

NN31545.1715

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

ICW nota 1715

j u n i 1986



nota

— instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen —

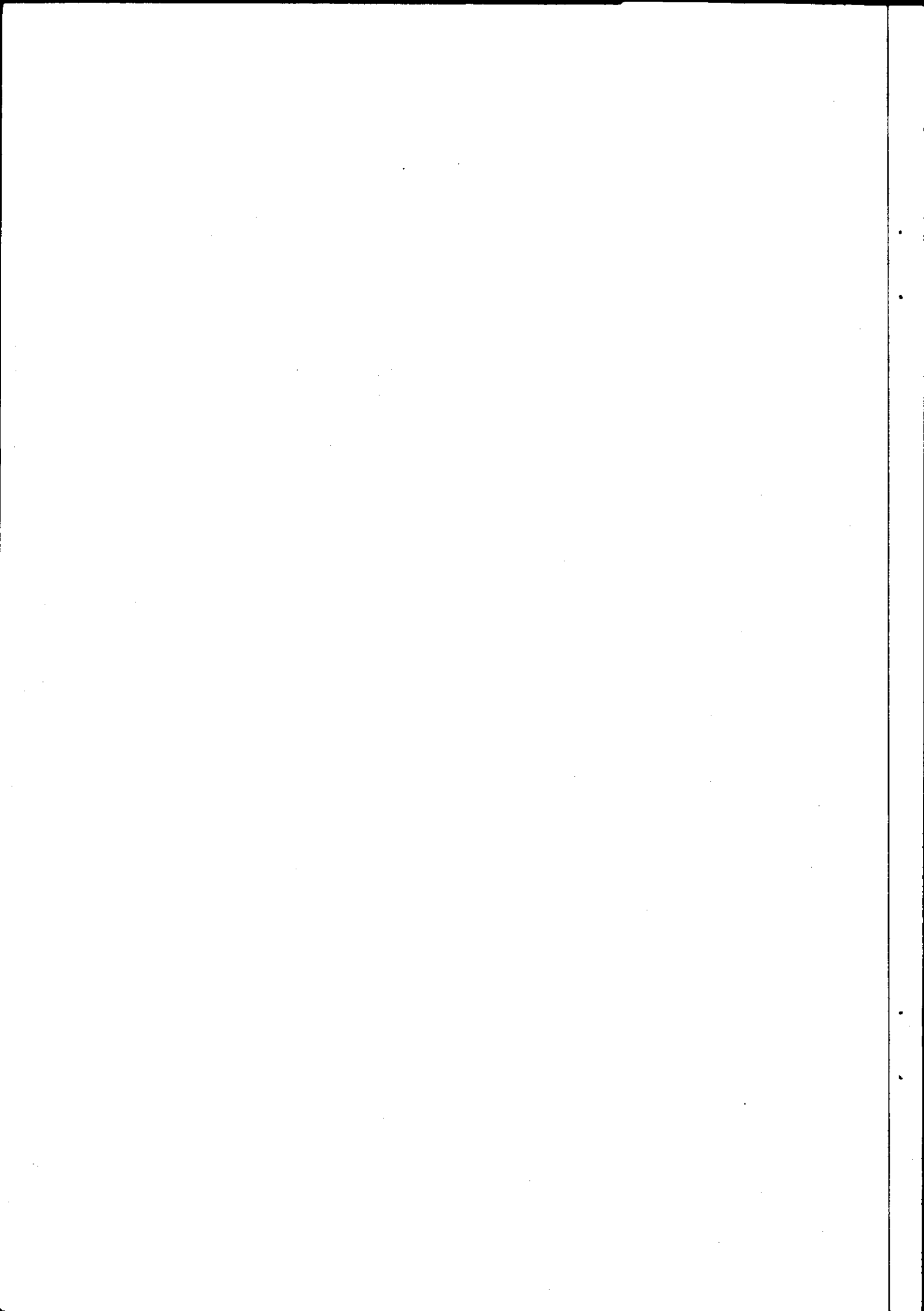
SCHATTING VAN DE PSI-WAARDE VAN WEGVER-
HARDINGEN OP GROND VAN VISUELE INSPECTIE

ir. Th. Michels

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatie-
middelen, 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

22 JULI 1986

22 JULI 1986 1543

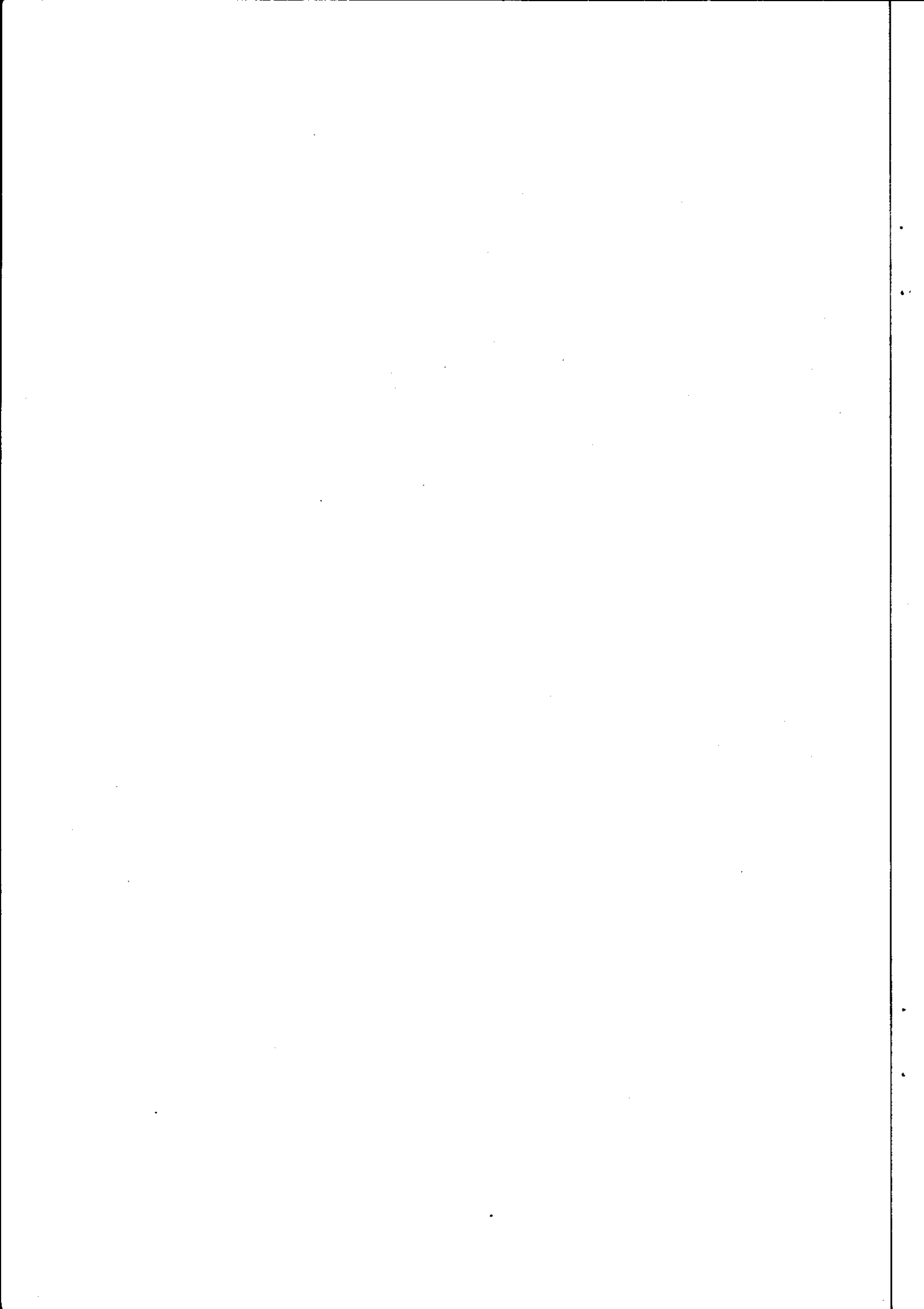


I N H O U D

1. INLEIDING	1
2. GEGEVENS	3
3. ANALYSE	5
4. CONCLUSIE	7
5. LITERATUUR	8

BIJLAGE 1: Ligging wegvakken

BIJLAGE 2: Resultaten regressie-analyse



1. INLEIDING

Ten behoeve van de economische evaluatie van een wegverbeteringsmaatregel in het kader van een landinrichtingsplan is onder meer kennis vereist over de invloed van de verhardingskwaliteit op de exploitatiekosten van motorvoertuigen welke de weg berijden. Het valt namelijk te verwachten dat de kilometerprijs van vracht- en personenauto's, met name het bestanddeel voor brandstof, bandenslijtage en mechanische afschrijving hoger is naarmate de wegverharding in het rijspoor van de voertuigen minder vlak is.

In de Verenigde Staten is dit verband al uitvoerig onderzocht (zie FOLTZ, 1980). Daarbij is de kwaliteit van de verharding uitgedrukt in de z.g. "Pavement Serviceability Index" (5-goed; 0-slecht). Een interessante conclusie uit dit onderzoek luidt dat de relatieve verhoging van de voertuigexploitatiekosten per kilometer bij benadering kwadratisch toeneemt naarmate de PSI afneemt. Het is aannemelijk dat dit verband ook van toepassing is op de Nederlandse plattelandswegen. De economische baten van de verbetering van de verharding van een wegvak zouden dus langs deze weg zijn te berekenen indien de PSI van het wegvak voor en na reconstructie bekend is.

De PSI kan worden afgeleid uit metingen aan het wegdek. In de V.S. gebeurt dit met een z.g. profilometer, ontwikkeld in het kader van de AASHO-road test. In Nederland is hiervoor de schokmeter in gebruik. Deze bestaat uit een frame waarin een meetwiel aan bladveren, voorzien van schokdempers, is opgehangen. Het wiel wordt met een constante rijnsnelheid door de rijsporen van de verharding getrokken; de meting bestaat uit het sommeren van de neerwaartse bewegingen van het wiel ten opzichte van het frame, gerelateerd aan de afgelegde weglengte. De schokmeterwaarde (m/km) vertoont een goede correlatie met de PSI-waarde van de Amerikaanse profilometer; aan de hand hiervan wordt de PSI uit de schokmeterwaarde afgeleid.

Het zou te kostbaar en te bewerkelijk zijn om deze schokmetingen op alle te verbeteren wegvakken in elk landinrichtingsplan te laten verrichten. Tijdens de voorbereiding van een landinrichtingsplan vindt echter wel als regel een globale visuele inspectie plaats op alle wegvakken. In het in ontwikkeling zijnde Informatiesysteem Wegen Landinrichting (zie VAN DER HEIJDEN, 1985) wordt uitgegaan van een globale visuele inspectie volgens de methode uit het systeem voor Rationeel Wegbeheer (zie SCW, 1982). Bij zo'n inspectie worden zichtbare schades aan de weg naar soort, ernst en omvang beoordeeld en eenduidig schriftelijk vastgelegd in een klassenindeling (1-goed; 5-slecht).

Indien nu het verband bekend is tussen de cijferwaardering uit de globale visuele inspectie en de PSI-waarde van de schokmeter, kan de PSI-waarde zonder extra metingen

worden afgeleid uit de resultaten van de visuele inspectie.

In deze nota wordt een onderzoek naar dit verband op een aantal Nederlandse plattelandswegen beschreven. De PSI-metingen hiervoor zijn in opdracht van de Landinrichtingsdienst uitgevoerd door de Wegmeetdienst Regionale Wegbouwlaboratoria; de visuele inspecties zijn verricht door de Afdelingen Civieltechniek van de Landinrichtingsdienst in de betreffende provincies. De verwerking van de gegevens en de benodigde computerberekeningen zijn uitgevoerd door de Afdeling Automatisering Landinrichtingsdienst. De opzet en organisatie van het onderzoek werden verzorgd door ing. D. Regterschot (LD). De analyse en verslaglegging in deze nota werden verzorgd door de auteur.

2. GEGEVENS

Als onderzoeksgebieden zijn drie landinrichtingsprojecten in voorbereiding gekozen, gelegen op verschillende bodemsoorten, te weten Baarderadeel in Friesland (klei), De Hilver in Noord-Brabant (zand) en de Krimpenerwaard in Zuid-Holland (veen). Door deze keuze mag een voldoende representatief beeld worden verwacht van de landelijke spreiding in de wegkwaliteit om het te onderzoeken verband landelijk geldig te verklaren. Het onderzoek beperkt zich tot wegen met een gesloten verharding van asfalt of beton; elementverhardingen (klinkers, betonstenen e.d.) blijven buiten beschouwing.

Binnen de drie landinrichtingsgebieden zijn in totaal 154 meetvakken gekozen; tabel 1 geeft enkele algemene gegevens van deze meetvakken. Bijlage 1 geeft een volledig overzicht van de wegen waarop deze meetvakken zijn geselecteerd. Een weg is veelal gesplitst in enkele meetvakken in verband met discontinuïteiten in de wegconstructie of de verhardingskwaliteit.

Tabel 1. Aantal en lengte van de meetvakken per proefgebied

gebied	Baarderadeel	De Hilver	Krimpenerwaard	totaal
bodemsoort	klei	zand	veen	
aant. meetvakken	24	46	84	154
tot. lengte (km)	38,8	33,0	66,1	137,9
gem. lengte (km)	1,6	0,7	0,8	0,9

De Wegmeetdienst Regionale Wegenbouwlaboratoria heeft medio juni 1983 in het rechter rijspoor van deze meetvakken schokmeterwaarden bepaald, zowel per sectie van 100 m' als gemiddeld over de secties van ieder meetvak (zie WEGMEETDIENST, 1983). De bij de metingen aangehouden constante meetsnelheid van de schokmeter bedroeg 30 km/u. Uit de schokmeterwaarde is via een lineaire regressievergelijking (zie ELSENAAR, 1973) de PSI-waarde per sectie en per meetvak berekend. De PSI is berekend in twee decimalen nauwkeurig en kan waarden aannemen tussen 0,00 en 5,00.

De globale visuele inspectie van de verhardingen is in dezelfde periode verzorgd door de Civieltechnische Afdelingen van de Landinrichtingsdienst in de provincies Friesland, Noord-Brabant en Zuid-Holland, volgens de methode uit de schadecatalogus voor Rationeel Wegbeheer (SCW, 1982). Daarbij zijn aan elk meetvak waarderingsgegevens gegeven volgens een puntenschaal (1-goed; 5-slecht) en wel voor de volgende schadebeelden: slijtlaag, reparaties, gaten, dwarsscheuren, langsscheuren, craquelevorming, dwarsvervorming en langsvorming. De medewerkers uit de drie provincies hebben gezamenlijk alle meetvakken voor het onderzoek beoordeeld

zodat de waarderings berusten op uniforme criteria.

De PSI-waarden en de inspectieresultaten zijn door de Afdeling Automatisering LD verwerkt tot een computerbestand ten behoeve van de hierna beschreven analyse.

3. ANALYSE

Omdat een lineair verband mag worden verwacht tussen de PSI en een of meer aspecten van de visuele inspectie, is op de gegevens een lineaire regressie-analyse toegepast met behulp van het standaardprogramma SPSS.

Omdat de PSI-schaal (5-goed; 0-slecht) tegengesteld verloopt aan die van de visuele inspectie (1-goed; 5-slecht) zijn de cijfers van de visuele inspectie getransformeerd in de regressievergelijking opgenomen:

$$y_m = \sum_{i=1}^g c_i (5 - x_{im}) + \epsilon_m$$

waarin:

y_m - gemeten PSI-waarde op meetvak m

x_{im} - waardering visuele inspectie voor aspect i op meetvak m

c_i - evenredigheidsconstante (regressiecoëff.) voor aspect i

ϵ_m - residuele afwijking ($y_{gem.} - y_{ber.}$) op meetvak m

Met dit meervoudige lineaire regressiemodel is aan de hand van de gegevens van 1379 meetsecties van 100 m nagegaan, welke van de acht aspecten uit de visuele inspectie een bijdrage leverden tot de correlatie met de gemeten PSI-waarde. Dit bleek te gelden voor drie aspecten: gaten, langsvervorming en dwarsvervorming.

Vervolgens is onderzocht of met deze aspecten in een gelijksoortig regressiemodel ook de 154 gemiddelde PSI-waarden van de meetvakken konden worden voorspeld. Dit bleek te gelden voor twee aspecten: gaten en langsvervorming. Het derde aspect, dwarsvervorming, leidde bij toevoeging in de regressie niet meer tot verhoging van de correlatie. Een en ander resulteert in de volgende vergelijking:

$$y_m = 0,49 (5 - x_{1m}) + 0,43 (5 - x_{2m}) \quad (R^2 = 0,94)$$

waarin:

y_m - voorspelling PSI-waarde meetvak m

x_{1m} - waardering visuele inspectie aspect "gaten" meetvak m

x_{2m} - waardering visuele inspectie aspect "langsvervorming" meetvak m

Bijlage 2 geeft een uitvoerig overzicht van de re-

sultaten van deze regressieberekening. De correlatie is vrij hoog; de beide regressiecoëfficiënten zijn, blijkens de hoge F-waarden, zeer significant. Uit de standaardafwijkingen van de regressiecoëfficiënten (zie bijlage 2) en de onderlinge correlatie ρ_{12} tussen de visuele inspectiewaarden van "gaten" en "langsvlakheid" kan de standaardafwijking σ_y van de berekende PSI-waarde y worden afgeleid volgens:

$$\sigma_y^2 = (5-x_1)^2 \sigma_{c_1}^2 + (5-x_2)^2 \sigma_{c_2}^2 + 2(5-x_1)(5-x_2) \rho_{12} \sigma_{c_1} \sigma_{c_2}$$

$$\text{waarin } \rho_{12} = \rho[(5-x_1), (5-x_2)] = 0,871$$

Het 95% betrouwbaarheidsinterval van de berekende PSI-waarde y ligt dan tussen de waarden:

$$y \pm 1,96 \sigma_y$$

De breedte van dit betrouwbaarheidsinterval neemt lineair toe met de PSI-waarde y . Tabel 2 toont voor vijf gelijke waarden van de visuele inspecties x_1 en x_2 de standaardafwijking en het 95% betrouwbaarheidsinterval van de berekende PSI-waarde y .

Tabel 2. Standaardafwijking en 95% betrouwbaarheidsinterval van de met het regressiemodel berekende PSI-waarde

visuele insp.	stand.afw. PSI	95% betr.int. PSI
$x_1 - x_2 = 1$ (goed)	$\sigma_y = 0,306$	$y = 3,68 \pm 0,60$
2	0,229	$2,76 \pm 0,45$
3	0,153	$1,84 \pm 0,30$
4	0,076	$0,92 \pm 0,15$
5 (slecht)	0,000	$0,00 \pm 0,00$

De betrouwbaarheid van de aldus geschatte PSI-waarde heeft een voor praktische toepassing bij evaluatieberekeningen aanvaardbaar niveau; als gevolg van een wegverbetering zal de visuele waardering, en dus ook de PSI, veelal enkele klassen stijgen, zodat de berekende PSI-waarden voor en na verbetering een betrouwbaar verschil zullen vertonen.

Overigens verdient het traject waarover de berekende PSI-waarde zich kan bewegen nog enige aandacht. Uit tabel 2 blijkt dat bij een extreem slechte verharding ($x_1 = x_2 = 5$) de PSI-waarde $y = 0,00$; dit was in het model ingebouwd door de eerdergenoemde transformatie van x en doordat de regressievergelijking door de oorsprong is gedwongen. Bij een extreem goede verharding ($x_1 = x_2 = 1$) blijkt evenwel de correlerende PSI-waarde slecht $3,68 \pm 0,60$ te bedragen; de maximale PSI-waarde $y = 5$ wordt door het model niet bereikt. Dit betekent dat de visuele inspectiewaarderingen uit dit onderzoek corresponderen met gemiddeld lagere PSI-metingen. Met andere woorden: de schokmeter 'oordeelt strenger' over de verhardingen dan de LD-medewerkers die de visuele inspecties hebben verricht. Het is dus de vraag of aan het gevon-

den model algemene geldigheid mag worden toegekend. Dit is op zich geen bezwaar tegen algemene toepassing in landinrichtingsverband, mits mag worden aangenomen dat de LD-medewerkers in alle provincies en in alle projecten op dezelfde wijze, onderling consistent, oordelen. Deze voorwaarde is van belang indien bijvoorbeeld wegverbeteringsmaatregelen uit verschillende projecten onderling worden vergeleken op rentabiliteit. Voorzover evenwel binnen een project, ten behoeve van prioriteitsstelling van maatregelen, consistente inspectiewaarderingen via de PSI worden omgerekend in economische baten, bestaat weinig bezwaar tegen toepassing van het model.

4. CONCLUSIE

De PSI-waarde van een gesloten verharding kan met redelijke betrouwbaarheid worden berekend uit visuele inspectiewaarderingen van "gaten" en "langsvorming" volgens de formule:

$$PSI = 0,49 (5 - V_{\text{gaten}}) + 0,43 (5 - V_{\text{langsvorming}})$$

Voorwaarde hierbij is dat de visuele inspectie consistent is uitgevoerd, bij voorkeur door een persoon of ploeg. Algemene en absolute geldigheid van het model, bijvoorbeeld buiten de Landinrichtingsdienst, is discutabel.

5. LITERATUUR

- ELSENAAR, P.M.W., 1973. Rationeel wegbeheer op grond van objectieve criteria. Het meten en beoordelen van de toestand van wegverhardingen. Jaarverslag van de Stichting studiecentrumWegenbouw 1972/1973, pp 71-105. Arnhem.
- FOLTZ, H.L., 1980. User costs versus road roughness in pavement management. FHWA, Pavement Design Branch, Washington.
- SCW, 1982. Handleiding en schadecatalogus voor de visuele inspectie van wegen. Stichting Studiecentrum Wegenbouw, Werkgroep R1: "Rationeel Wegbeheer", Arnhem.
- VAN DER HEIJDEN, Th.G.C., 1985. Informatiesysteem Wegen Landinrichting - Nadere uitwerking en proefopzet. ICW Nota 1572, Wageningen.
- WEGMEETDIENST, 1983. Langsvlakheidsmetingen met de schokmeter in de ruilverkavelingen Baarderadeel, De Hilver en Krimpenerwaard (3 delen). Stichting Wegmeetdienst Regionale Laboratoria, Apeldoorn.

Wegvakken r.v.k. Baarderadeel

Figuur/ tabel	Weg nummer	Nulpunt	Rijrichting naar	Lengte (km)
1	1033	Franekeervaart	weg 1034/1102	1,1
2	1040	weg 1102	weg 1041/1042	2,2
3	1041	weg 1040/1042	weg 1101	2,6
4	1042	weg 1043/1088	weg 1040/1041	1,7
5	1052	Hijlaard	weg 1109	1,9
6	1053	weg 1101	weg 1052	0,7
7	1058	weg 1107	weg 1059	1,6
8	1059	weg 1057/1058	weg 1105	1,1
9	1071	weg 1075	weg 1107	2,2
10	1072	Bozum	weg 1075	1,5
11	1075	weg 1104	Sneekertrekvaart	7,9
12	1082	weg 1105/1106	weg 1075	3,1
13	1086	weg 1075	weg 1104/1105	1,0
14	1087	weg 1104/1105	weg 1088	2,2
15	1103	weg 1034/1102	weg 1101/1043	1,4
16	1104	weg 1101	weg 1086/1087	2,0
17	1105	weg 1086/1087	weg 1082/1106	3,9
18	1106	weg 1082/1105	weg 1107	1,0

Wegvakken r.v.k. De Hilver

Weg nummer	naam	Nulpunt	Rijrichting naar	Lengte (km)
4	Zandstraat	Heilige boom	Heistraat	2,1
9	Vossenhoorn	Oirschotseweg	Oudestraat	0,8
22	Molenakkerstraat	Broekzijde	Wilhelminakanaal	2,1
26	Leibeemderstraat en Donkhorst	Molenakkerstraat	Broekzijde	1,4
29	Kleinwesterwijksestraat	Rijksweg	Vak 109/2	2,0
33	Grootwesterwijksestraat	Goirlesedijk	Rijksweg	1,0
34	Grote Voort	weg 35	Goirlesedijk	0,9
41	Groot loo	Harlaenstraat	einde vak 41/2	1,7
45	Driehuizerweg	Floraweg	Driehuizerweg (46)	1,2
46	Driehuizerweg	Moergastelseweg	Nijssenstraat	1,3
47	Nijssenstraat	begin verharding 47/1	Wijnhovenstraat	1,0
53	Witvenstraat	Walstraat	Lage Haghorst	0,7
54		Lage Haghorst	Emmerseweg	0,6
63	Toekomstweg	Beerseweg	einde vak 63/2	1,7
66	Watermolenweg/ v. Dijklaan	Tongerloseweg	Bearschot	1,4
69	69/1 + 69/2	kombord Bearschot	einde 69/1	1,6
71	Goorweg	Zandweg	weg 69	1,0
73	Gayselstraat	kruising Zandweg	Esbeeksedijk	0,5

Wegvakken r.v.k. De Hilver

Weg nummer	naam	Nulpunt	Rijrichting naar	Lengte (km)
82	Hoog Spul	Esbeekseweg	Spaaneindsestraat	1,0
84	Spaaneindsestraat	Hoog Spul	Hilverenbeek	1,0
88	Tuldensedijk	Las nieuw-oud bij begin vak 88/2	Esbeek	1,1
89	Hoogeindsestraat	Lage Mierdseweg	Torenlaan	0,7
92	Kinderlaan	Dunsedijk	Ijzberglaan	0,9
94	Reedijk	Oudestraat	Floraweg	1,5
95	Wijnhovenstraat	Nijssenstraat	Moergestelseweg	1,4
102/1	Esbeeksedijk	kombord Beerschot	Groenstraat	0,2
102/4	Esbeeksedijk	Groenstraat	Beerschot	0,9
108	Goirlesedijk	weg 35	weg 33/4	1,7
113	Heuvelstraat	Wilhelminakanaal	Broekzijde	2,6
114	Moergestelseweg	Kanaal	Heizensedijk	1,9
117	Heistraat	Zandstraat	Oirschotseweg	0,8

Wegvakken r.v.k. Krimpenerwaard

Weg nummer / naam	Nulpunt	Rijrichting naar	Lengte (km)
3	Lekkerkerkse Boezem	Kerkweg	1,2
5	50 m voor weg 7-8	weg 7-3	2,1
6	1,3 km voor weg 7-3	N-0	1,3
7	scheiding vak 8-I	weg 34	1,2
7-3	kombord Berkenwoude	weg 2	4,6
7-4	250 m na Gouda-Stolwijk	weg 7-3	6,0
7-5	kruising 7-4 en 23	weg Gouda-Stolwijk	2,2
7-7	weg 7-9	weg 7-8	3,3
7-8	weg 5	rijwielpad	0,9
7-9	Bergambacht-Lekkerkerk	brug Stolwijk	6,7
7-15	kombord Stolwijk	Haastrecht	1,4
7-18	kombord Haastrecht	Bovenberg	6,7
7-18 (a)	Vliesterweg	Bovenberg	1,3
7-24	weg 7-18	Bergambacht	3,6
8	vak 8-III	weg 34	4,8
9	Lekdijk	weg 8	1,7
12+11	Bergambacht-Stolwijk	weg 7-9	4,3
Kadijkselaan + weg 14	500 m voor weg 15	einde weg 14	1,1
16	Hoofdweg	einde weg 16	1,5

Wegvakken r.v.v.k. Krimpenerwaard

weg nummer / naam	Nulpunt	Rijrichting naar	Lengte (km)
17+18+19	begin weg 18	Ventweg	2,7
19-I	Schoonhoven-Bergambacht	weg 7-24	0,7
20	Brug Stolwijk	einde weg 20	2,1
21	einde weg 21	kombord Stolwijk	1,3
22	kombord Stolwijk	einde weg 22	1,4
24	weg 7-3	N-0	1,6
34	weg 7	einde vak 34-III	0,6
Opweg	Kadijk vak 14	Stolwijk	2,1
Tiendweg-West	Breakade	weg 34	1,4

BIJLAGE 2. Resultaten regressie-analyse

*** MULTIPLE REGRESSION THROUGH THE ORIGIN ***

DEPENDENT VARIABLE... PSI

VARIABLE(S) ENTERED ON STEP NUMBER 2.. NLANGSV

		ANALYSIS OF VARIANCE			
		DF	SUM OF SQUARES	MEAN SQUARE	
MULTIPLE R	0.94993				
R SQUARE	0.94076				
ADJUSTED R SQUARE	0.93992	REGRESSION	2	932.50434	466.25217
STANDARD ERROR	0.64761	RESIDUAL	140	58.71527	0.41939
		F =	1111.72616	SIGNIF F = 0.0000	

VARIABLES IN THE EQUATION

VARIABLE	B	SE B	95% CONFIDNCE	INTRVL B	BETA	F	SIG F
NGATEN	0.48990	0.03343	0.42381	0.55599	0.61222	214.776	0.0000
NLANGSV	0.43196	0.04638	0.34026	0.52367	0.38903	86.725	0.0000

FOR BLOCK NUMBER 1 POUT = 0.100 LIMITS REACHED.

SUMMARY TABLE

STEP	MULTR	RSQ	ADJRSQ	F(EQU)	SIGF	RSQCH	FCH	SIGCH	VARIABLE	BETAIN	CORREL
1	0.9508	0.9041	0.9034	1328.828	0.000	0.9041	1328.828	0.000	IN: NGATEN	0.9508	0.9508
2	0.9499	0.9408	0.9399	1111.726	0.000	0.0367	86.725	0.000	IN: NLANGSV	0.3890	0.9219