

## Analyse data t.a.v. HR/VG-laagdikte problematiek voor dunne asfaltlagen

### Algemeen

Een van de problemen waar de WGA zich mee bezig houdt is het feit dat de aannemerij van mening is dat er onterecht kortingen worden opgelegd of werken worden afgekeurd op basis van een gebrek aan verdichtingsgraad (=VG) of te hoge holle ruimte (=HR). Deze problematiek wordt vooral geconstateerd bij fijne asfaltdeklagen die in geringe laagdikte worden aangebracht. De aannemerij is van mening dat de sancties in veel gevallen onterecht zijn (onterechte afkeur) omdat het werk er kwalitatief goed uitziet én er ook na een aantal gebruiksjaren nog geen schade wordt geconstateerd. Bovendien wordt regelmatig geconstateerd dat het werk opnieuw maken niet tot een beter resultaat leidt, ook niet als de aannemer (weer) zijn uiterste best doet om goede kwaliteit te leveren. Het lijkt erop dat de bepaling van de streefdichtheid en dichtheid proefstuk van dunne asfaltproefstukken in de praktijk een bepalende factor zijn in deze problematiek.

Om de ernst van de problematiek vast te stellen heeft Bouwend Nederland/VBW aan haar leden gevraagd data aan te leveren van bedrijfs- en opleveringscontroles van asfaltdeklagen. Het gaat hier om de volgende 5 mengsels: SMA-NL 8B, SMA-NL 11B, AC 8 surf, AC 11 surf en AC 16 surf. De geleverde informatie bestaat uit de volgende data:

1. Type mengsel;
2. Verwerkingsdatum;
3. Laagdikte-eis;
4. Gerealiseerde laagdikte;
5. Verdichtingsgraad;
6. Gerealiseerde holle ruimte;
7. Dichtheid proefstuk en
8. Dichtheid mengsel uit het type-onderzoek.

Aannemers hebben data aangeleverd. Na het anoniem maken van de data zijn de data vrijgegeven voor analyse.

### Hoeveelheid beschikbare data

In onderstaande tabel zijn het aantal beschikbare data samengevat. De getallen verwijzen naar de regels in het spreadsheet met alle data.

| Aan-nemer | Mengsel       |               |                 |                 |                 |
|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|           | SMA-NL 8B     | SMA-NL 11B    | AC 8 surf       | AC 11 surf      | AC 16 surf      |
| A         | 2 t/m 2043    | 3774 t/m 6170 |                 | 10639 t/m 13318 | 13319 t/m 17149 |
| B         | 2044 t/m 2417 | 6171 t/m 6794 |                 |                 |                 |
| C         | 2418 t/m 3773 | 6795 t/m 9380 |                 |                 |                 |
| AA        |               |               | 9381 t/m 9518   |                 |                 |
| BB        |               |               | 10400 t/m 10638 |                 |                 |
| CC        |               |               | 9640 t/m 9891   |                 |                 |
| DD        |               |               | 9892 t/m 10399  |                 |                 |
| EE        |               |               | 9519 t/m 9639   |                 |                 |
| Totaal    | 3769          | 5604          | 1253            | 2679            | 3830            |

In totaal zijn er 17.148 analyseresultaten van boorkernen uit kwaliteitscontroles beschikbaar.

## Doel van de analyse

Aannemers constateren dat het regelmatig voorkomt dat verwerkt asfalt afgekeurd wordt of dat er korting wordt opgelegd wegens gebrek aan verdichtingsgraad (VG) of te hoge holle ruimte (HR). Naarmate de gerealiseerde laagdikte afneemt, neemt de kans op afkeur of korting toe ondanks het feit dat getracht wordt kwaliteit te leveren en het werk er visueel goed uit ziet. Het komt zelfs voor dat bij vervanging opnieuw een afwijkende verdichtingsgraad of holle ruimte wordt geconstateerd. De hypothese is dat een afwijkende VG of HR het gevolg is van het feit dat de laagdikte invloed heeft op dichtheid proefstuk: hoe dunner het proefstuk, hoe lager de dichtheid ondanks het feit dat het om hetzelfde materiaal gaat.<sup>1</sup>

Overigens moet uit de discussies over dit onderwerp geconcludeerd worden dat de VG/HR-problematiek complex is, moeilijk te ontrafelen en niet eenduidig op te lossen is. Dit wordt vooral veroorzaakt door de veelheid van factoren die in het proces meespelen. Bovendien zijn veel factoren met elkaar gecorreleerd. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan factoren als type-onderzoek, definitie streefdichtheid, verschil proefstukhoogte in het type-onderzoek en bij opleveringscontrole, ontwerp holle ruimte, ervaringscijfers en functionele mengseleisen.

Op de dataset zijn een aantal analyses uitgevoerd. In deze analyses is antwoord gegeven op de volgende vragen:

1. Is het probleem (gebrek aan VG of te hoge HR) een probleem van één aannemer of is het een branche-probleem?
2. Is het probleem seizoensgebonden of speelt het door het hele jaar en onder alle verwerkingsomstandigheden?
3. Heeft het probleem een relatie met de gerealiseerde laagdikte en dus de dikte van het proefstuk waarvan dichtheid en maximale dichtheid wordt bepaald?

In eerste instantie zijn de analyses alleen voor de verdichtingsgraad uitgevoerd. Waarschijnlijk wordt voor de holle ruimte vergelijkbare conclusies gevonden omdat bij beide eigenschappen gebruik gemaakt wordt van dezelfde dichtheid proefstuk. Wel moet opgemerkt worden dat de verdichtingsgraad het meeste 'last heeft' van de relatie tussen laagdikte en dikte proefstuk omdat de VG gerelateerd wordt aan de streefdichtheid die ooit (tot 5 jaar geleden) tijdens het type-onderzoek is vastgesteld. De VG heeft dus een indirect relatie met de samenstelling van het verwerkte mengsel in de weg, dat bovendien nog versterkt wordt door het toenemend percentage PR in deklagen. Dit in tegenstelling tot de HR, waarbij de referentiewaarde (=dichtheid mengsel) wordt bepaald door de samenstelling van het verwerkte mengsel in de weg. In feite is de holle ruimte (mits dichtheid mengsel is bepaald op de geboorde kernen uit het werk en niet is overgenomen uit het type-onderzoek) nog de enige parameter die rechtstreeks iets zegt over de kwaliteit van de verwerking in de praktijk.

De analyse op de verdichtingsgraad is 2 maal uitgevoerd:

1. de 1<sup>e</sup> keer op basis van alle beschikbare data en
2. de 2<sup>e</sup> keer na het verwijderen van echte uitbijters uit de database. Er is sprake van een echte uitbijter als de gevonden waarde voor de verdichtingsgraad lager is dan de gewenste waarde (=100%) minus de afkeur/vernieuwingsgrens uit tabel T81.2.4 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 voor n=1. Dus voor AC-mengsels is er sprake van een echte uitbijter als de verdichtingsgraad kleiner is dan 95,6% en voor SMA-mengsels als de verdichtingsgraad kleiner is dan 94,6%. Het nadeel van deze aanpak is dat datapunten die het echte probleem beschrijven ('een dunne laagdikte levert een lage verdichtingsgraad') uit de database verwijderd worden.

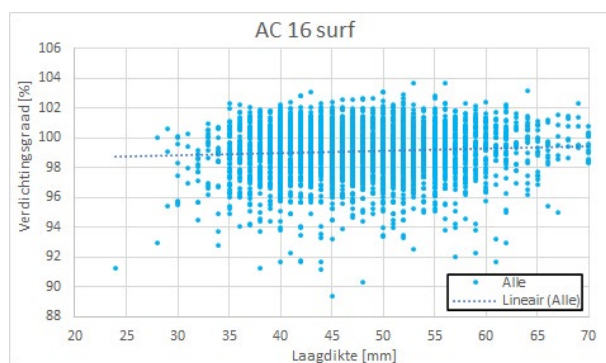
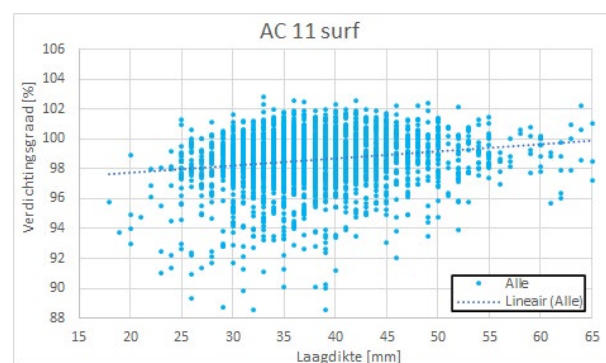
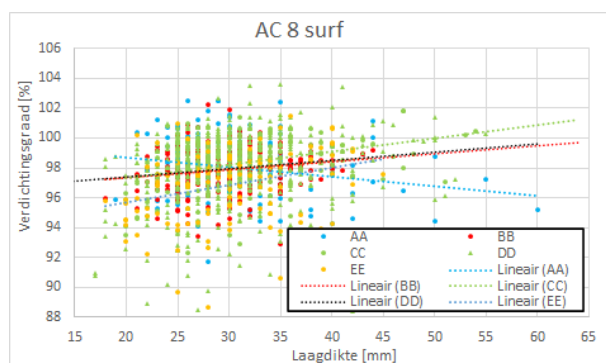
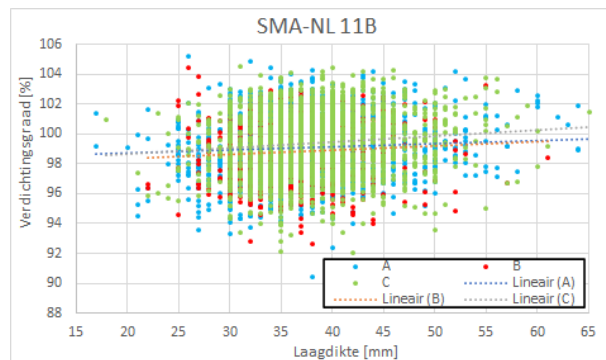
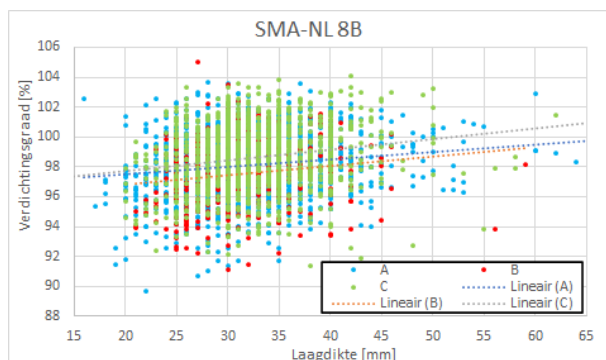
De analyseresultaten van de 2<sup>e</sup> analyse zijn in **rood** weergegeven in dit document.

<sup>1</sup> Zie bijdrage Jacobs et al, "Laagdikteproblematiek dunne asfaltlagen", CROW Infradagen 2020.

## Analyses

### Algemeen

In de volgende grafieken met de relatie tussen laagdikte en verdichtingsgraad zijn alle beschikbare datapunten weergegeven. De lijnen in de grafieken zijn regressielijnen, waarbij verondersteld is dat er een lineaire relatie bestaat tussen laagdikte en verdichtingsgraad.



In de volgende tabel zijn de gemiddelde verdichtingsgraden per aannemer per mengsel en totaal gerapporteerd:

| Aannemer  | Gemiddelde verdichtingsgraad |            |           |            |            |
|-----------|------------------------------|------------|-----------|------------|------------|
|           | SMA-NL 8B                    | SMA-NL 11B | AC 8 surf | AC 11 surf | AC 16 surf |
| A         | 98,1                         | 99,1       |           | 98,6       | 99,1       |
| B         | 97,5                         | 98,8       |           |            |            |
| C         | 98,6                         | 99,4       |           |            |            |
| AA        |                              |            | 98,0      |            |            |
| BB        |                              |            | 97,9      |            |            |
| CC        |                              |            | 98,3      |            |            |
| DD        |                              |            | 98,0      |            |            |
| EE        |                              |            | 96,8      |            |            |
| Gemiddeld | 98,2                         | 99,2       | 97,9      | 98,6       | 99,1       |

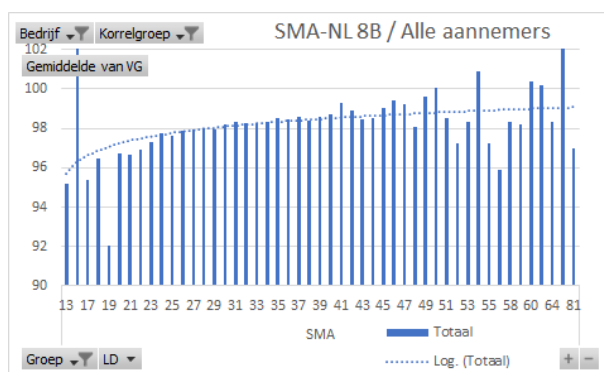
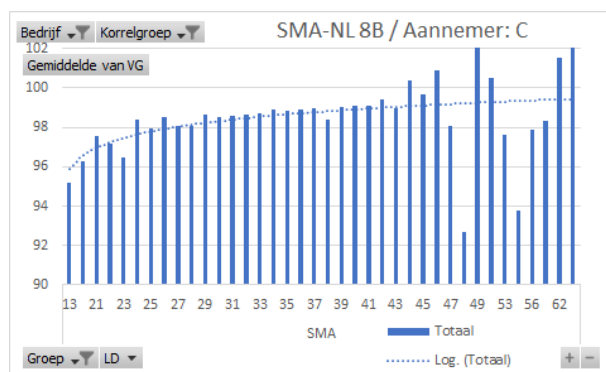
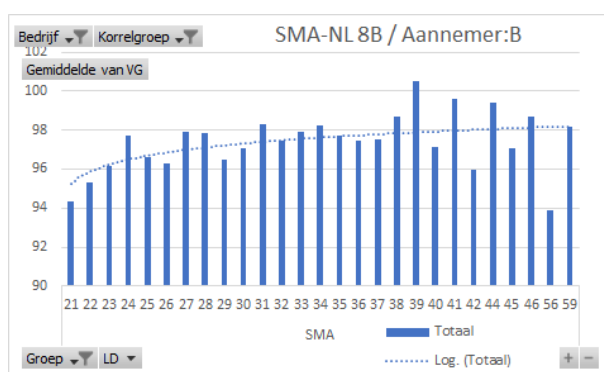
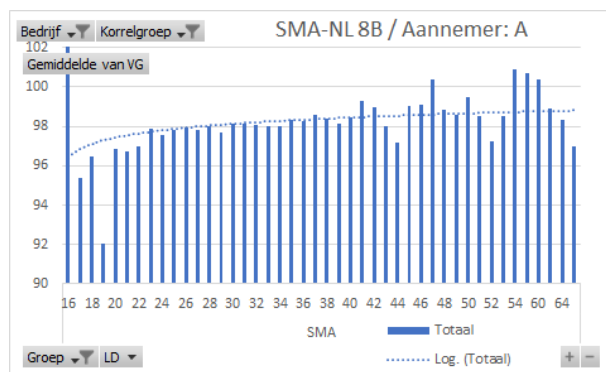
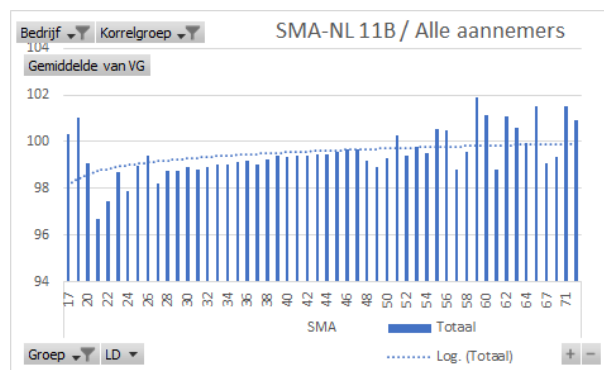
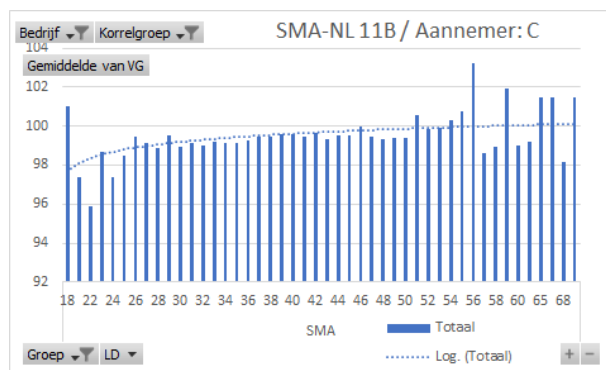
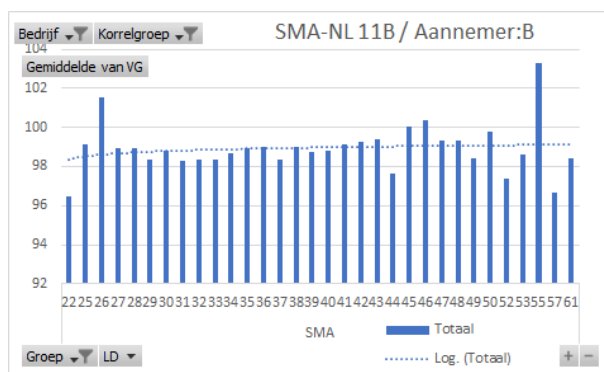
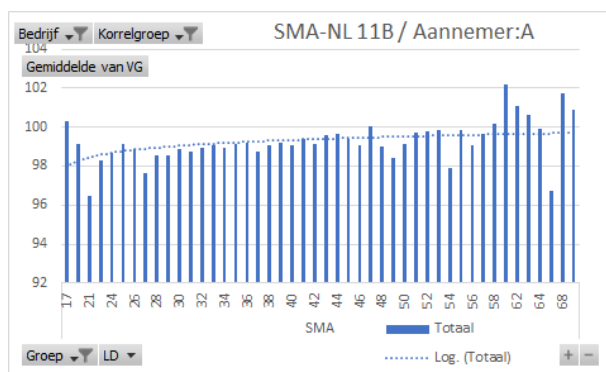
| Aannemer  | Gemiddelde verdichtingsgraad na verwijderen uitbijters |            |           |            |            |
|-----------|--------------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|
|           | SMA-NL 8B                                              | SMA-NL 11B | AC 8 surf | AC 11 surf | AC 16 surf |
| A         | 98,2                                                   | 99,1       |           | 98,9       | 99,3       |
| B         | 98,0                                                   | 98,9       |           |            |            |
| C         | 98,8                                                   | 99,4       |           |            |            |
| AA        |                                                        |            | 98,5      |            |            |
| BB        |                                                        |            | 98,1      |            |            |
| CC        |                                                        |            | 98,6      |            |            |
| DD        |                                                        |            | 98,6      |            |            |
| EE        |                                                        |            | 98,1      |            |            |
| Gemiddeld | 98,4                                                   | 99,2       | 98,2      | 98,9       | 99,3       |

Op basis van deze resultaten kunnen de volgende constatering worden gedaan:

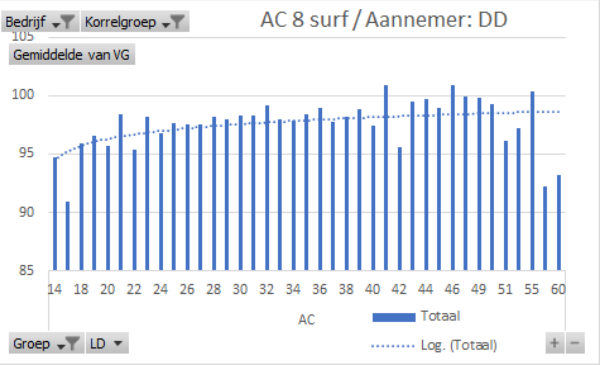
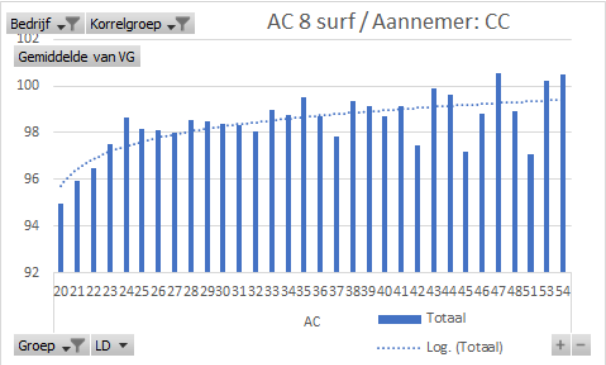
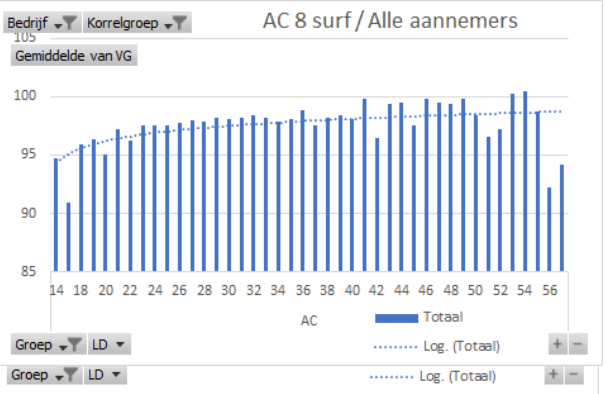
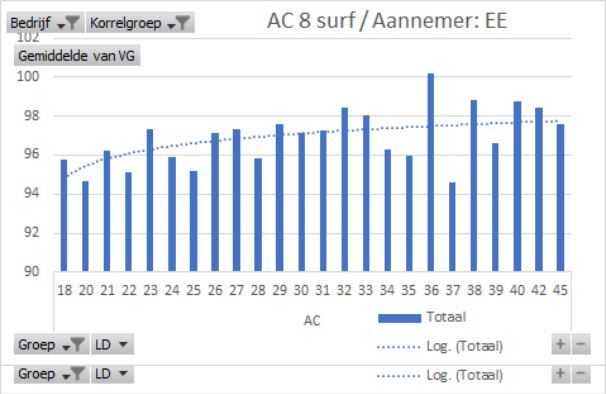
- Hoe groter de maximale nominale korrelmaat van de steenslag in een mengsel, des te hoger de verdichtingsgraad;
- Bij geen enkel mengsel wordt een gemiddelde verdichtingsgraad van 100% gehaald. Zeker voor een grover mengsel, dat verwerkt wordt in grotere laagdikte, is dit wél de verwachting. Dat de gemiddelde verdichtingsgraad niet gemiddeld 100% is, wordt deels veroorzaakt door het feit dat de verdichtingsgraad bepaald wordt ten opzichte van de streefdichtheid van het mengsel uit het type-onderzoek en niet meer op basis van het herverdichten van boorkernen uit de weg of het verdichten van het asfalt tijdens de productie. Met eventuele afwijkingen in mengselsamenstelling tussen type-onderzoek en verwerkt asfalt wordt dus géén rekening gehouden. Maar het kan natuurlijk ook zo zijn dat de streefdichtheid verkeerd wordt ingeschat.

Heeft iedere aannemer hetzelfde probleem?

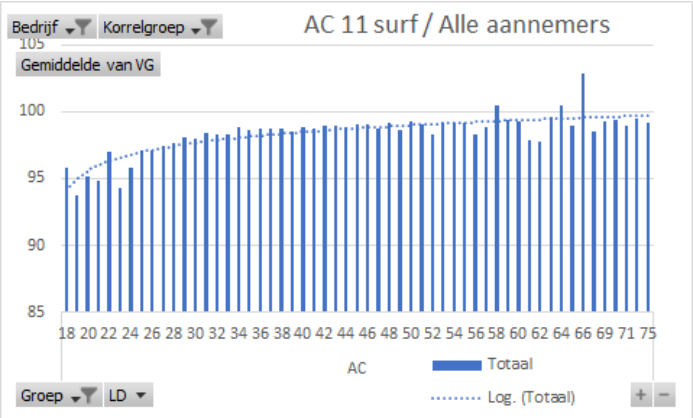
In onderstaande figuren zijn per mengsel en per aannemer de aangeleverde data geanalyseerd. In de figuren is de relatie tussen de gerealiseerde laagdikte en de gemiddelde verdichtingsgraad weergegeven. Voor de duidelijkheid is er ook een logaritmische regressielijn in de grafieken opgenomen.

**SMA-NL 8B:****SMA-NL 11B:**

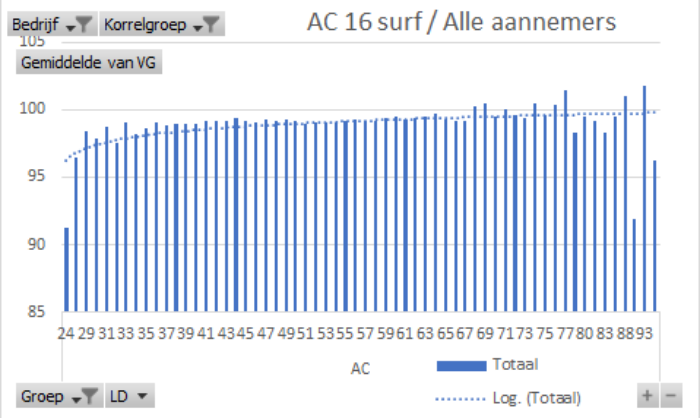
AC 8 surf:



AC 11 surf:



AC 16 surf:



In bijna alle gevallen wordt geconstateerd dat de gemiddelde verdichtingsgraad afneemt als de laagdikte kleiner wordt. Alleen aannemer AA wijkt bij het AC 8 surf mengsel af van deze tendens. Wat verder opvalt is dat de VG bij afname van de laagdikte meer dan evenredig afneemt. In ieder geval is duidelijk dat de laagdikte-VG/HR problematiek een branche breed probleem is.

Is een lage verdichtingsgraad seizoensafhankelijk?

Het is maar de vraag of de geconstateerde afname van de VG bij afname van de laagdikte daadwerkelijk het gevolg is van de afwijkende dichtheid bij lagere proefstukhoogte. Of is een lage VG een gevolg van de ongunstige verwerkingsomstandigheden c.q. is er sprake van een seizoensafhankelijkheid?

In onderstaande tabellen en grafieken zijn de volgende gegevens samengevat:

- De gemiddelde verdichtingsgraad per maand per mengsel;
- Het aantal datapunten per maand per mengsel.

| Mengsel     | Gemiddelde verdichtingsgraad per maand |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Jan                                    | Feb  | Mrt  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Dec  |
| SMA-NL 8B*  | 98,3                                   | 98,6 | 98,4 | 98,2 | 98,5 | 98,5 | 98,6 | 98,1 | 98,6 | 97,9 | 97,9 | 97,6 |
| SMA-NL 11B* | 100,4                                  | 98,5 | 99,3 | 99,0 | 99,3 | 99,4 | 99,5 | 99,2 | 99,1 | 99,1 | 99,3 | 99,2 |
| AC 8 surf   | 97,5                                   | 97,5 | 97,6 | 97,5 | 98,3 | 98,6 | 97,8 | 98,2 | 97,9 | 97,8 | 97,8 | 97,7 |
| AC 11 surf  | 98,7                                   | 98,7 | 98,7 | 98,6 | 98,9 | 99,1 | 98,6 | 98,8 | 98,6 | 98,5 | 97,9 | 97,7 |
| AC 16 surf  | 99,4                                   | 99,1 | 99,1 | 99,2 | 99,4 | 99,2 | 99,5 | 99,0 | 99,0 | 98,9 | 98,9 | 99,3 |

| Mengsel     | Gemiddelde verdichtingsgraad per maand na verwijderen uitbijters |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Jan                                                              | Feb  | Mrt  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Dec  |
| SMA-NL 8B*  | 98,6                                                             | 98,7 | 98,5 | 98,4 | 98,6 | 98,6 | 98,7 | 98,3 | 98,6 | 98,2 | 98,0 | 98,0 |
| SMA-NL 11B* | 100,4                                                            | 98,7 | 99,3 | 99,1 | 99,3 | 99,4 | 99,6 | 99,3 | 99,1 | 99,2 | 99,4 | 99,3 |
| AC 8 surf   | 98,5                                                             | 98,5 | 98,2 | 98,4 | 98,6 | 98,8 | 98,4 | 98,6 | 98,5 | 98,4 | 98,3 | 98,2 |
| AC 11 surf  | 98,9                                                             | 98,9 | 98,9 | 98,9 | 99,1 | 99,3 | 99,0 | 99,0 | 98,7 | 98,9 | 98,6 | 98,9 |
| AC 16 surf  | 99,6                                                             | 99,4 | 99,1 | 99,3 | 99,5 | 99,2 | 99,5 | 99,1 | 99,3 | 99,1 | 99,1 | 99,5 |

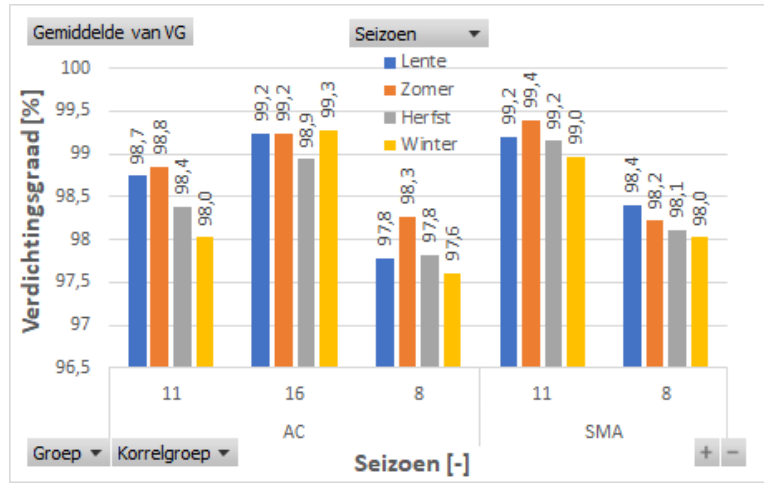
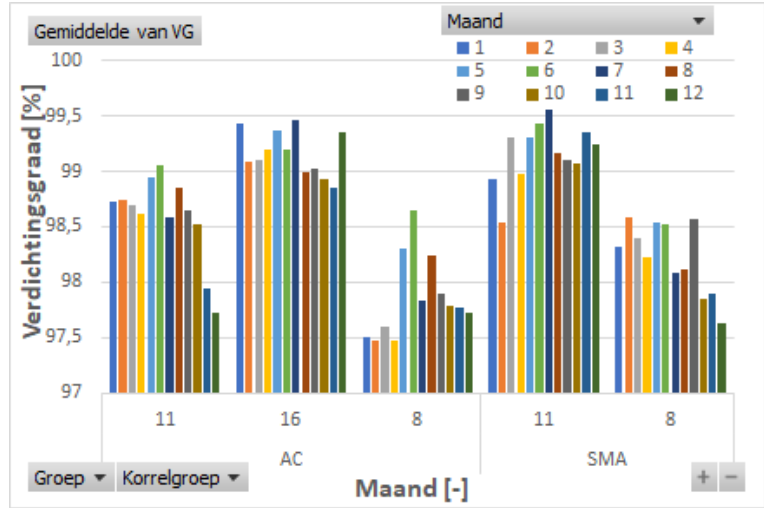
| Mengsel     | Standaarddeviatie per maand |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Jan                         | Feb  | Mrt  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Dec  |
| SMA-NL 8B*  | 2,03                        | 2,13 | 1,88 | 2,17 | 1,83 | 1,91 | 1,88 | 1,83 | 1,78 | 2,17 | 1,72 | 2,25 |
| SMA-NL 11B* | 2,06                        | 2,04 | 1,85 | 1,98 | 1,79 | 1,79 | 1,85 | 2,03 | 1,78 | 1,97 | 1,84 | 1,88 |
| AC 8 surf   | 2,51                        | 2,60 | 1,91 | 2,57 | 1,79 | 1,64 | 2,02 | 2,07 | 1,89 | 2,27 | 1,83 | 1,74 |
| AC 11 surf  | 1,50                        | 1,55 | 1,57 | 1,82 | 1,62 | 1,63 | 1,89 | 1,53 | 1,43 | 1,94 | 2,27 | 2,94 |
| AC 16 surf  | 1,78                        | 2,11 | 1,42 | 1,44 | 1,67 | 1,39 | 1,34 | 1,40 | 1,90 | 1,66 | 1,72 | 1,76 |

| Mengsel     | Standaarddeviatie per maand na verwijderen uitbijters |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|-------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|             | Jan                                                   | Feb  | Mrt  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Aug  | Sep  | Okt  | Nov  | Dec  |
| SMA-NL 8B*  | 1,57                                                  | 2,01 | 1,74 | 1,99 | 1,76 | 1,84 | 1,74 | 1,66 | 1,69 | 1,79 | 1,67 | 1,85 |
| SMA-NL 11B* | 2,06                                                  | 1,78 | 1,85 | 1,90 | 1,77 | 1,79 | 1,81 | 1,90 | 1,76 | 1,86 | 1,82 | 1,86 |
| AC 8 surf   | 1,33                                                  | 1,33 | 1,15 | 1,23 | 1,37 | 1,47 | 1,49 | 1,62 | 1,24 | 1,73 | 1,42 | 1,17 |
| AC 11 surf  | 1,16                                                  | 1,10 | 1,32 | 1,27 | 1,32 | 1,24 | 1,34 | 1,33 | 1,32 | 1,42 | 1,46 | 1,43 |
| AC 16 surf  | 1,54                                                  | 1,60 | 1,33 | 1,33 | 1,44 | 1,31 | 1,32 | 1,32 | 1,50 | 1,38 | 1,39 | 1,58 |

| Mengsel     | Aantal datapunten per maand |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             | Jan                         | Feb | Mrt | Apr | Mei | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dec |
| SMA-NL 8B*  | 105                         | 39  | 168 | 277 | 363 | 419 | 420 | 171 | 456 | 514 | 330 | 136 |
| SMA-NL 11B* | 42                          | 82  | 240 | 338 | 479 | 485 | 546 | 425 | 623 | 967 | 547 | 209 |
| AC 8 surf   | 38                          | 25  | 121 | 129 | 114 | 121 | 103 | 103 | 165 | 175 | 106 | 58  |
| AC 11 surf  | 45                          | 39  | 245 | 399 | 321 | 325 | 263 | 162 | 209 | 263 | 208 | 201 |
| AC 16 surf  | 25                          | 71  | 238 | 342 | 384 | 488 | 354 | 227 | 603 | 404 | 532 | 163 |

\*) Aannemer B heeft geen betrouwbare datumgegevens ingevuld bij SMA-NL 8B en 11B. De gegevens van deze aannemer zijn in de berekeningen van de gemiddelde verdichtingsgraad per maand niet meegenomen.

| Mengsel     | Aantal datapunten per maand na verwijderen uitbijters |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             | Jan                                                   | Feb | Mrt | Apr | Mei | Jun | Jul | Aug | Sep | Okt | Nov | Dec |
| SMA-NL 8B   | 99                                                    | 38  | 164 | 264 | 359 | 415 | 412 | 165 | 448 | 479 | 325 | 125 |
| SMA-NL 11B* | 42                                                    | 79  | 240 | 333 | 477 | 485 | 543 | 418 | 621 | 952 | 546 | 208 |
| AC 8 surf   | 31                                                    | 20  | 104 | 109 | 106 | 116 | 89  | 96  | 143 | 150 | 92  | 52  |
| AC 11 surf  | 44                                                    | 38  | 236 | 381 | 311 | 312 | 245 | 156 | 204 | 245 | 180 | 159 |
| AC 16 surf  | 24                                                    | 67  | 237 | 336 | 374 | 483 | 353 | 224 | 572 | 389 | 511 | 158 |







Als de verdichtingsgraad beïnvloed zou worden door seizoens- of verwerkingomstandigheden, dan zou de relatie tussen verwerkingsseizoen of -maand en verdichtingsgraad een klokvormig verloop hebben: in de minder gunstige verwerkingsmaanden (nov-dec-jan-febr) kan immers een lagere verdichtingsgraad verwacht worden dan in de gunstige verwerkingsmaanden (mei-juni-juli-aug). Uit de gepresenteerde grafieken (gemiddelde VG per seizoen, gemiddelde VG per maand, alle datapunten per maand en gemiddelde en standaarddeviatie VG per maand) kunnen de volgende conclusies getrokken worden:

- Er is wel sprake van enige afhankelijkheid van de seizoenen, maar de effecten zijn niet consistent over alle asfaltmengsels:
  - Bij AC 16 surf is er nauwelijks sprake van seizoens- of maandeffecten;
  - het grootste verschil in verdichtingsgraad over de seizoenen (L-Z-H-W) wordt gevonden bij AC 11 surf. Er is sprake van een verdichtingsgraadverschil van 0,8% (=98,8-98,0) tussen de zomer- en winterperiode;
  - Opvallend is dat bij SMA-NL 8B in het voorjaar met de hoogste verdichtingsgraad wordt verwerkt en dat de verdichtingsgraad in de andere seizoenen afneemt;

- In het algemeen levert het verwerken van deklaagmengsels in de winterperiode de laagste verdichtingsgraad op. In dit kader was de oude regel in de Standaard RAW Bepalingen dat asfalt niet meer verwerkt mag worden in de periode tussen 1 november en 1 april zo slecht nog niet.
- Als er naar de verdichtingsgraad per maand gekeken wordt, kan het volgende geconstateerd worden:
  - Bij alle mengsels is er sprake van een iets hogere verdichtingsgraad bij gunstige weersomstandigheden. Hoe fijner het mengsel, hoe gevoeliger het mengsel wordt voor verwerkingsomstandigheden;
  - Bij zowel SMA-NL 8B als AC 11 surf wordt in de laatste maanden van het jaar een afnemende VG geconstateerd. In de beginmaanden wordt echter nagenoeg dezelfde verdichtingsgraad gevonden als in het midden van het jaar;
  - Bij SMA-NL 11B en AC 16 surf wordt maar een beperkte spreiding in verdichtingsgraad gevonden over de maanden in het jaar;
  - Alleen bij AC 8 surf wordt in de gunstige verwerkingsmaanden mei-juni-juli-aug een verhoging in gemiddelde VG geconstateerd t.o.v. de andere maanden.

Als alle analyses worden beschouwd is er met name voor de mengsels met een kleine maximale nominale korrelmaat (SMA-NL 8B en AC 8 surf), die meestal toegepast worden in dunnere lagen, sprake van een geringe invloed van de verwerkingsomstandigheden op de gerealiseerde verdichtingsgraad van de beschouwde mengsels. Deze seizoensinvloed is echter geen verklaring voor de algemene verdichtingsgraadproblematiek van asfaltdeklaagmengsels.

### Invloed laagdikte op verdichtingsgraad

Nu geconstateerd is dat de lagere verdichtingsgraad van asfalt dat aangebracht is met een geringe laagdikte een branche breed probleem is en beperkt afhankelijk is van de verwerkingsomstandigheden, kan geconcludeerd worden dat een gebrek aan VG bij geringe laagdikte niet veroorzaakt wordt door slechte kwaliteit van het asfalt maar door het feit dat de hoogte van een asfaltproefstuk c.q. laagdikte invloed heeft op de dichtheid van het proefstuk. Deze invloed wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de randeffecten. In de al gememoreerde bijdrage van Jacobs et.al aan de CROW Infradagen van 2020 werd dit ook al gesuggereerd.

In de Standaard RAW bepalingen 2020 wordt in artikel 81.22.14 gesteld dat:

*01 De verdichtingsgraad (proef 66) van lagen met een voorgeschreven laagdikte groter dan 2x de nominale grootste korrelmaat (D) moet 100,0% bedragen. De afwijking van de verdichtingsgraad mag niet meer bedragen dan de in tabel 81.2.4 aangegeven waarden.*

Tabel 81.2.4 Afwijking van de verdichtingsgraad (%)

| mengselgroep<br>asfaltmengsels | één monster | gemiddelde van n monsters per uitvoeringseenheid          |            |             |       |      |
|--------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------|------------|-------------|-------|------|
|                                |             | n = 2                                                     | n = 3 of 4 | n = 5 t/m 8 | n ≥ 9 |      |
|                                | tolerantie  | onthouding van goedkeuring als de afwijking groter is dan |            |             |       |      |
| asfaltbeton                    | 2,0         | 4,4                                                       | 2,00       | 1,75        | 1,50  | 1,00 |
| steenmastiekasfalt             | 3,0         | 5,4                                                       | 3,00       | 2,75        | 2,50  | 2,00 |
| zeer open asfaltbeton          | 3,0         | 5,4                                                       | -          | -           | -     | -    |

*De afwijking van de gemiddelde verdichtingsgraad mag niet meer bedragen dan de in tabel 81.2.4 aangegeven waarden.*

02 Aan de verdichtingsgraad van SMA-NL 5 wordt geen eis gesteld.

Uit de geanalyseerde data wordt niet duidelijk waarom het ene proefstuk wél aan de eis voor verdichtingsgraad voldoet, terwijl een ander proefstuk met dezelfde laagdikte niet aan de eis voldoet.

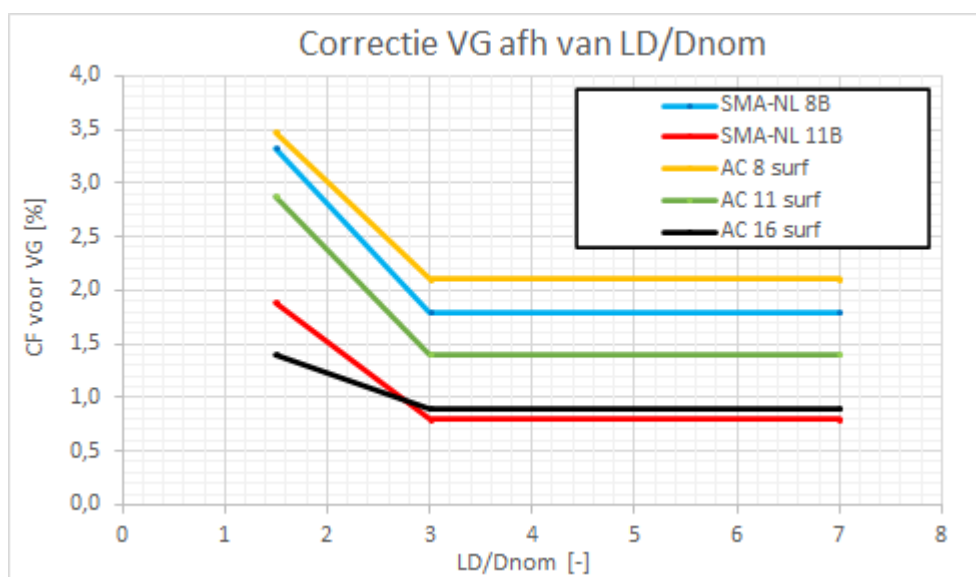
### Oplossing van de problematiek

Zoals al eerder is aangegeven is de verdichtingsgraad- en holle ruimte problematiek van asfaltmengsels een complex probleem, waarin een groot aantal factoren een rol spelen. Hoewel de rol van al deze factoren onduidelijk is, wordt hier voor een pragmatische oplossing van het VG-probleem gekozen. Deze pragmatische oplossing gaat uit van het feit dat de dichtheid van een asfaltproefstuk beïnvloed wordt door de hoogte van dat proefstuk en het feit dat streefdichtheid uit het type-onderzoek geen goede referentiewaarde voor de verdichtingsgraad van dunne deklagen is. Deze oplossing is dus géén oplossing van het probleem, het is alleen een pleister op de wonde<sup>2</sup>. Het gevolg van de pleister is dat er bij het typeonderzoek van dunne deklagen niets veranderd. Dit betekent dat de functionele eigenschappen worden vastgesteld op proefstukken met de streefdichtheid, maar dat enkel voor het bepalen van de verdichtingsgraad van dunne deklagen een laagdikte afhankelijke correctie plaatsvindt omdat aangenomen wordt dat streefdichtheid voor deze mengsels niet representatief is. Het is dus wel zaak om de werking van deze pragmatische oplossing over een aantal jaren te evalueren en na te gaan of de oplossing niet tot onterechte goedkeuring van slechte kwaliteit asfalt heeft geleid of tot onterechte afkeur van goede kwaliteit.

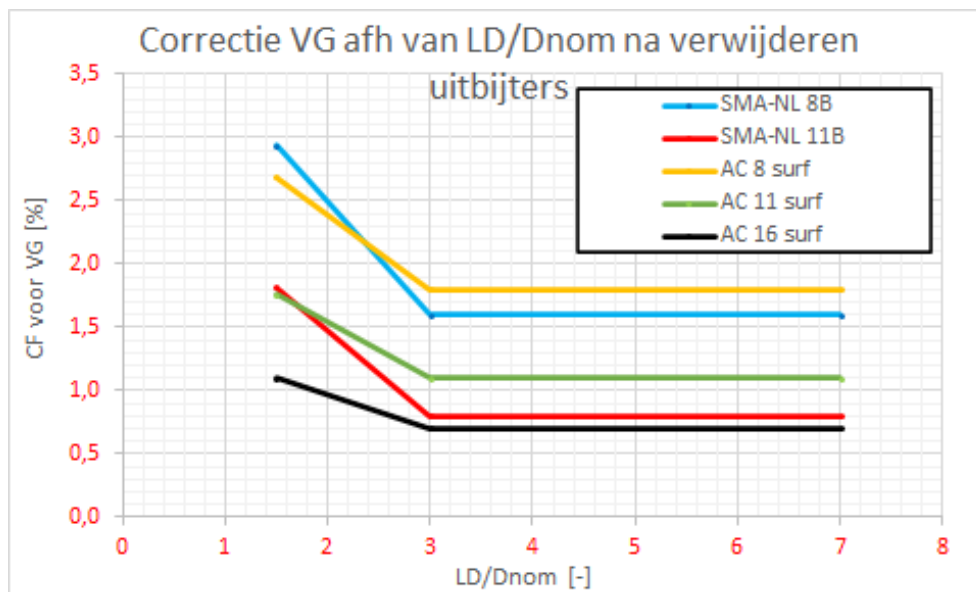
Het voorstel is om niet de eisenstelling in tabel 81.2.4 aan te passen, maar een correctieterm voor de VG in te voeren bij de bepaling van de VG conform proef 66:

$$VG = \frac{\rho_{\text{proefstuk}}}{\rho_{\text{streefdichtheid}}} * 100\% + \text{correctiefactor CF}$$

waarbij de correctiefactor CF afgelezen kan worden uit onderstaande grafiek. In deze grafiek is LD de gemeten laagdikte in de boorkern [in mm] en  $D_{\text{nom}}$  is de nominale maximale korrelmaat in het desbetreffende asfaltmengsel [in mm].



<sup>2</sup> Er zijn nog andere oplossingen mogelijk, bijvoorbeeld door boorkernen te herverdichten of door speciemonsters tijdens de mengselproductie te maken zoals we in het verleden al gewend waren.



Bij het bepalen van deze correctiegrafiek is de volgende werkwijze gebruikt:

1. Er is gebruik gemaakt van alle datapunten (incl. en excl. uitbijters) in de database;
2. Per mengsel is een regressieanalyse uitgevoerd, waarbij gebruik gemaakt is van een logaritmische relatie tussen  $LD/D_{nom}$  en de VG ( $y=a*\ln(x)+b$ );
3. Vanaf een  $LD/D_{nom}$ -waarde van 3 wordt er een correctie op de VG toegepast die gekoppeld is aan de gevonden gemiddelde VG in de tabel op pagina 4 van dit document. Bijvoorbeeld bij SMA-NL 8B wordt een gemiddelde VG over alle datapunten van 98,2% gevonden. Daarom wordt vanaf  $LD/D_{nom}=3$  een correctie van  $100-98,2=1,8\%$  op de verdichtingsgraad toegepast;
4. Op de data  $LD/D_{nom}<3$  wordt een extra correctie uitgevoerd. Hierbij is gewerkt met een lineaire relatie, die recht doet aan de regressievergelijkingen van alle datapunten per mengsel;
5. De verschillen in de grootte van de correctieterm voor de verdichtingsgraad tussen de analyse op de volledige en de gereduceerde database (na verwijderen uitbijters) is relatief beperkt.

Voor laagdikten groter dan 3D verandert de correctie als volgt:

| Data                      | Correctieterm verdichtingsgraad als laagdikte > 3D |            |           |            |            |
|---------------------------|----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|
|                           | SMA-NL 8B                                          | SMA-NL 11B | AC 8 surf | AC 11 surf | AC 16 surf |
| Alle                      | 1,8                                                | 0,8        | 2,1       | 1,4        | 0,9        |
| Na verwijderen uitbijters | 1,6                                                | 0,8        | 1,8       | 1,1        | 0,7        |
| Verschil                  | 0,2                                                | 0          | 0,3       | 0,3        | 0,2        |

Voor de holle ruimte wordt géén correctie voor de invloed van proefstukhoogte op dichtheid proefstuk doorgevoerd. De redenen hiervoor zijn:

- de holle ruimte is de enige parameter in het kwaliteitsborgingssysteem dat nog iets zegt over de kwaliteit van de verwerking van het asfaltmengsel in de weg. Immers, bij de bepaling van dichtheid mengsel wordt gebruik gemaakt van boorkernen uit het werk. Met de invloed van de proefstukdikte op de proefstukdichtheid wordt bij de holle ruimte bepaling (nog) geen rekening gehouden;
- de referentie voor de bepaling van de holle ruimte (d.i. dichtheid mengsel) wordt in opleveringscontroles rechtstreeks bepaald door onderzoek op boorkernen uit de weg. Dus eventuele afwijkingen in mengselsamenstelling worden verdisconteerd in de bepaling van dichtheid mengsel<sup>3</sup>.

Opmerking:

Voor de tervisielegging is gebruik gemaakt van de data na verwijderen van de uitbijters.

<sup>3</sup> Als bedrijfscontroles gebruikt worden als opleveringscontroles is het wél noodzakelijk dat in het onderzoek dichtheid mengsel bepaald wordt op basis van kernen uit het werk en niet op basis van de gevonden dichtheid mengsel in het type-onderzoek.