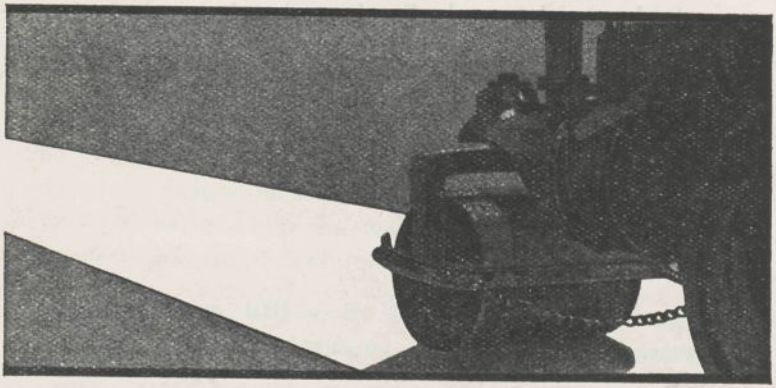
**No. 133**
**6 - 8 - '34**

# PUBLICATIE

VAN DE

# NEDERLANDSCH-INDISCHE WEGENVEREENIGING

CENTRAAL PROEFSTATION EN STUDIE-BUREAU OP WEGENGEBIED.



## 7de INTERNATIONALE WEGENCONGRES.

## No. 3

### Prae-advies over punt 3:

### Aanleg en onderhoud van buiten- en stadswegen op zoo economisch mogelijke wijze.

Uitgebracht door

**Ir. J. Adriaanse**
Hoofdingenieur
v/d Prov. Waterstaat van
Midden-Java.

en

**Ir. E. Fels**
Hoofd v/d Afdeeling
„Bruggen en Wegen" v/h Dept.
van Verkeer en Waterstaat.

A.C.NIX & CO. BANDOENG

## 1ste Sectie: Aanleg en Onderhoud.

3de vraag.

De beschikbare middelen voor aanleg en onderhoud van buiten- zoowel als stadswegen op zoo economisch mogelijke wijze.

a) De gebezigde werkwijzen.

b) Overzicht der omstandigheden, welke invloed uitoefenen op de keuze der werkwijze in verband met de bodem- en klimaatsgesteldheid.

# 7de INTERNATIONALE WEGENCONGRES.

## No. 3

### Prae-advies over punt 3: Aanleg en onderhoud voor buiten- en stadswegen op zoo economisch mogelijke wijze.

### I Algemeene opmerking.

De vraag, welke in het prae-advies beantwoord moet worden, beziet de economie van den weg uitsluitend van de zijde van den wegbeheerder. Al is ondervolgend prae-advies in overeenstemming daarmede gebracht, zoo dient toch opgemerkt, dat een juister beoordeeling van wegconstructies plaats vindt, indien de economie van wegbeheerder en weggebruiker tezamen genomen, in rekening worden gebracht daar eerst dan men in werkelijkheid de economie van het vervoer kan overzien.

### II Tijdelijke en blijvende functie van het wegdek gedurende het groeiproces van een wegconstructie.

Bijna elke verkeersweg is vanaf een zekere initiale constructie met den omvang van het verkeer gegroeid. Welke constructie bij den eersten aanleg wordt toegepast, moet gehcel afhangen van het op dat moment bestaande of in de naaste toekomst te verwachten verkeer. Wanneer met eenige zekerheid te voorspellen valt, dat het verkeer langen tijd licht zal blijven (b.v. tot 300 t/etm in 5—10 jaar) kan van den aanvang af een geleidelijke opbouw van den weg worden toegepast. Gedurende dien tijd worden dan achtereenvolgens verschillende, steeds aan het verkeer aangepaste, dekconstructies toegepast, waarvan resten overblijven, die cumulatief een goed gecomprimeerde

blijvende steenconstructie opbouwen (8—12 cm) op een goed geconsolideerden ondergrond (met 3½—2½ kg/cm² draagvermogen). Een dergelijke wegconstructie is toereikend voor een snelverkeer van ca. 300 ton/etm en zelfs sterk genoeg voor een licht vrachtverkeer met een maximum asbelasting van 2 ton. Bij een dergelijken gang van zaken eischt de bovenlaag onderhoud (en eventueel periodieke vernieuwing), totdat zij als zoodanig niet meer gehandhaafd wordt maar dienst gaat doen als cumulatie-materiaal in de wegverharding, terwijl boven de onderlaag een nieuwe technisch betere slijtlaag wordt aangebracht.

Voor vergelijking van verschillende dekconstructies verdient het aanbeveling de kosten daarvan weer te geven in gemiddelde jaarlijksche kosten. Dit is dan de som van de gemiddelde onderhoudskosten (plus die van eventueele herbehandeling) en de gemiddelde jaarlijksche rente en afschrijving van de kosten van aanleg of vernieuwing.

## III. Het blijvende gedeelte van den weg.

Het succes van een dekconstructie hangt in de eerste plaats af van de kwaliteit van het daaronder gelegen deel van den weg. Deze onderbouw moet gedurende de ontwikkelingsperiode van den weg voortdurend met voldoende veiligheid aangepast blijven aan den groei van het verkeer, in 't bijzonder aan de asbelastingen der voertuigen. Dit blijvende deel vertegenwoordigt het sedert het ontstaan van den weg daarin vastgelegde kapitaal. Het is dus van groot belang, dat deze constructiewaarde in tact blijft en deze eisch is te meer klemmend, naarmate een weg in een verder ontwikkelings-stadium is gekomen daar dan het geinvesteerde kapitaal zooveel te grooter is. Zeer streng dient dus eenerzijds gewaakt tegen verkeers-(as)belastingen, die de draagkracht van den weg te boven zouden gaan en anderzijds daarvoor, dat ondergrond en fundeering zoodanig zijn (verbeterd of aangelegd), dat de weg alleen door verzwaring van den bovenbouw voor zwaarder

verkeer kan worden geschikt gemaakt, zonder dat de fundeering ooit weer behoeft te worden verbeterd. Op bijgaande grafiek (fig. 1) zijn aangegeven veilige dikten van de blijvende accumulatielaag van grind of steenslag voor verschillende asbelastingen (van auto's voorzien van luchtbanden).

Veilige dikten van een grind- of steenslag-verharding bij verschillend draagvermogen van den ondergrond.

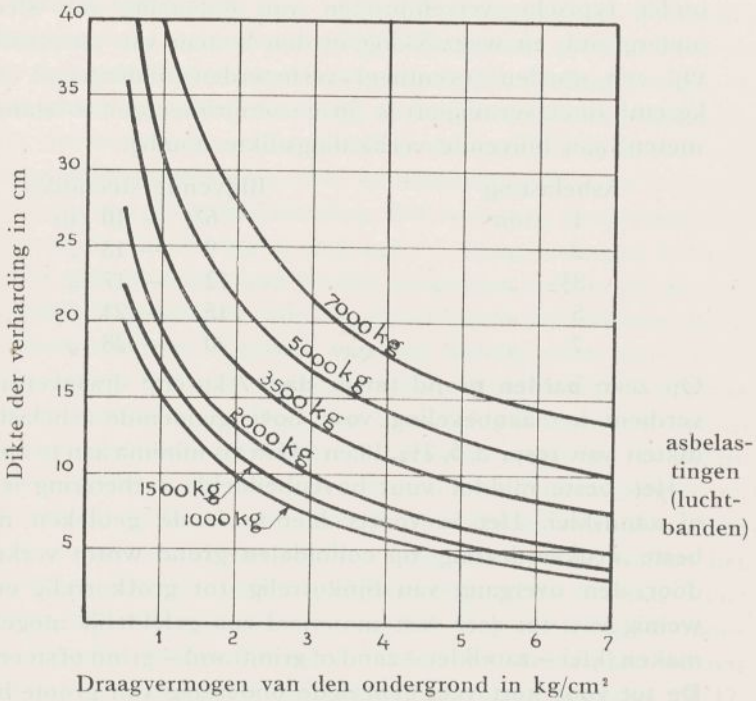



*Fig. 1.*

Het blijkt, dat de benoodigde verhardingsdikte beneden 2 kg/cm² draagvermogen van den grond progressief toeneemt. Het is dan ook meestal voordeeliger om een bodem met

minder draagkracht eerst te verbeteren dan aan het te kleine draagvermogen tegemoet te komen door grootere verhardingsdikte. Aanleg van een (dikkere) verharding op slechten ondergrond heeft behalve onevenredig veel steenverbruik het nadeel, dat de stabiliteit van zulk een weg nooit geheel verzekerd is. Onder de voortdurende stooten en trillingen kan zulk een wegverharding zich plotseling begeven door inwendige degradatie aan de onderzijde van het verhardingslichaam onder typische verschijnselen van oppersing van slechten ondergrond en wegzakking in den bodem van steenstukken. Op een goeden (eventueel verbeterden) ondergrond (2—3½ kg/cm² draagvermogen) is (in gecomprimeerden toestand gemeten) aan blijvende verhardingsdikte noodig.

| Asbelasting | Blijvende steendikte |
|---|---|
| 1 ton | 6½ — 10 cm |
| 2 „ | 9 — 13 „ |
| 3½ „ | 12 — 17 „ |
| 5 „ | 15 — 21 „ |
| 7 „ | 20 — 28 „ |

Op zeer harden grond (meer dan 7 kg/cm² draagvermogen) verdient het aanbeveling voor bovengenoemde asbelastingen dikten van resp. 3, 5, 7½, 10 en 13 cm als minima aan te houden.

Het beste middel voor bovenbedoelde verbetering is zand of zand-klei. Het is voorts hier te lande gebleken dat de beste drukverdeeling op colloidalen grond wordt verkregen, door den overgang van fijnkorrelig tot grofkorrelig en van weinig vast tot zeer vast materiaal zoo geleidelijk mogelijk te maken (klei — zandklei — zand of grindzand — grind of steenslag). De tot voor kort veel gebezigde onderlaag van groote breuksteenen heeft op slechten bodem niet voldaan. Indien een weg in eens voor zwaar verkeer moet worden gebouwd, kan een onderlaag van groote breuksteen op redelijken ondergrond besparing van kosten geven. De vroeger wel toegepaste vlijlaag van (ronde) riviersteen heeft nog minder voldaan, hetgeen ver-

klaarbaar is wegens de weinige samenwerking der ronde rolsteenen in een dergelijke laag. Tenzij de ondergrond in den drogen tijd sterk scheurt kan een zandbed (scherp zand in redelijke dikte) in plaats van zandklei worden toegepast, omdat de laag dan toch niet, zooals bij gradueelen opbouw, tijdelijk als rijvlak moet dienen. In sterk scheurende kalkmergelgrond kan een zandklei-laag het werken van den ondergrond matigen en dus de stabiliteit van den weg bevorderen.

Een andere reden om, indien de bodem geen natuurlijke zandgrond is, eerst een zand-klei fundament op te bouwen is, dat bij onvoldoenden weerstand van den bodem een goede compressie van de verharding onder de wals niet mogelijk is. Het verdient daarom aanbeveling den aarden baan met een lichte tandemwals (2½—4 t) te comprimeeren vóór het aanbrengen van de wegverharding. Dit walsen is tevens een contrôle of de fundeering 2—3½ kg/cm² draagvermogen heeft.

Het walsgewicht dient verder aangepast te worden aan het ontwikkelingsstadium van den bovenbouw. Bij slechten grond of steen van niet te groote vastheid bereikt men meer door lang walsen met een gematigd walsgewicht dan door gebruik van een zware wals. Doel van het walsen is immers de steenstukken aaneen te drukken en verband te geven. Te zware walsen drukken daarentegen het materiaal in de onder gelegen constructie of bodem van minder sterkte of, wanneer deze daaraan weerstand kan bieden, vergruizen zware walsen het materiaal voordat aaneengesloten verband is bereikt. Voor wegen, die asbelastingen van resp. 7, 5, 3½, 2 en 1½ ton moeten kunnen dragen zijn over 't algemeen driewielige walsen van 15, 10, 7½, 5 en 4 ton en tandemwalsen van resp. 17, 12, 9, 6 en 5 ton het doelmatigst gebleken.

Uit technisch oogpunt mag worden aangenomen, dat met gradueelen opbouw der wegconstructie het beste resultaat verkregen wordt. Dit geschiedt echter niet dan ten koste van zeer

veel moeite en zorg van het onderhoudspersoneel en een zekere mate van last voor het verkeer over den weg. Daarom is het vaak verantwoord om na de eerste stadia van den gradueelen opbouw (1—2 jaar), als eenmaal een vasten zand-kleigrond onder de verharding verkregen is, direct over te gaan tot den aanleg van een ca. 10 cm dik steenslagdek. Op deze wijze zijn de kosten 8—10% hooger dan bij gradueelen opbouw doch wegbeheer en weggebruik zijn hierdoor gediend. Wel is het van overwegend belang, dat in de eerste stadia, waarbij meer dan de verharding de grondslag tot normale sterkte (2—3½ kg/cm²) moet worden gebracht, men den geleidelijken opbouw volgt. Indien n.l. door het aanstonds overdekken van dezen grondslag met een betrekkelijk dikke verhardingslaag eventueele onbetrouwbaarheid van den ondergrond onopgemerkt blijft, heeft men steeds kans, dat deze pas later, bij veel grooter verkeersgewicht (en dus reeds grooter in den weg gestoken kapitaal) aan den dag treedt en dan tot oneconomische verhardingopbraak (kapitaals-vernietiging) leidt. In de verdere stadia van ontwikkeling, waarbij de steenen weg een afdekking krijgt (b.v. een asphalthuid), wordt de economie van successievelijke (hier trapsgewijze) opbouw steeds sterker uitgesproken. Bij dekken van hoogere orde is n.l. de verhouding van aanleg en onderhoudskosten veel grooter dan bij dekken van lagere orde. Ook zijn bij getrapten aanleg de onderhoudskosten zelf maar weinig hooger dan bij directen aanleg van een dek van hoogere orde.

Uit dit alles blijkt, dat in de wegeconomie de deklaag-economie maatgevend is.

## IV. Enkele opmerkingen omtrent constructie en onderhoud van verschillende deklagen in Ned. Indië.

### Grindwegen.

Het onderhoud dezer wegen stelt slechts matige eischen. Bij zeer weinig verkeer (minder dan 100 ton/etm) wordt uit-

sluitend geflikt; bij meer bereden grindwegen kan volstaan worden met het vóór den regentijd opbrengen van een nieuwe grindlaag. Inwalsen daarvan is gewenscht doch niet noodzakelijk.

## Steenslagwegen.

Het grootste deel der buitenwegen in Ned. Indië heeft een macadam verharding. De dikte der deklaag varieert van 3 tot 12 cm, de grootte der steenstukken van 2 à 4 tot 8 à 10 cm (groote steenstukken bij zwaar verkeer op ijzeren banden, vooral als het gesteente zacht is). Op enkele plaatsen is voor het onderhoud met succes toegepast een bestrooiing van het steenslagoppervlak met grindkorrels van $^1/_4$ à 1 cm, die na vergruizing een werkzaam bindmiddel geven, dat losraken van steenstukken tegengaat. Een veel toegepast middel om degradatie van het effene macadam-rijvlak door snelverkeer te voorkomen is het onderhoud volgens de z. g. „korstmethode", welke al naar de geschiktheid van het plaatselijk beschikbare materiaal met verschillend succes is toegepast. Deze voorziening bestaat in een afdekking van het steenslagdek met lateriet, dan wel met fijn materiaal, afkomstig van gesteenten (als andesiet, augiet, basalten, gabbro's e. d.), welke mineralen met bindende eigenschappen (plagioklaas, pyroxeen, amphibool, enz.) bevatten. Met water wordt een beschermende korst of huid gevormd, welke bij niet te druk verkeer besparing op onderhoudsmateriaal geeft.

## Steenslagwegen met asphaltpainting.

Veel zorg wordt besteed aan het stofvrij maken van het wegdek vóór de asphalteering. Daarbij worden in den laatsten tijd wel met succes gebruikt kleine ventilators, gedreven door een lichten benzinemotor, waarmede het (met bezems losgemaakte) stof grondig verwijderd wordt.

Als indekmateriaal wordt split, fijn grind, of zand gebezigd. In Ned.-Indië zijn voor warme oppervlakte-behandeling in

gebruik inheemsche en geimporteerde petroleumasphalt en sedert eenige jaren ook een gefluxd natuurlijk asphalt met ca. 50% globigerinen filler waaraan wat petroleumasphalt is toegevoegd (z.g. Boetonic).

Met het oog op de hooge luchttemperatuur (in de schaduw gemiddeld 27°C) wordt hier voor de asphalten een lager penetratie-cijfer geëischt dan in koudere landen; voor de bergstreken neemt men de penetratie veelal iets hooger.
Bij deskundige verwerking kunnen met petroleumasphalt en bovengenoemd Boetonic vrijwel gelijkwaardige resultaten verkregen worden. Het Boetonic heeft echter het nadeel meer zorg te vragen bij *dunne* oppervlakte-behandeling (zooals in Ned.-Indië uit zuinigheid veel toegepast) en zich minder makkelijk te leenen voor onderhoudswerk wegens de door het fillergehalte veroorzaakte hoogere viscositeit.

De ervaring in Ned.-Indië met emulsies heeft geleerd, dat een oppervlakte-behandeling hiermede gemiddeld ten achter staat bij de warme asphaltpaint en ook kostbaarder is, omdat in den regel spoedig een tweede behandeling op de eerste moet volgen. In regenrijke streken en bij onderhoudswerk hebben emulsies echter goede diensten bewezen.

Gebleken is dat in Ned.-Indië de levensduur van een asphalthuid op 8 of hoogstens op 10 jaar is te stellen en tot een verkeersdichtheid van 2000 ton/etm een economische afdekking kan vormen. Herbehandeling van deze eenvoudige asphaltdekken vindt weinig toepassing; men geeft hier meestal de voorkeur aan voortgezette plaatselijke herstellingen tot het rijvlak door deze of andere oorzaken te oneffen is geworden om dan tot algeheele dekvernieuwing over te gaan (uiteraard na aanvulling van het noodige cumulatie-materiaal). In de laatste jaren wordt ook wel eerst het oppervlak met cutback-asphalt behandeld, waarna een dunne paintlaag wordt opgebracht. Een voordeel hiervan is o.a. dat het pijnlijk zorgvuldig schoonmaken van het macadamoppervlak veel minder

noodzakelijk is. Voorts is ook succes behaald met het bestrijken van schraal geworden paintlagen met cutback-asphalt. Langdurige ervaring zal echter nog moeten uitwijzen of een behandeling met cutback-asphalt, gevolgd door een dunne paintlaag bij verkeer van eenige beteekenis even economisch is als de dikkere huid van warm verwerkt asphalt, dan wel dat toepassing van cutback alleen gemotiveerd is, als de adhesie der normale asphalthuid aan het macadam beslist onvoldoende is of de samenhang van de macadamverharding te wenschen overlaat (b.v. bij gebruik van: kwarts, graniet, slechte klei en leem).

Wegen met een asphalthuid zijn zeer gevoelig voor goed onderhoud. Door de toepassing van asphalt-emulsies en cutback-asphalt zijn de moeilijkheden van reparaties in den regentijd zeer verminderd. Bij reparatie van asphaltwegen is verder met succes gebruik gemaakt van vooraf verhit met (warm) asphalt vermengd steenslag of zand, dat op de te repareeren plaats wordt ingestampt.

Asphalteering van deklagen met (zeer) zacht steenslag leidde in vele gevallen tot teleurstelling (uitgenomen in enkele bijzondere gevallen bij kalksteen).

Ten slotte moet er met nadruk op worden gewezen, dat geasphalteerde wegen in veel sterkere mate dan onbehandelde steenslagwegen behoefte hebben aan voldoenden afvoer van oppervlaktewater en draineering van het weglichaam.

## Asphaltpenetratie-deklagen.

Penetratie is toegepast zoowel uit de hand als door mechanische distributors; voor groote oppervlakken bieden laatstgenoemde belangrijke voordeelen. Met de hand gedreven asphaltspuit-inrichtingen voldeden niet. Als nadeel van penetratiedekken wordt ondervonden de ongelijke en minder goede opvulling van de lager gelegen holle ruimten, waarin het asphalt niet voldoende doordringt.

### Vooraf gemengd zand-asphalt.

In sommige streken waar goed schoon, scherp zand voorkomt, blijkt het mogelijk om hiermede, na warme menging met asphalt, een materiaal te verkrijgen, dat voldoende stabiliteit bezit. Waar de zandkorrels een meer ronden vorm bezitten is toevoeging van filler noodzakelijk.

Deze mengsels zijn toegepast:

a/ als deklaag op strooken met zwaar verkeer op ijzeren banden;
b/ als reparatie-materiaal voor asphaltwegen;
c/ als slijtlaag op houten brugdekken.

## V. De relatie van het wegdek tot aard en mate van het verkeer.

Mits goed ondersteund door voldoende vast materiaal op een betrouwbaar fundament, kan een dekconstructie zonder bezwaar een belangrijk zwaardere asbelasting dragen dan waarop gerekend is, indien deze slechts door luchtbanden op het dek wordt overgebracht. Bij dergelijke banden behoeft het dek zelfs niet of slechts weinig sterker te zijn dan het onderliggende materiaal; wel moet het elastisch zijn en een goede aanhechting met het onderliggende materiaal behouden; en wel temeer naarmate het dunner is. Aan deze eischen kan door een asphaltconstructie goed worden voldaan, zelfs door de eenvoudige asphalthuid.

De verhoudingen zijn geheel anders voor het verkeer op ijzeren banden, die geconcentreerde verticale en horizontale impulsies op het rijvlak uitoefenen. Onder dergelijke banden zal een deklaag, die minder vastheid heeft dan het onmiddellijk daaronder liggende materiaal òf blijvend vervormd worden, òf (als de zachte deklaag veel mineraal aggregaat bevat) op het hardere ondermateriaal vergruisd worden. Onder dit soort verkeer past een constructie, die aan haar oppervlak het hardste materiaal heeft (harde steenstukken van niet te kleine af-

metingen, grof asphaltmacadam of asphaltbeton dan wel desnoods sheetasphalt van goed hard kwartszand). Een paintlaag is voor zulk verkeer ongeschikt.

Op niet met een bitumineus bindmiddel afgedekte macadamwegen werkt de auto door de zuigende werking der banden vernielend, vooral t.o.v. het fijnere materiaal; de vrachtkar met ijzeren banden daarentegen vereffenend. Op een dunne (en weeke) asphalthuid daarentegen is de werking van de ijzeren banden der vrachtkarren ruineerend en die der autobanden juist vereffenend.

Zoodra de verkeersbehoeften het economisch eenigszins wettigen (en indien de situatie t.o.v. het dwarsprofiel zulks mogelijk maakt) geeft men dan ook aan elke verkeerssoort liefst zijn eigen verkeersstrook op den weg, ook al omdat de vereeniging van snel en langzaam verkeer hinderlijke stagnatie en gevaar oplevert. Waar men beide verkeerssoorten noodgedwongen moet vermengen kan het hieruit voor het wegdek voortspruitend nadeel worden getemperd, doordat bij zekere verhouding der twee verkeersdichtheden eenige compensatie van de dekvernielende werking van het eene verkeer door het andere plaats heeft.

Terwijl dus bij verkeer met luchtbanden de economie van het dek bijna niet door het voertuiggewicht wordt beheerscht doch in hoofdzaak door de verkeersdichtheid (ton per etmaal) blijkt bij het verkeer met ijzeren banden naast de verkeersdichtheid de asbelasting van grooten invloed op de duurzaamheid van het dek.

Voor een groote verkeersdichtheid eischt de economie: 1e groote slijtage-weerstand; 2e meer cohesie; 3e meer dichtheid; en 4e grooter dikte van het dek.

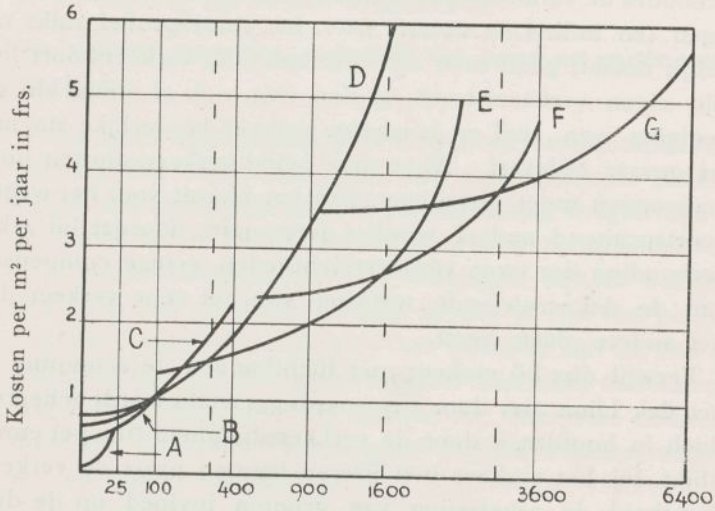
Hoewel de verkeersdichtheid van overwegenden invloed is op de kosten van het dek, dient toch te worden opgemerkt, dat zelfs bij verkeer op luchtbanden deze kosten (ook al is een fundeering en grondslag van voldoende sterkte aanwezig)

niet geheel ongevoelig zijn voor het voorkomen van groote asbelastingen en de gemiddelde zwaarte daarvan maatgevend is voor de economie van het dek.

Omtrent de economie van verschillende dekken moge het volgende gesteld worden.

Uit gegevens over de verschillende eilanden van Ned. Indië zijn nagegaan de gemiddelde jaarlijksche verhardingskosten voor verschillende dekconstructies. Deze berekeningen zijn ge-

Jaarlijksche verhardingskosten bij verschillende verkeersintensiteit




Verkeersintensiteit in ton/etm

A = aarden wegen
B = zand of grindzand wegen
C = zandklei wegen
D = steenslag wegen
E = idem met asphalthuid
F = idem met asphalt-penetratie
G = asphaltbeton en sheetsasphalt

*Fig. 2*

baseerd op het in 1933 in Ned. Indië heerschende prijspeil, terwijl de geldbedragen daarbij ter gemakkelijke internationale vergelijking uitgedrukt zijn in Fransche francs tegen den gemiddelden koerswaarde van 1933. Alle berekeningen zijn uitgewerkt voor een normaal breeden, twee-sporigen weg.

De grafiek in fig. 2 geeft aan de gemiddelde jaarlijksche kosten (onderhoud, rente en afschrijving plus algemeene kosten van toezicht, administratie en materieel) der verschillende dekken per $m^2$ bij verschillende verkeersintensiteit.

De snijpunten der krommen (die elk voor een zekere dekconstructie gelden) geven dus ongeveer aan de grenzen in verkeersintensiteit, waarbij de betrokken dekconstructie de meest economische is.

Zoo zou men b.v. voor de wegen in Indië, waarop verkeer met luchtbanden overwegend is gemiddeld kunnen stellen, dat bij het stijgen, van de verkeersdichtheid bij 1500—1800 ton/etm (met meer dan 20 % asbelastingen zwaarder dan 3½ ton) een asphaltpenetratiedek en bij 2500—3000 ton/etm (met 20 % zwaar-verkeerasbelastingen zwaarder dan 5 ton) asphaltbeton of sheetasphalt voordeelig worden.

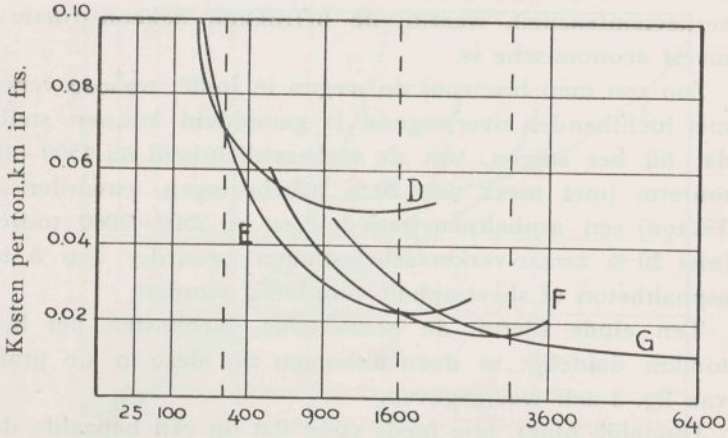
Ten einde hieruit de gemiddelde wegkosten per bruto ton.km duidelijk te doen uitkomen zijn deze in de grafiek van fig. 3 zelf weergegeven.

Duidelijk blijkt, hoe reeds vóór dat op een bepaalde dekconstructie de minimum kosten per ton.km zijn bereikt, het voordeelig wordt den betrokken weg van een ander, bij het drukkere verkeer beter passend dek te voorzien. Tevens valt het op, dat voor kostbare dekken bij hooge verkeersintensiteiten de kosten per ton.km vrijwel constant zijn, m.a.w. dat de kosten per $m^2$ wegdek vrijwel evenredig groeien met de verkeersintensiteit.

Er worde verder nog op gewezen, dat bij een verkeersdichtheid van 8000 ton/etm tevens de maximale verkeerscapaciteit van een tweebanigen weg vrijwel is bereikt. Hieruit kan wor-

den geconcludeerd, dat (althans onder omstandigheden als waarop deze grafieken gebaseerd) het praktisch geen nut zou hebben over te gaan tot de constructie van nog sterkere wegdekken als hier aangegeven, aangezien de daarmede theoretisch mogelijke nog lagere ton. km kosten zouden moeten worden verkregen bij verkeersdichtheden, die praktisch niet te verwerkelijken zijn, dan door vergrooting van het aantal verkeersbanen.

Wegkosten per bruto ton.km vervoer
bij verschillende verkeersintensiteit



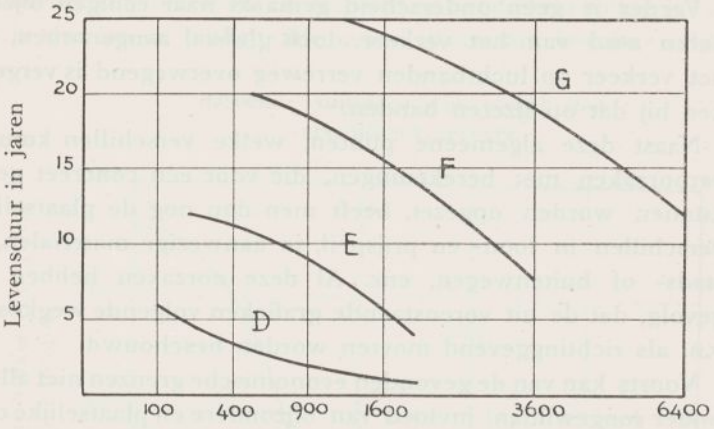

Verkeersintensiteit in ton/etm

D = steenslag weg
E = idem met asphalthuid
F = idem met asphalt-penetratie
G = asphaltbeton en sheetasphalt

*Fig. 3*

Ten slotte zijn in de grafiek van fig. 4 aangegeven de levensduur in jaren, die bij verschillende verkeersdichtheid van de onderscheiden dekconstructies kan worden verwacht.

Levensduur van wegverhardingen
bij verschillende verkeersintensiteit




Verkeersintensiteit in ton/etm

D = steenslag weg
E = idem met asphalthuid
F = idem met asphalt-penetratie
G = asphaltbeton en sheetasphalt

*Fig. 4*

## VI. Invloed van bijzondere omstandigheden op de economie der dekconstructies.

Bovenstaande beschouwingen bezien de kosten der wegdekken van uit algemeen (theoretisch het juiste) standpunt. Vandaar dat in de vermelde bedragen zoowel rente als algemeene toezicht- en administratiekosten zijn verwerkt. Bovendien is er rekening mede gehouden dat veelal in de praktijk het onderhoud niet zoo volledig geschiedt, dat de dekconstructie met dit onderhoud alleen het eind van zijn levensduur bereikt; veelal is in den loop daarvan een z.g. zware herstelling noodzakelijk. In wezen is die te beschouwen als

uitgesteld onderhoud en derhalve in bovenstaande grafieken reeds verdisconteerd.

Verder is geen onderscheid gemaakt naar eenigen bijzonderen aard van het verkeer, doch globaal aangenomen, dat het verkeer op luchtbanden verreweg overwegend is vergeleken bij dat op ijzeren banden.

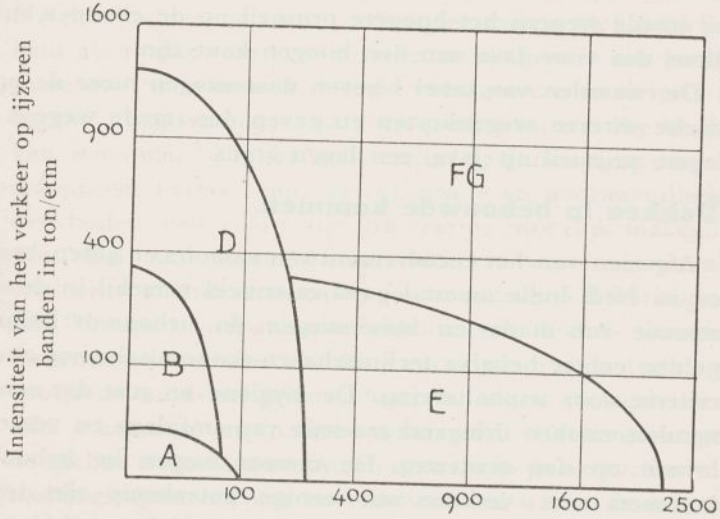
Naast deze algemeene punten, welke verschillen kunnen veroorzaken met berekeningen, die voor één concreet geval kunnen worden opgezet, heeft men dan nog de plaatselijke verschillen in loon- en prijspeil, in aanwezige materialen, in stads- of buitenwegen, enz. Al deze oorzaken hebben tot gevolg, dat de uit vorenstaande grafieken volgende wegkosten v.n. als richtinggevend moeten worden beschouwd.

Voorts kan van de gevonden economische grenzen niet alleen onder (ongewilden) invloed van bijzondere en plaatselijke omstandigheden worden afgeweken, doch ook bewust kan men een dergelijken stap doen. Zoo vindt asphalteering wel reeds plaats vóórdat de economisch daartoe leidende, verkeersdichtheid bereikt is, met het doel, het verkeer zoo spoedig mogelijk het gerief van een asphaltwegdek te schenken,het wegbeheer overzichtelijker te maken en vooral ter bevestiging van het met veel moeite verkregen steenlichaam der wegverharding.

Ter illustratie, dat volgens afwijkende richtlijnen en onder locale omstandigheden hier te lande, wel van de in vorenstaande grafieken bepaald afwijkende bedragen gevonden worden, doch dat de orde van grootte dezer bedragen tot met de vorengegevene zeer wel overeenstemt, worden voorts de resultaten gegeven van een berekening der dek-economie voor een provinciaal wegennet op Java (Midden-Java). Daarbij is uitgegaan van het gemiddelde der op de wegenbegrooting jaarlijks voor onderhoud op te brengen bedragen, zoodat rente, algemeen toezicht en administratie niet in de rekening betrokken werden. Tevens is rekening gehouden met mogelijke variatie in aard van het verkeer, daar op bepaalde wegen

van Java het verkeer met inheemsche karren, voorzien van ijzeren wielbanden nog zeer intens kan zijn. Ten slotte zij opgemerkt, dat het loon en prijspeil op het dichtbevolkte Java lager is dan op de omliggende, meer spaarzaam bevolkte eilanden.

Passende slijtlagen voor wegen met verschillend verkeer




Intensiteit van het verkeer op luchtbanden in ton/etm

A = aarden of zandklei wegen
B = grindwegen
D = steenslag wegen
E = idem met asphalthuid
FG = idem met asphalt-penetratie en asphaltbeton of sheetasphalt

*Fig. 5*

De resultaten van deze berekening zijn in tabel I en II (betrekking hebbende op Midden-Java) aan het einde dezer publicatie opgenomen. Uit deze cijfers is vervolgens nage-

gaan welke dekconstructies bij bepaalde verkeerscondities het meest aanbevelenswaardig zijn. Het resultaat hiervan is weergegeven in de grafiek van fig. 5, welke geen nadere toelichting behoeft.

Resumeerend kan worden gesteld, dat de waarden van de grafieken in fig. 2 en 3 rekening houden met alle (ook de niet dadelijk zicht- en voelbare) kosten van het wegdek, en dat zij (mede wegens het hoogere prijspeil op de eilanden buiten Java) dus voor Java aan den hoogen kant zijn.

De waarden van tabel I geven daarentegen meer de praktische directe wegenkosten en geven dus (mede wegens het lagere prijspeil op Java) een lagen grens.

## VII. **Dekken in bebouwde kommen.**

Afgezien van het encadrement van trottoirs en goten, bestaat er in Ned. Indië meestal geen essentieel verschil in de constructie van stads- en buitenwegen. In bebouwde kommen gelden echter behalve technische en economische nog andere criteria voor asphalteering. De hygiëne en rust der aanwonenden eischen dringend reductie van stofplaag en verkeerslawaai op den stadsweg. De meeste wegen in bebouwde kommen met verkeer van eenige beteekenis zijn tegenwoordig dan ook tenminste van oppervlakte-asphalteering voorzien.

Asphaltdeklagen van hoogere orde (asphaltbeton en sheetasphalt) komen slechts in eenige steden op hoofdverkeerswegen voor.

## VIII. **Invloed van de bodemgesteldheid op de toepassing van deklagen.**

De bodemgesteldheid loopt in de verschillende streken van Ned. Indië zeer uiteen. Haar invloed op de constructie van wegen is tweeërlei, n.l. van physisch-geologischen en van topografischen aard.

De geologische formatie heeft een grooten invloed op de prijzen van mineraal wegmateriaal (steen en zand).

Voorts spelen de physische eigenschappen van den bodem (korrelgrootte en structuur, colloidale eigenschappen), vooral gedurende de primitieve stadia van den weg een grooten rol.

Waar de bodem reeds een kwaliteit als van losse schrale teelaarde of zandgrond heeft is de goede grondslag voor den bovenbouw van den weg reeds voorhanden. Ook de geschiktheid als rijvlak voor licht verkeer, welke men in niet vochtigen toestand (hoogstens 8 à 10 % vochtgehalte en resp. 4 à 2½ kg/cm² draagvermogen) van een goeden aarden weg hoogstens kan verwachten, is bij zulk een gesteldheid reeds na eenige compressie bereikt, mits de topografie en doorlatendheid van den bodem een voldoende draineering mogelijk maken. Aan den eisch van poreusiteit ten behoeve van den waterafvoer voldoen (behoudens gevallen van ongunstigen B-horizont, subsoil, hardpan) vrijwel alle vulkanische dekken zoowel de kwartsarme tertiaire als de kwartsrijke oudere (tufmantels), voorts de zand- en grindafzettingen, ook in de lagere streken, mits afkomstig van basische gesteenten. Het ongunstigst zijn de dichte colloïdale sedimenten in de laagvlakten, vooral verweeringsproducten van zure gesteenten, b.v. op de moerassige oostelijke kusten van Sumatra. In dergelijke lage streken is een hooge ligging van den aarden baan (wegdam, eventueel met kruin van zandgrond) noodzakelijk.

Slecht draineerbare en sterk scheurende, schuivende gronden treft men aan in vele kalkmergel-formaties (globigerinen) op Java. Waar de bodem te kleiachtig is, is toevoeging en menging van zand, waar de bodem te zanderig is van een weinig klei noodig ten einde een gunstige verhouding (gemiddeld 20 – 25 % klei) te verkrijgen. Als onderbouw voor macadamwegen is een hooger zandgehalte te prefereeren ; een overgangslaag van grindzand tusschen steenverharding en zandklei-bed bevordert dan ook de sterkte van den weg.

Is een goede drainage voor iederen weg van primaire beteekenis, bij een zandkleiweg staat of valt de bruikbaarheid met de drainage (dus diepe slooten). Te groote droogte is echter evenmin gewenscht wegens de grootere slijtage en stofvorming. De groote gevoeligheid voor vocht blijkt ook uit de eisch van grooter zand-percentage in ingravingen, in vlakke en in lage streken; daartegenover grooter klei-percentage op hellingen of rugtracee's. Als primitief dek wordt in Indië op minder belangrijke wegen ook veel gebruik gemaakt van z.g. tjadas, padas of wadas (een verzamelnaam voor minder vaste gesteenten, onafhankelijk van de genese). In tufgebieden zijn verhardingen in gebruik van tufsteen van verschillende vastheid; voorts worden gebezigd mergels, koralitische kalksteen, enz. Vermelding verdient ook nog een in granietische streken veel toegepast lateriet (aluinaardehydraat, ijzeroxydehydraat met kwarts- en ijzerconcreties). Dergelijke dekken bewijzen soms goede diensten. Het groote bezwaar van deze en al de te voren genoemde primitieve verhardingen is de groote stofontwikkeling in den drogen tijd; een weinig vochtig zijn dergelijke deklagen het best.

Waar de topografie hellingen van meer dan 1 : 15 noodig maakte heeft men veelal t.b.v. meerdere stroefheid asphalt-penetratie toegepast inplaats van oppervlakte-asphalteering. In den laatsten tijd gebruikt men voor deze penetratie ook cutback-asphalt, waarbij dan de steenkoppen bloot blijven en het wegdek een ruw oppervlak verleenen. Op hellingen en in alle andere gevallen, waarbij horizontale krachten van beteekenis optreden voldoet penetratie met enkel cutback-asphalt echter minder dan de normale asphalt-penetratie.

Waar de topografie een bochtig alignement voorschrijft, tracht men (zoowel bij verbetering van bestaande als bij traceering van nieuwe wegen) te werk te gaan volgens het principe van „geleidelijke verandering van rijsnelheid". Voorts is er een streven om in bochten door verkanting van het

rijvlak (voor zoover zulks geoorloofd) de centrifugaalkracht te compenseeren.

## IX. **Invloed van het klimaat.**

Het groote succes in Ned. Indië van de oppervlakte-asphalteering schijnt te danken te zijn aan het ontbreken der schadelijke vorstwerking.

Van grooten invloed op de toegepaste werkwijze is de regenval in dit moessongebied. Niet alleen de jaarlijksche hoeveelheid, doch ook de verdeeling van den regenval over het jaar (het aantal regendagen) loopt zeer uiteen. In de laagvlakten en op de door bergketens ingesloten hoogvlakten is de tegenstelling van drogen en natten moesson meestal groot en de jaarlijksche regenval 2—3 m. In de overgangen naar de gebergten valt meer regen (te Buitenzorg 4½ m per jaar). Sumatra heeft de voor aequatoriale streken typische dubbele droge tijden. Terwijl de westelijke kusten van Sumatra en Borneo nabij den aequator bijna het geheele jaar door regen hebben (5—7 m per jaar), staan de noordelijke en oostelijke kusten van deze eilanden meest in de regenschaduw. In de oostelijke deelen van den archipel komen, onder den invloed van Australië, lange droge perioden en korte regentijden voor.

Bij asphalteering volgens warme procédé's kan meestal wel voldoende met den drogen tijd rekening worden gehouden. Het doorloopende klein onderhoudswerk ondervindt echter in sommige gebieden met een groot aantal regendagen overwegende bezwaren bij gebruik van warm te verwerken asphalt. Voor deze streken is de introductie van emulsies en cutback-asphalten een uitkomst geweest.

Doch ook op plaatsen met gunstiger klimaatsomstandigheden zijn de verwachtingen, vooral t.o.v. cutback-producten, hoog gespannen. Toch is niet te verwachten, dat de warme verwerking, die ook bij oppervlakte-behandeling zoo uitstekende

resultaten heeft opgeleverd, in voor deze werkwijze gunstige omstandigheden zal worden verlaten.

**Conclusies.**

1/ In het eerste stadium van wegbouw is afdoende consolidatie van den ondergrond (tot op 2—3½ kg/cm² draagvermogen) altijd gewettigd, zelfs al zou in den aanvang het verkeer geholpen zijn met een lichte macadamverharding op onverbeterden grondslag. Door verbetering van den ondergrond bespaart men n.l. bij latere zwaardere verkeersbelastingen op cumulatie materiaal en behoeft dan bij den aanleg van kwaliteitsdekken niet over te gaan tot fundamenteele verbeteringen. Het fundament blijft gedurende het geheele bestaan van den weg voor de economie van de deklaag van eminent belang.

2/ Bij een langzame ontwikkeling van het verkeer maakt het (bij voldoende geconsolideerden ondergrond) weinig verschil uit als men inplaats van een gradueelen opbouw der cumulatielaag te volgen de blijvende verhardingsdikte dadelijk op 10—15 cm brengt.
Een uitzondering op dezen regel vindt plaats als steenslag ter plaatse onevenredig kostbaar is.

3/ Geleidelijk in lagen opgebouwd, met geschikte bindmiddelen goed gecomprimeerd en gebonden steenslag of grind geeft aan een wegverharding de grootste draagkracht en weerstand tegen dynamische belastingen. Het gebruik van vlij- of onderlagen van groote (doch hoekige) steenen is daarom alleen gemotiveerd, indien wegens de lagere kosten van zulke steenen belangrijke besparingen bij den wegaanleg zouden kunnen worden bereikt.

4/ Het blijvende materiaal van een zandkleiweg kan in een verder gevorderd stadium van opbouw van een weg alleen in zooverre als wegopbouwend materiaal worden beschouwd, als noodig voor de consolidatie van een ondergrond met onvoldoende draagkracht.

5/ Op een goeden ondergrond (2—3½ kg/cm² draagvermogen) is voor een mobiele door luchtbanden overgebrachte asbelasting tot 2 ton 12 cm dikte aan gecomprimeerde steenslaglaag veilig te achten.

Voor elken ton meer asbelasting moet deze dikte met minstens 3 cm worden vermeerderd.

6/ Asphalteering van een macadamweg, iets vóór dit enkel door de verkeersdichtheid voordeelig wordt, is volkomen te verdedigen door de daarmede te winnen verkeers- en wegbeheersvoordeelen en vooral wegens de zoo te bereiken spoedige fixeering van de door accumulatie bereikte wegsterkte.

Tot asphalteering is echter alleen over te gaan als de weg voldoende vrij van hoog water ligt en eventueele twijfel omtrent de stabiliteit van den weg is weggenomen door verzwaring van den bovenbouw en eventueel door drainage van den onderbouw.

7/ Het gebruik van een grindverharding zal beperkt moeten blijven tot wegen met gering autoverkeer.

Een met gepaste zorg en op voldoende gecomprimeerd macadam aangebrachte oppervlakte-asphalteering is in tropische landen (waar geen vorstwerking te vreezen is) voor niet-intensief verkeer de meest economische afdekking. Zoodra het verkeer op ijzeren banden zwaar wordt stijgen de kosten van een dergelijke huid echter in sterke mate.

De dekconstructies, waarbij het asphalt in de deklaag verwerkt is (zooals op bergwegen), zijn minder gevoelig voor zwaar verkeer op ijzeren banden dan grind of steenslag en oppervlakte-asphalteering.

8/ Voor streken, waar het zóó veel en zóó vaak regent, dat de asphalteering en het onderhoud van asphaltwegen volgens warme procédé's groote bezwaren ondervindt, zijn asphaltemulsies en vooral cutback-asphalt-preparaten zeer doelmatig. Mede voor streken, waar geen ervaren personeel beschikbaar

of te houden is, biedt de eenvoudige verwerking van deze materialen belangrijke voordeelen.

9/ Er bestaat de tendens om voor wegen met groote verkeersintensiteit (waar oppervlakte-asphalteering niet meer voordeelig is) de vervanging van het (kwaliteits) dek door één van nog hooger orde in niet onbelangrijke mate uit te stellen, omdat de kosten van instandhouding van dergelijke dekken relatief weinig verschillen, terwijl de aanlegkosten van elk kwaliteitsdek hoog zijn.

10/ Voor dunne asphalthuiden, zooals bij licht en niet druk verkeer zuinigheidshalve wel toegepast, is van essentieel belang een goede aanhechting op het macadamdek.

Deze is zoo noodig te bevorderen door voorafgaande behandeling van dit dek met primer oil; het te bezigen asphalt moet een groote ductiliteit hebben — het afdekmateriaal fijn en hard zijn (scherp, onverweerd zand of fijn split met steengruis).

Het succes van zulk een dunne asphalthuid is in hooge mate afhankelijk van de stabiliteit van het onderliggende macadamdek en van den ondergrond; het macadam oppervlak moet regelmatig geprofileerd en niet te ruw zijn.

11/ Voor druk verkeer is een dikke asphalthuid meer economisch. Een dikke huid is minder afhankelijk van de kwaliteit van den onderbouw; het macadam-oppervlak mag, mits regelmatig geprofileerd, ruw zijn. Het asphalt moet gelijkmatig verdeeld worden opgebracht.

Het afdekmateriaal moet niet of weinig harder zijn dan het macadamgesteente, indien het macadamdek niet met asphalt is gepenetreerd; afdeksplit zij grof en van taai gesteente.

12/ De factoren, die de houdbaarheid van kwaliteitsdekken voor dicht en zwaar verkeer beinvloeden zijn geheel gelijkvormig met die voor het eenvoudige asphaltdek. Een (zuinigheidshalve) dunne laag sheetasphalt op binder is riskanter dan een dicht grof asphaltbeton van gelijke kosten, omdat het dunne asphalt-

dek gevoeliger is voor fundeeringsfouten. Bovendien komt het daarbij zeer aan op adhesie (bij alle warme constructies zeer vocht- en stofgevoelig) aan de bindercourse, die de sheetlaag met den wegbasis verbinden moet. Indien de aanhechting niet goed is, ontstaat door de stooten en trillingen van het verkeer op het grensvlak vergruizing van materiaal. Voor asphaltbeton van grooter dikte is breukvastheid en taaiheid van het mineraal aggregaat belangrijker dan hardheid. Het asphalt moet bij voorkeur een lage penetratie hebben; het asphaltgehalte is (wegens de mindere holle ruimte) lager dan bij sheetasphalt. Extra afdekking van dicht asphaltbeton met een slijtlaag of sealcoat is bij gebruik van mineraal aggregaat met voldoende en gelijkmatige vastheid overbodig en wegens de gladheid bij regenweer schadelijk.

---

Tabel I.

**Gemiddelde wegkosten in cts per m² per jaar (Midden Java).**

| Verkeer | | | Verhardings-breedte in m. | Wegen in vlak terrein. Verhardings-type. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lucht-banden | IJzeren banden | Verkeers-volume in ton/dag | | Grind | Steenslag | Steenslag m/oppervl. asphalt. | Steenslag m/asph. penetratie | Zand-asphalt | Asphalt-beton |
| licht | licht | 200 | 4,0 | 3,0 | 7,0 | 10,0 | 12,0 | 12,0 | 9,5 |
| „ | middel | 500 | 4,5 | 8,0 | 10,5 | 15,5 | 14,5 | 15,5 | 11,5 |
| „ | zwaar | 900 | 5,0 | 9,0 | 13,5 | 23,0 | 19,0 | 20,0 | 14,5 |
| middel | licht | 1000 | 5,0 | 8,0 | 15,0 | 11,5 | 12,0 | 13,0 | 11,0 |
| „ | middel | 1300 | 6,0 | 10,0 | 16,0 | 18,0 | 16,0 | 15,5 | 13,0 |
| „ | zwaar | 1700 | 7,5 | 16,0 | 16,5 | 25,5 | 20,0 | 21,5 | 16,5 |
| zwaar | licht | 2000 | 6,0 | 12,0 | 17,0 | 13,0 | 14,0 | 12,5 | 11,5 |
| „ | middel | 2300 | 7,5 | 21,0 | 19,5 | 23,0 | 18,5 | 18,5 | 14,5 |
| „ | zwaar | 2700 | 9,0 | 32,0 | 22,5 | 29,5 | 21,5 | 22,0 | 17,5 |
| | | | | Wegen in bergterrein. | | | | | |
| licht | licht | 200 | 4,0 | 7,5 | 10,0 | 10,0 | 13,0 | 12,0 | 9,5 |
| „ | middel | 500 | 4,5 | 11,0 | 13,0 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 11,5 |
| „ | zwaar | 900 | 5,0 | 12,0 | 17,0 | 25,5 | 20,5 | 20,0 | 14,5 |
| middel | licht | 1000 | 5,0 | 10,5 | 18,0 | 11,5 | 13,0 | 13,0 | 11,0 |
| „ | middel | 1300 | 6,0 | 12,5 | 20,0 | 19,0 | 17,0 | 15,5 | 13,0 |
| „ | zwaar | 1700 | 7,5 | 17,5 | 21,0 | 28,0 | 21,5 | 21,5 | 16,5 |
| zwaar | licht | 2000 | 6,0 | 14,5 | 22,0 | 14,5 | 14,0 | 12,5 | 11,5 |
| „ | middel | 2300 | 7,5 | 23,0 | 24,0 | 24,5 | 19,0 | 18,5 | 14,5 |
| „ | zwaar | 2700 | 9,0 | 38,0 | 29,0 | 34,0 | 22,0 | 22,0 | 17,5 |

Tabel II.

**Gemiddelde wegkosten in cts per bruto ton. km. verkeer (Midden Java).**

| Verkeer | | | Verhardings-breedte in m | Wegen in vlak terrein. Verhardings-type. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Lucht banden | IJzeren banden | Verkeers-volume in ton/dag | | Grind | Steenslag | Steenslag m/oppervl. asphalt | Steenslag m/asph. penetratie | Zand-asphalt | Asphalt-beton |
| licht | licht | 200 | 4,0 | 0,165 | 0,384 | 0,549 | 0,659 | 0,659 | 0,521 |
| „ | middel | 500 | 4,5 | 0,198 | 0,260 | 0,384 | 0,358 | 0,384 | 0,284 |
| „ | zwaar | 900 | 5,0 | 0,137 | 0,205 | 0,350 | 0,288 | 0,304 | 0,220 |
| middel | licht | 1000 | 5,0 | 0,110 | 0,205 | 0,158 | 0,164 | 0,178 | 0,151 |
| „ | middel | 1300 | 6,0 | 0,126 | 0,202 | 0,227 | 0,202 | 0,195 | 0,164 |
| „ | zwaar | 1700 | 7,5 | 0,194 | 0,199 | 0,309 | 0,242 | 0,260 | 0,199 |
| zwaar | licht | 2000 | 6,0 | 0,098 | 0,139 | 0,106 | 0,115 | 0,102 | 0,094 |
| „ | middel | 2300 | 7,5 | 0,187 | 0,174 | 0,205 | 0,165 | 0,165 | 0,129 |
| „ | zwaar | 2700 | 9,0 | 0,291 | 0,205 | 0,269 | 0,195 | 0,200 | 0,159 |
| | | | | Wegen in bergterrein. | | | | | |
| licht | licht | 200 | 4,0 | 0,412 | 0,549 | 0,549 | 0,714 | 0,659 | 0,521 |
| „ | middel | 500 | 4,5 | 0,272 | 0,321 | 0,384 | 0,384 | 0,384 | 0,284 |
| „ | zwaar | 900 | 5,0 | 0,182 | 0,258 | 0,387 | 0,302 | 0,304 | 0,220 |
| middel | licht | 1000 | 5,0 | 0,144 | 0,246 | 0,158 | 0,178 | 0,178 | 0,151 |
| „ | middel | 1300 | 6,0 | 0,158 | 0,252 | 0,240 | 0,214 | 0,195 | 0,164 |
| „ | zwaar | 1700 | 7,5 | 0,212 | 0,254 | 0,339 | 0,260 | 0,260 | 0,199 |
| zwaar | licht | 2000 | 6,0 | 0,119 | 0,181 | 0,119 | 0,115 | 0,102 | 0,094 |
| „ | middel | 2300 | 7,5 | 0,205 | 0,214 | 0,218 | 0,169 | 0,165 | 0,129 |
| „ | zwaar | 2700 | 9,0 | 0,346 | 0,264 | 0,310 | 0,200 | 0,200 | 0,159 |