

WEGWIJS

dr. ir. A.A.A. Molenaar

TRES Red. 1989

Mijnheer de Rector Magnificus
en overige leden van het College van Bestuur,
collegae hoogleraren
en andere leden van de universitaire gemeenschap,
medewerkers van Nederlands Pavement Consultants,
directie en medewerkers van de Hollandische Wegenbouw Zaken,
leden van de Raad van Bestuur van de Hollandische Beton Groep,
zeer geachte gasten,
dames en heren.

WEGWIJS

Vrijdag

Tekst van de rede uitgesproken bij de aanvaarding
van het ambt van hoogleraar
in de Wegbouwkunde
aan de Faculteit der Civiele Techniek
van de Technische Universiteit Delft
op vrijdag 19 mei 1989

door dr.ir. A.A.A. Molenaar



Molenaar
red_
1989

*Mijnheer de Rector Magnificus
en overige leden van het College van Bestuur,
collegae hoogleraren
en andere leden van de universitaire gemeenschap,
medewerkers van Netherlands Pavement Consultants,
directie en medewerkers van de Hollandsche Wegenbouw Zanen,
leden van de Raad van Bestuur van de Hollandsche Beton Groep,
zeer geachte gasten,
dames en heren.*

Inleiding

Het is bijna een gemeenplaats als ik stel dat verkeer, vervoer en daarmee de bouw van infrastructurele voorzieningen, thans midden in de belangstelling staan. Deze belangstelling komt niet voort uit de glamour die toekomstige ontwikkelingen uitstralen die men op het gebied van verkeer en vervoer aan de horizon ziet. Nee, de belangstelling komt voort uit de zorgelijke situatie ten aanzien van milieu en ruimtebeslag ten gevolge van onze sterk groeiende behoefte aan vervoer, welke weer voortkomt uit ons onbegrensde verlangen om ons te verplaatsen op dat tijdstip, met die snelheid en met dat vervoermiddel dat wij wensen.

De slagaders van onze moderne samenleving, want zo kan men onze landwegen, spoorwegen en lucht- en waterwegen wel noemen, raken verstopt. In analogie met de geneeskunde zou men kunnen stellen, dat we letterlijk en figuurlijk gezonder moeten gaan leven willen we niet keihard met de consequenties van onze dynamische en jachtige levenswijze, waarin economische groei centraal staat, worden geconfronteerd. Zelfs als we dat echt willen zal die gezondere levenswijze niet van de ene op de andere dag kunnen worden gerealiseerd. Daar is immers een forse mentaliteitsverandering welhaast cultuurverandering voor nodig en de realisatie van iets dergelijks duurt al snel enkele generaties. De vraag is trouwens of die mentaliteitsverandering ten aanzien van vervoer wel realiseerbaar is. De geschiedenis leert ons namelijk, dat transport en vervoer menselijke levensbehoeften zijn en dat de drang om aan die behoefte uiting te geven evenredig is met de materiële welvaart. Naarmate het ons beter gaat, reizen we vaker en verder, hetgeen op zich vaak weer een stimulans is voor onze economie. Een en ander betekent, dat een diepgaande bezinning nodig is over de vraag hoe aan onze behoefte aan communicatie, gemeenschap, vervoer en transport maximaal tegemoet kan worden gekomen zonder dat daarbij onze leefomgeving, ons milieu ontoelaatbaar wordt belast. Naar mijn mening zal wezenlijk innovatief en origineel moeten worden gedacht om zo'n transportsysteem te kunnen ontwikkelen.

“Aan allen die mij dierbaar zijn”

Een van de aspecten die daarbij zouden kunnen worden overwogen is of het transportmiddel langzamerhand niet moet worden aangepast aan de omgeving waarin het zich verplaatst. Op zich is het middel aanpassen aan de omgeving helemaal geen wereldschokkend voorstel; een dergelijk gedrag ziet men al in de natuur: een olifant zal nooit gekozen worden om als transportmiddel door een moerasgebied te dienen, ondanks het feit dat het beest groot en sterk is. Diezelfde olifant zal ook niet worden ingezet voor het verdichten van aardebanen, omdat hij weigert op zachte banen te lopen. In die situaties zal steeds een transportmiddel worden gekozen dat is aangepast aan de omgeving waarin het wordt gebruikt. Als nu ons transportsysteem niet meer optimaal past in onze leefomgeving, dan is de meest natuurlijke weg dat het systeem wordt aangepast. Bezinning is dan nodig op de vraag hoe we ons dan wel willen verplaatsen en welke bouwwerken daarbij dan horen. Dergelijke vragen zijn natuurlijk niet specifiek voor ons transportsysteem, ze kunnen voor elke activiteit die we plegen gesteld worden. Ze gelden dus niet alleen voor de wegen- en verkeersingenieur maar voor elke ingenieur die bouwt, voor elke civiel ingenieur.

De civiele techniek, waarvan de wegbouwkunde deel uitmaakt, is van oudsher gericht op het bouwen. Dat bouwen doet men echter niet zomaar, het staat altijd "ten dienste van" en het civiele bouwen staat zeer sterk in het teken van het algemeen nut. Ik denk, dat de civiel ingenieur in het algemeen, net zoals de wegen- en verkeersingenieur, in toenemende mate te maken krijgt met de vraag of het gebouwde wel ten dienste staat van het welzijn van de maatschappij, iets dat duidelijk meer inhoud heeft dan materiële welvaart. Voor diegenen, die zich bezighouden met het ontwerp van onze infrastructuur gaat dit volgens mij in toenemende mate betekenen, dat de doelstellingsfunctie bij het ontwerpen en bouwen van een nieuwe verbinding of het verbouwen van een bestaande verbinding verandert van "maximaliseer de bereikbaarheid" of "minimaliseer de reistijd", naar een doelstellingsfunctie waarbij de belasting van het milieu moet worden geminimaliseerd. Bovendien zal deze optimalisatie niet alleen moeten worden gedaan uitgaande van de situatie op één bepaald moment, maar met inachtneming van condities die gedurende een bepaalde tijdsperiode kunnen veranderen. Dit betekent ook, dat de civiel ingenieur in sterk toenemende mate de totale cyclus van het te maken bouwwerk in acht zal moeten nemen. Een cyclus welke globaal bestaat uit de stappen:

- ontwerp
- bouw
- verbouw
- sloop
- hergebruik.

Hij zal bij elke stap in de cyclus moeten controleren of de voorgestelde of uit het proces logisch voortvloeiende maatregelen niet strijdig zijn met de eerder genoemde milieu-doelstellingsfunctie.

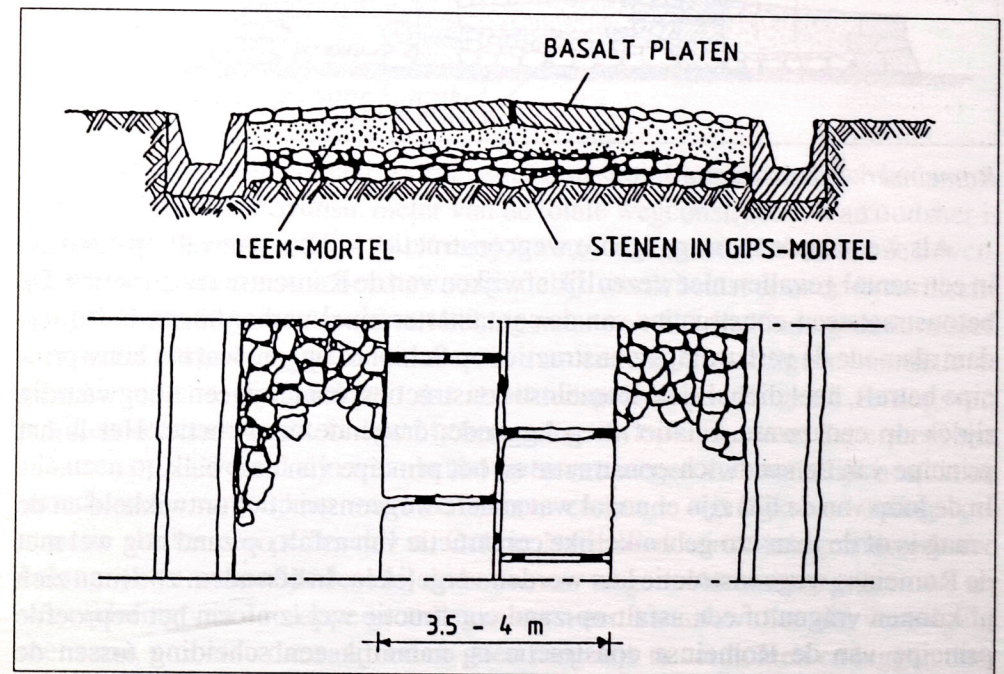
Dat bij dit alles verrassende randvoorwaarden zullen worden gegenereerd, waaraan de wegen voor morgen zullen moeten voldoen, staat voor mij buiten kijf. Hoe die randvoorwaarden eruit zullen zien laat zich slechts raden!

Daarmee ben ik aangeland bij de wegbouw van morgen, de wegbouwkundige van morgen en het universitaire onderwijs en onderzoek voor de wegbouw van morgen.

Retrospectief

Alvorens het zicht op de toekomst te richten lijkt het me juist, eerst in het kort terug te blikken op de wegbouwhistorie. Zo'n retrospectief is altijd zinvol, omdat er naar mijn mening veel geleerd kan worden van datgene dat het verleden heeft gebracht, mits de historie maar grondig en al anticiperend op de toekomst wordt bestudeerd.

De vorm van onze huidige wegconstructie is al terug te vinden in die welke door koning Minos zo'n 2000 jaar voor Christus op Kreta werd aangelegd.



Wegconstructie op Kreta (ca. 2000 v. Chr.)

Een van de aspecten die daarbij zouden kunnen worden overwogen is of het transportmiddel langzamerhand niet moet worden aangepast aan de omgeving waarin het zich verplaatst. Op zich is het middel aanpassen aan de omgeving helemaal geen wereldschokkend voorstel; een dergelijk gedrag ziet men al in de natuur: een olifant zal nooit gekozen worden om als transportmiddel door een moerasgebied te dienen, ondanks het feit dat het beest groot en sterk is. Diezelfde olifant zal ook niet worden ingezet voor het verdichten van aardebanen, omdat hij weigert op zachte banen te lopen. In die situaties zal steeds een transportmiddel worden gekozen dat is aangepast aan de omgeving waarin het wordt gebruikt. Als nu ons transportsysteem niet meer optimaal past in onze leefomgeving, dan is de meest natuurlijke weg dat het systeem wordt aangepast. Bezinning is dan nodig op de vraag hoe we ons dan wel willen verplaatsen en welke bouwwerken daarbij dan horen. Dergelijke vragen zijn natuurlijk niet specifiek voor ons transportsysteem, ze kunnen voor elke activiteit die we plegen gesteld worden. Ze gelden dus niet alleen voor de wegen- en verkeersingenieur maar voor elke ingenieur die bouwt, voor elke civiel ingenieur.

De civiele techniek, waarvan de wegbouwkunde deel uitmaakt, is van oudsher gericht op het bouwen. Dat bouwen doet men echter niet zomaar, het staat altijd "ten dienste van" en het civiele bouwen staat zeer sterk in het teken van het algemeen nut. Ik denk, dat de civiel ingenieur in het algemeen, net zoals de wegen- en verkeersingenieur, in toenemende mate te maken krijgt met de vraag of het gebouwde wel ten dienste staat van het welzijn van de maatschappij, iets dat duidelijk meer inhoud heeft dan materiële welvaart. Voor diegenen, die zich bezighouden met het ontwerp van onze infrastructuur gaat dit volgens mij in toenemende mate betekenen, dat de doelstellingsfunctie bij het ontwerpen en bouwen van een nieuwe verbinding of het verbouwen van een bestaande verbinding verandert van "maximaliseer de bereikbaarheid" of "minimaliseer de reistijd", naar een doelstellingsfunctie waarbij de belasting van het milieu moet worden geminimaliseerd. Bovendien zal deze optimalisatie niet alleen moeten worden gedaan uitgaande van de situatie op één bepaald moment, maar met inachtneming van condities die gedurende een bepaalde tijdsperiode kunnen veranderen. Dit betekent ook, dat de civiel ingenieur in sterk toenemende mate de totale cyclus van het te maken bouwwerk in acht zal moeten nemen. Een cyclus welke globaal bestaat uit de stappen:

- ontwerp
- bouw
- verbouw
- sloop
- hergebruik.

Hij zal bij elke stap in de cyclus moeten controleren of de voorgestelde of uit het proces logisch voortvloeiende maatregelen niet strijdig zijn met de eerder genoemde milieu-doelstellingsfunctie.

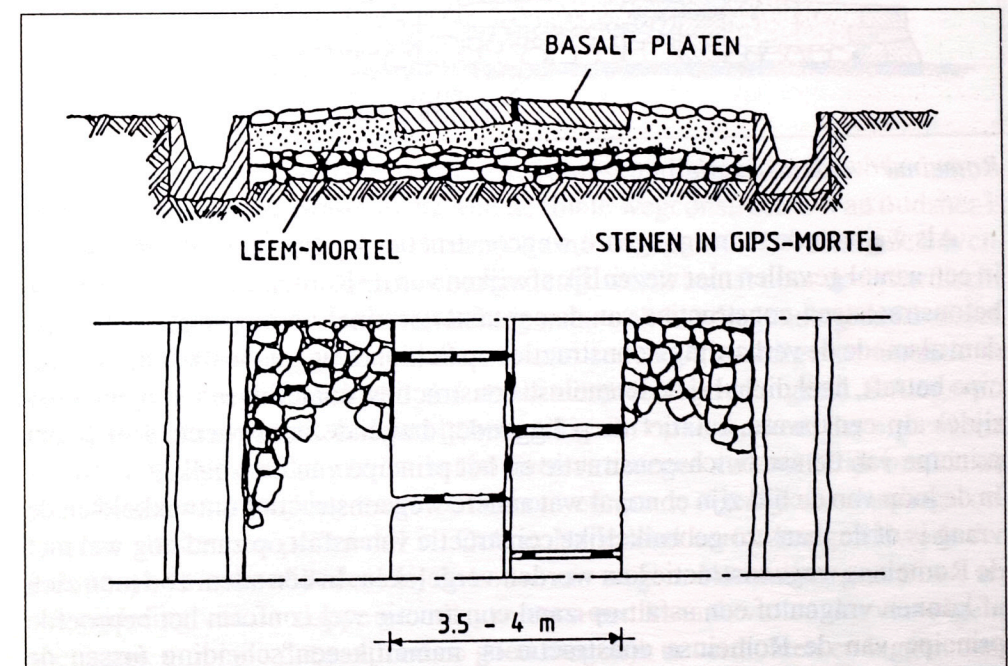
Dat bij dit alles verrassende randvoorwaarden zullen worden gegenereerd, waaraan de wegen voor morgen zullen moeten voldoen, staat voor mij buiten kijf. Hoe die randvoorwaarden eruit zullen zien laat zich slechts raden!

Daarmee ben ik aangeland bij de wegebouw van morgen, de wegbouwkundige van morgen en het universitaire onderwijs en onderzoek voor de wegebouw van morgen.

Retrospectief

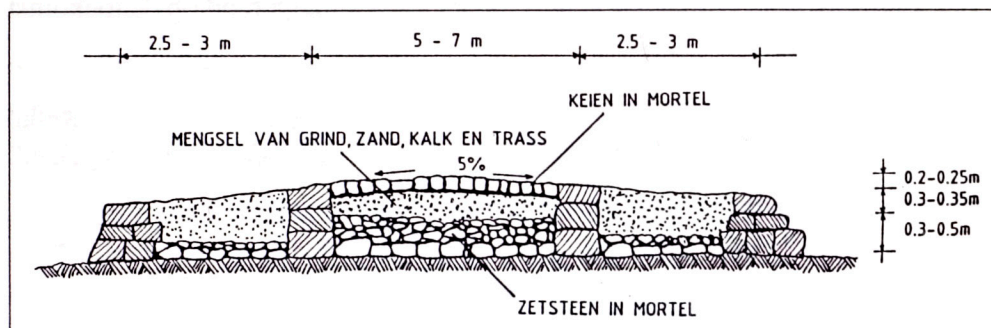
Alvorens het zicht op de toekomst te richten lijkt het me juist, eerst in het kort terug te blikken op de wegebouwhistorie. Zo'n retrospectief is altijd zinvol, omdat er naar mijn mening veel geleerd kan worden van datgene dat het verleden heeft gebracht, mits de historie maar grondig en al anticiperend op de toekomst wordt bestudeerd.

De vorm van onze huidige wegconstructie is al terug te vinden in die welke door koning Minos zo'n 2000 jaar voor Christus op Kreta werd aangelegd.



Wegconstructie op Kreta (ca. 2000 v. Chr.)

Opvallend aan deze constructie is de zware fundering (waaraan een kittende mortel werd toegevoegd), waarop een laag fijnkorrelig materiaal werd aangebracht, die als bedding diende voor de basalten wegplaten. Het belang van een stevige berm werd reeds in die tijd onderkend, evenals de noodzaak om het hemelwater snel af te kunnen voeren. Naast deze constructie kennen we natuurlijk allemaal de produkten van de wegenbouwers bij uitstek, namelijk de Romeinen. De Romeinen zijn uitstekende civiel ingenieurs geweest en van hun bouwprincipes kan men nog steeds veel leren. Als we dan eens naar hun wegconstructies kijken, dan zien we ook hier weer de zware wegfundering, waarop lagen werden aangebracht met een afnemende korrelafmeting. In moerasgebieden werd de fundering op een paalrooster gelegd om wegzakken en uit elkaar drijven van de constructie te voorkomen. Opvallend aan de Romeinse constructie is het veelvuldig toepassen van kitmateriaal als leem of kalk, zodanig dat iets als beton werd verkregen. Ook is het opmerkelijk dat de Romeinen materialen toepasten als baksteenpuin en smidsslakken, materialen die thans zouden vallen onder de benaming restmateriaal of afval.

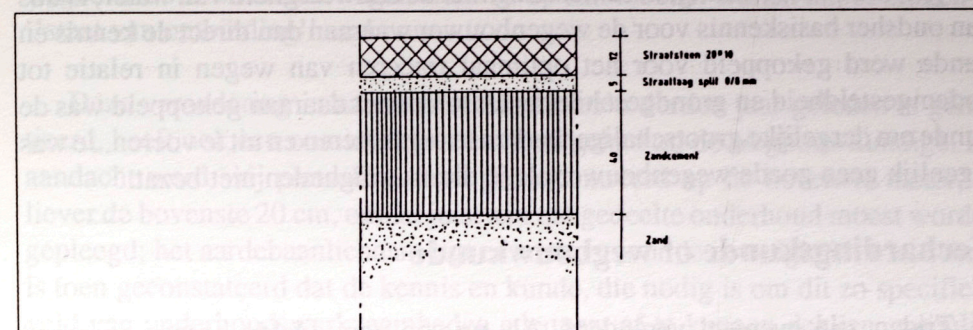


Romeinse wegconstructie

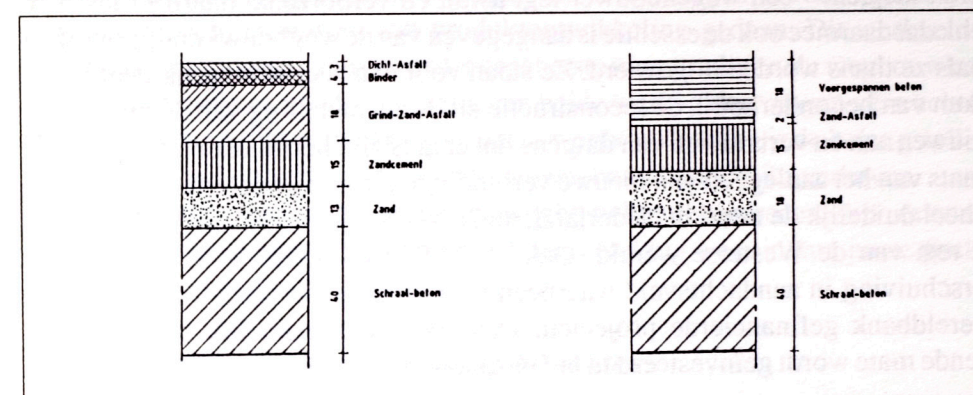
Als we naar de thans gangbare wegconstructies kijken, dan valt op dat deze in een aantal gevallen niet wezenlijk afwijken van de Romeinse constructies. De betonstraatsteen-constructies van de containerterminal-verhardingen in Rotterdam alsmede de verhardings-constructies op Schiphol liggen, wat het bouwprincipe betreft, heel dicht bij de Romeinse constructies, namelijk een hoogwaardig rijdek op een zware, relatief diep liggende, dragende constructie. Het is het principe van de sandwich-constructie en het principe van de I-balk.

In de loop van de tijd zijn er nogal wat andere wegconstructies ontwikkeld en de vraag is of de thans zo gebruikelijke constructie van asfalt op zand nog wel met de Romeinse wegconstructie kan worden vergeleken. In één adem zou men zich af kunnen vragen of een asfalt-op-zand constructie wel conform het beproefde principe van de Romeinse constructie is, namelijk een scheiding tussen de constructief-dragende functie van de weg en de functie van het leveren van een

comfortabel, veilig en snel te berijden wegoppervlak.



Verharding voor een container-terminal



Sandwich-constructies voor Schiphol

Tot zover is mijn verhaal vooral verhardingskundig gericht, ik heb het namelijk gehad over de bovenste meter van de totale wegconstructie. Van oudsher is wegen bouwen evenwel ook het "versjouwen" van grond. Niet alleen de bovenste meter van de constructie, die voornamelijk wordt belast door de dynamische verkeersbelasting, is immers van belang maar ook het dragende grondmassief. Het heeft simpelweg geen enkele zin om een hoogwaardige constructie te bouwen op een grondlichaam dat stabiliteitsproblemen en grote zettingsverschillen vertoont. In dit verband is het aardig om op te merken, dat er heel wat plaatsen op de wereld zijn waar het bouwen van wegen voornamelijk bestaat uit grondwerk, in vergelijking waarmee het bouwen van de eigenlijke verhardingsconstructie slechts een peuleschil is. Ook in Nederland vormt het grondwerk een belangrijk en wezenlijk deel bij de bouw van wegen. Normaliter graven we ter verwijdering van de slappe grondlagen eerst een kanaal, vullen dat vervolgens met zand, proberen dat zandbed zo goed mogelijk te verdichten en leggen daar vervolgens asfalt op, dat in vele ogen een "wat onduidelijk papje" is van

bitumen, zand en grind. Kennis en inzicht in het bouwen met grond en het gedrag van grond onder belasting, in samenhang met de aanwezigheid van water, is dus van oudsher basiskennis voor de wegenbouwer waaraan dan direct de kennis en kunde werd gekoppeld voor het optimaal traceren van wegen in relatie tot bodemgesteldheid en grondgeschiktheid. Ook direct daaraan gekoppeld was de kunde om dergelijke grootschalige werken te organiseren en uit te voeren. Je was eigenlijk geen goede wegenbouwer als je die vaardigheden niet bezat.

Verhardingskunde of wegbouwkunde

Tijden zijn evenwel veranderd. Als nu een gemiddelde burger gevraagd wordt wat een wegenbouwer doet, dan zal men in zeven van de tien gevallen te horen krijgen: "een wegenbouwer legt asfalt en veroorzaakt daarbij files". Ik denk dat daarmee ook de essentie is aangegeven van de wegbouwkundige werken zoals ze thans worden uitgevoerd. Ze staan voor een zeer belangrijk deel in het teken van het onderhoud, de reconstructie en de zekerstelling van de mobiliteit. Bouwen aan en verbouwen van datgene dat er al is zijn hoofdtaken geworden, in plaats van het aanleggen van nieuwe verbindingen in nog ongerepte vlakten. Dit is heel duidelijk de trend in Nederland, maar is ook waarneembaar in Europa en de rest van de Westerse wereld. Ook in de Derde wereld is de aangegeven verschuiving in aandachtsveld waarneembaar en dan met name bij de door de Wereldbank gefinancierde projecten. Daarvoor geldt namelijk dat in toememende mate wordt geïnvesteerd in het instandhouden van datgene dat er al is. Op



De valgewichtdeflectometer is een belangrijk hulpmiddel bij de evaluatie van wegen

zich een uiterst logische policy, want het heeft uiteraard geen zin om nieuwe wegen te bouwen als de wegen waar ze op aan moeten sluiten kapot zijn en in "staat van ontbinding" verkeren.

Deze verandering in aandachtsveld, die zo'n dertien jaar geleden is geïnitieerd, heeft ook een onmiskenbare invloed gehad op de wegbouwkundige. De aandacht werd vrij plotseling sterk geconcentreerd op de bovenste meter, of liever de bovenste 20 cm, omdat juist aan dat gedeelte onderhoud moest worden gepleegd; het aardebaanlichaam ligt er immers voor de eeuwigheid. Met schrik is toen geconstateerd dat de kennis en kunde, die nodig is om dit zo specifieke veld van onderhoudswerkzaamheden adequaat af te kunnen dekken, eigenlijk onvoldoende was. In het afgelopen decennium is daarom zeer veel onderzoek uitgevoerd op het gebied van de evaluatie van verhardingen, is veel materiaalonderzoek verricht en is veel aan produktontwikkeling gedaan. Dit werkveld is complementair aan dat van de eerder geschetste meer traditionele wegbouwkundige en men zou een goede integratie van beide werkvelden mogen verwachten. In werkelijkheid lijkt de meer traditionele wegbouwkunde uit de belangstelling te raken, terwijl de verhardingskunde tot wegbouwkunde lijkt verheven. De verschillende disciplines binnen de wegbouwkunde zijn recentelijk, door een gebeurtenis van buiten af, naar mijn mening gelukkig weer in hun juiste positie ten opzichte van elkaar gebracht.

Effecten Structuurschema Verkeer en Vervoer

De externe gebeurtenis waar ik op doel is het Structuurschema Verkeer en Vervoer (SVV) dat eind vorig jaar is gepubliceerd. In dit schema zijn een groot aantal infrastructurele maatregelen genoemd, welke van belang zijn voor het instandhouden van de mobiliteit. Daarnaast duidt het schema impliciet maar overduidelijk op de noodzaak van de eerdergenoemde integratie tussen wegbouwkunde en verhardingskunde. De aard van de werkzaamheden en het tempo waarin ze moeten worden uitgevoerd stellen evenwel de wegbouwkundige en verhardingskundige voor een groot aantal complexe vraagstukken waarvoor de oplossingen nog niet zo evident zijn. Het Structuurschema heeft daarmee in feite een groot aantal onderzoeksprojecten gegenereerd van zowel wegbouwkundige als verhardingskundige aard, die allemaal op korte termijn uitgevoerd kunnen en moeten worden.

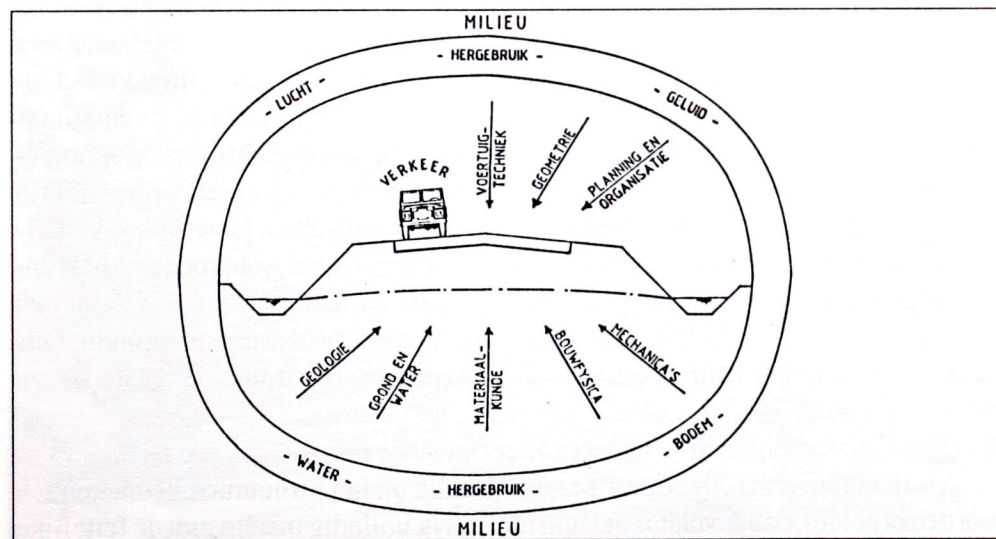
Als ik me lovend uitlaat over de waarden die uit het Structuurschema kunnen worden afgeleid, dan betekent dat nog niet dat ik volledig instem met de feitelijke inhoud daarvan. In vind het jammer, dat niet wezenlijk op de vraag is ingegaan of er mogelijkheden zijn om aan de vervoersbehoefte tegemoet te komen,

uitgaande van een milieu-doelstellingsfunctie zoals eerder door mij geformuleerd.

Terugkomend op het startmotor-effect van het SVV ten aanzien van onderzoek is het goed om op te merken dat dit effect al zichtbaar is geworden in het door de Faculteit der Civiele Techniek opgestelde rapport "On Trail". Dit rapport is geschreven naar aanleiding van een vraag van de "Commissie Beek" of aan de Technische Universiteit onderzoek kan worden verricht dat in relatie staat tot het Structuurschema Verkeer en Vervoer. Een en ander heeft geleid tot het aan dragen van een groot aantal onderwerpen, waaruit blijkt dat de T.U. wel degelijk is staat in te spelen op vragen uit de samenleving. De vraagstelling en het antwoord hebben evenwel, mede gezien de tijdsperiode waarin een en ander moest worden gerealiseerd, een ad-hoc en fragmentarisch karakter. Hieruit mag worden geconcludeerd dat het schort aan een lange termijn visie op welke gebieden het wegen- en verkeersonderzoek moet worden gericht, hoe dat onderzoek er uit moet zien en hoe de universiteiten daarbij kunnen worden ingeschakeld. Van de T.U. zou je een belangrijke inbreng in het ontwikkelen van die visie mogen verwachten. Dat die inbreng slechts beperkt is, is niet verwonderlijk. De broodnodige rust die daarvoor nodig is, wordt immers steeds verstoord door de aanhoudende, ingrijpende bezuinigingen. Ik kom hier later nog op terug.

Onderwijs

Ik heb in mijn inleiding gezegd, dat ik in zou gaan op het onderwijs in de wegbouwkunde.



Het bouwen van wegen is een multidisciplinair gebeuren, het is ook een ingreep in het milieu

Ik wil me daarbij in de eerste plaats richten op het belang van het door mij in de inleiding genoemde milieubewuste denken van de civiel ingenieur. Elk civiel-technisch werk heeft een interactie met het milieu, en voor een wegconstructie is dat weergegeven in het bijgaande schema. Hieruit blijkt nog eens duidelijk dat het bouwen van wegen een onmiskenbare ingreep in het milieu betekent. Dat de wegbouwer regelmatig zeer nauw betrokken is bij milieutechnische werkzaamheden zal dan ook geen verwondering wekken. De ontwikkeling bv. van een produkt als zeer open asfaltbeton, waarmee de geluidsproductie van het verkeersysteem wordt beperkt, geeft zeer nadrukkelijk de interactie aan die er tussen milieu en wegbouw bestaat.

Daarnaast wordt de wegconstructie door zeer velen als een goede bergplaats voor onze restmaterialen gezien. Bouw- en sloofafval worden al op grote schaal hergebruikt, afvalverbrandingslakken lijken toegepast te kunnen worden door ze bijvoorbeeld te stabiliseren met cement en ook oud asfalt wordt op grote schaal hergebruikt. Verder heeft de wegbouw zich ook gericht op het afgraven, transporteren, schoonspelen en schoonbranden van vervuilde grond.

Milieubewust handelen moet evenwel ook betekenen dat bijvoorbeeld de werf waarop de asfalmolen staat, zorgvuldig wordt ingericht en schoon wordt opgeleverd, dat er produktie- en verwerkingstechnieken worden toegepast die milieuvriendelijk zijn en dat de geproduceerde reststoffen netjes worden verwerkt.

Ik ben dan ook van mening dat elke wegbouwkundig ingenieur (maar eigenlijk elke civiel ingenieur), veel sterker dan thans het geval is, zich zou moeten realiseren hoe het door hem geplande of gebouwde (inclusief het daarbij gebruikte productieproces) het milieu nadelig kunnen beïnvloeden. Dit besef zou naar mijn mening reeds zo vroeg mogelijk in de studie bijgebracht moeten worden. Een inleidend vak in de civiele techniek zou zich daar uitstekend voor lenen. Het aangeven van de interactie tussen milieu en techniek en tussen de technische vakgebieden onderling doet het civiele vakgebied immers leven.

Naast het stimuleren van een milieubewuste benadering van het vakgebied verwacht ik nog een andere trend in het wegbouwkundig onderwijs, en dat is de verdere ontwikkeling van specialismen. Deze trend is onontkoombaar gegeven de taakstelling waarvoor de wegbouwingenieurs worden geplaatst. Toepassing van nieuwe materialen, ontwikkeling van onderhoudsarme constructies, life cycle costs analyses, ontwikkeling van "onderhoud totaal" concepties etc. maken een modelmatige benadering nodig, welke gestoeld is op fundamentele inzichten. Natuurlijk ben ik het eens met een ieder die stelt dat een en ander ook praktisch vertaald moet worden, maar ik ben het grondig oneens met de filosofie dat "praktisch" gelijk staat met "globaal". Men moet eerst langs fundamentele weg vaststellen welke parameters een proces beïnvloeden voordat, t.b.v. de praktisch, simplificaties kunnen worden aangebracht in de beschrijving ervan.

Een belangrijk aspect moet hierbij evenwel niet uit het oog worden verloren, en dat is dat de wegbouwkunde een bij uitstek multidisciplinair vakgebied is. Van belang is daarom ook dat de toekomstige wegbouwkundigen deze samenhang van verschillende disciplines niet uit het oog verliezen. Dit impliceert dat de kunde in het vak mede moet worden gevormd door het zich oefenen in het vakgebied. Een vak gaat pas leven als je ervaart hoe je het geleerde kunt en moet toepassen bij het oplossen van problemen. Bovendien leer je met een oefening ook op welke wijze de verschillende vakgebieden met elkaar samenhangen en hoe je problemen aanpakt, die niet specifiek tot het ene noch tot het andere vakgebied behoren. Ik zou dus een warm voorstander zijn van het opnieuw invoeren van een integrale wegbouwkunde-oefening waarin vakken zijn verwerkt als grondmechanica, hydrologie, materiaalkunde etc. met bijbehorende praktika. Dit soort oefeningen zijn uiteraard aantrekkelijk voor elk vakgebied en door combinatie zou een prachtige vorm van projectonderwijs gerealiseerd kunnen worden. De daarvoor benodigde tijd zou kunnen worden vrijgemaakt door het huidige projectonderwijs ten dele te verschuiven naar een latere fase in de studie. Dat is overigens helemaal nog niet zo gek, want projectonderwijs kan naar mijn mening pas echt effectief zijn als een behoorlijke hoeveelheid basis-kennis aanwezig is.

Onderzoek

Ik wil me nu richten op het onderzoek in de wegbouwkunde. Laat ik voorop stellen dat het woord onderzoek in de wegbouwkunde nog steeds bij velen in de praktijk een wat moedeloos gevoel oproept. Door een engelstalige onbekende is deze moedeloosheid op een treffende manier als volgt verwoord:

"Pavement design is the art of moulding materials we do not wholly understand into shapes we cannot precisely analyse, so as to withstand forces we cannot assess in such a way that the community at large has no reason to suspect our ignorance".

Is onderzoek in zo'n vakgebied nog zinvol?

Zoals altijd is het voorstellen van iets schijnbaar onmogelijks altijd de juiste uitdagende prikkel om dat onmogelijke dan toch te doen. En er is wat "afgeknutseld" in de wegebouw. Oude handboeken leren dat de "wegbouw-godfathers" uitermate vindingrijk zijn geweest in het bedenken van proeven, die iets over de kwaliteit van wegen en wegebouwmaterialen zouden kunnen zeggen. Je schrikt bij tijd en wijle toch wel als je merkt dat dit soort proeven, die eigenlijk alleen maar kentallen geven, nog steeds in belangrijke mate de basis vormen voor de hedendaagse wegebouw. Natuurlijk is met dit soort proeven veel ervaring opgebouwd, maar als de materiaaleigenschappen die je nodig hebt om voorspellingen over het toekomstige constructiegedrag te kunnen maken er niet mee

beschreven worden, dan zijn ze eigenlijk niet bruikbaar.

Een mooi voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld de CBR-proef, die gebruikt wordt voor het bepalen van een draagkrachtindicator voor grond. Deze proef wordt als volgt uitgevoerd. Grond die in een stalen pot is gebracht wordt verdicht op een wijze die niet overeenstemt met de werkelijkheid. Het proefstuk wordt vervolgens belast door een wat dik uitgevallen "stalen spijker" en de voor een bepaalde indringing benodigde kracht is een maat voor de draagkracht. De proef zegt natuurlijk wel "iets", maar dat "iets" is alleen kwalitatieve informatie. Het is aardig om te vermelden dat de plunjer waarmee de kracht wordt ingeleid qua oppervlakte veel overeenkomst vertoont met de hak van een schoen. Dat is niet zo verwonderlijk, omdat in de dagelijkse praktijk de "deskundige" de kwaliteit van het grondoppervlak toch vaak beoordeelt door met de hak van zijn schoen wat draaiende of stampende bewegingen te maken. Zo'n gebaar verraadt kennis, zeker als het gepaard gaat met een juiste gezichtsuitdrukking. Een gelijksoortige beoordelingsprocedure is bijvoorbeeld het quasi deskundig schoppen tegen de band van een auto.

Welnu, de CBR-proef geeft dus wel een indicatie over de mechanische materiaaleigenschappen, maar beslist niet over basisgrootheden als de elasticiteitsmodulus en de dwarscontractiecoëfficiënt, als je al over een elasticiteitsmodulus van grond kunt spreken. Voor het maken van een eenvoudige berekening aan een verhardingsconstructie heb je de materiaalgrootheden E en μ echter wel nodig. Hoe die waarden nu te verkrijgen?

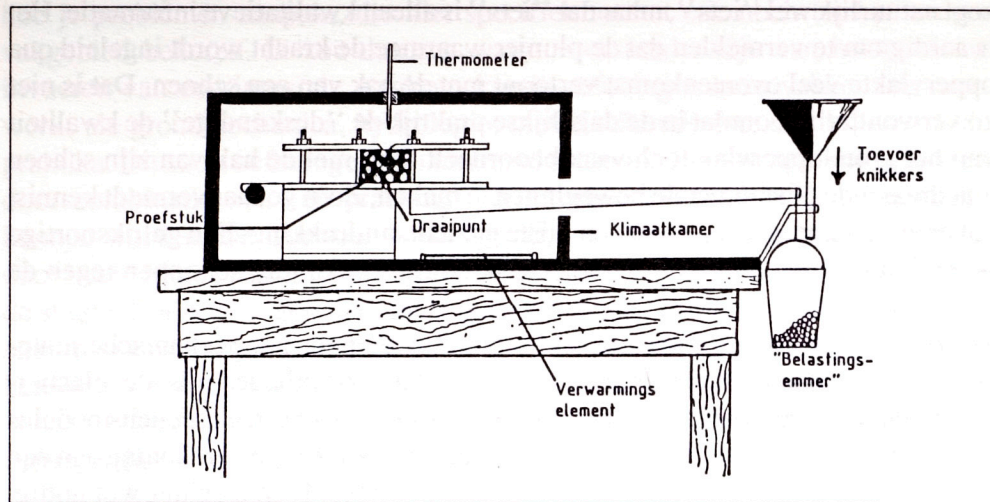
Het is gebruikelijk in de wegebouw om voor dat soort situaties een vuistregel te ontwikkelen waarmee iets onbekends kan worden ingeschat, uitgaande van een eenvoudige proef. Voor het inschatten van de E -waarde van grond is dat de vuistregel

$$E = 10 \text{ CBR} \\ (\text{E in MPa, CBR in } \%)$$

Laat me voorop stellen dat een dergelijke vuistregel heel handig is als geen andere informatie als de CBR-waarde beschikbaar is. Laat ik ook stellen dat de inschatting die wordt gemaakt voor "de E " best redelijk is als het gaat om materialen waarvoor die relatie is bepaald. Er moet echter geducht rekening worden gehouden met aanzienlijke afwijkingen, en al met al moet de conclusie zijn dat voor het fijnregelen van het ontwerp het gedrag van het ongebonden materiaal goed moet worden gemodelleerd. Een geëigende proef daartoe is bijvoorbeeld een dynamische triaxiaalproef zoals die op het Laboratorium voor Weg- en Spoorwegbouwkunde wordt uitgevoerd. Met behulp van dit type onderzoek wordt de noodzakelijke informatie verkregen over het deformatiegedrag van ongebonden materialen in relatie tot de aard van het materiaal, de

relatieve dichtheid, het vochtgehalte en het spanningsniveau.

Iets dergelijks geldt ook voor het onderzoek aan asfalt. Wegverhardingen worden, zoals bekend, op buiging belast en er ontwikkelen zich dus in de onderste asfaltlagen trekspanningen. In ons land is de buigtreksterkte van asfalt echter nooit een criterium geweest waarop mengsels werden beoordeeld. Maar als die informatie er niet is, hoe kan dan worden getoetst of de volgens de uitgevoerde berekeningen optredende spanningen kunnen worden opgenomen?



De cohesiometer

In de Verenigde Staten is het belang van informatie over de buigtreksterkte al in een grijs verleden onderkend en is ook een slimme proef uitgedacht om een indicatie van deze materiaalgrootheid te verkrijgen. Het apparaat waarmee de proef wordt uitgevoerd luistert naar de naam cohesiometer.

In de cohesiometer wordt de belasting gegenereerd door knikers in een emmertje te laten vallen dat aan het proefstuk hangt. De cohesiometer-waarde C wordt bepaald met de formule:

$$C = \frac{P}{W(0.2H + 0.44H^2)}$$

waarin: P = gewicht van de knikers in het emmertje (gr)

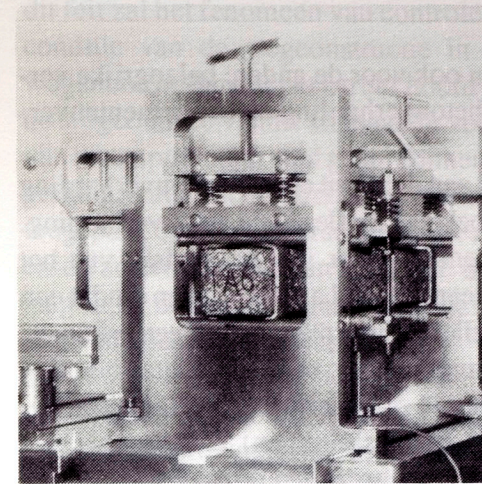
W = breedte van het proefstuk (inch)

H = hoogte van het proefstuk (inch)

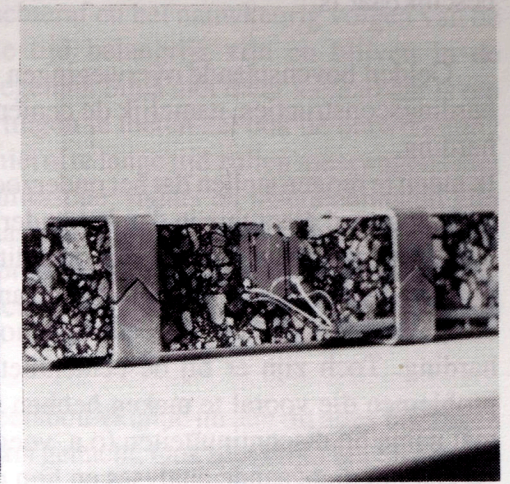
De cohesiometer-waarde wordt als dimensieloze grootheid gerapporteerd.

Alhoewel het resultaat van de proef een wat "duister" getal is, kan er toch

interessante relatieve informatie mee worden verzameld ten aanzien van de sterkte en taaierheid van de verschillende materialen ten opzichte van elkaar.



Vermoeingsproef op asfalt



Meting aan het scheurgedrag

Tegenwoordig wordt voor soortgelijk onderzoek natuurlijk hoogwaardige, ingewikkelde apparatuur gebruikt waarmee bv. het vermoeingsgedrag van asfaltproefstukken kan worden bepaald. Met recht toe recht aan vermoeingsonderzoek is men er echter niet, want de resultaten van de vermoeingsproef, zoals ze normaliter worden gepresenteerd, herbergen een proefstukafhankelijkheid in zich. Zo blijkt maar weer dat met het inslaan van een meer fundamentele weg niet gestopt kan worden bij een tussentijdse halte, maar dat het gehele traject moet worden afgelegd. Die fundamentele weg blijkt dan in dit geval het toepassen van de breukmechanica te zijn. Toepassen van die techniek blijkt vrucht af te werpen, omdat met behulp ervan aangetoond kan worden dat factoren die de scheurgroei beïnvloeden in hoge mate afhankelijk zijn van basisgrootheden, welke nauw gekoppeld zijn aan mengsel- en bitumenparameters.

De resultaten van dit type fundamenteel onderzoek hebben een zeer belangrijke praktische waarde, omdat nagegaan kan worden in hoeverre standaard mengsels of gemodificeerde mengsels kunnen of moeten worden gebruikt teneinde aan specifieke belastingscondities te kunnen voldoen. Deze zijn bijvoorbeeld aanwezig op vliegvelden waar naar verwachting in de toekomst zeer zware belastingen op gaan treden (35 ton wielbelasting, 20 atmosfeer bandspanning), maar ook op wegen waar een sterke toename in belasting en bandspanning mag worden verwacht.

Ondanks het feit dat de modellering van asfaltmengsels in breukmechanische zin pas in de kinderschoenen staat, blijkt dat met het nu bekende de praktische advisering geweldig zijn voordeel kan doen. Uit eigen advieservaring weet ik dat

het gedrag van verhardingen met behulp van de hiergenoemde technieken verrassend goed gemodelleerd kan worden mits de benodigde informatie maar beschikbaar is.

Gelden bovenstaande overwegingen nu ook voor de andere belangrijke verhardingsconstructies, namelijk de cementbetonverharding en de elementenverharding.

Ik meen te mogen stellen dat het onderzoek aan de stijve cementbetonverharding anders geaard dient te zijn dan het onderzoek aan de flexibele asfaltverharding. Voor een zeer belangrijk deel komt dit, omdat meer van het gedrag van het materiaal cementbeton bekend is dan van het materiaal asfaltbeton en omdat een cementbetonverharding zich beter laat modelleren en berekenen dan een asfaltverharding. Toch zijn er bij de cementbetonverharding nog een aantal netelige problemen die vooral te maken hebben met de detaillering van de constructie, met name bij discontinuïteiten (o.a. voegen en aansluitingen). Deze problemen vragen om diepgaande analyses en hun oplossingen zullen direct hun weerslag hebben op de praktische uitvoering.

Ten aanzien van de elementenverharding wil ik opmerken dat dit van oudsher als niet-modelleerbaar, niet-berekenbaar geachte verhardingstype in tien jaar tijd zijn geheimen grotendeels prijs heeft moeten geven door een doelgerichte modellering met behulp van de eindige elementenmethode, welke gesteund is door adequaat onderzoek aan proefvakken. Ook bij dit verhardingstype zal het vooral gaan om de modellering van de discontinuïteiten welke o.a. bij de randen van de verharding optreden.

Laat ik geen misverstanden laten ontstaan. Alhoewel ik van mening ben dat in het komende decennium spectaculaire vorderingen in de modellering van materiaal en constructie mogen worden verwacht, denk ik niet dat het gedrag van verhardingen reeds in de ontwerpfase met een zodanige betrouwbaarheid kan worden voorspeld dat gebruiksfhankelijk onderhoud, een zeer aantrekkelijke vorm van onderhoud, van ons wegennet mogelijk wordt. Gebruiksfhankelijk onderhoud betekent namelijk vervanging van een onderdeel als dat een bepaald aantal "uren" in bedrijf is geweest. Het is een zeer aantrekkelijke vorm van onderhoud omdat de apparaatkosten, die gemaakt moeten worden om de conditie van het te onderhouden object in de gaten te houden, minimaal zijn.

Dit gebruiksfhankelijk onderhoud is alleen mogelijk als de levensduur van het te onderhouden object en de spreiding in die levensduur nauwkeurig te voorspellen zijn. Bij wegbouwkundige constructies is dit niet voldoende mogelijk, omdat er te veel niet controleerbare stoorzenders zitten tussen datgene, dat de ontwerper verwacht dat gemaakt wordt en datgene, dat daadwerkelijk gebouwd wordt. Variaties in mengsamenstelling, transporttijd, weersomstandigheden, werkcon-

ditities etc. maken het vrijwel onmogelijk om van te voren precies te beschrijven wat de mechanische eigenschappen zullen zijn van het gereede produkt. Gegeven dit feit zal het fenomeen van controle achteraf en het nauwkeurig volgen van de conditie van de wegconstructie in de tijd belangrijk zijn en blijven in de wegebouw. Omdat het op het hoofdwegennet bijna niet meer toelaatbaar is om de wegconditie vanuit stilstaande voertuigen te meten zal ook de ontwikkeling van meetapparatuur snel gaan. Binnen niet al te lange tijd zullen meetwagens met geïntegreerde meetsystemen, waarin ultrasone, radar- en lasertechnieken zijn toegepast, op de weg verschijnen die naast het automatisch vastleggen van langs- en dwarsprofiel (dat kan nu al) de doorbuiging van de verharding alsmede de laagdikte, het bitumengehalte en de dichtheid van het asfalt in één gang en bij hoge snelheid zullen meten.

Wat kan een kleine Sectie als Verkeersbouwkunde nu aan dit alles bijdragen en aan wat voor type onderzoek wordt dan gedacht. Ook hier blijkt het Structuurschema Verkeer en Vervoer een belangrijke inspiratiebron te zijn. Een voor de wegebouw heel belangrijk facet van dit Structuurschema is namelijk, dat de nadruk wordt gelegd op noodzaak van bedrijfszekere wegen. Nu is het wel zo dat wegen vrijwel nimmer catastrofaal kapot gaan en in die zin zijn ze vrijwel steeds voor gebruik beschikbaar. De bedrijfszekerheid wordt echter ook beïnvloed door de mate van onderhoud die aan de weg moet worden gepleegd. Onderhoud aan de weg betekent immers voor de weggebruiker dat er enig oponthoud ontstaat; op de zeer druk bereden wegen kan dit oponthoud aanzienlijk zijn. De bedrijfszekerheid neemt toe c.q. de onderhoudsnoodzaak neemt af als:

- a. de levensduur van de initiële constructie lang is
- b. het toch te plegen onderhoud eenvoudig en snel kan worden uitgevoerd
- c. de onderhoudsmaatregelen een lange levensduur hebben.

De onder a. en c. genoemde voorwaarden impliceren, dat de gebouwde weg zowel constructief hoogwaardig als duurzaam moet zijn en dat er geen onderhoudsgevoelige elementen mogen worden ingebouwd. De onder b. genoemde voorwaarde betekent, dat eigenlijk alleen nog onderhoud aan het oppervlak mag worden uitgevoerd. Men zou kunnen zeggen "behangen mag, de achterstaande muur (of onderliggende constructie) herstellen mag niet". Aan voorwaarde b. kan alleen worden voldaan als de kwaliteit van de onderbouw en fundering zodanig is, dat geen schade wordt gegenereerd die zijn oorsprong vindt in die onderliggende lagen. Een andere mogelijkheid is dat de constructie zodanig wordt gebouwd, dat de zwakke plekken in de onderbouw als het ware worden overbrugd dan wel dat de mogelijke nadelige effecten ervan worden weggedrukt. Onderzoek ten behoeve van de ontwikkeling van onderhoudsarme constructies is

dus niet een puur verhardingskundige zaak, er zijn nogal wat disciplines bij betrokken. Het zou naar mijn mening daarom zeer wenselijk zijn als wij in Nederland het werk in het kader van de ontwikkeling van dit soort constructies aanvatten vanuit een masterplan waarin hoofdlijnen zijn uitgezet, prioriteiten zijn aangegeven en dwarsverbanden zichtbaar worden gemaakt. Als zulke masterplannen voor het onderzoek niet worden gemaakt, wordt het per definitie fragmentarisch en levert het per definitie minder rendement op omdat de individuele onderzoeksblokken niet goed op elkaar aansluiten.

Een bijkomend maar belangrijk voordeel van zo'n masterplan is dat reeds in een vroegtijdig stadium kan worden aangegeven, welk type onderzoek waar terecht komt en welke bijdragen de T.U. kan leveren. Daarmee kan tevens het gevaar van mogelijke oneigenlijke concurrentie door de T.U., zoals dat soms door adviesbureau's wordt gevoeld, worden bezworen, kan op tijd capaciteit bij de T.U. worden vrijgemaakt en is over een langere periode duidelijk welke inkomsten men als universitair laboratorium kan genereren. Dit bevordert de rust en continuïteit binnen de Universiteit, iets dat door de huidige bezuinigingen zo bedreigd wordt.

Hier is dus naar mijn mening een goede samenwerking geboden tussen de overheid (die veruit de grootste opdrachtgever in de wegenbouw is), het bedrijfsleven, de Universiteit en andere researchinstellingen. Ik meen te mogen stellen dat, gegeven de geringe omvang van de Nederlandse wegenbouw-wereld, de reeds bestaande goede contacten en de levende behoefte tot rendementsverhoging van het in wegbouwkundig onderzoek geïnvesteerde geld, deze nauwe samenwerking eenvoudiger is te realiseren dan dat zo op het eerste gezicht lijkt.

Het onderzoek dat de Sectie Verkeersbouwkunde binnen dit grote geheel kan verrichten lijkt me toch vooral op het gebied van de verhardingen te liggen. Daar ligt immers de expertise van het Laboratorium voor Weg- en Spoorwgebouwkunde en binnen dat gebied vindt in ieder geval geen overlap plaats met het werkterrein van andere disciplines binnen de T.U.-gemeenschap.

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Bijna aan het einde van mijn rede gekomen wil ik het woord richten tot een aantal personen en instanties. Op de eerste plaats wil ik het College van Bestuur, de Benoemingscommissie en allen die verder bij mijn benoeming betrokken zijn geweest, dank zeggen voor het in mij gestelde vertrouwen.

Geachte medewerkers van Netherlands Pavement Consultants,

Het goede teamverband, uw prima collegialiteit en uw hoge mate van flexibiliteit maken het mij mede mogelijk om anderhalve dag in de week hier in Delft te zijn. Op uw flexibiliteit trek ik regelmatig een wissel, want werkafspraken moeten wel eens gemaakt worden op uren van de dag waarop de "vogels nog niet fluiten of al weer stil zijn". Ik hoop dat we op dezelfde ongedwongen wijze als thans met elkaar om kunnen blijven gaan en wil u daarvoor reeds van harte danken.

Geachte Directie van de Hollandsche Wegenbouw Zanen en geachte leden van de Raad van Bestuur van de Hollandsche Beton Groep,

Ik dank u dat u mij de ruimte heeft gegeven om een deeltijdfunctie als hoogleraar hier aan de Delftse Universiteit aan te kunnen gaan. Ik ben u bovendien erkentelijk voor het feit, dat u mijn wensen hebt gerespecteerd ten aanzien van de wijze waarop ik de Delftse functie en het directeurschap bij NPC wilde combineren.

Mijne heren Hoogleraren, Waarde Collegae,

Het is mij een voorrecht in uw kring werkzaam te zijn. Zoals uit mijn betoog is gebleken hoop en verwacht ik dat ik de door mijn voorganger reeds in gang gezette samenwerking verder kan ontwikkelen en uitbouwen. De wegbouwkunde is een vakgebied, dat zich daar bij uitstek voor leent.

Hooggeleerde Span, Beste Hylco,

Het is nu bijna achttien jaar geleden dat wij elkaar hebben leren kennen, jij als pas benoemd hoogleraar, ik als beginnend afstudeerder. Ik herinner mij nog dat je altijd tegen je afstudeerders zei dat ze kritisch moesten zijn bij het kiezen van hun eerste werkkring. Ik ben destijds bij de leerstoel Wegbouwkunde, bij jou, begonnen en laat ik je ervan verzekeren dat ik daar nimmer een moment spijt van heb gehad. Jouw benadering van het vak, met de sterke nadruk op het dienstbaar

maken van de theorie aan de praktijk, en je inspirerende persoonlijkheid (beide heb ik tijdens mijn promotiewerk nog sterk mogen ervaren), maakte het tot genoeg om met jou samen te mogen werken.

Ik zie het thans als een voorrecht en een uitdaging om jouw werk te mogen voortzetten.

Dames en Heren leden van de Vakgroep Verkeer,

In het vakgebied Verkeer is in een twintigtal jaren een geweldige specialisatie opgetreden, zodanig dat wij elkaars taal soms wat moeilijk verstaan. Ik hoop van harte, dat we de samenhang in het vakgebied blijven herkennen, zodanig dat wij de goede samenwerking verder kunnen ontwikkelen.

Dames en Heren leden van de Sectie Verkeersbouwkunde,

Het is mij een groot voorrecht weer met u te mogen werken om gezamenlijk het bloeiende Verkeersbouwkunde-bedrijfje verder uit te kunnen bouwen. Ik zei: "weer met u werken". Het is immers pas viereneenhalf jaar geleden dat ik de Sectie vanuit een andere positie verliet, en ik moet zeggen dat ik de terugkomst ook best spannend vond. Het was dan ook hartverwarmend dat u mij op mijn eerste dag in Delft met bloemen en een fles Corenwijn onthaalde en daarbij een kaartje met de tekst "Welcome Back". Daaruit sprak veel vertrouwen en warmte. Ik hoop dat ik in de komende jaren dit vertrouwen niet zal beschamen.

Dames en Heren vakgenoten in de Wegbouwkunde,

In diverse verbanden heb ik op zeer plezierige wijze met u samengewerkt en uit mijn betoog hebt u kunnen afleiden, dat ik die samenwerking nog wil intensiveren. Het onderwijs en de vakwereld zijn daar naar mijn stelligste overtuiging beide bij gebaat.

Lieve Truus, beste Tom-Jan, Gijs en Seth,

Het goede thuis dat jullie zijn is voor mij de plek waar alles weer gerelativeerd wordt tot juiste proporties. Het is de bron van rust waaruit ik de energie put voor twee drukke banen. Bedankt daarvoor.

Dames en Heren Studenten,

Om u is het dan eigenlijk allemaal begonnen; zonder studenten in de Wegbouwkunde zou ik hier waarschijnlijk niet hebben gestaan. Uw keuze voor de

Wegbouwkunde heeft u aan de drempel gezet van een zeer boeiend vakgebied waar breedheid en specialisme elkaar zeer na staan. Ik ben er destijds enthousiast voor geworden en ben dat nog steeds. Ik hoop, dat ik dat enthousiasme aan u over kan dragen en ik zal u dan ook gaarne met mijn staf wegwijs maken in de Wegbouwkunde.

Zeer Gewaardeerde Toehoorders,

U heb ik wat wegwijs willen maken in mijn ideeën ten aanzien van de Wegbouwkunde. Spreek mij aan als van dit alles minder gerealiseerd zou worden dan u hoopte en verwachtte. Bedenk daarbij echter dat elke leermeester gelijkenis vertoont met de brave soldaat Schwejk, die in het heetst van de strijd naar de vijandelijke linies riep: "Niet Schieten! Hier staat een mens!".

Ik heb gezegd.