmeerpolders

BIJLAGE 8

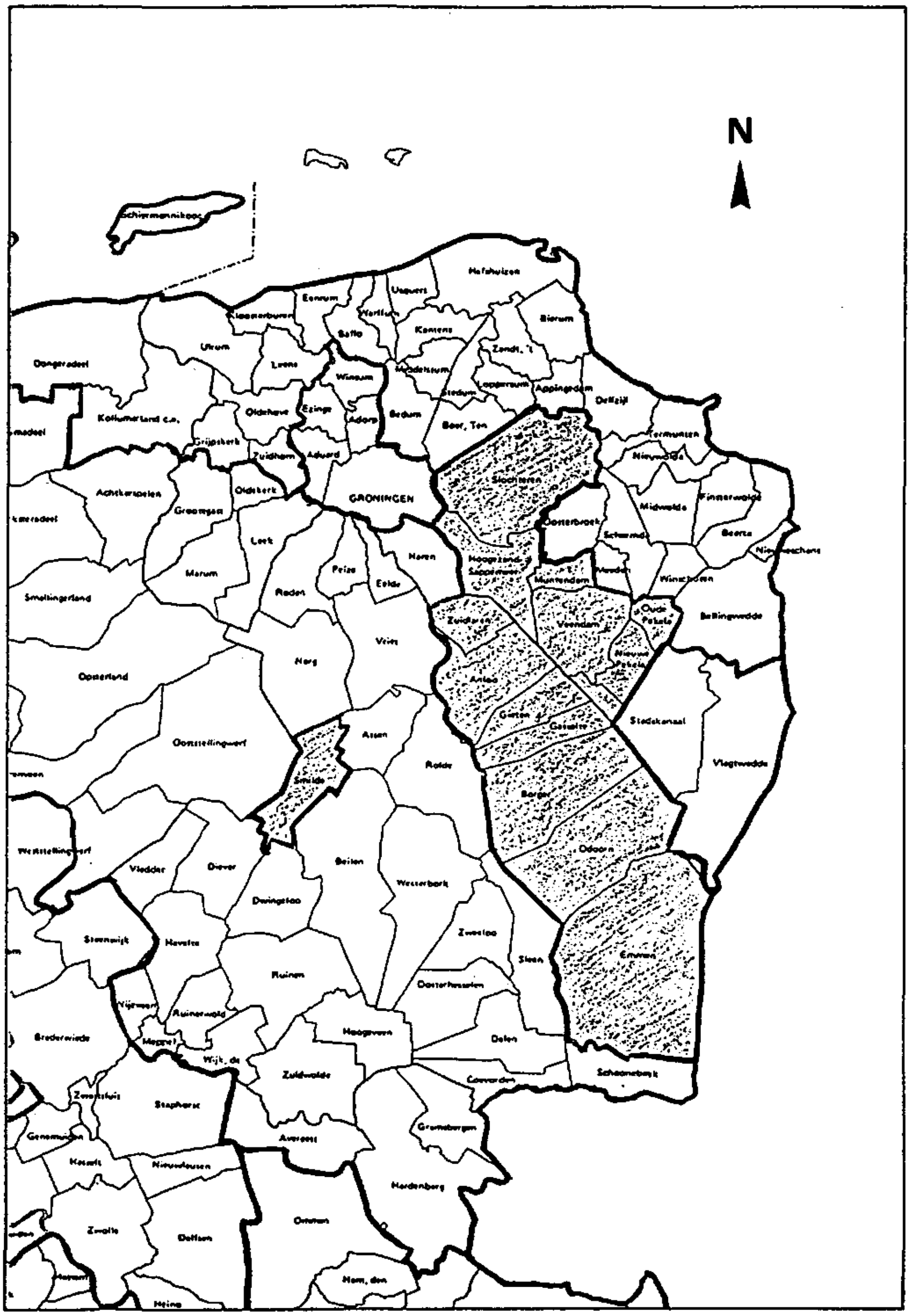

Fig. 2. Veenkoloniën

BIJLAGE 9

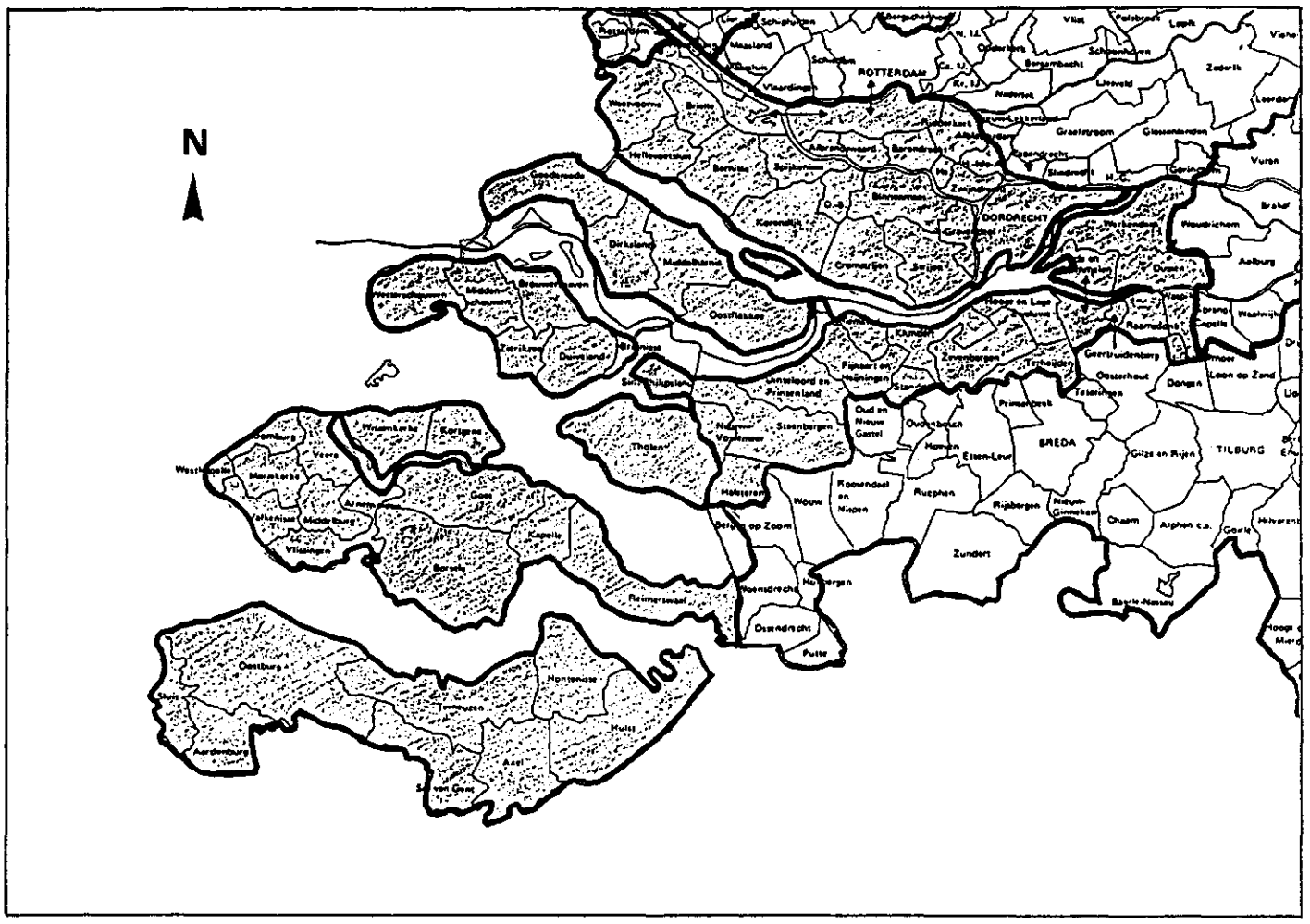

Fig. 3. Zuidwestelijk zeekleigebied

BIJLAGE 10

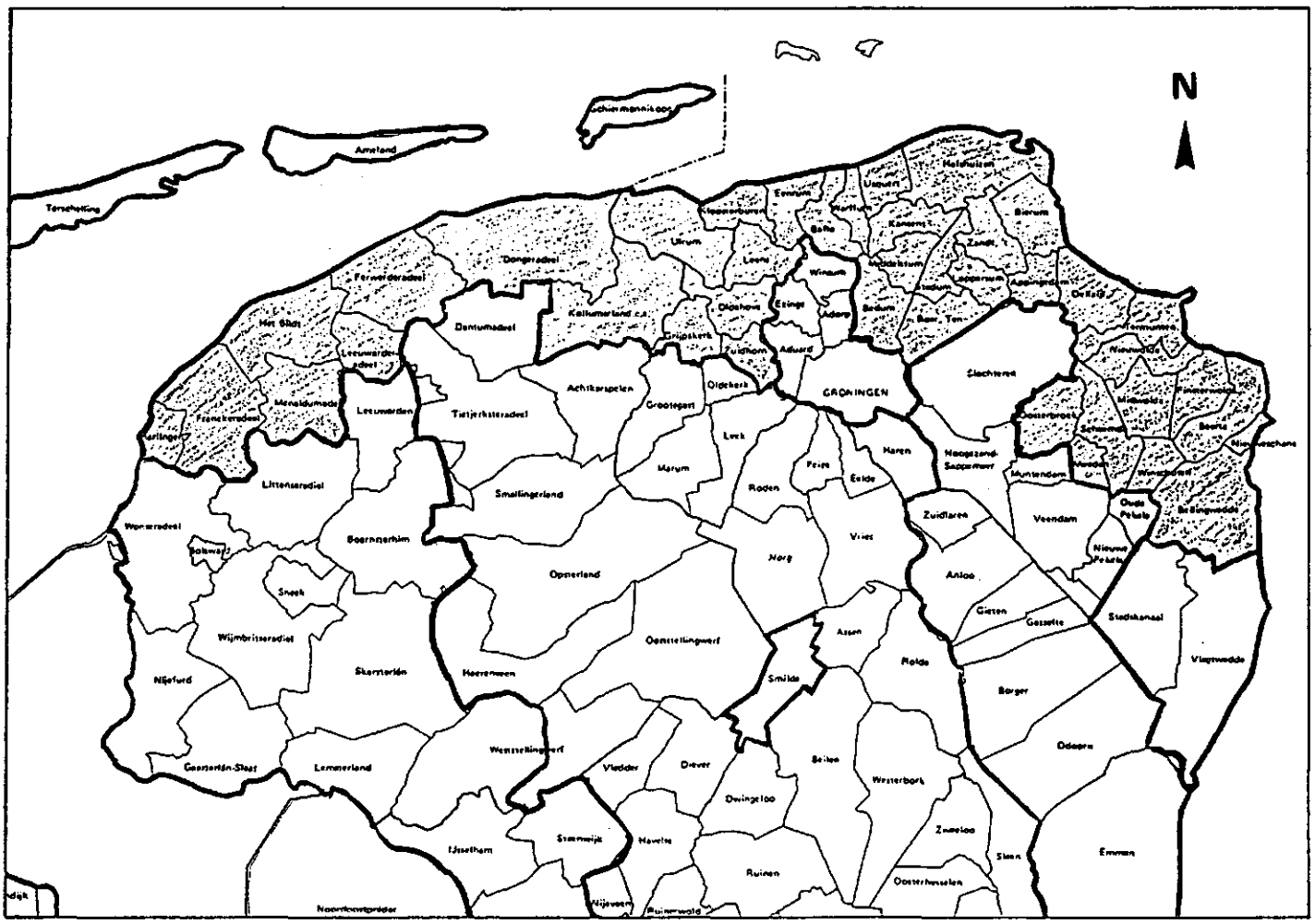

Fig. 4. Noordelijk zeekleigebied

BIJLAGE 11

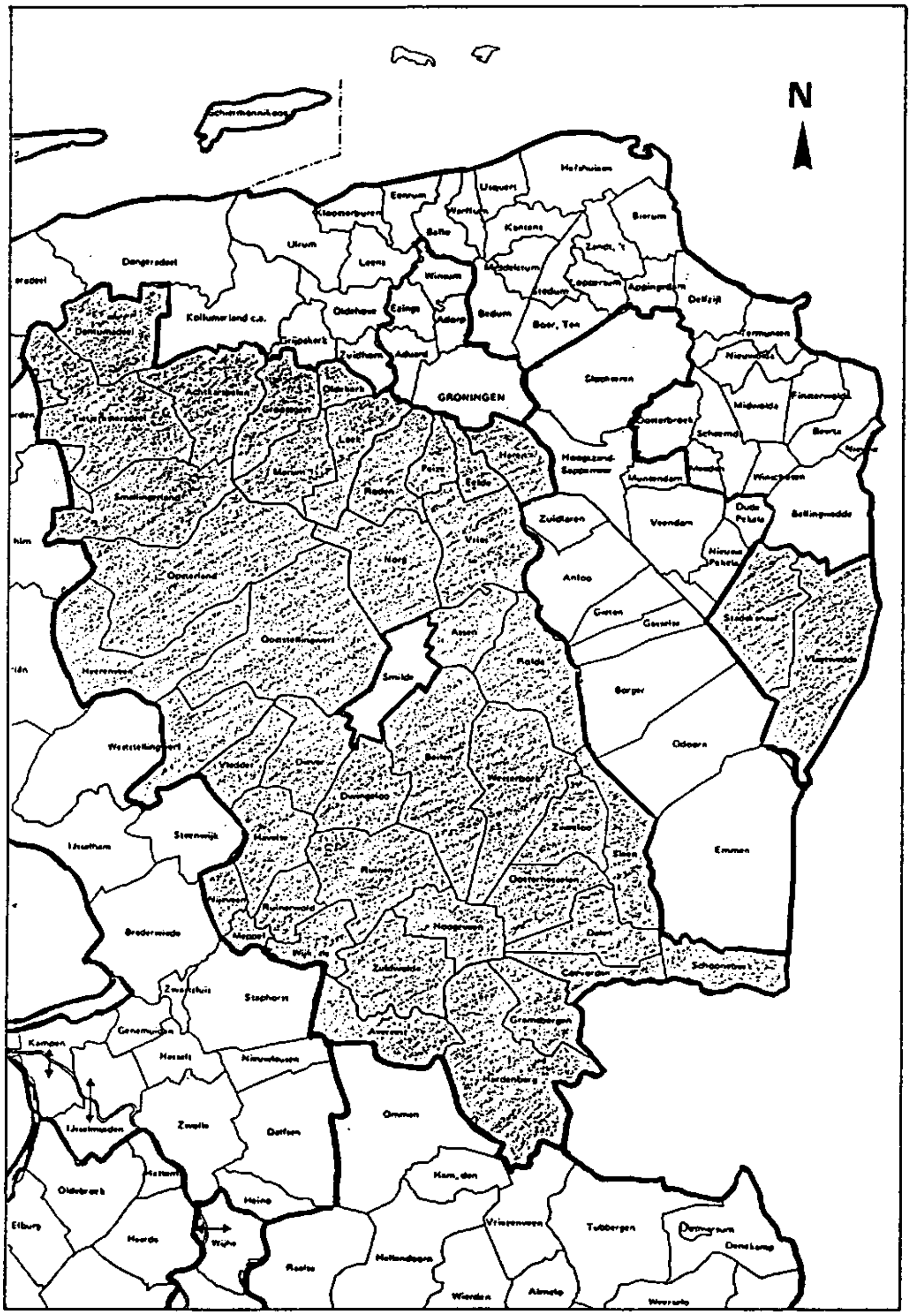

Fig. 5. Noordelijk zandgebied