



**Opzoekingscentrum
voor de Wegenbouw**
Samen voor duurzame wegen

Handleiding

voor slemlagen



Aanbevelingen

A 98 – Rev. 1

Sinds 1952 staat het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW) als onpartijdig onderzoekscentrum ten dienste van alle partners in de Belgische wegenbranche. OCW deelt zijn kennis met professionals uit de wegenbranche onder meer door middel van zijn publicaties (handleidingen, syntheses, researchverslagen, meetmethoden, dossiers, informatiebladen, OCW Newsletter, activiteitenverslag). Onze publicaties worden in het binnen- en buitenland op ruime schaal verspreid bij centra voor wetenschappelijk onderzoek, universiteiten, openbare instellingen en internationale instituten. Meer informatie over onze publicaties en activiteiten: www.brrc.be/nl.

Aanbevelingen A 98

Handleiding voor slemlagen

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947

Brussel

2023



Deze handleiding is opgesteld door de werkgroep “Slemlagen” van het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW).

Samenstelling van deze werkgroep

Voorzitter

A. Destrée (OCW)

Secretarissen

B. Beaumesnil (OCW) en J. De Visscher

Leden

Frank De Baan (Eurovia), Andie De Doncker (COPRO), Pierre Hontoy (SPW), Julie Schklar (Colas), Laurent Cantigniaux (SOCOGETRA), Jurgen Van Berleere (WILLEMEN INFRA), Leon Dezwart (WILLEMEN INFRA), Frank Bohez (Gravaubel), Vincent Frenay (Gravaubel), Emilie Genin (SPW), Philippe Keppens (AWV), David Sladden (Colas), Paul Van Eyck (Gastdocent wegenbouw PXL hogeschool).

OCW-medewerkers

Philippe Bourdon, Ben Duerinckx, Joeri Feremans, Anne Fondu, Erik Kestens, Philippe Peaureaux, Nathalie Piérard, Els Schelkens, Tine Tanghe, Ann Vanelstraete, Peter Vanelven, Stefan Vansteenkiste, Eddy Wouters.

Dankbetuiging

Onze dank gaat uit naar het Bureau voor Normalisatie, voor de financiële steun aan het prenormatief onderzoeksproject “Europese Proefmethoden voor slemlagen” (contract CCN NBN/PN16A04-B04) en naar het OCW-team dat zich hiervoor inzet. Onontbeerlijk voor deze handleiding zijn de waardevolle praktische informatie en medewerking verleend door de exploitanten van steengroeven, de producenten van emulsies en additieven, de aannemers van slemwerken en de wegbeherende overheden van Vlaanderen en Wallonië. Ten slotte gaat ook zeer bijzondere dank uit naar de leden van de werkgroep, voor het leveren van nuttige informatie, voor de lezing van de teksten en voor hun constructieve commentaren.

Bericht aan de lezer

Hoewel de aanbevelingen in deze handleiding met de grootst mogelijke zorg zijn opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW en de personen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, kunnen geenszins aansprakelijk worden gesteld voor de verstrekte informatie, die louter als documentatie en zeker niet voor contractueel gebruik is bedoeld.

Handleiding voor slemlagen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. – Brussel : OCW, 2023, 140 blz. – (Aanbevelingen, 1376-9332 ; A 98 Rev. 1)

Wettelijk depot: D/2019/0690/6

Verantwoordelijke uitgever: A. De Swaef, Woluwedal 42 - 1200 Brussel

© OCW Alle rechten voorbehouden

Inhoud

Woord vooraf		1
1	Inleiding	3
1.1	Beschrijving	3
1.2	Doel van een slemtoepassing	5
1.3	Inzet	6
2	Materialen, CE-markering en productfamilies	7
2.1	Materialen	7
2.1.1	Aggregaten	7
2.1.1.1	Aard en herkomst	8
2.1.1.2	Geometrische kenmerken	8
2.1.1.3	Mechanische kenmerken	10
2.1.1.4	Opbouw van het korrelskelet	11
2.1.2	Emulsies	12
2.1.2.1	Wat is een bitumenemulsie?	13
2.1.2.2	Emulsies van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel	14
2.1.2.3	Breking en rijping van een emulsie	14
2.1.2.4	Welke emulsie gebruiken, en in welke hoeveelheid?	14
2.1.2.5	Kenmerken van bitumenemulsies en residuale bindmiddelen	15
2.1.3	Toegevoegd water	18
2.1.4	Speciale fijne bestanddelen (cement, kalk)	19
2.1.5	Andere additieven	20
2.1.5.1	Brekingsremmer	20
2.1.5.2	Vezels	20
2.1.5.3	Pigmenten	21
2.2	CE-markering en productfamilies	22
2.2.1	CE-markering	22
2.2.2	Productfamilies	22
3	Vorbereiding van het bestaande wegdek	25
3.1	Voorafgaandelijke herstellingen	26
3.1.1	Herstellen van de vlakheid	26
3.1.2	Herstellen van inzinkingen en kippennesten	26
3.1.3	Behandelen van scheuren	27
3.1.3.1	Micro- of haarscheuren ($w \leq 2$ mm)	28
3.1.3.2	Scheuren met scheurwijdte tussen 2 en 5 mm ($2 < w \leq 5$ mm)	28
3.1.3.3	Wijde scheuren ($w > 5$ mm)	28
3.1.4	Behandelen van poreuze zones	29
3.1.4.1	Lage porositeit	30
3.1.4.2	Matige porositeit	30
3.1.4.3	Hoge porositeit	31
3.1.5	Behandelen van zweten	31
3.1.5.1	Licht zweten	32
3.1.5.2	Matig of zwaar zweten	32
3.1.6	Inspectie afwatering van de weg en voorbereiden van de bermen	33
3.2	Vorbereidende werkzaamheden	34
3.2.1	Verwijderen van wegmarkeringen	34
3.2.1.1	Thermoplastische markeringen	34
3.2.1.2	Markeringen op basis van wegverf	34
3.2.2	Reinigen van het wegdek	34

3.2.3	Beschermen van niet met slem te overlagen oppervlakken	35
3.2.4	Aanbrengen van een kleeflaag	36
4	Toepassingen van slem	37
4.1	Soorten toepassingstechnieken	38
4.1.1	Eenlaagse slem	38
4.1.2	Tweelaagse slem	40
4.1.3	Bestrijking met slemafdichting	41
4.2	Keuze van de slemtoepassing, de samenstelling en de korrelverdeling	42
4.2.1	Verkeer	42
4.2.2	Conditie van het wegdek	43
4.3	Specifieke toepassingen	46
4.3.1	Als bescherming van onderlagen bij gefaseerde werken	46
4.3.2	Voor het inbedden van stalen wapeningsnetten als scheurremmende tussenlaag	46
4.4	Uitvoeringsperiode	47
4.5	Globale overzichtstabel en voorbeeld	48
4.5.1	Globale overzichtstabel	49
4.5.2	Voorbeeld ter illustratie van de keuze van het geschikte slemtype en de korrelmaat	50
5	Mengselontwerp	57
5.1	Keuze van de materialen	58
5.1.1	Keuze van de aggregaten	59
5.1.2	Keuze van de emulsie	59
5.1.3	Keuze van het cement	59
5.1.4	Keuze van een brekingsremmer	60
5.1.5	Keuze van andere additieven	60
5.2	Theoretische formulering	60
5.2.1	Samenstelling van het aggregaat	60
5.2.2	Hoeveelheid emulsie	62
5.2.3	Hoeveelheid cement	63
5.2.4	Hoeveelheid water	63
5.3	Experimenteel mengselontwerp	64
5.3.1	Beproevingsmethodes	65
5.3.1.1	Mengbaarheidstijd	65
5.3.1.2	Consistentie	65
5.3.1.3	Cohesie	66
5.3.1.4	Slijtageproef	68
5.3.2	Experimentele ontwerpprocedure	69
5.4	Invloed van de mengselparameters op de prestaties	71
6	Uitvoering van slem	73
6.1	Stockageplaats	73
6.1.1	Locatie	73
6.1.2	Ondergrond	73
6.1.3	Inrichting stockageplaats	74
6.1.4	Bescherming van de aggregaten	76
6.2	Bouwplaatsinrichting	76
6.3	Laden van de slemmachine	77
6.4	Materieel	79
6.4.1	De slemmachine	79
6.4.1.1	Dosering en sturing	80

6.4.1.1.1	Aggregaten	81
6.4.1.1.2	Emulsie	81
6.4.1.1.3	Toegevoegd water en andere additieven	81
6.4.1.2	Menger	81
6.4.2	De slede	82
6.4.3	De bandenwals	84
6.4.4	De tankwagen voor emulsie	85
6.5	Spreiden van de slem	85
6.5.1	Weersomstandigheden	85
6.5.2	Bijsturen van de consistentie en het breekgedrag via toegevoegd water en additieven	86
6.5.3	Spreiden van de slemlaag	88
6.5.4	Manueel werk bij meer complexe geometrie	90
6.5.5	Aanliggende slemstroken	91
6.6	Breken en rijpen van de slem	92
6.6.1	De brekingsfase	92
6.6.2	De rijpingsfase	93
6.7	Openstelling voor het verkeer	94
6.8	Textuur	95
6.9	Walsen	97
6.10	Aanbrengen markeringen	98
6.11	Mogelijke schadebeelden in een slemlaag	99
6.11.1	Schadebeelden ontstaan tijdens de uitvoering.	99
6.11.1.1	Groeven	99
6.11.1.2	Dwarse ribbelforming	100
6.11.1.3	Bulten	101
6.11.1.4	Sporen van slemvrachtwagen	101
6.11.1.5	Gapende langsnaad	102
6.11.2	Schadebeelden ontstaan na de aanleg	102
6.11.2.1	Rafeling	102
6.11.2.2	Scholvorming	103
6.11.2.3	Zweten en pseudozweten	103
6.11.2.4	Wringplekken	104
6.11.2.5	Verschuivingen en vorming van bulten	105
6.12	Oplevering	105
7	Duurzaam wegbeheer met slems	107
7.1	Duurzaamheid van slems	107
7.2	Efficiënte preventieve onderhoudsstrategie	108
7.3	Voorbeeld van een kostenanalyse	109
7.4	Evaluatie geschiktheid weg voor slemtoepassing	114
7.4.1	Inleiding	114
7.4.2	Bepaling van de visuele index voor slemtoepassingen	114
7.4.2.1	De visuele inspectie	114
7.4.2.2	Berekening van de visuele index voor slemtoepassingen (VI_{slem})	116
7.4.2.3	Beoordeling van de visuele index voor slemtoepassingen	117
7.4.3	Specifieke omstandigheden waar slemtoepassingen geen goede oplossing zijn	118
Literatuur		119
Bijlage 1 – Proeven ter bepaling van geometrische en mechanische kenmerken van aggregaten		125

Lijst van de figuren

Figuur 1.1 – Achterzijde van slemmachine en slede	3
Figuur 1.2 – Ruwe textuur van een slem bij plaatsing	4
Figuur 1.3 – Fietspad (links) en verkeerseiland (rechts) met rode slem	5
Figuur 3.1 – Inzinking	27
Figuur 3.2 – Wegdek met gegroepede wijde scheuren (netscheurvorming)	29
Figuur 3.3 – Geblokkeerd afwateringssysteem reinigen (a) en berm doorsteken (b)	33
Figuur 3.4 – Verwijderen van wegmarkering	34
Figuur 3.5 – Schade aan oppervlakbehandeling door niet-verwijderde wegmarkering	34
Figuur 3.6 – Afplakken nutsvoorziening	35
Figuur 3.7 – Afdekken niet te behandelen goot	35
Figuur 4.1 – Voorbeeld van beginnende rafeling	39
Figuur 4.2 – Bestrijking met slemafdichting – Variant 1	41
Figuur 4.3 – Bestrijking met slemafdichting – Variant 2	42
Figuur 5.1 – Procedure mengselontwerp	58
Figuur 5.2 – Korrelverdelingen van enkele typische aggregaatmengsels voor slems (0/6,3), vergeleken met vroegere Belgische vereisten en andere richtlijnen	61
Figuur 5.3 – Voorbeeld van uitvoering van de consistentieproef volgens norm EN 12274-3	66
Figuur 5.4 – Voorbeeld van twee consistenties voor slem (hoog en laag)	66
Figuur 5.5 – Voorbeeld van uitvoering van de cohesieproef volgens norm EN 12274-4	67
Figuur 5.6 – De vier schadebeelden, zoals aangegeven in norm EN 12274-4	67
Figuur 5.7 – Voorbeeld van een slem met een zwakke cohesie (a) en een sterke cohesie (b) na de uitvoering van een cohesieproef volgens norm EN 12274-4	68
Figuur 5.8 – Voorbeeld van uitvoering van de slijtageproef volgens norm EN 12274-5	69
Figuur 5.9 – Voorbeeld van een slem met een zwakke slijtweerstand (a) en een sterke slijtweerstand (b) na uitvoering van de slijtageproef volgens norm EN 12274-5	70
Figuur 5.10 – Flowchart van het experimenteel mengselontwerp	70
Figuur 5.11 – Illustratie van het verloop van slijtvastheid en weerstand tegen zweeten als functie van de hoeveelheid emulsie	71
Figuur 6.1 – Stock van aggregaten op onverharde (links) en op verharde (rechts) ondergrond	74
Figuur 6.2 – Stock van aggregaten die enkele centimeters boven het oppervlak werd ingeschept	74
Figuur 6.3 – Stockageplaats met aggregaten en twee tankwagens	75
Figuur 6.4 – Schoonmaken van de slemslede	75
Figuur 6.5 – Gefaseerde aanleg slem	76
Figuur 6.6 – Bandenspoor in verse slem	77
Figuur 6.7 – Laden van het zand met een kraan (foto links) of een wiellader (foto rechts)	78
Figuur 6.8 – Vervuilde emulsiefilter van slemmachine	79
Figuur 6.9 – Slemmachine zonder en met vrachtwagenchassis (bron: Strassmayr)	79
Figuur 6.10 – Onderdelen slemmachine	80
Figuur 6.11 – Automatisch (links) en manueel (rechts) doseringssysteem	81
Figuur 6.12 – Menger (Bron: Colas Belgium SA)	82
Figuur 6.13 – Slemslede met twee instellingswielen op de zijkanten en centraal een derde instellingspunt om de hoogte te regelen	83
Figuur 6.14 – Slede met mengsysteem	83
Figuur 6.15 – Mengmechanisme in de slede	83
Figuur 6.16 – Slemslede met flexibele afstrijkslab	84
Figuur 6.17 – Bandenwals	84
Figuur 6.18 – Afbeelding van de slemmachine en het spreidingsprincipe van de slem	85
Figuur 6.19 – Slem met te hoge consistentie tijdens de uitvoering	86
Figuur 6.20 – Slemmachine met operator	88
Figuur 6.21 – Slemslede vullen aan hoogste zijde via stortteut	89
Figuur 6.22 – Elastische afstrijkslab	89
Figuur 6.23 – Boorden worden afgestroken met aftrekkers	89
Figuur 6.24 – Schematische voorstelling van de afstrijkslab van de slede	90

Figuur 6.25 – Parkeerstrook waar de slem manueel werd aangelegd (links); rafeling (rechts)	90
Figuur 6.26 – Vrachtwagen die door de verse slem rijdt	91
Figuur 6.27 – Vrachtwagen uitgerust met sproeisysteem voor de banden	91
Figuur 6.28 – Schema van de evolutie van de slem in de tijd na het verlaten van de slemmachine	92
Figuur 6.29 – Links reeds gebroken slem (zwart), rechts bruine slem voor de brekingsfase	93
Figuur 6.30 – Vingertest waarbij rijpingsfase onvoldoende is ingezet, bitumen kleeft aan vinger	93
Figuur 6.31 – Rafeling van de slem in de wielsporen door te vroege openstelling voor het verkeer	94
Figuur 6.32 – Openstellen van de weg na volledige breking en rijping	94
Figuur 6.33 – Ruwe textuur vlak na aanleg en voor openstelling voor verkeer	95
Figuur 6.34 – Dichtgereden textuur door verkeer één jaar na aanleg	95
Figuur 6.35 – Weg met middenmarkering: textuur meer dichtgereden in de wielsporen dan tussen de wielsporen	96
Figuur 6.36 – Weg met open en ruwe randzone in de slemlaag	96
Figuur 6.37 – Bandenwals	97
Figuur 6.38 – Wals met sproeisysteem om de banden nat te houden	98
Figuur 6.39 – Groeven door grote stenen vlak na de aanleg van de slemlaag	99
Figuur 6.40 – Dichtgereden groef: links situatie bij aanleg, rechts dezelfde steen na één jaar	100
Figuur 6.41 – Okerkleurige slem met dwarse ribbelvorming	101
Figuur 6.42 – Wielspoor in natte slem (links), blijft zichtbaar, ook na één jaar (rechts)	101
Figuur 6.43 – Sleepspoor van de slede wordt bijgewerkt	102
Figuur 6.44 – Links individueel steenverlies en rechts uitgerukte gerafelde zone	102
Figuur 6.45 – Scholvorming	103
Figuur 6.46 – Zweten in de linkerwielsporen	104
Figuur 6.47 – Wringplekken	104
Figuur 6.48 – Bultvorming door verschuiving op een rotonde	105
Figuur 7.1 - De drie pijlers van duurzame ontwikkeling	107
Figuur 7.2 - Vergelijking van preventief en corrigerend onderhoud en impact op wegconditie en levensduur	109
Figuur 7.3 - Netto huidige waarde (NHW) van de toplaag in asfaltbeton (zonder en met oppervlakbehandelingen); de lijnen geven de overeenkomstige totale levensduur	111
Figuur 7.4 - Jaarlijkse equivalente kosten (JEK) van de toplaag in asfaltbeton (zonder en met oppervlakbehandelingen)	112
Figuur 7.5 - Besparing op jaarlijkse equivalente kosten van de toplaag in asfaltbeton (zonder en met oppervlakbehandelingen)	113
Figuur 7.6 – OCW-meetvoertuig uitgerust met Imajbox®	114
Figuur 7.7 – Visuele inspectie met Imajview® aan de hand van de beelden van de Imajbox®	115
Figuur 7.8 – Wegdek dat het einde van de levensduur heeft bereikt	116

Lijst van de tabellen

Tabel 2.1 – Productfamilies en wegcategorieën	23
Tabel 3.1 – Definities scheurtypes	27
Tabel 3.2 – Nodige voorbehandeling als functie van scheurtype en voorkomen	28
Tabel 3.3 – Definitie porositeitsklassen	30
Tabel 3.4 – Nodige herstelling als functie van porositeitsklasse	30
Tabel 3.5 – Definitie klassen van zweten	32
Tabel 4.1 – Overzicht van de meest gangbare korrelmaten voor tweelaagse slem	40
Tabel 4.2 – Definitie van verkeersklassen voor slems	42
Tabel 4.3 – Aanbevolen keuzes als functie van de verkeersklasse	43
Tabel 4.4 – Aanbevolen keuzes als functie van het snelheidsregime	43
Tabel 4.5 – Aanbevolen keuzes als functie van de dwarsonvlakheid	44
Tabel 4.6 – Aanbevolen keuzes als functie van de scheurwijdte	45
Tabel 4.7 – Aanbevolen keuzes als functie van de porositeitsklasse	46
Tabel 4.8 – Nodige voorbereiding en keuze van slemtype en korrelmaat als functie van de aanwezige verkeersintensiteit, de onvlakheid, de scheurwijdte en de porositeitsklasse van het wegdek	49
Tabel 5.1 – Volgens de richtlijn minimaal te bereiken torsiemoment bij rijpingstijden van 30 en 60 min. voor slems die voor een snelle openstelling voor verkeer zijn bestemd (ISSA, 2020)	68
Tabel 5.2 – Meest verwachte impact van mengselparameters op de prestaties (indicatief)	72
Tabel 7.1 – Aannames en gegevens waarop het rekenvoorbeeld is gebaseerd, voor het geval van oppervlakbehandeling met een tweelaagse slem	110
Tabel 7.2 – Gewichtsfactoren volgens MN 89 en aangepaste gewichtsfactoren voor slemtoepassingen	117

Woord vooraf

Deze handleiding is tot stand gekomen op vraag van de asfaltsector. Ze sluit aan bij het onderzoeksproject “Europese Proefmethoden voor slemlagen”, dat op 1 juni 2016 van start is gegaan, met financiële steun van het Bureau voor Normalisatie (NBN). Met dit onderzoeksproject wil het OCW bijdragen tot een betere beheersing van de kwaliteit van slemlagen, waardoor betere en meer hoogwaardige slems kunnen worden gerealiseerd door de asfaltsector.

Het OCW wil met deze handleiding de aandacht vestigen op de mogelijkheden en beperkingen van slemlagen, de voorwaarden waaraan de bestaande weg moet voldoen en de eventueel noodzakelijke voorafgaandelijke herstellingen.

De slem moet absoluut doelgericht en op een correcte manier worden toegepast. Als wegbeheerder en adviesbureau moet men hiermee rekening houden, om te beoordelen waar en wanneer een slem de aangewezen oplossing is om de toestand van de weg op peil te houden. Deze handleiding vormt een onmiskenbaar hulpmiddel bij deze inspanningen.

Andere aspecten, zoals een definitie van de slemlaagtechniek, een beschrijving van de bestanddelen, het gebruik van de CE-markering en de definitie van de productfamilies van de slems komen eveneens aan bod. Aangezien het tijdig en regelmatig toepassen van een slem perfect past in een duurzame onderhoudsstrategie, wordt ook dit thema uitgebreid behandeld in deze handleiding.

Uiteraard zijn de methodologie voor het mengselontwerp en de uitvoering eveneens van cruciaal belang voor een geslaagde toepassing. Deze twee onderwerpen zullen meer gericht zijn op de uitvoerders van slemwerken.

Inhoud van de handleiding

De lezer zal in deze handleiding een eerste inleidend hoofdstuk vinden waarin de technologie, de doelstellingen en het belang van slemlagen worden beschreven. In hoofdstuk 2 volgt dan een beschrijving van de bestanddelen van slemlagen, het gebruik van de CE-markering en de definitie van de productfamilies.

Hoofdstuk 3 behandelt de voorafgaandelijke herstellingen en voorbereidende werken, die van cruciaal belang zijn voor de duurzaamheid van de slemlagen. Daarna, in hoofdstuk 4, volgen de soorten toepassingen. Er wordt ook aangegeven waar en wanneer een oppervlakbehandeling met slem gepast is. De keuze van de slemtoepassingen wordt aan de hand van een voorbeeld concreet geïllustreerd.

Hoofdstuk 5 zal gewijd zijn aan de methodologie voor het mengselontwerp van de slems en aan de normatieve proeven die gebruikt kunnen worden om slems samen te stellen. Hoofdstuk 6 zal worden gewijd aan de uitvoering van de slems. In het laatste hoofdstuk zal op de duurzaamheid van slems worden ingegaan; enerzijds door de keuze van een preventieve onderhoudsstrategie en anderzijds door een goede selectie van wegen waarop een slembehandeling zin heeft. De proeven ter bepaling van geometrische en mechanische kenmerken van aggregaten (beschreven in hoofdstuk 2) worden kort beschreven in bijlage 1.

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Beschrijving

Een slem is een bitumineus mengsel van minerale aggregaten, emulsie, water en gepaste additieven (cement, brekingsremmer, pigment). Men onderscheidt vier soorten, naargelang van het kaliber van het granulaatmengsel: 0/2, 0/4, 0/6,3 en 0/10 mm.

Slemlagen worden toegepast als oppervlakbehandeling, in één of twee lagen.

Steeds vaker worden zij ook toegepast in combinatie met een bestrijking, een techniek die algemeen bekend staat als bestrijking met slemafdichting. *Gezien dit een aparte techniek is, wordt in het kader van deze handleiding hierop niet dieper ingegaan, met uitzondering van de korte beschrijving in hoofdstuk 4. Vermits er gebruik gemaakt wordt van slem wordt de techniek wel vermeld als mogelijke keuze in de verschillende tabellen van hoofdstuk 3 en 4 voor de keuze van een geschikte oppervlakbehandelingstechniek.*

Slems worden op de bouwplaats koud aangemaakt in een mobiele slemmachine (figuur 1.1). Achteraan de machine bevindt zich de menger, die de verschillende bestanddelen mengt volgens de ingestelde mengverhouding. Het mengsel komt terecht in een slede, die door de slemmachine wordt voortgetrokken. In de slede wordt het mengsel gelijkmatig verspreid over de breedte van de rijstrook en aangebracht op het wegdek. Een rubberen flap achteraan de slede strijkt de laag af op een dikte die ruwweg geschat kan worden op anderhalf à tweemaal de grootste korrelmaat van het mengsel.



Figuur 1.1 – Achterzijde van slemmachine en slede

Vooraleer de weg wordt opengesteld voor het verkeer, moet de slem voldoende cohesie hebben ontwikkeld om te weerstaan aan de belasting. De cohesie neemt toe van zodra het brekingsproces van de emulsie op gang komt. De brekingsnelheid hangt af van de bestanddelen en het mengselontwerp, maar wordt ook beïnvloed door de weersomstandigheden: hoe kouder en vochtiger de omgeving, hoe langzamer het brekingsproces verloopt. Met een goed geformuleerd mengsel en in de juiste omstandigheden kan de cohesie reeds na een half uur voldoende hoog zijn, zodat de hinder voor het verkeer en de omwonenden zeer beperkt is.

Na plaatsing vertoont een slemlaag een ruwe textuur (figuur 1.2). Naarmate het wegdek nadien bereiden wordt, zal de textuurdiepte geleidelijk afnemen en wordt het uitzicht meer gelijkend op een dicht asfaltbeton. Hoe groter de korrelmaat van de bovenste slemlaag, hoe ruwer de textuur bij aanleg en hoe langer het duurt om te worden dichtgereden door het verkeer. Om dit proces te versnellen, bijvoorbeeld op een weg met weinig verkeer, kan men een bandenwals inzetten bij aanleg.



Figuur 1.2 – Ruwe textuur van een slem bij plaatsing

Een belangrijk voordeel van slemlagen is dat, dankzij de geringe dikte, er weinig aanpassingswerken nodig zijn aan drempels, goten en waterafvoeren, alsook aan berm en niveaus van zijstraten.

Slems passen perfect in een preventieve onderhoudsstrategie, waarin ze op regelmatige tijden worden aangebracht om de waterdoorlatendheid en de oppervlakkenmerken op peil te houden. De verschillende toepassingsmogelijkheden en de aanbevolen keuzes als functie van het verkeer en de toestand van de weg komen aan bod in hoofdstuk 4.

Een slem is daarentegen niet geschikt om een zwaar beschadigde weg te herstellen. Het rechtstreeks aanbrengen op een wegdek met scheuren, ernstige rafeling, kippennesten, scholvorming en spoorvorming (meer dan 25 mm) is allesbehalve duurzaam, omdat de onderliggende schade vrijwel onmiddellijk zal doorgroeien naar de bovenliggende slemlaag. Daarom is het noodzakelijk om voorafgaandelijk de gepaste herstellingen uit te voeren, zodat de daaropvolgende behandeling met slem tot een duurzaam resultaat kan leiden. Dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 3.

Omdat deze technologie relatief weinig investeringen in materieel vergt en omdat slemlagen koud geproduceerd worden en op geringe dikte worden aangebracht, is de directe kostprijs laag. Ruw-weg kan men stellen dat, in de juiste omstandigheden, de kostprijs van een eenlaagse slemlaag ongeveer een kwart bedraagt van de kostprijs van een klassieke bitumineuze toplaag. Slemlagen zijn daardoor voor lokale overheden (besturen van steden en gemeenten) en private bouwheren een interessante oplossing voor het op peil houden van de kwaliteit van hun wegen met een beperkt budget.

1.2 Doel van een slemtoepassing

De voornaamste doelstellingen van oppervlakbehandeling met slem worden hierna gegeven.

Verhogen van de waterondoorlatendheid van de wegverharding

Door het ontstaan van scheuren en rafeling wordt een toplaag geleidelijk aan meer poreus, zodat zij haar belangrijke rol van waterafdichting van de wegstructuur niet meer vervult. Regenwater dringt dan door naar de onderliggende lagen, waardoor hun cohesie en draagkracht worden aangetast. Tijdige overlaging met een slem voorkomt deze degradatie van de wegstructuur.

Terug op peil brengen van de stroefheid

Als gevolg van polijsting van het wegoppervlak door verkeer en weersinvloeden, neemt de stroefheid van het wegoppervlak geleidelijk af. Overlaging met een slem laat toe de stroefheid opnieuw te verhogen, zodat de verkeersveiligheid niet in het gedrang komt.

Tegenhouden van beginnende rafeling

Rafeling is het fenomeen van steenverlies aan het oppervlak, onder invloed van het verkeer en de klimatologische omstandigheden. De tijdige inzet van een slemlaag op een wegdek met beginnende rafeling kan dit schadefenomeen een halt toe roepen. De slem zal de cohesie herstellen en de toplaag in zijn geheel verder beschermen. Hierbij mag evenwel niet te lang gewacht worden. Indien de rafeling te ernstig is en het oppervlak hierdoor zeer heterogeen is geworden, zal de slemlaag geen duurzame oplossing bieden.

Uitvlakken van beginnende spoorvorming en kleine onvlakheden

Slemlagen laten toe om zeer beperkte spoorvorming en andere onvlakheden uit te vlakken. Hierdoor verhoogt het rijcomfort en verminderen het rolgeluid en de vorming van plassen bij regenweer.

Herstellen van het esthetisch uitzicht van het wegdek

Lokale herstellingen van scheuren, kippennesten en andere defecten houden het wegdek gezond, doch het uitzicht verandert gaandeweg in een lappendeken. Zeker in woonkernen doet dit afbreuk aan de kwaliteit van de leefomgeving. Een slemlaag over de volledige rijstrookbreedte herstelt het egale uitzicht van de weg.

Bijdragen aan de verkeersveiligheid door gebruik van kleuren

Door gebruik te maken van kleurpigment en een emulsie op basis van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel of "klassiek" zwart bitumen, kan men het wegdek plaatselijk een andere kleur geven. Dit wordt vaak benut voor voet- en fietspaden, fietssuggestiestroken en verkeerseilanden (voorbeelden in figuur 1.3). Hiermee verhoogt de zichtbaarheid van de zones waarin de zwakke weggebruikers zich voortbewegen, wat in hoge mate bijdraagt aan de verkeersveiligheid. De toepassing van slems op basis van synthetisch bindmiddel wordt echter best beperkt tot zones met licht verkeer, omwille van de verhoogde schadegevoeligheid.



Figuur 1.3 – Fietspad (links) en verkeerseiland (rechts) met rode slem (Bron: WILLEMEN INFRA NV)

1.3 Inzet

Oppervlakbehandeling met een slem is een kosteneffectieve en snelle oplossing, in vergelijking met vervanging van de top laag. Dit wordt aangetoond aan de hand van een rekenvoorbeeld in hoofdstuk 7. Het is dus niet verwonderlijk dat steden en gemeenten, die meer en meer met krappe budgetten te kampen hebben, gebruikmaken van slemlagen om de toestand en kwaliteit van hun wegen op peil te houden. Het aandeel van ons wegennet dat in aanmerking komt voor preventief onderhoud met slemlagen is dus vrij groot.

Dit alles geldt uiteraard enkel op voorwaarde dat de verwachte levensduur van de slem voldoende lang is. Dit vereist vooreerst een goed geformuleerd mengsel en een goede beheersing van de techniek van uitvoering.

Even belangrijk echter voor het welslagen van slemwerken zijn de volgende vereisten:

- de toepassing moet zich beperken tot wegen die zich ertoe lenen. Wegen met zeer zwaar verkeer komen meestal niet in aanmerking voor een slem als top laag;
- de toepassing moet tijdig gebeuren, zodat de waterdoorlatendheid steeds behouden blijft;
- de uitvoering moet gebeuren onder de juiste weersomstandigheden;
- ernstige schade aan het bestaande wegoppervlak moet op voorhand worden hersteld.

Jammer genoeg stelt men in de praktijk nog te vaak vast dat een slemlaag vroegtijdig faalt omwille van het niet in acht nemen van bovenstaande overwegingen. Dit kan onterecht leiden tot een negatief imago, waardoor de toepassing van de techniek wordt geremd. Daarom is het uitermate belangrijk dat opdrachtgevers, wegbeheerders en studie bureaus goed geïnformeerd zijn over de mogelijkheden en de beperkingen van de techniek en beter kunnen beoordelen waar, hoe en wanneer slems toe te passen.

Het OCW streeft naar het voorzien van een betere opleiding en kennisoverdracht naar de praktijk, met betrekking tot de toepassing van slems. Deze handleiding is een belangrijk element in deze opzet.

Hoofdstuk 2

Materialen, CE-markering en productfamilies

Een slemlaag, ook slembehandeling of kortweg slem genoemd, is een oppervlakbehandeling samengesteld uit aggregaten en een emulsie, waaraan water en gepaste additieven worden toegevoegd. Voor speciale toepassingen kan men ook emulsies van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel, pigmenten of vezels toevoegen.

Dit tweede hoofdstuk beschrijft de verschillende bovenvermelde materialen waarmee een slem wordt samengesteld (§ 2.1) en zal toelichting geven bij de CE-markering en de bijbehorende productfamilies voor slem (§ 2.2).

2.1 Materialen

De materialen waarmee slems worden bereid en de eisen waaraan ze moeten voldoen, staan beschreven in de hoofdstukken “Materialen” van de drie gewestelijke standaardbestekken in België (Brussel Mobiliteit, 2016; Service Public de Wallonie [SPW], Mobilité & Infrastructures, 2021; Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer [AWV], 2021).

2.1.1 Aggregaten

Deze paragraaf is als volgt opgebouwd:

- de aard, de herkomst en de belangrijkste geometrische en mechanische kenmerken van het granulaatmengsel komen aan bod in § 2.1.1.1 tot § 2.1.1.3;
- § 2.1.1.4 schetst de mogelijkheden om het korrelskelet van een slem samen te stellen.

Het korrelskelet 0/D van een slem bestaat uit zand en steenslag. Dit mengsel van zand en steenslag wordt “granulaatmengsel” genoemd (in het Engels: *all-in aggregate*). Granulaatmengsel kan op twee manieren worden verkregen:

- door steenslag en zand te mengen;
- zonder met afzonderlijke korrelgroottefracties van steenslag en zand te werken.

Zand, steenslag en granulaatmengsel voor slemlagen moeten voldoen aan de eisen van norm EN 13043 (Bureau voor Normalisatie [NBN], 2002+2004) en vallen onder accreditatiesysteem CE 2+.

De keuze en de geometrische en mechanische kenmerken van het granulaatmengsel hebben een grote impact op de bereiding van het slemmengsel en op de uitvoering en de duurzaamheid van de slemlaag. De parameters die de prestaties van slemlagen beïnvloeden, zijn in hoofdzaak de korrelverdeling, de hoekigheid, de korrelvorm, het gehalte aan fijne bestanddelen en de kwaliteit ervan, en de hardheid van het granulaatmengsel.

Voor de bereiding van gekleurde slems is ook de kleur van het granulaatmengsel belangrijk, om de duurzaamheid en gunstige ontwikkeling van kleurtinten in de tijd te waarborgen. Het is raadzaam naar granulaatmengsel te zoeken met een kleur die de gewenste uiteindelijke tint van de gekleurde slemlaag zo dicht mogelijk benadert.

Gekleurd granulaatmengsel moet niet alleen de gewenste kleureigenschappen bezitten, maar moet ook voldoen aan de eisen van de gewestelijke standaardbestekken wat geometrische en mechanische kenmerken betreft.

2.1.1.1 Aard en herkomst

In België worden slems voornamelijk bereid met gebroken materiaal van rotsmassa's van porfier of zandsteen. Het is belangrijk erop te wijzen dat slems niet met kalksteenaggregaten worden geproduceerd. Deze voldoen namelijk niet aan de eisen in de drie gewestelijke standaardbestekken (Brussel Mobiliteit, 2016; SPW, Mobilité & Infrastructures, 2021; Vlaamse Overheid, AWV, 2021). Voor de verschillende korrelvormige materialen die wel in slems worden toegelaten, kan eveneens naar deze standaardbestekken worden verwezen.

Sommige kunstmatige steenslag- en zandsoorten, zoals behandelde roestvaststaalslak, worden eveneens toegelaten, maar worden in de praktijk niet gebruikt.

In tegenstelling tot de praktijk in andere landen (Deneuvillers et al., 2017; Heitzman, 2018; Robati et al., 2013) mogen twee soorten korrelvormige materialen in België momenteel niet in slems worden toegepast:

- Gecalcineerd bauxiet. Dit kunstmatige aggregaat bezit hogere mechanische en fysische kenmerken dan natuurlijke aggregaten, vooral een hogere versnelde-polijstingscoëfficiënt (§ 2.1.1.3 Mechanische kenmerken). In België wordt vuurvast gecalcineerd bauxiet voor zogenoemde hoogwaardige bestrijkingen gebruikt. In Frankrijk vindt het echter ook toepassing in slemlagen voor bijzondere locaties zoals ongevalsgevoelige zones, gevaarlijke bochten, remzones, enz.
- Asphaltgranulaat (AG). Dit recyclingmateriaal moet voldoen aan norm EN 13108-8 (NBN, 2016b). Het wordt in verscheidene landen (Frankrijk, Quebec, Verenigde Staten, enz.) gebruikt, maar blijft voornamelijk vrij weinig verbreid, omdat slems met asphaltgranulaat een bijzonder mengselontwerp, een aangepast materieel en een dito methodiek voor de verwerking vereisen.

2.1.1.2 Geometrische kenmerken

De voornaamste geometrische kenmerken van granulaatmengsel voor de bereiding van slems worden hierna beschreven. Voor de eisen die aan deze kenmerken worden gesteld, kan worden verwezen naar de drie gewestelijke standaardbestekken (Brussel Mobiliteit, 2016; SPW, Mobilité & Infrastructures, 2021; Vlaamse Overheid, AWV, 2021)]. De normatieve proeven waarmee deze geometrische kenmerken worden bepaald, staan beschreven in bijlage 1.

Korrelverdeling (d/D)

De korrelverdeling kan worden gedefinieerd als de grootteverdeling van de korrels, uitgedrukt in massapercentages die door een voorgeschreven stel zeven gaan. De maaswijdten van die zeven worden in mm aangegeven. Volgens norm EN 13043 (NBN, 2002+2004) moet granulaatmengsel met een korrelklasse d/D worden gekenmerkt en moet het aan korrelverdelingsvoorschriften voldoen. In België moeten deze korrelklassen worden aangeduid met de maaswijdten van de zeven uit de basisreeks aangevuld met deze uit de reeks 2. De korrelverdeling van de korrelklassen moet volgens norm EN 933-1 (NBN, 2012a) worden bepaald uit een korrelgrootteanalyse door middel van zeven ("zeefmethode"). Deze norm geldt voor alle aggregaten, waaronder ook lichte aggrega-

ten, met een nominale korrelgrootte tot 90 mm, behalve voor vulstoffen (fracties die in hoofdzaak uit fijne bestanddelen bestaan en die door een zeef van 0,063 mm vallen). Voor deze vulstoffen moet een analyse door middel van luchtstraalzeving worden verricht, volgens norm EN 933-10 (NBN, 2009a).

In België worden voor de bereiding van slemmengsels vier korrelklassen van granulaatmengsel toegepast:

- 0/2;
- 0/4;
- 0/6,3;
- 0/10.

Het granulaatmengsel heeft een continue korrelverdeling en wordt in de steengroeve kunstmatig gegradeerd (§ 2.1.1.4).

Andere landen gebruiken granulaatmengsels met een discontinue korrelverdeling (Herrero, 2018; Le Bec, 2006). De keuze voor deze discontinue gegradeerde mengselontwerpen wordt in hoofdzaak ingegeven door de stroefheidskenmerken en betere weerstand tegen zweten en vervorming in de wielsporen.

Gehalte aan fijne bestanddelen (f) en kwaliteit ervan (MB_F)

Fijne bestanddelen zijn de korrelgroottefracties die door een zeef van 0,063 mm (63 µm) gaan. Het gehalte aan deze bestanddelen moet zo constant mogelijk zijn, want zij hebben een directe invloed op de reactiviteit tussen de aggregaten en de emulsie, de verwerkbaarheid van het mengsel en de uiteindelijke cohesie van de slemlaag (Le Bec, 2009). Van alle korrelgroottefracties hebben fijne bestanddelen immers het grootste oppervlak dat met de emulsie in contact komt. Zij kunnen dan ook zeer reactief zijn (Deneuvillers et al., 2000). Samen met het residuale bindmiddel vormen zij een mastiek die de grovere korrelgroottefracties “bindt”.

Doordat fijne bestanddelen sterk met de emulsie reageren (§ 2.1.2 Emulsies), geldt uit praktisch oogpunt voor slemlagen dat een te hoog gehalte aan fijne bestanddelen de emulsie te vroeg kan doen breken wanneer zij met de fijne bestanddelen in contact komt. Hierdoor wordt het slemmengsel viskeuzer en dus minder goed verwerkbaar. In extreme gevallen kan het zelfs de menger helemaal doen vastlopen.

Bij meer dan 3 % fijne bestanddelen wordt een methyleenblauwproef (Methylene Blue - MB) geëist. In België wordt deze proef uitgevoerd volgens bijlage A van de norm EN 933-9 (NBN, 2022b), op de 0/0,125 mm-fractie van zand 0/2. De methyleenblauwwaarde van de fijne bestanddelen (MB_F, uitgedrukt in g methyleenblauw/kg materiaal) is een maat voor de zuiverheid ervan. Hoe hoger de methyleenblauwwaarde, hoe minder het zand als “zuiver” wordt beschouwd. Dit kan de brekingskinetiek van emulsies en de uiteindelijke cohesie van slemlagen nadelig beïnvloeden.

Vlakheidsindex (FI)

De vlakheidsindex (*Flakiness Index* - FI) wordt bepaald volgens norm EN 933-3 (NBN, 2012b). Hij geeft een indicatie van de korrelvorm van de aggregaten. Hoe hoger deze index, hoe groter het aandeel van platte stenen in het steenslag is, hoe moeilijker het in de laag kan worden verwerkt en hoe brosser het zal zijn.

Uit praktisch oogpunt geldt voor slemlagen dat deze index niet alleen de verwerkbaarheid, homogeniteit en stabiliteit van het mengsel beïnvloedt, maar ook de stroefheid van het oppervlak. Als de gekozen aggregaten geen geschikte vlakheidsindex vertonen, is er bijvoorbeeld meer gevaar voor ernstige “afvlakking” en zweten in de wielsporen.

Hoekigheid ($C_{x/y}$):

Dit kenmerk wordt volgens norm EN 933-5 (NBN, 2022a) bepaald, door het massapercentage aan stenen met gebroken oppervlakken in het steenslag te analyseren ($C_{x/y}$, waarbij C voor gebroken bestanddelen (*Crushed particles*) staat). Door aggregaten met gebroken oppervlakken te gebruiken, kan een zeer stabiel korrelskelet worden opgebouwd.

Uit praktisch oogpunt is deze hoekigheid voor slemlagen belangrijk, omdat zij de stabiliteit van het mengsel (bv. ten aanzien van spoorvorming) en de stroefheid van het oppervlak bepaalt.

2.1.1.3 Mechanische kenmerken

De voornaamste mechanische (of intrinsieke) kenmerken van granulaatmengsel voor slemlagen worden hierna beschreven. Voor de eisen die aan deze kenmerken worden gesteld, kan worden verwezen naar de drie gewestelijke standaardbestekken.

Weerstand tegen verbrijzeling (LA)

Deze weerstand wordt gemeten met de Los Angelesproef (LA), volgens norm EN 1097-2 (NBN, 2020a). Deze proef moet een beeld geven van de weerstand tegen mechanische impact tijdens het vervoer, de menging en de verdichting, en onder verkeer. Hoe hoger de Los Angelescoëfficiënt, hoe minder de aggregaten tegen verbrijzeling bestand zijn.

Uit praktisch oogpunt geldt voor slemlagen dat de weerstand van de aggregaten tegen verbrijzeling een invloed heeft op de bereiding en verwerking van het mengsel en de duurzaamheid van de slemlaag, maar ook helpt om stofvorming in het gesteente te voorkomen tijdens het transport van de groeve naar de bouwplaats.

Slijtvastheid (MDE)

Dit kenmerk wordt gemeten met de natte micro-Devalproef (MDE), volgens norm EN 1097-1 (NBN, 2011b). In deze proef wordt de weerstand tegen afslijting van aggregaten bepaald. Hoe hoger de gevonden coëfficiënt, hoe minder slijtvast de aggregaten zijn.

Uit praktisch oogpunt is slijtvastheid voor slemlagen belangrijk, want ze beïnvloedt de stabiliteit van het mengsel, de stroefheid van het oppervlak en de duurzaamheid van de slemlaag en voorkomt ook stofvorming in het gesteente tijdens het transport van de groeve naar de bouwplaats.

Versnelde-polijstingscoëfficiënt (PSV)

Deze coëfficiënt wordt gemeten met de PSV proef (*Polished Stone Value*), volgens norm EN 1097-8 (NBN, 2020b). Hierbij wordt de polijstende werking van voertuigbanden op steenslag in het laboratorium gesimuleerd. Hoe hoger deze coëfficiënt, hoe beter de aggregaten tegen polijsten bestand zijn.

In de praktijk is de polijstweerstand van de aggregaten belangrijk, want zij helpt de stroefheid van de slemlaag in stand houden (interactie tussen band en wegdek). Deze eigenschap houdt namelijk verband met de oppervlakttextuur (micro- en macrottextuur) van de laag.

2.1.1.4 Opbouw van het korrelskelet

De aannemer heeft twee mogelijkheden om een slem te bereiden: het korrelskelet samenstellen met zand en één of meer steenslagsoorten, of een materiaal gebruiken dat tevoren in de groeve is gegradeerd. Momenteel wordt in België hoofdzakelijk de tweede mogelijkheid toegepast.

Om het gewenste korrelskelet te verkrijgen, kunnen granulaatmengsels als volgt worden gegradeerd:

- 0/4: mengsel van 0/2 + 2/4;
- 0/6,3: mengsel van 0/2 + 2/4 + 4/6,3 of mengsel van 0/2 + 2/6,3;
- 0/10: mengsel van 0/2 + 2/4 + 4/6,3 + 6,3/10 of mengsel van 0/2 + 2/6,3 + 6,3/10.

In de groeven kunnen verscheidene technieken gebruikt worden om het korrelskelet van granulaatmengsels samen te stellen.

1. De installatie om het granulaatmengsel voor een slem te bereiden, is een afzonderlijke installatie die gelijkenis vertoont met een betoncentrale: er is een hopper, een menger en een vrachtwagen om de gegradeerde aggregaten te vervoeren. De menging is een zeer belangrijke fase om het aggregatenmengsel homogeen te maken en ontmenging (bijvoorbeeld tijdens het transport) te voorkomen. Om deze fase van mengen en homogeen maken te vergemakkelijken, moet het product worden bevochtigd door water toe te voegen. Dit maakt het mogelijk een gelijkmatige samenstelling (minder ontmenging van fijne bestanddelen) te verkrijgen, met een optimaal vochtgehalte (§ 2.1.3 Toegevoegd water).
2. De groeve beschikt over hoppers met doseerbanden, zodat de gewenste uiteindelijke korrelverdeling gemakkelijk kan worden aangepast. Er is geen menger, maar omdat de verschillende bestanddelen tegelijk op elkaar (op de grond) vallen en alles later door een lader in vrachtwagens wordt geschept voor het transport, wordt in dit geval geen menger toegepast.
3. Er is geen afzonderlijke installatie voor de bereiding van granulaatmengsel voor slems. Het korrelmengsel wordt in de groeve geproduceerd met een lader (machine om vrachtwagens te laden). Als bijvoorbeeld granulaatmengsel 0/4 (50 % 0/2 + 50 % 2/4) nodig is, wordt een laderbak van korrelmaat 0/4 gemengd met een laderbak van korrelmaat 0/2, en zo verder tot de gewenste voorraad verkregen is. De met verschillende korrelmaten samengestelde voorraad wordt vervolgens geacht vanzelf homogeen te worden bij het laden en lossen van vrachtwagens.

Bij deze laatste twee technieken kunnen zich problemen voordoen met verontreiniging (grond die door de lader mee wordt opgeschept) en gebrek aan homogeniteit van het granulaatmengsel (bijvoorbeeld door ontmenging van fijne bestanddelen).

Ten aanzien van dit korrelmengsel verdienen in de praktijk op een bouwplaats drie punten de nodige aandacht:

- het is belangrijk dichtbij een opslagplaats te hebben die bovendien schoon is, en bij voorkeur van een verharde ondergrond is voorzien, om verontreiniging te voorkomen. Als verschillende granulaatmengsels worden opgeslagen, is het belangrijk dat zij goed van elkaar gescheiden zijn, opdat zij niet vermengd raken;
- het watergehalte van het granulaatmengsel. Als het bij de opslag niet afgeschermd wordt en het gaat regenen, zal het zich volzuigen met water en zal het watergehalte niet meer met de oorspronkelijke receptuur voor de slem overeenstemmen. Regen kan ook een ontmengingsverschijnsel van de fijne bestanddelen in het granulaatmengsel met zich meebrengen.
- de reactiviteit van de aggregaten (met de emulsie) is afhankelijk van de ouderdom ervan: pas gebroken aggregaten zijn door hun oppervlakteladingen "reactiever" dan "oudere" aggregaten (Le Bec, 2009).

■ 2.1.2 Emulsies

Het bindmiddel in de “klassieke” (Institut National de Recherche et de Sécurité [INRS], 2017; Le Bec, 2012) samenstelling van een slem is een kationische bitumenemulsie. Het bitumengehalte is afhankelijk van het type emulsie en bedraagt doorgaans 60-65 %.

Er bestaan drie families van kationische bitumenemulsies:

- 1) kationische wegenbitumenemulsies (C60By)
- 2) kationische bitumenemulsies van polymeerbitumen¹ (C60BPy)
- 3) kationische latexgemodificeerde bitumenemulsies² (C60BPy, C65BPy).

Deze drie types emulsies moeten voldoen aan de eisen van norm EN 13808 (NBN, 2013b).

Noot: kationische bitumenemulsies van polymeerbitumen (PmB) en kationische latexgemodificeerde bitumenemulsies zullen in de rest van het document korthedshalve worden aangeduid als “gemodificeerde emulsies (PmB of latex)”.

De eerste twee types emulsies worden respectievelijk verkregen door:

- 1) het emulgeren van een zuiver wegenbitumen;
- 2) het emulgeren van een vooraf door toevoeging van polymeer (in vaste vorm) gemodificeerd bitumen. Het meest gebruikte polymeer in België is SBS, een blokcopolymeer van poly(styreen-butadieen-styreen).

Voor het derde type zijn er twee meeste gebruikte mogelijkheden om het te verkrijgen:

- 3a) Het compatibele kationische latex wordt in de waterige fase toegevoegd, vóór de emulsificatie van het zuivere bitumen.
- 3b) Het compatibele kationische latex wordt tijdens de productie van de emulsie in-line geïnjecteerd. Het kan worden geïnjecteerd in de toevoerleiding van de waterige fase en/of de bitumenfase.

Latex is zelf een emulsie. Het is een zeer fijne, waterige dispersie van synthetisch polymeer. Over het algemeen wordt SBR (Styreen Butadieen Rubber) gebruikt, een synthetisch rubber van het type poly(styreen-butadieen) copolymeer.

De bovengenoemde CxxB(P)y-codes moeten als volgt worden gelezen:

- C: kationische emulsie;
- xx: bitumengehalte (%);
- B: wegenbitumen;
- BP: nieuw-polymeerbitumen of wegenbitumen met aanwezigheid van een compatibel latex;
- y: klasse voor de brekingsindex (§ 2.2.1.5).

1 Polymeergemodificeerde bitumina (PmB) vallen onder norm EN 14023 (NBN, 2010b).

2 Een kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie is een algemene term voor een wegenbitumenemulsie die een latex (een andere emulsie van een polymeer) bevat. Deze twee emulsies zijn nauw met elkaar vermengd en het mengsel wordt beschouwd als een emulsie met twee fasen, in tegenstelling tot een kationische polymeerbitumenemulsie die één fase bevat.

2.1.2.1 Wat is een bitumenemulsie?

Een kationische bitumenemulsie is een dispersie van bitumen in water, waarbij mechanische afschuifenergie (om het bitumen in fijne druppeltjes te breken) en een kationische emulgator (om deze druppeltjes te stabiliseren) nodig zijn voor de vorming van deze dispersie.

De emulgator en het bitumen zijn dus de twee hoofdactoren in de bereiding van een kationische bitumenemulsie (Le Bec, 2012).

- **Emulgatoren** (ook surfactanten of oppervlakreactieve stoffen)
Deze producten zijn niet genormaliseerd. Het emulgatorgehalte van een emulsie voor een slem ligt doorgaans tussen 0,3 % en 2 %. Het zijn vloeibare (of vaste) producten die in hoofdzaak tot de aminen behoren. Deze emulgatoren spelen een belangrijke rol in de opslagstabiliteit en het breekgedrag van de emulsie, maar ook in de hechting tussen het bitumen en het aggregaat.
- **“Emulgeerbare” wegebitumina**
Onderscheiden zich van andere bitumina doordat zij van nature (of kunstmatig) de nodige kenmerken vertonen om de emulgering gemakkelijk te doen verlopen. Zij komen uit een specifieke selectie van ruwe aardoliën. De kwaliteit van deze bitumina is zeer belangrijk en vergt bijgevolg constante chemische kenmerken (constantheid in de aanvoer). Bij iedere wijziging in de ruwe aardolie moet de formulering van de emulsie worden aangepast, meer bepaald wat de aard en/of dosering van de emulgatoren betreft, om een aantal problemen zoals onstabiele van de emulsie, verandering van viscositeit of onvoldoende hechtvermogen te voorkomen.
Van de twee bestaande bitumengroepen (“paraffinische” en “naftenische”) geniet de naftenische in ruime mate de voorkeur voor de bereiding van emulsies voor slems. De ruwe producten zijn rijk aan asfaltene en bevatten naftenezuren (die hen een duidelijke zuurheid bezorgen en) die zeer nuttig zijn voor de emulgering en voor een snelle toename van de cohesie. Toepassing van zuiver paraffinebitumen leidt immers tot slemlagen die niet altijd de nodige cohesie vertonen om voertuigverkeer te dragen wanneer zij nog jong zijn.
Gezien het risico op onbeschikbaarheid van “naftenische” bindmiddelen hebben een aantal Franse emulsieproducenten emulsies op basis van paraffinebitumen (met toevoeging van geschikte additieven en/of emulgatoren) ontwikkeld, die gelijksoortige eigenschappen lijken te vertonen als emulsies van “naftenisch” bitumen (Giorgi et al., 2016). In 2021, toen dit tekort aan naftenische bindmiddelen werd bevestigd, moesten de Belgische emulsieproducenten ook emulsies op basis van paraffinebitumen ontwikkelen. Ze zijn ook bezig met de ontwikkeling van latexgemodificeerde emulsies.

Momenteel geldt in België:

- Emulsies voor slems worden bereid met paraffinebitumen en een kationische emulgator.
- Het bitumen dat wordt gebruikt voor de bereiding van de emulsies is zuiver bitumen, meestal uit penetratieklasse 50/70, 70/100 of 160/220. De keuze van de penetratieklasse van het bitumen zal afhangen van de fabrikant van de emulsie en van het type emulsie dat moet worden bereid.
- Het gebruik van een kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie is eveneens mogelijk. De introductie van dit type emulsie in de gewestelijke standaardbestekken komt voort uit goede feedback op internationaal niveau.
- Kationische bitumenemulsies met nieuw-polymerbitumen (PmB) worden niet meer gebruikt als emulsies voor slems.

2.1.2.2 Emulsies van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel

Om felgekleurde slemlagen (rood, oker, enz.) te verkrijgen, kan een emulsie van een pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel worden gebruikt (Lapeyronie & Bouveret, 2015; Pane et al., 2008). Met een klassieke zwarte bitumenemulsie kan men enkel donkere kleuren zoals bordeaux-bruin verkrijgen.

In deze handleiding concentreren wij ons specifiek op kationische bitumenemulsies. Meer informatie over pigmenteerbare synthetische bindmiddelen is te vinden in Dossier 17 van het OCW (Piérard et al., 2013) en in de twee documenten die het certificatieorganisme COPRO voor de certificering van dergelijke bindmiddelen heeft opgesteld (PTV 858 [Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten (COPRO), 2021a] en TRA 58 [COPRO, 2021b]).

2.1.2.3 Breking en rijping van een emulsie

Een emulsie waarmee een slem wordt bereid, ondergaat verschillende evolutiefasen: onstabili-teit, breking en uiteindelijk rijping van de emulsie, wat tot cohesiviteit van het bindmiddel en het gewenste hechtvermogen leidt. Het is heel belangrijk onderscheid tussen deze fasen te maken, vooral dan tussen **breking** en **rijping** van de emulsie:

- de zogenoemde **onstabiele** fasen (samenklonteren, uitvlokken en versmelten): tijdens deze fa-sen klonteren de druppeltjes samen en versmelten zij in elkaar;
- de **brekings**fase: hiermee wordt het geheel van verschijnselen aangeduid dat tot de vorming van een continue bitumineuze fase leidt. De aanvankelijk individuele emulsiebolletjes zijn betrokken in een onomkeerbaar proces waarbij zij dichter bij elkaar komen en het bitumen zich uit het water afscheidt. Het bitumen hecht zich aan het aggregaat van de slem, en het water komt aan het op-pervlak van de slem te staan. De snelheid waarmee dit proces zich voordoet wordt aangegeven door onder andere de brekingsindex van de emulsie (§. 2.1.2.5);
- de **rijpings**fase: hiermee wordt het geheel van verschijnselen aangeduid dat leidt tot de afvoer van het water en tot de toestand waarin het bindmiddel zijn uiteindelijke eigenschappen bereikt wat hechtvermogen en cohesiviteit betreft. Deze fase kan slechts plaatsvinden als de breking ver genoeg gevorderd is. Het water van de emulsie dat tijdens de brekingsfase is vrijgekomen zal afvloeien en/of verdampen.

Uit praktischer oogpunt:

- is **breking** waarneembaar aan de overgang van een bruine naar een zwarte kleur wanneer het bitumen een dun continu laagje vormt. Naarmate het bitumen zich van het water scheidt, wordt de kleur immers donkerder tot de slem volledig zwart is;
- is de **rijping** ver genoeg gevorderd als de slem kleverig aanvoelt wanneer men er met de vinger op drukt ("Finger test", figuur 6.30), zonder dat er bitumen aan de vinger kleeft (dat is niet het geval onmiddellijk na de breking). De cohesieopbouw nodig voor het openstellen voor het ver-keer zal hierna zeker nog moeten plaatsvinden.

2.1.2.4 Welke emulsie gebruiken, en in welke hoeveelheid?

De keuze van het type en de kenmerken van de emulsie voor de uitvoering van een slemlaag is in hoofdzaak afhankelijk van:

- de uitvoeringsperiode;
- de weersomstandigheden;
- de staat van de ondergrond;
- het soort van verkeer;
- het type van slem (eenlaags, tweelaags, of bestrijking met slemafdichting).

Voor de eisen aan de emulsie kan worden verwezen naar de drie gewestelijke standaardbestekken.

In vergelijking met een emulsie van wegebitumen kunnen kationische emulsies met polymeerbitumen (PmB) en kationische emulsies van latexgemodificeerd bitumen volgens de literatuur (De-neuvillers et al., 2000):

- de cohesie bij hoge temperatuur verbeteren;
- een grotere elasticiteit bezitten;
- minder bros zijn bij lage temperatuur;
- een beter vermogen hebben om aan aggregaten te hechten;
- minder gevoelig zijn voor veroudering.

In België bevat het mengsel voor slems die als toplaag worden gebruikt gemiddeld tussen 9 % en 15 % emulsie; dat stemt overeen met een residuaal bindmiddelgehalte tussen 5 % en 9 % in verhouding tot de massa van de droge aggregaten. Een vooronderzoek naar het mengselontwerp maakt het mogelijk het optimale bindmiddelgehalte in te schatten, dat zal afhangen van de andere bestanddelen, het type slem en de poreusheid van de ondergrond (hoofdstuk 5).

Het ontwerp voor deze kationische bitumenemulsies beoogt voornamelijk (Delfosse et al., 2001; Le Cunff, 2018; Roussel, 2013):

- een grote stabiliteit tijdens de opslag en het vervoer;
- een lage viscositeit, voor een gemakkelijke omhulling van de verschillende bestanddelen van de slem;
- een gecontroleerde vloeibaarheid tijdens het spreiden van de slem;
- een snelle, gepaste breking na het spreiden;
- een snelle cohesietoename na de breking;
- een goede “actieve” adhesie (vermogen om aan aggregaten te hechten) en “passieve” adhesie (vermogen om in aanwezigheid van water op aggregaten te blijven zitten) tussen het residuale bindmiddel en de korrelgroottefracties.

2.1.2.5 Kenmerken van bitumenemulsies en residuale bindmiddelen

Kationische bitumenemulsies voldoen aan de voorschriften van norm EN 13808 (NBN, 2013b).

Op de productkaarten van kationische bitumenemulsies staan de hierna beschreven kenmerken vermeld.

- **Polariteit**

Het gaat om kationische emulsies, met een positieve polariteit (in tegenstelling tot anionische emulsies, die een negatieve polariteit hebben). Ze wordt bepaald volgens norm EN 1430 (NBN, 2009b).

- **Waterstofpotentiaal (pH)**

De pH-waarde wordt bepaald volgens norm EN 12850 (NBN, 2022c), met een elektronische pH-meter. Kationische emulsies zijn “zuur”. De zuurheid ervan is afhankelijk van de aard van de gebruikte kationische emulgator en de hoeveelheid zuur die nodig is om ze te ioniseren. De pH-waarde is een goede indicator van de gelijkmatigheid van de productie en beïnvloedt de opslagstabiliteit en de breking van de emulsie. Norm EN 13808 (NBN, 2013b) bevat geen voorschriften voor de pH-waarde. In België bedraagt zij maximaal 6 en ligt zij doorgaans tussen 1,5 en 5,5.

- Brekingsindex

De snelheid waarmee een emulsie breekt, wordt geschat uit de breekwaarde van de kationische emulsie – BWKE (*Breaking Value*, of BV), bepaald volgens norm EN 13075-1 (NBN, 2016a).

Deze waarde stemt overeen met de hoeveelheid referentievulstof (in gram) die nodig is om 100 g bitumenemulsie te doen coaguleren. Er kunnen drie soorten referentievulstoffen worden gebruikt. Zij dragen de namen Sikaisol, Forshammer en Caolin Q92. Er wordt altijd omgezet in “Forshammerequivalent” volgens EN 13075-1 (NBN, 2016a):

- Forshammer: $BV_{\text{Forshammer}} = 1 \times BV$;
- Sikaisol: $BV_{\text{Forshammer}} = 1,3 \times BV$;
- Caolin Q92: $BV_{\text{Forshammer}} = 1,2 \times BV$.

In de praktijk geldt dat hoe kleiner de breekwaarde is, hoe sneller de emulsie breekt. Norm EN 13808 (NBN, 2013b) benoemt kationische bitumenemulsies naar prestatieklassen. Deze klassen leggen de waarden of waardengebieden vast die voor elke benoeming toelaatbaar zijn.

In België betreft het over het algemeen brekingsklassen 4 of 5, de zogenoemde “langzame” emulsies met een BWKE die respectievelijk:

- tussen 110 en 195 moet liggen;
- groter moet zijn dan 170.

De emulsie kan dus intrinsiek zeer langzaam zijn, maar de breking kan worden aangepast:

- in de fabriek voor de productie van emulsies. *Uit praktisch oogpunt is het goed dat de aannemer en de emulsiefabrikant met elkaar overleggen, opdat deze laatste de breesnelheid van de emulsie indien mogelijk aan de vereisten van de beoogde toepassing kan aanpassen³;*
- bij de verwerking van de slem, door bepaalde stoffen toe te voegen (§ 2.1.4 en § 2.1.5):
 - een brekingsvertrager, in de vorm van een vloeibaar additief;
 - minerale vulstoffen (cement of kalk), meestal in vaste vorm, die als additief een belangrijke rol spelen in het breekgedrag en de toename van de cohesie.

- Bindmiddelgehalte

Het bindmiddelgehalte wordt bepaald op basis van een watergehaltemeting volgens de azeotropische destillatiemethode (EN 1428 [NBN, 2012c]). Er kan ook een alternatieve methode worden toegepast, die sneller is: de verdampingsmethode volgens EN 16849 (NBN, 2016c), die gebruikmaakt van uitgebalanceerd drogen. *In de praktijk dient het bindmiddelgehalte van de gebruikte partij emulsie nauwkeurig bekend te zijn, om het bindmiddel in de slem zo goed mogelijk te doseren. Deze dosering kan namelijk een grote invloed hebben op de consistentie, de cohesietoename en de duurzaamheid van de slem.*

- Pseudoviscositeit

De viscositeit van een emulsie wordt gemeten met een uitstroomviscosimeter (EN 12846-1 [NBN, 2011c]) en uitgedrukt als een gemeten uitstroomtijd (in seconden). Hoe langer de uitstroomtijd, hoe viskeuzer de emulsie. De viscositeit van de emulsie is belangrijk, want zij bepaalt

3 Niet elke fabrikant kan de index aanpassen bij productie. Op het ogenblik dat deze handleiding werd opgemaakt was het tevens onmogelijk om de brekingsindex van de emulsie op basis van geparaffineerde bitumen nog bij te sturen.

of de emulsie “verpompbaar” of “verwerkbaar” is en of zij de aggregaten bij omgevingstemperatuur correct kan omhullen. *In de praktijk zorgt een te lage viscositeit voor meer risico op afvloeien (naar de kant van de weg of hellingafwaarts) en kan een te hoge viscositeit tot een slechte omhulling van de korrelfracties leiden.*

- Zeefrest

De zeefrest is de (in massa-%) uitgedrukte fractie bestanddelen die op een zeef met mazen van 0,5 mm blijft liggen (EN 1429 [NBN, 2013a]). Dit is een belangrijk kenmerk: het geeft een schatting van de dispersiefijnheid van de bitumenfase en is bepalend voor de stabiliteit van de emulsie bij opslag. Hoe groter de zeefrest, hoe minder de emulsie als fijn en stabiel wordt beschouwd. Volgens (Delfosse et al., 2001) worden de reactiekinetieken van de breking van de emulsie en de hechting van het bitumen op de aggregaten namelijk gestuurd door de korrelgrootteverdeling van de emulsie en de kenmerken van het bitumen (viscositeit, oppervlaktespanning). Meer bepaald beïnvloeden zij de afvoer van het resterende water en als de reactiekinetiek te snel is, kan er water in het net van onderling verbonden druppeltjes opgesloten raken.

Hierna volgt een overzicht van de voornaamste proeven om kenmerken van teruggewonnen bindmiddelen te bepalen.

- Naaldpenetratie (pen)

De normatieve proef (EN 1426 [NBN, 2015b]) kan op zuivere bindmiddelen, nieuw-polymeergemodificeerde (PmB) bindmiddelen of bindmiddelen van latexgemodificeerde emulsies worden verricht. De naaldpenetratie is een maat voor de consistentie van het bitumen (bij 25 °C). Het principe van de proef bestaat erin, te meten hoe diep een naald onder een last van 100 gram na 5 seconden in een bitumenmonster is gedrongen. *In de praktijk geldt: hoe lager deze waarde, hoe harder het bitumen.*

- Ring-en-kogelverwekingstemperatuur (TR&K)

De normatieve proef (EN 1427 [NBN, 2015c]) kan op zuivere bindmiddelen, nieuw-polymeergemodificeerde (PmB) bindmiddelen of bindmiddelen van latexgemodificeerde emulsies worden verricht. De ring-en-kogelverwekingstemperatuur (in °C) is een maat voor de equiconsistentietemperatuur, dit wil zeggen de hoge gebruikstemperatuur waarboven het bindmiddel geen voldoende consistentie meer heeft om nog zijn rol in de betrokken weglaag te kunnen vervullen. Het principe van de proef bestaat erin, de temperatuur te meten waarbij een bitumenring waarop een stalen kogel ligt, dermate vervormt (uitrekt) dat de kogel erdoorheen zakt, tot aan een bepaalde merkstreep. *In de praktijk geldt: hoe hoger deze temperatuur, hoe hoger de maximaal aangewezen gebruikstemperatuur.*

- Elastisch herstel

De normatieve proef (EN 13398 [NBN, 2018d]) wordt enkel voor kationische emulsies met polymeerbitumen (PmB) en kationische emulsies van latexgemodificeerd bitumen verricht. Het elastische herstel is een maat voor het vermogen van het bindmiddel om na een vervorming zijn oorspronkelijke geometrische kenmerken terug aan te nemen. Het principe van de proef bestaat erin, een proefstuk bitumen bij een temperatuur van 25 °C met een constante snelheid van 50 mm/min uit te rekken, over een tevoren bepaalde lengte (200 mm). De op die manier verkregen bitumendraad wordt doormidden geknipt. De trekspanning die bij het uitrekken is opgetreden, valt hierdoor weg, zodat de twee draadhelften zich kunnen herstellen. Na een hersteltijd van 30 min wordt de verkorting van de twee draadhelften gemeten en uitgedrukt als een percentage van de reklengte. Hoe hoger de gevonden waarde, hoe beter de

visco-elastische kenmerken van het bitumen. *In de praktijk verbetert een krachtig elastisch herstel de weerstand tegen permanente vervorming en het zelfherstel (healing); hierdoor draagt het in aanzienlijke mate bij tot cohesie van de slem.*

■ 2.1.3 Toegevoegd water

Om in de fase van het mengselontwerp een correcte consistentie te verkrijgen, moeten de mengverhoudingen tussen de verschillende bestanddelen van de slem (aggregaten, emulsie, additieven), en meer bepaald de toegevoegde hoeveelheid water, worden geoptimaliseerd. Dit water dient om de korrelgroottefracties voor te bevochtigen en heeft als voornaamste effecten (Le Bec, 2009):

- dat het ontmenging van aggregaten voorkomt;
- dat het korrelskelet gemakkelijker omhuld raakt (gelijkmatige verdeling van de emulsie over alle korrelgroottefracties);
- dat het de consistentie/verwerkbaarheid van de slem op punt stelt.

Het water, dat beschouwd wordt als het medium waarin de bestanddelen zich vermengen (Deneuvillers et al., 2017), kan op drie manieren worden aangevoerd:

- door de vochtigheid van de aggregaten;
- door het toegevoegde water;
- door het water dat in de emulsie zit.

Het water waarmee een slem bereid wordt, is bij voorkeur drinkbaar. Gezien de ingewikkelde, gevoelige chemie van emulsiegebonden bitumineuze materialen is het volgens (Virginia Department of Transportation [VDOT], Materials Division, 2011) beter:

- dat het geen olie, zuur, zout, alkali of organische stoffen bevat;
- de pH-waarde ervan te testen, omdat deze waarde het gedrag van de emulsie duidelijk kan beïnvloeden.

De totale hoeveelheid water in het mengsel is zeer belangrijk omdat het van grote invloed is op de consistentie en bijgevolg op de verwerking van de slem:

- een te kleine hoeveelheid water zal resulteren in een te “stug” mengsel (figuur 5.2) met:
 - een hoge consistentie;
 - een minder homogene slemlaag;
 - een moeilijke verwerking van de slem;
 - a priori een minder goede hechting op de ondergrond (*het gehalte aan “vrije” emulsie in de slem is onvoldoende om voor een gepaste, efficiënte verkleefing met de ondergrond te zorgen*).

In extreme gevallen zal het te droge mengsel al in de slede van de slemmachine “breken”, nog voordat het verwerkt kan worden.

- een te grote totale hoeveelheid water leidt tot een te “vloeibaar” mengsel, met een lage consistentie (figuur 5.2) en zal het risico op ontmenging en uitvloeien vergroten.

In extreme gevallen zal het te vochtige mengsel onvoldoende viskeus zijn om homogeen te kunnen blijven. De grove aggregaten zullen naar onder zakken en de emulsie en de fijne bestanddelen zullen opdrijven. Dit kan een zeer glad, zwart en glanzend oppervlak geven.

Voor de praktijk bestaat een eenvoudige proef er volgens (VDOT, Materials Division, 2011) in, met een stok een gleuf in de slem te trekken. Als de gleuf volloopt met vloeistof, bevat de slem te veel water. Voor een kwaliteitsvolle uitvoering van een slembehandeling dient het totale watergehalte van het mengsel dus goed te worden gecontroleerd.

In de praktijk zal dit totale watergehalte afhankelijk zijn van:

- de weersomstandigheden: bij hoge temperaturen zal het watergehalte van het mengsel wellicht verhoogd moeten worden, en bij lage temperaturen verlaagd. Bij zomerse temperaturen is het echter beter niet meteen meer water toe te voegen, maar veeleer een bindingsvertrager toe te passen, die de slem minder consistent en bijgevolg gemakkelijker verwerkbaar zal maken (§ 2.1.5);
- het absorptievermogen van het korrelskelet, dit wil zeggen de intrinsieke vochtigheid van de aggregaten bij de verwerking.

■ 2.1.4 Speciale fijne bestanddelen (cement, kalk)

Om de breeknelheid van de emulsie te regelen, kunnen twee poedervormige producten met een groot specifiek oppervlak worden gebruikt:

- cement (EN 197-1 [NBN, 2011a]);
- gebluste kalk (EN 459-1 [NBN, 2015a]).

In België wordt enkel cement als brekingsregelaar gebruikt.

Zoals in § 2.1.2 is toegelicht, worden voor slemlagen overgestabiliseerde, langzaam brekende emulsies toegepast. Ze mogen niet te snel breken, om het mengsel te kunnen bereiden en verwerken (geen breking in de menger of in de trekslede), maar anderzijds ook snel genoeg, zodat de slem blijft liggen en niet naar de randen afvloeit, de cohesie toeneemt en de laag spoedig voor verkeer kan worden opengesteld.

Speciale vulstoffen (cement, kalk), spelen niet alleen een belangrijke rol in het breekgedrag, maar kunnen ook de mengtijd⁴, de consistentie en de ontwikkeling van de cohesie van de slem beïnvloeden. Het gedrag van deze vulstoffen zal uiteraard van de gebruikte emulsie afhangen, meer bepaald van de aard van de emulgator waarmee ze is samengesteld.

De hoeveelheid speciale vulstof die aan het mengsel wordt toegevoegd, is in de meeste gevallen vrij beperkt:

- voor cement: tussen 0,1 % en 2,0 %;
- voor kalk: ten hoogste 0,1 % (Deneuvillers et al., 2017).

In Frankrijk worden beide producten gebruikt. Volgens (Ng, 2015) levert gebluste kalk een langere mengtijd op dan cement, en vaak een betere ontwikkeling van de cohesie. Als kalk gebruiken zij ook kalkmelk, een vloeibaar product dat de nadelen van met een poeder werken (wat dosering, hantering en gebruikveiligheid betreft) niet heeft.

4 Dit is de tijd waarin de verschillende bestanddelen kunnen worden vermengd zonder dat de slem begint te binden.

■ 2.1.5 Andere additieven

■ 2.1.5.1 Brekingsremmer

Meestal gaat het om een oppervlakteactieve stof die (als zuiver product) in water is opgelost en die bij zomerweer kan worden gebruikt om de breking te vertragen en om een goede omhulling van de bestanddelen en een beter gecontroleerde toename van de cohesie mogelijk te maken. Bij koud weer heeft dit additief dus a priori geen nut. In de omgangstaal van de asfaltindustrie wordt de brekingsremmer ook wel "dope" genoemd. In de praktijk is deze brekingsremmer doorgaans de kationische emulgator waarmee de emulsie wordt samengesteld, wegens de voor de hand liggende verenigbaarheid ervan met de overige bestanddelen. *Uit praktisch oogpunt is het goed dat de aannemer en de emulsiefabrikant met elkaar overleggen, opdat deze laatste het best geschikte product kan aanraden. De aannemer dient dan uiteraard na te gaan of dit product met de samenstelling van zijn slem te verenigen is.*

Het al dan niet gebruiken van een brekingsremmer zal uiteraard afhangen van de omstandigheden waarin de slemmen worden uitgevoerd. Indien de aannemer beslist een brekingsremmer te gebruiken, zal deze in zeer beperkte mate worden toegevoegd. Dit additief heeft namelijk een aanzienlijk effect – niet alleen op het breekgedrag van de emulsie, maar ook op de consistentie van de slem.

Als te veel brekingsremmer aan het mengsel wordt toegevoegd, kan dit schuimvorming veroorzaken en de hechting tussen het residuale bindmiddel en de korrelgroottefracties schaden (Delfosse, 2001). In de praktijk kan dan op een bouwplaats een slemlaag met een zeer gesloten oppervlak worden verkregen, die er sponsachtig uitziet (waardoor de macrotuur van het wegdek vermindert) en minder duurzaam is.

De mengsnelheid in de slemmachine heeft duidelijk een invloed op de toe te passen hoeveelheid brekingsvertrager. Hoe lager immers de mengsnelheid, hoe langer de slem verwerkbaar kan blijven en hoe minder oppervlakteactieve stof aan het mengsel hoeft te worden toegevoegd.

In België gebruiken niet alle aannemers deze brekingsremmer systematisch, omdat hij de cohesietoename en de uiteindelijke cohesie van de slemlaag nadelig kan beïnvloeden. Sommige aannemers gebruiken emulsies met "gecontroleerde" breking (door de dosering van de emulgator aan te passen), waarvan de samenstelling voor toepassing in verschillende klimatologische seizoenen geschikt is.

■ 2.1.5.2 Vezels

In België bestaat vooralsnog weinig ervaring met dergelijke additieven. In Frankrijk (Herrero, 2018; Vivier, 1992) Quebec (Le Bec, 2006) en Zwitserland (Gontier, 2016) zijn mengselontwerpen met minerale of organische vezels betrekkelijk beter bekend, maar worden zij niet systematisch toegepast. Volgens de literatuur kunnen deze vezels verscheidene functies vervullen:

- ontmenging van het mengsel voorkomen en de cohesie ervan vergroten, waardoor een gemakkelijker verwerking zonder afvloeien (vooral voor recepturen met discontinue korrelverdeling) mogelijk wordt;
- de duurzaamheid van de slemlaag verbeteren.

2.1.5.3 Pigmenten

Er bestaan twee soorten pigmenten: organische en anorganische (ook minerale pigmenten genoemd).

In vergelijking met organische pigmenten zijn de meeste anorganische pigmenten bestand:

- tegen de inwerking van chemische bestanddelen (zuren, basen);
- tegen licht (ultraviolette straling);
- tegen weersinvloeden.

Deze anorganische, op de markt voorhanden pigmenten kunnen ook van natuurlijke of synthetische oorsprong zijn. Synthetische anorganische pigmenten vertonen een zuivere kleur, een zeer goed kleurend vermogen en constante eigenschappen in vergelijking met natuurlijke anorganische pigmenten, waarvan onder meer het kleurende vermogen minder groot is. Vooral om die redenen wordt aanbevolen om voor gekleurde slemlagen synthetische minerale pigmenten te gebruiken.

Deze pigmentmaterialen zijn in een grote verscheidenheid van kleuren te verkrijgen en kunnen afzonderlijk of met elkaar vermengd worden gebruikt, om gekleurde slems van uiteenlopende kleur te bereiden. De toepassing van slems op basis van synthetisch bindmiddel wordt echter best beperkt tot zones met licht verkeer, omwille van de verhoogde schadegevoeligheid.

Het is mogelijk om met pigmenten slems te kleuren die zijn samengesteld:

- op de klassieke manier, dus met een kationische bitumenemulsie (zwarte kleur). In dit geval zijn de mogelijkheden beperkt tot bordeaux-bruine slems, verkregen door een rood pigment toe te voegen;
- met een emulsie van een pigmenteerbaar synthetisch bindmiddel (heldere kleur, in dunne lagen doorschijnend). Hiermee zijn felle kleuren mogelijk (bijvoorbeeld rood, oker en beige).

Doorgaans kan tussen 1 en 3 % pigment worden toegevoegd, afhankelijk van de gewenste uiteindelijke kleur. Hiervoor moet het mengselontwerp worden aangepast; het pigment kan immers de consistentie, de breektijd, de cohesietoename en de duurzaamheid van de slem beïnvloeden, doordat het veel fijne bestanddelen bevat. Voor meer details over pigmenten kan worden verwezen naar Dossier 17 van het OCW (Piérard et al., 2013).

2.2 CE-markering en productfamilies

2.2.1 CE-markering

Norm EN 12273 (NBN, 2008) is een productnorm waarvoor een bijlage ZA bestaat (bijlage betreffende de bepalingen in het kader van de Bouwproductenverordening). De regelgeving met betrekking tot CE-markering is bijgevolg van toepassing op slems en slemlagen voor de aanleg en het onderhoud van wegen en andere verkeersgebieden (bv. trottoirs, fietspaden), behalve die:

- welke door de klant zijn samengesteld;
- met een oppervlakte van minder dan 500 m², die niet aan elkaar grenzen (bv. kleine reparaties);
- welke onder internationale regelgeving vallen (bv. *International Civil Aviation Organisation* - ICAO voor vliegveldverhardingen);
- welke worden aangebracht in tunnels en in zones waarvoor brandregelgeving geldt.

Een van de hoofdkenmerken van deze norm EN 12273 (NBN, 2008) is dat zij geen “recepturen” voorschrijft, maar prestatie-eisen stelt. Voor een aantal eisen laat de norm de lidstaten verscheidene keuzemogelijkheden. De keuzen die België voor slems heeft gemaakt, zijn vastgelegd in een nationale bijlage en de standaardbestekken van de drie gewesten zijn daarmee in overeenstemming gebracht.

De producent dient de conformiteit van zijn slem met de prestatienorm EN 12273 (NBN, 2008) op voorhand aan te tonen:

- door een certificaat van productiecontrole in de fabriek (FPC - *Factory Production Control*) voor te leggen. Dit certificaat bevestigt dat de fabrikant er intern een voortdurende productiecontrole op nahoudt. Alle elementen, eisen en maatregelen die de fabrikant hanteert om deze controle te waarborgen, moeten systematisch worden gedocumenteerd in de vorm van actieregels en uitgeschreven procedures. De nadere voorwaarden staan beschreven in de bijlagen A en B bij norm EN 12273 (NBN, 2008) en in de gewestelijke standaardbestekken;
- door een proefvak aan te leggen voor de initiële typebeproeving (TAIT - *Type Approval Installation Trial*) die voor de betrokken groep van slemmengsels geldt. Dit proefvak moet aantonen dat de kenmerken van de slem met de opgegeven kenmerken overeenstemmen. Het dient een wegvak te zijn waar met toepassing van een productiecontrolesysteem een slemlaag is aangebracht, waarvan de prestaties één jaar na de aanbrenging zullen worden beoordeeld. De nadere voorwaarden staan beschreven in bijlage C bij norm EN 12273 (NBN, 2008) en in de gewestelijke standaardbestekken.

Er is momenteel geen CE-markering voor bestrijkingen met slemafdichting. Beide wegdekken (bestrijking en slem) hebben hun eigen CE-markering.

2.2.2 Productfamilies

Aangezien het gebruik en de categorie-indeling van wegen niet in alle landen gelijkwaardig zijn, is het bepalen van slemgroepen en wegcategorieën waarvoor een proefvak voor initiële typebeproevingen vereist is, de verantwoordelijkheid van elke CEN-lidstaat.

Een productfamilie is gebaseerd op prestaties en laat daarom een variatie van bestanddelen toe, afhankelijk van de productiecontrole van de fabrikant. Een TAIT van een slem voor een autosnelweg zal bijvoorbeeld ook de toepassing op een wegdek met weinig verkeer omvatten. Het tegendeel gaat echter niet op, ook al is de bekwaamheid van de aannemer aangetoond.

Om het aantal TAIT's in België te beperken, zijn de productfamilies vastgelegd volgens tabel 2.1.

De productfamilies voor slems zijn gedefinieerd volgens het type bindmiddel (kationische bitumenemulsies van wegenbitumen, kationische bitumenemulsies van polymeerbitumen (PmB), kationische latexgemodificeerde bitumenemulsies), het type slem en de wegcategorie. De wegcategorieën zijn op gewestelijk niveau gedefinieerd volgens het soort verkeer (we spreken over Bouwklasse voor Vlaanderen en Brussel en Réseau voor Wallonië). Het geldigheidsgebied van een proefvak wordt bepaald door slemgroepen en een wegcategorie te combineren. De producent zal dus acht proefvakken moeten aanleggen indien hij alle Belgische combinaties wenst aan te kunnen.

De opdrachtgever dient zich ervan te vergewissen dat de producent van de slem over een CE-markeringcertificaat beschikt dat wel degelijk overeenstemt met de prestatieklasse die in de opdracht beoogd wordt.

Tabel 2.1 geeft een overzicht van de verschillende wegcategorieën en productfamilies (die kunnen worden onderscheiden om het aantal TAIT's te beperken).

Productfamilie	1	2	3	4	5	6	7	8
Wegcategorie	R1				R2			
Verkeersklasse	Bouwklasse 1-5 (Vlaanderen & Brussel) Réseau I-II (Wallonië)				Bouwklasse 6-10 + BF (Vlaanderen & Brussel) Réseau III (Wallonië)			
Type slem	Eenlaagse slem		Tweelaagse slem		Eenlaagse slem		Tweelaagse slem	
Type bindmiddel	b1	b2	b1	b2	b1	b2	b1	b2
b1: kationische wegen bitumenemulsie (niet gemodificeerd) b2: kationische bitumenemulsie van polymeerbitumen (PmB) of kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie								

Tabel 2.1 – Productfamilies en wegcategorieën



Hoofdstuk 3

Vorbereiding van het bestaande wegdek

De toestand van het te behandelen wegdek heeft een grote invloed op de kwaliteit en de duurzaamheid van de aangebrachte slem. Daarom is een goede voorbereiding van het bestaande wegdek van cruciaal belang.

De voorbereiding van het wegdek kan opgedeeld worden in twee fasen.

- Fase 1 - Voorafgaandelijke herstellingen (§ 3.1)

Gezien de beperkte dikte en scheurgevoeligheid van een slemlaag, zal de levensduur van een slemlaag aangebracht op een beschadigd wegdek zeer beperkt zijn. Het is dan ook ten stelligste af te raden om een slemlaag aan te brengen op een beschadigd wegdek, zonder voorafgaandelijke herstelling van de schade.

De voorafgaandelijke herstellingen worden vóór de eigenlijke aanbrenging van de slemlagen uitgevoerd. Dit gebeurt afhankelijk van de situatie en de toegepaste herstellingstechniek het best twee tot drie weken op voorhand. Het is immers de bedoeling om de herstelde zone voldoende lang bloot te stellen aan het verkeer en de heersende omgevingscondities, opdat eventuele aanwezige oliën de kans krijgen uit te dampen, de vettigheid van het oppervlak kan afnemen en de naverdichting van de uitgevoerde herstellingen voltooid is, vooraleer de slemlaag wordt geplaatst.

§ 3.1 gaat dieper in op de soorten schade en de wijze waarop deze hersteld moeten worden.

- Fase 2 - Vorbereidende werkzaamheden (§ 3.2)

Vlak voor de eigenlijke aanbrenging van de slemlagen dient men steeds een aantal voorbereidende werken uit te voeren, zelfs indien het wegdek geen noemenswaardige schade vertoont. Hierop wordt verder ingegaan in § 3.2.

Bij de opmaak van het bijzonder bestek voor de slemwerkzaamheden, is het dus belangrijk om met beide fasen van voorbereiding rekening te houden. Bovendien dient men correcte en voldoende signalisatie te voorzien en in te zetten tijdens de uitvoering van de slem om het verkeer om te leiden en te vermijden dat de verse slemlaag te vlug bereden wordt door het wegverkeer. De slem dient gebroken en voldoende gerijpt te zijn om voldoende cohesie te bezitten, alvorens het verkeer opnieuw over de slemlaag kan toegelaten worden om zo te voorkomen dat er vroegtijdig steenslag uit de slemlaag wordt gerukt.

3.1 Voorafgaandelijke herstellingen

3.1.1 Herstellen van de vlakheid

Indien de onvlakheden, gemeten onder een lat van 3 meter, groter worden dan 20 mm, dient men deze onvlakheden voorafgaandelijk aan de slemwerken te herstellen. Deze kunnen niet worden opgevangen met de slemtechniek zelf. Men zal de onvlakke laag plaatselijk moeten uitrusten en op een duurzame wijze herstellen door middel van een laag warm aangebracht bitumineus materiaal. Voor meer details over dergelijke duurzame herstellingen wordt verwezen naar de betreffende hoofdstukken in de verschillende standaardbestekken in België.

Dergelijke ingrepen worden in regel ruim op voorhand (> 2 tot 3 weken) van de eigenlijke slemwerken uitgevoerd om de herstelde zones tijd te geven om zich aan te passen aan de omstandigheden en het verkeer. Zo voorkomt men dat er nog bijkomende vervormingen optreden nadat de slembehandeling is toegepast.

Echter wanneer de onvlakheden in het wegdek kleiner blijven dan 20 mm (zowel globale onvlakheden aanwezig over de gehele breedte van de rijbaan, als onvlakheden geconcentreerd in de wielsporen), dient men geen aparte herstelwerkzaamheden op voorhand uit te voeren. Het is dan mogelijk om op de dag zelf, of maximaal enkele dagen op voorhand, van de eigenlijke slemwerken deze beperkte onvlakheden weg te werken via een specifieke slemtechniek met aangepaste korrelmaat. Dergelijke slemlaag die dient om de onvlakheid weg te werken wordt ook wel "uitvlakslem" genoemd. Wij verwijzen hiervoor ook naar hoofdstuk 4 en § 4.2.2.A van deze handleiding.

De uitvlakslem heeft per definitie geen constante dikte, zodat het verbruik van het slemmateriaal variabel zal zijn. Er wordt daarom best in het bijzonder bestek een aparte post voor voorzien.

Afhankelijk van waar de onvlakheden zich situeren en hoe diep ze zijn, zal men de uitvlakslem over de volledige rijstrookbreedte inzetten of kan men de slem over een beperkte breedte aanbrengen, die dan bijvoorbeeld enkel de wielsporen opvult. Voor dit laatste kan men de slemlede aanpassen met tussenschotten zodanig dat er slechts een gedeelte van de breedte van de slemlede wordt bevoeid met slem of men kan specifiek in de breedte aangepaste sledes inzetten.

3.1.2 Herstellen van inzinkingen en kippennesten

Indien het wegdek grote onvlakheden en schadebeelden vertoont, zoals verzakkingen, inzinkingen of kippennesten, dient men eerst de oorzaak van deze schade weg te nemen.

Verzakkingen en inzinkingen in het wegdek (figuur 3.1) worden vaak veroorzaakt door lokale instabiliteit van de wegopbouw, terwijl kippennesten het gevolg kunnen zijn van een lokaal gebrek aan cohesie van de wegverharding, of van de evolutie van lokale scheuren of rafeling.

In beide gevallen dient men de aangetaste materialen in de zwakke zones ter hoogte van de schade te verwijderen en te vervangen, zodat een nieuw wegoppervlak ontstaat dat volkomen in het profiel van het bestaande wegdek past. Desgevallend zal men ook de onderliggende opbouw van de weg (funderingen, onderfundering, talud, afwatering, enz.) moeten herstellen, indien de oorzaak van de schade van structurele aard is.



Figuur 3.1 – Inzinking

Als reparatiemateriaal verdienen warm aangebrachte bitumineuze materialen aanbeveling. Slem plaatsen over koud aangebracht asfalt, kan immers gevaar opleveren voor instabiliteit van de aangebrachte slemlaag. Indien het koud asfalt niet is aangepast aan deze situatie kan de slemlaag residueel water of vloeimiddelen uit het koud asfalt opsluiten. De koud aangebrachte asfaltherstelling kan hierdoor onvoldoende uitharden en vervormbaar blijven.

Het is daarom ook aan te raden om eerder uitgevoerde tijdelijke herstellingen met bijvoorbeeld koud asfalt te verwijderen en te vervangen door een duurzame herstelling met warm aangebrachte bitumineuze materialen alvorens het wegdek te voorzien van een slemlaag.

■ 3.1.3 Behandelen van scheuren

De slemlaag zal door haar beperkte dikte weinig of geen weerstand bieden aan scheuren in het bestaande wegdek. Naarmate de scheuren breder worden, verhoogt het risico op scheurreflectie, met als gevolg dat de waterdoorlatendheid van de slemlaag tenietgedaan wordt. Om dit te vermijden dienen technisch gezien de scheuren in het wegdek voorafgaand behandeld te worden. Esthetisch gezien dient men rekening te houden met het feit dat de behandelde voegvullingsmassa van de scheuren zich na verloop van tijd zal aftekenen doorheen de slemlaag. De waterdichtheid blijft behouden, maar het scheurpatroon zal zichtbaar worden.

Men kan de scheuren indelen volgens hun scheurwijdte (tabel 3.1)

Type scheur	Scheurwijdte (w) in mm
Microscheuren	$w \leq 0,5$
Haarscheuren	$0,5 < w \leq 2$
Scheuren	$2 < w \leq 5$
Wijde scheuren	$w > 5$

Tabel 3.1 – Definities scheurtypes

De aanwezigheid van scheuren en hun aantal kan de porositeit van de beschouwde zone beïnvloeden. Het is dus belangrijk dat er een onderscheid gemaakt wordt in de behandeling van solitaire scheuren (scheuren die alleen aanwezig zijn in het wegdek, waarbij men op relatief korte afstand geen andere scheur kan aantreffen) en gegroepeerde scheuren (meerdere scheuren die op beperkte afstand (bv. enkele centimeters tot enkele tientallen centimeters) van elkaar zijn gelegen).

Als functie van het scheurtype en hun voorkomen (solitair of gegroepeerd) kan men met behulp van tabel 3.2 de aangewezen behandelingsmethode bepalen.

Type \ Voorkomen	Solitaire scheur	Gegroepeerde scheuren
Microscheuren	Geen voorbehandeling noodzakelijk	Zelfde voorbehandeling als een matig poreus wegdek (§ 3.1.4)
Haarscheuren		
Scheuren	Scheur individueel behandelen	Gescheurde verharding vervangen
Wijde scheuren	Gescheurde verharding vervangen	

Tabel 3.2 – Nodige voorbehandeling als functie van scheurtype en voorkomen

3.1.3.1 Micro- of haarscheuren ($w \leq 2$ mm)

Voor zover zij een solitair karakter hebben, kunnen micro- of haarscheuren ($w \leq 2$ mm) nog worden afgedicht met een slem, bij voorkeur met een fijn mengsel (hoofdstuk 4 en § 4.2.2.B). Hiervoor is in principe geen voorafgaandelijke herstelling of behandeling van het wegdek nodig.

Indien deze scheuren echter een gegroepeerd karakter hebben, d.w.z. er zijn meerdere scheuren geconcentreerd of gegroepeerd in een beperkte zone in het wegdek, zullen zij aanleiding geven tot een verhoogde porositeit van deze zone. Het wegdek zal dan behandeld worden op dezelfde wijze als een poreus wegdek (§ 3.1.4).

3.1.3.2 Scheuren met scheurwijdte tussen 2 en 5 mm ($2 < w \leq 5$ mm)

Indien het wegdek scheuren vertoont die breder zijn dan 2 mm, zijn er steeds voorafgaandelijke herstellingen uit te voeren aan het wegdek. Zoniet zullen deze scheuren vrij snel aanleiding geven tot reflectief scheuren van de slemlaag.

Solitair scheuren kunnen worden gevingerfreesd en opgevoegd met een bitumineuze voegvullingsmassa. Wij verwijzen voor de details naar de desbetreffende hoofdstukken in de verschillende standaardbestekken voor de behandeling van individuele scheuren.

De naden en voegen van een asfaltverharding, welke reeds deels zijn aangetast en openstaan, worden op een gelijkaardige wijze voorafgaandelijk gereinigd en opgevoegd.

Gegroepeerde scheuren zijn echter teveel in aantal om individueel te worden hersteld. In dat geval zal men de gescheurde verharding plaatselijk en op beperkte breedte moeten affrezen en vervangen.

3.1.3.3 Wijde scheuren ($w > 5$ mm)

In geval van wijde scheuren, dient de gescheurde verharding plaatselijk en op beperkte breedte te worden afgefreest en vervangen. Deze wijde scheuren zullen anders te snel aanleiding geven tot reflectiescheuren in de nieuwe slemlaag.

Zelfs indien het gaat om solitaire scheuren, is vingerfreen en opvoegen met voegvullingsmassa van wijde scheuren meestal onvoldoende om het risico op scheurreflectie te verlagen.

Bovendien zal de slemlaag ter hoogte van de gevingerfreesde scheur op een relatief brede en soepele voegvullingsmassa steunen. De kans is hierdoor hoog dat de slem hier snel zal vermoeien door buigspanningen ten gevolge van het wegverkeer, met schade en scholvorming van de slem tot gevolg. Als het wegdek reeds netscheurvorming vertoont (figuur 3.2, de verharding is volledig gebroken in kleine delen en daardoor zeer instabiel geworden), dient het wegdek ook plaatselijk te worden afgefreesd en vervangen of zullen ook structurele maatregelen nodig zijn. Hier zal niet alleen de verhoogde porositeit, maar ook de instabiliteit risico inhouden op schade aan de slemlaag door reflectie van de aanwezige scheuren. Een slemlaag aanbrengen op dergelijke gescheurde oppervlakken, zonder voorafgaandelijke duurzame herstelling van dit oppervlak, is dan ook af te raden.



Figuur 3.2 – Wegdek met gegroepede wijde scheuren (netscheurvorming)

Een gescheurde asfaltverharding gaan behandelen met een scheurremmende laag (zoals bijvoorbeeld een glasvezelgrid) in combinatie met enkel een slemlaag als toplaag, heeft geen nut. Doordat een slemlaag zeer beperkt is naar laagdikte, zal deze niet bijdragen tot de buigstijfheid van het scheurremmend systeem. Om voldoende buigstijfheid te bekomen, en om het scheurremmend systeem (wapeningslaag + toplaag) te doen werken, moet de scheurremmende laag steeds worden gecombineerd met een asfaltverharding van meerdere centimeters dik (3 à 5 cm afhankelijk van het gekozen scheurremmend systeem, zie standaardbestekken). Met andere woorden, hoe dieper men een scheurremmend systeem kan inbouwen in de diepte van de wegverharding, hoe beter het systeem zal presteren op het vlak van scheurafremming.

■ 3.1.4 Behandelen van poreuze zones

Ook met de porositeit van het te overlagen wegdek dient rekening te worden gehouden bij het bepalen van de geschikte voorbereiding op de slemwerken. Naarmate het bestaande wegdek meer poreus is, zal men bij het overlagen meer slem verbruiken en zal er ook meer emulsie worden opgeslorpt door het wegdek. Dit kan aanleiding geven tot problemen bij de plaatsing (te droog mengsel). Ook de kwaliteit en duurzaamheid van de slemlaag komen hierdoor in het gedrang.

De porositeit van een wegdek hangt onder meer af van de textuur, die meetbaar is met de eenvoudige zandvlekproef (EN 13036-1 [NBN, 2010a]). Daarnaast zal ook gegroepede scheurvorming (§ 3.1.3) en/of rafeling de porositeit van een wegdek verhogen. Aan de hand van deze parameters kan men de klasse van porositeit bepalen (tabel 3.3).

Klasse van porositeit (p)	Textuur		Gegroepeerde scheuren		Rafelingsgraad
	MTD* (mm)				
Laag	MTD ≤ 0,8	en	Weinig of geen microscheuren	en	Weinig of geen rafeling
Matig	0,8 < MTD ≤ 1,5	of	Microscheuren of haarscheuren	of	Rafeling
Hoog	MTD > 1,5	of	Scheurvorming > 2 mm	of	Zware rafeling, uitrukking (**)

Tabel 3.3 – Definitie porositeitsklassen

(*) *Mean Texture Depth*, gemeten via zandvlekproef (EN 13036-1 [NBN, 2010a])

(**) Uitrukking = evolutie van rafeling waarbij er een groepering van aaneengesloten gerafelde steenslag ontstaat aan het oppervlak van het wegdek

Als functie van de klasse van porositeit van het te behandelen wegdek (bepaald via de tabel 3.3), kan men met behulp van tabel 3.4 een keuze maken hoe deze porositeit voorafgaandelijk te behandelen.

Klasse van porositeit (p)	Voorafgaandelijke herstelling van het wegdek
Laag	Geen
Matig	Mogelijks noodzakelijk, via voorslem of voorbestrijking (al dan niet lokaal)
Hoog	Noodzakelijk, aangetaste verharding vervangen

Tabel 3.4 – Nodige herstelling als functie van porositeitsklasse

3.1.4.1 Lage porositeit

In het geval van een lage porositeit, kan men de slem rechtstreeks toepassen op het wegdek, zonder voorbehandeling.

3.1.4.2 Matige porositeit

Als het wegdek matig poreus is, dient het eerst te worden voorbehandeld zodanig dat de porositeit van het wegdek afneemt. Dit kan door het aanbrengen van een voorbestrijking of een voorslem.

Bij een voorbestrijking zal men het wegdek besproeien met een kationische emulsie van gewoon wegenbitumen of elastomeerbitumen, waarna afgestrooid wordt met grof brekerzand (0/2 mm) of met fijn steenslag (2/4 of 4/6,3 mm). De emulsie wordt steeds met een sproeibalk (in combinatie met een tankwagen) aangebracht als het oppervlak zich daartoe leent. Is het oppervlak te klein, dan wordt een lans gebruikt, waarbij erop wordt toegezien dat de emulsie gelijkmatig en zonder overmaat wordt verdeeld, zoniet bestaat er gevaar op zweten van de erop aangebrachte slemlaag. De dosering van de emulsie hangt af van de porositeit: hoe poreuzer, hoe meer emulsie zal opgenomen worden door het wegdek.

Men kan ook opteren om een voorslem toe te passen, bij voorkeur een slemmengsel met een kleine korrelmaat (0/2 of 0/4 mm). Een voorslem is een soort van conditioneringslaag, die dient om de aanwezige porositeit/ruwheid op te vullen en een geschikte textuur te vormen op het wegdek waarop dan de eigenlijke slemlaag correct kan aangebracht worden.

Beide technieken van voorbestrijking of voorslem kunnen al dan niet plaatselijk of globaal over de gehele oppervlakte van het wegdek worden toegepast, naargelang hoe homogeen of heterogeen het wegdek is qua porositeit.

3.1.4.3 Hoge porositeit

In geval het wegdek een hoge porositeit vertoont, dient het wegdek plaatselijk te worden afgefreed en vervangen.

3.1.5 Behandelen van zweten

Wanneer het met slem te overlagen bitumineuze wegdek een zweetprobleem vertoont, dient de oorzaak nagekeken en desgevallend verholpen te worden alvorens men de slem kan aanbrengen. In sommige situaties zal men zelfs moeten besluiten dat er geen oplossing op basis van een slemlaag bestaat voor het zwetende wegdek. Houdt men hiermee geen rekening dan is de kans groot dat het zweten van het wegdek na het overlagen met slem alleen maar zal versterkt worden.

Zweten van een bitumineuze verharding wordt gekenmerkt door een teveel aan bindmiddel aan het oppervlak van de toplaag. Hierdoor zal de stroefheid van het wegdek dalen en kan er ook bindmiddel blijven kleven aan de banden van het verkeer.

Het teveel aan bindmiddel aan het oppervlak van een bitumineuze verharding kan verschillende oorzaken hebben:

- overdosering van het bindmiddel;
- een niet homogeen mengsel bij plaatsing, zodat er enerzijds vette (bitumenrijke) en anderzijds schrale (bitumenarme) zones voorkomen;
- instabiliteit van het korrelskelet, waardoor de holle ruimte in het skelet afneemt en het bitumen naar het oppervlak wordt gestuwd;
- indrukking van het aggregaat in de onderliggende laag.

In het geval het te overlagen wegdek een bestrijking is, dient men voorafgaandelijk specifieke maatregelen te treffen die beschreven staan onder § 8.2 van de OCW-handleiding A71/01 "Handleiding voor bestrijkingen" (Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw [OCW], 2001). De onderstaande uitleg is dan niet van toepassing.

Naargelang het zweetbeeld aan het oppervlak van het wegdek kan men drie klassen definiëren (tabel 3.5).

Klasse van zweten	Omschrijving
Licht	Niet aaneengesloten zweetvlekken tussen de aggregaten van de asfaltverharding. Aggregaten zijn nog zichtbaar en niet bedekt met bindmiddel.
Matig	Zweetvlekken zijn aaneengesloten tot grote zones waarbij de aggregaten bedekt zijn met teveel aan bindmiddel. Textuur van het wegdek is nog zichtbaar doorheen de bindmiddelfilm.
Zwaar	Zweetplekken zijn overvloedig aanwezig en aaneengesloten tot grote zones. Aggregaten zijn volledig verzonken en textuur is niet meer zichtbaar.

Tabel 3.5 – Definitie klassen van zweten

3.1.5.1 Licht zweten

Indien het wegdek getroffen is door een lichte vorm van zweten, dient men geen voorafgaandelijke voorbereiding van het wegdek te voorzien en kan men rechtstreeks een slemlaag aanbrengen.

3.1.5.2 Matig of zwaar zweten

Wanneer er matig of zwaar zweten is opgetreden, dient dit probleem voorafgaandelijk te worden aangepakt. Afhankelijk van de oorzaak zijn er in hoofdzaak drie verschillende opties mogelijk:

A. Verwijderen van het teveel aan bindmiddel aan het oppervlak

Met de fijnfreestechiek wordt er gefreesd op beperkte diepte om enkel het dunne laagje aan bindmiddel aan het oppervlak weg te nemen en de aggregaten terug vrij te maken. Dit dient bij voorkeur te gebeuren bij kouder weer, om te vermijden dat het bindmiddel blijft kleven in de freestrommel. Men kan ook een demarkeringsfreestrommel inzetten. Hierbij zijn de freesbeitels anders gericht en kan men een zeer fijn laagje van het wegdek afschrappen.

Als alternatief kan men ook andere technieken gaan toepassen zoals bijvoorbeeld roterende schijven die over het wegdek schuren, of waterstralen. In het laatste geval hangt het resultaat af van de ingezette waterdruk, de temperatuur van het wegdek en de voortgangssnelheid.

Deze technieken kunnen zich beperken tot de breedte van de wielsporen (in geval van het zweten in de wielsporen).

Belangrijk is wel dat men de oorzaak van het zweten wegneemt. Zoniet zullen deze technieken enkel een tijdelijke oplossing bieden aan het zweten van de wegverharding.

B. Affrezen en vervangen van de volledige laag

Als het wegnemen van het teveel aan bindmiddel aan het oppervlak geen voldoening geeft en het risico hoog is dat het zweetprobleem zal terugkomen, dient men de volledige zwetende bitumineuze laag weg te frezen en te vervangen.

Wanneer de zwetende laag zeer rijk is aan bindmiddel (bijvoorbeeld een zwetende slemlaag) zal men best ook dieper frezen dan de dikte van de zwetende bitumineuze laag (bijvoorbeeld 1 cm diep in de onderliggende asfaltverharding) om zodoende voldoende materiaal mee te frezen en te vermijden dat het opgefreesde bindmiddel blijft kleven aan de freestrommel.

Bij de freesdiepte dient men ook rekening te houden met de nominale laagdikte van de in de gefreesde uitsparing aan te leggen nieuwe asfaltverharding (bijvoorbeeld 4 cm diep als men een toplaag wil plaatsen type AB-4C).

C. Steenslag inwalsen

Voor de volledigheid (dit mag zeker niet als een standaardoplossing worden beschouwd) kan men hier ook aangeven dat er door sommige aannemers soms ook een zeer specifieke techniek wordt toegepast waarbij er warme steenslag in de zweetende zone wordt ingestrooid en ingewalst. Deze behandeling kan overwogen worden in geval van een zwaar zweetprobleem, doch dient zeer beperkt te zijn in oppervlakte. Er moet namelijk voldoende vrij bindmiddel aanwezig zijn aan het oppervlak om het warme steenslag te kunnen vastzetten in het wegdek, zoniet zal snel rafeling optreden.

Hiervoor zal men opgewarmde stofvrije steenslag (160 °C) op de zweetzones uitstrooien, en deze dan laagsgewijs inwalsen in het vrije bindmiddel. Het wegdek wordt hierbij zonegewijs ook telkens voorverwarmd zonder het bindmiddel te verbranden. Deze behandeling wordt herhaald tot de gehele aangetaste zone is behandeld.

Het is belangrijk dat de aannemer voldoende ervaring heeft om de situatie in te schatten, om het juiste kaliber van steenslag te voorzien en om deze techniek te doen slagen.

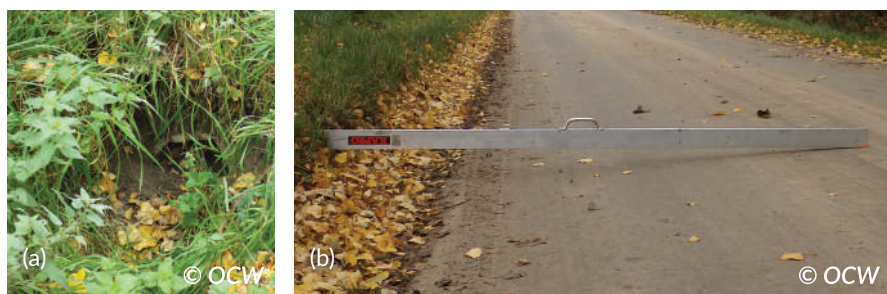
Men zou hier als alternatief ook eerst een omgekeerde bestrijking of sandwichbestrijking kunnen overwegen (OCW handleiding – A71/01 “Handleiding voor bestrijkingen”, § 8.2 [OCW, 2001]).

■ 3.1.6 Inspectie afwatering van de weg en voorbereiden van de bermen

Eén van de doelen van de slemlaag is de waterdoorlaatbaarheid van het wegdek te verbeteren. Daarom is het van cruciaal belang om een goede evacuatie te realiseren van het regenwater op het wegdek naar de grachten en rioleringen. Het zou weinig nut hebben om het wegdek waterdicht te maken als het regenwater aan de rand van de weg niet afgevoerd kan worden. Dit water zou de opbouw van de weg dan immers aantasten.

Het is dan ook belangrijk dat als voorbereiding op de slemwerken, de evacuatiesystemen van het regenwater om en rond de wegopbouw geïnspecteerd worden en desgevallend mee hersteld en gereinigd worden. Hierbij kan men denken aan afwateringsgoten, straatkolken, grachten, drains, enz. (bijvoorbeeld figuur 3.3).

Indien er geen afvoergoten aan de rand van de weg zijn, zal men nakijken of de bermen geen obstructie vormen voor het water (figuur 3.3). Desgevallend voorziet men op regelmatige afstand doorsteken in de onverharde bermen.



Figuur 3.3 – Geblokkeerd afwateringssysteem reinigen (a) en bermen doorsteken (b)

3.2 Voorbereidende werkzaamheden

3.2.1 Verwijderen van wegmarkeringen

Het verwijderen van de bestaande wegmarkeringen is vaak noodzakelijk, omdat deze aanleiding kunnen geven tot een zwakke hechting of hoogteverschillen.

3.2.1.1 Thermoplastische markeringen

Het is belangrijk dat het te behandelen wegdek ontdaan wordt van thermoplastische markeringen, omwille van hun dikte (3 à 4 mm) en van hun slechte hechtingseigenschappen met slem.

3.2.1.2 Markeringen op basis van wegverf

Voor de meeste markeringen op basis van wegverf is geen specifieke behandeling nodig en het slemmengsel zal voldoende hechting vinden op deze markeringen. Nieuwe geverfde markeringen of markeringen met meerdere oude verflagen boven elkaar worden echter best verwijderd (figuur 3.4), aangezien deze toch een risico inhouden op hechtingsproblemen. Nieuwe markeringen zijn immers nog te glad, terwijl oude verflagen kunnen afbladderen, waardoor de bovenliggende slem-laag loskomt van het wegdek (figuur 3.5).



Figuur 3.4 – Verwijderen van wegmarkering



Figuur 3.5 – Schade aan oppervlakbehandeling door niet-verwijderde wegmarkering

3.2.2 Reinigen van het wegdek

Het bestaande wegdek moet volkomen zuiver zijn. Het kan noodzakelijk zijn (veel vuil op de weg, landbouwverkeer, enz.) om hiervoor een reinigingswagen met water onder hoge druk (meer dan 90 bar) in te zetten. Hierbij wordt dan ook aanbevolen om hiervoor een aparte post op te nemen in het bijzonder bestek.

Daar waar er geen goten of betonnen kantstroken aanwezig zijn, vergen de randen van de rijbaan bijzondere aandacht. Allerlei vuil (zand, klei, aarde) heeft de neiging zich hier te verzamelen en samen te koeken. Hoewel het vaak moeilijk is, moet dit vuil helemaal worden verwijderd: als de slem op een vervuild oppervlak wordt aangebracht, gaan de randen van de slemlaag snel afbrokkelen en kan deze schade zich uitbreiden.

Specifieke aandacht dient te gaan naar de naden en voegen van de wegverharding (bv. naden van een asfaltverharding, voegen van een klinkerverharding). Deze dienen extra gereinigd te worden omdat vuil zich hier gemakkelijk ophoopt.

Net voor het aanbrengen van de slemlaag wordt het resterende stof op het wegdek nog eens machinaal opgeveegd of -gezogen.

■ 3.2.3 Beschermen van niet met slem te overlagen oppervlakken

Niet met slem te overlagen elementen zoals metalen riooldeksels, straatkolken, goten, markeringen, enz. worden beschermd door er tijdelijk kartonpapier op te plakken of door er zelfklevende beschermfolie op aan te brengen (figuur 3.6 en figuur 3.7).

Om deze afgedekte elementen na het plaatsen van de slemlaag makkelijk terug te kunnen vinden en ze vrij te maken van slem, dient men hun posities desgevallend op te meten en te noteren of te markeren aan de rand van de weg.



Figuur 3.6 – Afplakken nutsvoorziening



Figuur 3.7 – Afdekken niet te behandelen goot

Ook aan het begin en op het einde van de bouwplaats en aan dagvoegen, dient men een ondoorlatende folie voldoende breed aan te brengen en vast te kleven opdat de slemlaag op die plaatsen recht en haaks op de wegas wordt afgewerkt en om vervuiling van het aansluitende wegdek te vermijden. Deze folie wordt weggenomen nadat de slem is aangebracht.

Als alternatief kan men ook milieuvriendelijke onthechtingsmiddelen inzetten op de locaties die men wil beschermen tegen de slem. Dergelijke producten voorkomen de hechting van de slem aan het oppervlak en maken het mogelijk om de slem na het breken lokaal mechanisch (bezems en schop) te verwijderen.

■ 3.2.4 Aanbrengen van een kleeflaag

Het toepassen van een kleeflaag op een bitumineuze verharding kan de hechting van de slem verbeteren, zeker in het geval van oude geoxideerde en poreuze wegdekken of wegdekken die lichte rafeling vertonen. De emulsie voor de kleeflaag wordt gedoseerd zodanig dat er 100 à 150 g/m² residuaal bindmiddel achterblijft op het wegdek (afhankelijk van de textuur van het bestaande wegdek en van de voorschriften van het standaardbestek in het desbetreffende gewest).

Het aanbrengen van de kleeflaag voor slemlagen is gelijkaardig aan deze voor asfaltverhardingen. Wij verwijzen naar § 3.2 van OCW-handleiding A96 "Handleiding voor de verwerking van bitumineuze mengsels" (OCW, 2018).

De kleeflaag is noodzakelijk op betonnen wegdekken alsook op elementenverhardingen. Op beton dient men een kleeflaag die minder zuur is aan te wenden (pH > 4,5, afhankelijk van het standaardbestek), zodat de breking van de emulsie trager verloopt en deze beter kan hechten aan de betonverharding (tabel 3.1 in de OCW-handleiding A96 "Handleiding voor de verwerking van bitumineuze mengsels") (OCW, 2018). Afhankelijk van de textuur van het betonnen oppervlak, en ook als functie van de voorschriften van de standaardbestekken uit de drie gewesten, zal men tussen 100 en 250 g/m² residuaal bindmiddel aanbrengen.

Meer informatie over kleeflagen in het algemeen kan men terugvinden in het OCW-dossier 14 "Kationische bitumenemulsies als kleeflagen - Praktische aanbevelingen voor de verwerking" (Destrée & Brichant, 2012).

Hoofdstuk 4

Toepassingen van slem

Slems worden voornamelijk toegepast als oppervlakbehandeling, in één of twee lagen of gecombineerd met de bestrijkingstechniek (bestrijking met slemafdichting).

In België worden ze vooral ingezet als onderhouds- en hersteltechniek voor:

- lokale wegen en gewestwegen met matige verkeersbelasting;
- fiets- en voetpaden;
- private wegen, bedrijfsterreinen (o.a. voor kmo's).

Gekleurde slems worden vaak ingezet om de zichtbaarheid van fietspaden, fietssuggestiestroken op de rijbaan en verkeerseilanden te verhogen.

Daarnaast zijn er nog een aantal specifieke toepassingen waarvoor slems occasioneel worden gebruikt:

- voor het inbedden van stalen wapeningsnetten als scheurremmend systeem;
- als beschermlaag van een asfaltonderlaag die net vóór de winter werd aangelegd en waarop de toplaag niet meer kon aangelegd worden vóór de winter;
- als hechtlaag op een betonnen wegdek met groeven;
- onderhoud van parkeerzones en parkings voor winkelcentra en andere gebouwencomplexen. Hiervoor verwijzen we wel naar § 7.4.3 waarin parkeerzones worden afgeraden.

Daar waar men een beperkte hoeveelheid verkeer verwacht, bijvoorbeeld in woonwijken, dient men rekening te houden met het ruwe aspect van de slem dat een mogelijk nadelig esthetisch effect kan hebben. Wij verwijzen hiervoor naar § 1.1 en figuur 1.2, alsook naar de inzet van een bandenwals (§ 6.9)

In sommige andere landen wordt de slemtechniek ook regelmatig toegepast als:

- onderhouds- en hersteltechniek voor wegen met zwaar verkeer (bv. autosnelwegen, landingsbanen van vliegvelden);
- scheurremmend systeem in de opbouw van de asfaltverharding;
- oppervlakbehandeling op locaties met verhoogd risico op ongevallen, om de stroefheid van het wegdek te verhogen (met aangepaste korrelverdeling/type steenslag).

Voor het onderhoud van hoofdwegen (en zeker voor landingsbanen) is de snelheid van aanleg een grote troef: de baan kan in een zeer korte tijd terug in gebruik worden genomen.

De toepassing op wegen met zwaar verkeer vraagt om meer hoogwaardige slems, d.w.z. slems met een hogere weerstand tegen vervorming, rafeling en andere soorten schade. Hiervoor wordt steeds gebruik gemaakt van kationische bitumenemulsie van polymeerbitumen (PmB) of kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie. Daarnaast zou ook het bijsturen van de korrelverdeling en het gebruik van sommige additieven (bv. vezels) toelaten om de prestaties te verhogen. Vaak wordt de term *microsurfacing* gebruikt voor een hoogwaardig slemmengsel, hoewel er geen éénduidige omschrijving voor bestaat. In België worden slems vooralsnog beperkt ingezet op wegen met zwaar verkeer. Er is bijgevolg nog veel potentieel voor slems, op voorwaarde dat de nodige expertise op gebied van hoogwaardige slems wordt uitgebouwd.

Slems zijn in het algemeen toepasbaar op volgende soorten wegverhardingen:

- asfalt;
- slems of bestrijkingen;
- beton;
- bestrating met beton- of kasseistenen.

Op een betonverharding of op kasseistenen wordt aanbevolen om vooraf een bitumenemulsie met aangepaste zuurtegraad ($\text{pH} > 4,5$ à 5) aan te brengen als kleeflaag. Een te zure emulsie zou na contact met het vrije cement aan het betonoppervlak te snel breken en daardoor onvoldoende hechten, met een verhoogd risico op scholvorming in de slemlaag als gevolg. In dit geval wordt nooit een eenlaagse slem toegepast, maar steeds een tweelaagse slem of een bestrijking met slemafdichting.

Hoewel de toepassing van slem op bestratingen wel voorkomt, is deze toch minder aangewezen. Het risico op reflectiescheuren van de voegen in de slem is hoog, vooral wanneer de stenen reeds een zekere instabiliteit vertonen. Om dezelfde reden is de toepassing op platenbeton niet aangewezen. De brede en instabiele voegen zullen onmiddellijk worden gereflecteerd in de dunne slemoverlaging.

De drie soorten toepassingstechnieken (eenlaagse slem, tweelaagse slem en bestrijking met slemafdichting) worden verder besproken in § 4.1. De keuze voor een welbepaalde techniek hangt af van het verkeer en de conditie van het wegdek. Dit wordt toegelicht in § 4.2, waar ook aanbevelingen worden gegeven voor de juiste keuzes. Daarbij komen ook de keuzes van enkele mengselparameters aan bod, zoals korrelverdeling en type emulsie, gezien ook deze moeten worden gekozen als functie van het verkeer en de bestaande toestand van het wegdek. Ten slotte bespreekt § 4.3 zeer bondig enkel speciale toepassingen en § 4.4 behandelt de vraag wanneer de toepassing dient te gebeuren.

Zoals reeds benadrukt in de inleiding, zijn slems niet geschikt om zware schade te herstellen. Wanneer de conditie van de weg niet meer voldoet, is het noodzakelijk om voorafgaandelijk de gepaste herstellingen uit te voeren, zodat de daaropvolgende behandeling met slem tot een duurzaam resultaat kan leiden. Voor deze herstellingen wordt doorverwezen naar hoofdstuk 3.

4.1 Soorten toepassingstechnieken

4.1.1 Eenlaagse slem

Een eenlaagse slem is de meest eenvoudige toepassing van slem. Men brengt slechts één laag slem over het bestaande wegdek.

Deze techniek is enkel geschikt voor wegen met beperkte verkeersbelasting, zoals woonerven en verkeersluwe gemeentewegen, waar het wegdek nog in een gezonde homogene toestand verkeert. Dit betekent dat het nagenoeg geen onvlakheden vertoont en er hoogstens wat beginnende rafeling

(figuur 4.1) of lichte scheurvorming mag aanwezig zijn. Van zodra er meer schade aanwezig is, zoals spoorvorming (spoordiepte > 5 mm), scheurvorming (scheurwijdte > 2 mm), matige tot zware rafeling, uitrukking of verzakkingen, enz. of wanneer het wegdek geen homogene structuur vertoont aan het oppervlak, kan een eenlaagse slem laag niet meer voldoen. De slem laag is te dun en heeft te weinig structurele bijdrage om deze schade weg te werken, zeker als de schade te heterogeen verdeeld is.



Figuur 4.1 – Voorbeeld van beginnende rafeling

Het belangrijkste doel van een eenlaagse slem is het verbeteren van de waterdoorlatendheid van het wegdek, door beginnende rafeling en scheurvorming tegen te gaan, gekaderd in een preventieve onderhoudsstrategie (hoofdstuk 7).

Meestal wordt er voor een eenlaagse slem gebruikgemaakt van aggregaten met een kleine korrelmaat (0/4 of 0/6,3). Hoe fijner de aggregaten van de slemmengsels, hoe geschikter ze zijn om porositeit en fijne scheurtjes op te vullen. Een fijne oppervlakttextuur resulteert bovendien in minder rolgeluid en lagere rolweerstand. Anderzijds zal de stroefheid verlagen naarmate men een kleinere korrelmaat gebruikt.

Zeer specifiek kan men ook een slem op basis van kaliber 0/2 toepassen. Deze zeer fijne mengsels vinden hun toepassing in plaatselijke voorbereiding van het wegdek als voorslem (porositeit opvangen of als voegvulling van de voegen tussen elementverhardingen) of als eenlaagse slem wanneer men het rolcomfort van het wegdek van een fietspad wil verhogen. De duurzaamheid is beperkt gezien de dunne laag en het zandskelet. Bovendien moet men aandachtig zijn op de afgenomen stroefheid van dergelijke slemmengsels die rijk aan bindmiddel zijn.

Een eenlaagse slem met grotere korrelmaten (0/10) is af te raden voor plaatsen met wringend verkeer. Door de beperkte dikte van de eenlaagse slem (ongeveer anderhalf tot tweemaal de afmeting van de grootste korrel) zullen de grote aggregaten meer uitsteken uit het slemoppervlak en sterk blootgesteld worden aan de schuifkrachten van het verkeer, terwijl ze weinig of niet verankerd zijn in de dikte van de slem laag. Daardoor zijn eenlaagse slems met grote korrelmaten zeer gevoelig aan rafeling.

De toepassing van eenlaagse slem beperkt zich het best tot wegen met een lager snelheidsregime (< 50 km/uur) en beperkte verkeersbelastingen, zoals gemeentelijke wegen en wegen in woonwijken.

Op beton is er een verhoogd risico op een minder goede hechting van de slem laag (door stofvorming na frezen, door vrije ongebonden cement aan het oppervlak, door onaangepaste zuurtegraad van de kleeflaag) waardoor er makkelijker scholvorming kan ontstaan van de slem. Een eenlaagse slem is dan minder aangewezen.

In België is de meest gangbare eenlaagse slem een slem met korrelmaat 0/4 mm of 0/6,3 mm.

■ 4.1.2 Tweelaagse slem

Bij een tweelaagse slem worden twee verschillende lagen achtereenvolgens op elkaar aangebracht.

Deze techniek is toepasbaar op een wegdek dat reeds enige schade vertoont, zoals kleine onvlakheden, fijne scheuren en lichte porositeit. De verspreiding van de schade mag ook iets heterogener zijn.

Beide lagen hebben elk een verschillend doel en dit bepaalt de keuze van de korrelmaten.

- De eerste (onderste) slemlaag dient om het bestaande **wegdek te conditioneren**. Dit betekent dat men de conditie wil verbeteren, zodanig dat men de tweede slemlaag correct kan aanbrengen. Afhankelijk van de bestaande toestand kiest men voor:
 - een kleinere korrelmaat (0/2 of 0/4) wanneer het bestaande wegdek poreus is en/of fijne scheuren vertoont. Het doel is in dit geval de waterdichtheid te verbeteren en het wegdek minder poreus en meer homogeen te maken.
 - een grotere korrelmaat (0/4, 0/6,3 of minder gebruikelijk 0/10) wanneer het bestaande wegdek onvlakheden vertoont. Het doel is in dit geval het uitvlakken van het bestaande wegdek. Hoe groter de onvlakheden, hoe groter de korrelmaat die men moet kiezen. In het geval er zich veel onvlakheden voordoen over het ganse oppervlak, kan de hoeveelheid van de eerste laag sterk variëren en zal men de tweelaagse slem meestal omschrijven als een uitvlakslem met een eenlaagse slem erboven.
- De tweede (bovenste) slemlaag zal gekozen worden als functie van de **beoogde prestaties** van het nieuwe wegdek. Afhankelijk van het verkeer kiest men voor:
 - een kleinere korrelmaat (0/4 of 0/6,3) voor wegen met licht tot matig verkeer en/of een lager snelheidsregime. Hiermee beoogt men een beter comfort voor de weggebruikers en minder geluidshinder.
 - een grotere korrelmaat (0/6,3 of minder gebruikelijk 0/10) voor wegen met matig tot zwaar verkeer en/of een hoger snelheidsregime. Het doel is hierbij in hoofdzaak om voldoende stroefheid te genereren en om meer weerstand te bieden aan de hogere verkeersbelasting.

In het geval van een tweelaagse slem kunnen de grotere korrels van de tweede laag zich “nestelen” in de onderliggende eerste slemlaag, waardoor ze beter verankerd zijn en minder prominent uitsteken dan in het geval van een eenlaagse slem. Daardoor zijn ze beter bestand tegen rafeling en kunnen de grotere korrelmaten 0/6,3 en 0/10 wel worden gebruikt aan het oppervlak.

De meest gangbare combinaties van korrelmaten bij tweelaagse slem in België zijn terug te vinden in tabel 4.1, en dit als functie van het type weg en de aanwezige onvlakheid en porositeit van het wegdek.

Korrelmaat eerste laag	Korrelmaat tweede laag	Type weg	Onvlakheid *	Klasse van porositeit*
0/4	0/4	Lokale gemeentelijke weg	Vlak	Laag
0/4	0/6,3	Verbindingsweg / Gewestweg		Laag
0/6,3	0/4	Lokale gemeentelijke weg	Beperkte onvlakheid	Matig
0/6,3	0/6,3	Verbindingsweg / Gewestweg		Matig

* § 4.2.2 voor de bepaling van de niveaus van onvlakheid en porositeit

Tabel 4.1 – Overzicht van de meest gangbare korrelmaten voor tweelaagse slem

■ 4.1.3 Bestrijking met slemafdichting

Hierbij wordt de techniek van de slem gecombineerd met een andere oppervlakbehandelingstechniek, namelijk de bestrijking. Een eenlaagse slem wordt aangebracht boven op een eenlaagse bestrijking.

Hieronder wordt deze techniek kort besproken gezien deze techniek toch gebruikmaakt van een slemlaag. Er zal echter niet worden ingegaan op de ontwerpdetails, gezien dit één van de drie mogelijke oppervlakbehandelingen is (bestrijkingen, slemlagen en bestrijking met slemafdichting) en deze techniek buiten het kader van deze handleiding valt.

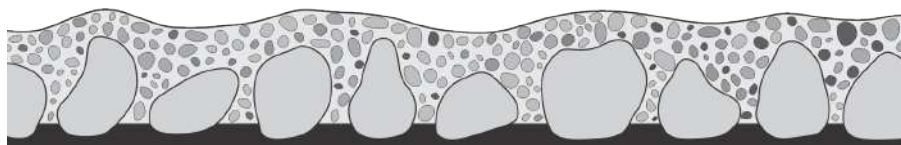
Deze techniek combineert de voordelen van een bestrijking met de voordelen van een slemlaag.

In vergelijking met een slemlaag is de waterafdichting gerealiseerd door een bestrijking beter, dankzij de dikke kleeflaag die wordt gespoten op het bestaande wegdek. Een bestrijking kan hierdoor ook beter weerstaan aan de reflectie van reeds aanwezige scheuren in het wegdek en zal ook beter kunnen aangebracht worden op een wegdek dat te poreus is geworden en teveel scheurvorming en rafeling vertoont om te worden behandeld met een slem.

Door de bestrijking af te dichten met een slemlaag, krijgt het wegdek op termijn een fijnere textuur, waardoor het rijcomfort verhoogt en het rolgeluid afneemt in vergelijking met een bestrijking. Bovendien wordt het steenslag van de bestrijking geconsolideerd, zodat eventueel steenverlies van de bestrijking in de eerste weken na aanleg vermeden wordt. Dit steenverlies kan met name zeer hinderlijk zijn in stads- en dorpskernen en in woonwijken.

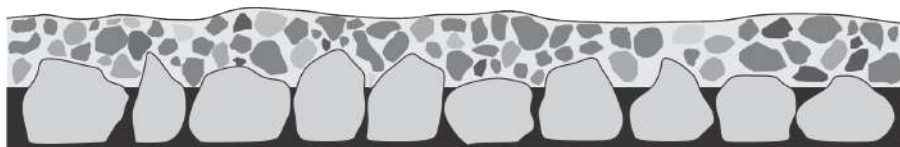
In België bestaan er twee varianten van de techniek.

Bij de **eerste variant** (figuur 4.2) zal men de hoeveelheid van het steenslag van de bestrijking verlagen, waardoor het steenslag niet volledig dekkend gestrooid wordt en het bindmiddel van de bestrijking nog tussen het steenslag zichtbaar is. Hierdoor creëert men ruimte tussen het steenslag van de bestrijking waartussen de slemlaag zich kan inpassen. De slemlaag wordt nog op dezelfde dag aangebracht als de bestrijking, zodat de bestrijking in tussentijd niet bereden wordt door het verkeer. Het resultaat is een oppervlak met een vrij grove textuur, waardoor de stroefheid voldoende hoog blijft en er zich bij regenweer geen ononderbroken waterfilm kan vormen. Deze variant zal hierdoor wel meer rolgeluid produceren.



Figuur 4.2 – Bestrijking met slemafdichting – Variant 1

De **tweede variant** (figuur 4.3) bestaat erin om eerst een volwaardige bestrijking te realiseren, met een normale hoeveelheid steenslag. Het mozaïek van de bestrijking is hierbij volledig gesloten. Enkele dagen later, maar liefst niet meer dan vier dagen later, wordt de slemlaag aangebracht. In de tussentijd kan de bestrijking rijpen en wordt er zelfs verkeer toegelaten op de bestrijking. Het resultaat is een oppervlak met een fijnere textuur, in vergelijking met de eerste variant.



Figuur 4.3 – Bestrijking met slemafdrifting – Variant 2

4.2 Keuze van de slemtoeponssing, de samenstelling en de korrelverdeling

Zoals reeds vermeld, hangt de keuze van de slemtoeponssing af van het verkeer en de conditie waarin het bestaande wegdek zich bevindt. Deze parameters zijn ook belangrijk voor de samenstelling van het slemmengsel, in het bijzonder voor de korrelverdeling van het granulaat en het type emulsie. Hieronder wordt aangegeven hoe men het verkeer en de conditie van het bestaande wegdek kan kenmerken en welke de aanbevolen keuzes zijn als functie van deze kenmerken.

De tabellen maken gebruik van de volgende afkortingen:

- 1LS: eenlaagse slem;
- 2LS: tweelaagse slem;
- BS: bestrijking met slemafdrifting;
- US: uitvlakslem (§ 3.1.1).

4.2.1 Verkeer

De verkeersbelasting kan worden gekenmerkt door twee parameters:

- het aantal voertuigen per dag per rijstrook (ongeacht het type: personenwagens, lichte bestelwagens, zware voertuigen: hoe meer voertuigen, hoe hoger de **frequentie** van de belasting);
- het aantal zware voertuigen per dag per rijstrook: hoe zwaarder de aslast, hoe hoger het **niveau** van de belasting.

Op basis van deze parameters kan men drie klassen van verkeer definiëren (tabel 4.2).

Verkeersklasse	Frequentie (aantal voertuigen /dag/rijstrook)		Niveau (aantal zware voertuigen/dag/rijstrook)
Licht	< 1000	en	< 100
Matig	1000 tot 4000	of	100 tot 800
Hoog	> 4000	of	> 800

Tabel 4.2 – Definitie van verkeersklassen voor slems

De verkeersklasse bepaalt de toepassingstechniek (tabel 4.3). Zo zal een eenlaagse slem enkel worden toegepast voor licht verkeer. Voor de hogere verkeersklassen zal men streven naar meer hoogwaardige slems, die een betere weerstand bieden tegen spoorvorming. Het gebruik van een gemodificeerde emulsie (PmB of latex) en desgevallend een meer discontinue korrelverdeling en een grotere korrelmaat zijn hiervoor aangewezen. Men merkt op dat tabel 4.3 geen aanbeveling geeft voor de onderste laag van de tweelaagse slem. Deze laag speelt namelijk de rol van een conditioneringslaag (§ 4.1.2) en de samenstelling zal dus vooral gekozen worden als functie van de conditie van het bestaande wegdek.

Verkeersklasse	Toepassingstechniek	Korrelmaat bovenste slemlaag	Emulsie
Licht	1LS, 2LS of BS	0/4 of 0/6,3	
Matig	2LS of BS	0/4 of 0/6,3	
Hoog	2LS of BS	0/6,3 of 0/10 discontinu	gemodificeerd (PmB of latex)

Tabel 4.3 – Aanbevolen keuzes als functie van de verkeersklasse

Naast de verkeersbelasting moet men ook rekening houden met het snelheidsregime. Bij hogere snelheden neemt het belang van de textuur toe, omdat stroefheid een belangrijke vereiste is. Een grotere korrelmaat geeft meer macrottextuur en is dus aanbevolen voor wegen met een hoger snelheidsregime. Anderzijds zal een slem met een grotere korrelmaat meer rolgeluid veroorzaken dan een slem met een kleinere korrelmaat. Men kan daarom de aanbeveling opvolgen in tabel 4.4 voor de keuze van de korrelmaten van de bovenste slemlaag als functie van het snelheidsregime op de weg.

Snelheidsregime (km/uur)	Korrelmaat bovenste laag
≤ 50	0/4 of 0/6,3*
50 à 70	0/6,3
> 70	0/6,3 of 0/10*

* Minder gebruikelijke korrelmaten in België voor dit snelheidsregime, omwille van geluid

Tabel 4.4 – Aanbevolen keuzes als functie van het snelheidsregime

■ 4.2.2 Conditie van het wegdek

Het bestaande wegdek dient in een goede conditie te verkeren. Zoniet moet men de gepaste herstellingen (hoofdstuk 3) uitvoeren vooraleer een oppervlakbehandeling met slem aan te brengen. De conditie van het wegdek kan worden beoordeeld op basis van de onvlakheden, de scheuren en de porositeit.

A. Onvlakheden

Slemlagen laten toe om lichte onvlakheden in de dwarsrichting, zoals lichte spoorvorming, tot op zekere hoogte uit te vlakken.

De dwarsonvlakheid (d) kan worden gemeten met een rei van 3 m. Als vuistregel wordt aangenomen dat men, met een slem (0/D), onvlakheden tot ongeveer 2*D kan uitvlakken op volle breedte van de weg. Wanneer de onvlakheid lokaal meer dan 2*D bedraagt, wordt de laagdikte daar te hoog in verhouding tot de korrelmaat, met een hoog risico op zweten of vervorming als gevolg.

Dit betekent dat de maximale onvlakheid die men kan uitvlakken met een slem 20 mm bedraagt en dat men hiervoor een slem 0/10 dient te gebruiken.

Een bestrijking met slemafdichting (BS) is niet aangewezen om onvlakheden weg te werken, aangezien een bestrijking geen onvlakheid kan wegwerken, en er zelfs gevaar zal ontstaan op het mislukken en zweten van de bestrijking (ophoping van bindmiddel in de onvlakheden).

Indien de onvlakheden groter worden dan 20 mm, is het aangewezen deze voorafgaandelijk weg te werken door herstelling. Hoe dit dient te gebeuren wordt beschreven in § 3.1.1.

Tabel 4.5 geeft de aanbevolen keuzes als functie van de dwarsonvlakheid. Men merkt op dat de tabel 4.5 geen aanbeveling bevat voor de tweede laag, omdat deze gekozen zal worden als functie van de beoogde prestaties (d.w.z. de verkeersklasse en het snelheidsregime).

Wanneer er zich veel dwarsonvlakheden voordoen, kan de tweelaagse slem beter worden omschreven als een uitvlakslem overlaagd met een eenlaagse slem, om aan te geven dat de benodigde hoeveelheden van de eerste laag zeer veranderlijk kunnen zijn. Vanuit technisch oogpunt is er echter geen verschil met een tweelaagse slem.

Dwarsonvlakheid (d) in mm	Voorafgaandelijke herstellingen	Toepassingstechniek	Korrelmaat eerste slemlaag
$d \leq 5$	geen	1LS of 2LS of BS ⁽⁴⁾	0/4 ⁽¹⁾ , 0/6,3 of 0/10
$5 < d \leq 10$	onvlakheid wegwerken noodzakelijk, mogelijk via uitvlakslem	2LS (of US+1LS) ⁽³⁾ of BS ⁽⁴⁾	0/4 ⁽²⁾ of 0/6,3 of 0/10
$10 < d \leq 15$			0/6,3 ⁽²⁾ of 0/10
$15 < d \leq 20$			0/10
$d > 20$	onvlakheid wegwerken noodzakelijk via warm asfalt	BS ⁽⁴⁾	0/4 of 0/6,3 of 0/10

(1) Aanbevolen in het geval van 1LS

(2) Mogelijk risico op zweten en spoorvorming omwille van plaatselijke laagdikte

(3) US+ 1LS: uitvlakslem overlaagd met eenlaagse slem

(4) BS inzetbaar indien onvlakheid voorafgaandelijk weggewerkt werd

Tabel 4.5 – Aanbevolen keuzes als functie van de dwarsonvlakheid

Indien de onvlakheid het gevolg is van spoorvorming, is het aan te bevelen om een slemlaag met een gemodificeerde emulsie (PmB of latex) en/of een slemlaag met een meer discontinue korrelverdeling aan te wenden, om te vermijden dat de spoorvorming zich snel zal herhalen.

Oneffenheden in de langsrichting kunnen met de slemtechniek slechts gedeeltelijk worden uitgevlakt en hangen af van de lengte van de slemslede die wordt toegepast. Hoe langer deze slede is, hoe beter de slemlaag de langse onvlakheid kan uitmiddelen.

B. Scheuren

Naarmate de scheuren breder worden, verhoogt het risico op scheurreflectie.

Tabel 4.6 geeft de aanbevolen keuzes als functie van de scheurwijdte. Scheuren tot 2 mm kunnen nog worden afgedicht met een slem, bij voorkeur met een fijn mengsel. Bredere scheuren moeten voorafgaandelijk worden hersteld (§ 3.1.3). Men merkt op dat tabel 4.6 geen aanbeveling bevat voor de tweede laag, omdat deze gekozen zal worden als functie van de beoogde prestaties (d.w.z. de verkeersklasse en het snelheidsregime).

Scheurwijdte (w) in mm	Type scheur	Voorafgaandelijke herstellingen (**)	Toepassings-techniek	Korrelmaat eerste slemlaag	Emulsie
$\leq 0,5$	microscheuren	al dan niet noodzakelijk, zie tabel 3.2 van hoofdstuk 3	1LS, 2LS, BS	0/2* of 0/4	
$0,5 < w \leq 2$	haarscheuren		1LS, 2LS, BS	0/2* of 0/4	
$2 < w \leq 5$	scheuren		2LS, BS	0/4 of 0/6,3	gemodificeerd (PmB of latex)
$w > 5$	wijde scheuren		BS	-	gemodificeerd (PmB of latex)

(*) Enkel in geval toegepast als voorslem (hoofdstuk 3)

(**) Afhankelijk van de breedte en het voorkomen van de scheuren dient een andere voorafgaandelijke herstelling te worden voorzien, § 3.1.3

Tabel 4.6 – Aanbevolen keuzes als functie van de scheurwijdte

Hoe breder de scheuren, hoe meer men aanbeveelt om een gemodificeerde emulsie (PmB of latex) te gebruiken. Door de verhoogde elasticiteit zijn mengsels met een gemodificeerde emulsie (PmB of latex) beter in staat om de bewegingen aan de scheuren op te vangen, zodat de reflectie van de scheur doorheen de slemlaag wordt afgeremd. Echter de techniek heeft ook zijn grenzen, en zoals aangegeven in § 3.1.3 zal door de beperkte dikte van een slemlaag er steeds een risico blijven op scheurreflectie in de slemlaag. Wanneer de scheuren een gevolg zijn van instabiliteit van de verhardingsopbouw (afzakking, onvoldoende draagvermogen, vermoeiingscheuren, slechte hechting van de bitumineuze lagen onderling, enz.) zal men dan ook beter kiezen om deze gescheurde verharding te vervangen, en de stabiliteit van de opbouw te herstellen.

C. Porositeit

Naarmate het bestaande wegdek meer poreus is, zal men bij het overlagen meer slem verbruiken en zal er ook meer emulsie worden opgeslorpt door het wegdek. Bij de keuze van de korrelmaat en de formulering van de slem (hoeveelheid emulsie) dient hiermee rekening gehouden te worden.

De porositeit wordt daarvoor ingedeeld in drie porositeitsklassen: laag, matig en hoog (meer details in § 3.1.4).

Als het wegdek matig poreus is, wordt er meer emulsie geabsorbeerd en kan men problemen krijgen bij de plaatsing van een slem (te droog mengsel). In dat geval wordt aanbevolen om een tweelaagse slem of een bestrijking met slemafdichting toe te passen. Afhankelijk van de porositeit zal men de hoeveelheid emulsie verhogen.

Wanneer deze porositeit eerder heterogeen verdeeld is over het wegdek (bijvoorbeeld enkel rafeling in de wielsporen of aan de randen van het wegdek) wordt aanbevolen om deze porositeit (al dan niet plaatselijk) eerst voorafgaandelijk weg te nemen door de toepassing van een voorbestrijking of een voorslem (zie hoofdstuk 3) om zo de variatie in de porositeit te verlagen, en mogelijke problemen bij de plaatsing van de eigenlijke slem te vermijden. Wanneer de verkeersbelasting licht is, kan hierna dan ook geopteerd worden voor een eenlaagse slem.

Tabel 4.7 geeft een overzicht van de aanbevelingen voor de keuze van de slemtoepassing en de korrelmaat, als functie van de hiervoor beschreven parameters. Hogere porositeit dient voorafgaandelijk te worden opgevangen en hersteld (§ 3.1.4). Men merkt opnieuw op dat de korrelmaat van de tweede laag vooral zal afhangen van de beoogde prestaties en in mindere mate van de conditie van het bestaande wegdek.

Klasse van porositeit (p)	Voorafgaandelijke herstellingen (**)	Toepassingstechniek	Korrelmaat eerste slemlaag
Laag	geen	1LS*, 2LS, BS	0/2 **, 0/4 of 0/6,3
Matig	mogelijks noodzakelijk	1LS*, 2LS, BS	0/2**, 0/4 of 0/6,3
Hoog	noodzakelijk, aangetaste verharding vervangen	BS	-

(*) Enkel in geval van lage porositeit of na een voorbestrijking of voorslem

(**) Enkel in geval toegepast als voorslem (§ 3.1.4)

(***) Tabel 3.4

Tabel 4.7 – Aanbevolen keuzes als functie van de porositeitsklasse

Om de redenering te duiden bij de keuze van een geschikte slembehandeling werden al deze verschillende parameters in één grote overzichtstabel (tabel 4.8) verzameld. Aan de hand van een voorbeeld wordt het gebruik van deze tabel verduidelijkt. Wij verwijzen naar § 4.5.

4.3 Specifieke toepassingen

Naast de bovenstaande toepassingen als oppervlakbehandeling in het kader van een onderhoudsstrategie, kan men slemmengsels ook inzetten in combinatie met een andere techniek/materiaal of dieper in de opbouw van de wegverharding. Hieronder volgt een beschrijving van twee specifieke toepassingen die regelmatig voorkomen in België.

4.3.1 Als bescherming van onderlagen bij gefaseerde werken

Bij gefaseerde werken kan het voorkomen dat er een periode is van meerdere maanden, soms zelfs een hele winter, tussen de aanleg van de onderlaag en de toplaag. Om de onderlaag tijdens deze periode te beschermen tegen de verkeersbelasting en de weersomstandigheden, kan men een slem aanbrengen. Een bitumineuze onderlaag wordt immers geproduceerd met een lager bindmiddelgehalte dan een toplaag. Bovendien is de eis aan watergevoeligheid voor onderlagen minder streng, omdat men veronderstelt dat zij beschermd worden door de bitumineuze toplaag.

4.3.2 Voor het inbedden van stalen wapeningsnetten als scheurremmende tussenlaag

Wanneer men gebruikmaakt van stalen wapeningsnetten als scheurremmende tussenlaag wordt een slemlaag (kaliber 0/6.3) aangebracht over de stalen netten heen. Als de enige laag van de overlaging een ZOA (zeer open asfalt) is, wordt er een tweelaagse slemlaag voorzien op de stalen wapeningsnetten (onderste slem 0/6,3 en de bovenste als 0/4).

Deze slemoverlaging zal meerdere functies hebben:

- beschermlaag van de stalen netten tijdens de uitvoering;
- de stalen netten op hun plaats houden tijdens de uitvoering van de asfaltverharding, en voorkomen dat ze gaan opbollen;
- kleeflaag voor de asfaltverharding die over deze stalen netten heen wordt aangelegd.

4.4 Uitvoeringsperiode

Na het mengen van de emulsie en het granulaat start het breekproces. De breesnelheid is afhankelijk van de windsnelheid, de omgevingstemperatuur, de temperatuur van de bestanddelen en de oppervlaktemperatuur van het wegdek. Hoe hoger deze temperaturen en hoe hoger de windsnelheid tijdens de uitvoering, hoe sneller de breking en de verdere rijping van de slem zal verlopen.

Voor de kwaliteit van de aanleg is het van cruciaal belang dat de breesnelheid onder controle blijft. De breking mag niet te snel verlopen, opdat het mengsel gedurende de ganse periode van aanleg een gepaste consistentie zou behouden. De breking mag ook niet te traag gebeuren, want de weg moet snel kunnen worden opengesteld voor het verkeer. De verdere rijping dient ook zo snel mogelijk te verlopen, zodat de slem in een korte periode voldoende weerstand ontwikkelt tegen de verkeerslasten.

De formulering van het mengsel, en in het bijzonder de keuze van de emulsie, zal bijgevolg worden afgestemd op de toepassingsperiode. Tijdens de zomer zal men gebruikmaken van een traag brekende emulsie, terwijl men in voor- en najaar zal kiezen voor een snel brekende emulsie.

Om de breking correct te laten verlopen, is het af te raden om slem aan te brengen onder volgende condities:

- de temperatuur van het wegdek is hoger dan 45 °C en/of de luchttemperatuur (onder thermometerhut) bedraagt meer dan 30 °C. De emulsie dreigt veel te snel te breken waardoor de slem niet goed gespreid kan worden, onvoldoende hecht aan het wegdek en mogelijk zelfs al klontert in de slede.
- de luchttemperatuur en de temperatuur van het wegdek bevinden zich onder 10 °C. In dit geval is er onvoldoende warmte om de breking voldoende snel te doen verlopen.
- de luchtvochtigheid is zeer hoog (> 85 %) en de luchttemperatuur is aan de lage kant. Door de koude vochtige omgeving zal de breking eveneens trager verlopen dan gewenst, en dreigt men het openstellen voor het verkeer te moeten uitstellen.
- het regent of het wegdek is nat (stagnerend water aanwezig op het wegdek). Het water aanwezig op het wegdek zal de slemlaag verdunnen. Het risico bestaat dat de slemlaag uitloopt naar de randen toe, onvoldoende hecht aan het oppervlak en dat de breking sterk vertraagd wordt.

Hierbij is ook in acht te nemen dat een slem na aanleg nog verder moet kunnen rijpen, en er voor deze rijping ook warmte nodig is. Afhankelijk van de omgevingscondities en de samenstelling van de slem kan dit rijpingsproces meerdere dagen (tot zelfs enkele weken) in beslag nemen. Zo zal de rijping vertragen of zelfs tijdelijk stoppen wanneer de omgevingstemperatuur 's nachts daalt onder 10 °C, en zal ze terug opstarten overdag. Bovendien zal de verdamping van het water uit de slem trager verlopen of stoppen wanneer er een hoge luchtvochtigheid aanwezig is in de lucht, of wanneer het dauwpunt overschreden wordt en er condensatie optreedt op de verse slem.

Slemlagen toepassen op het einde van het warme seizoen houdt dus het risico in dat de slem trager rijpt en zelfs onvoldoende kan uitrijpen tegen de aanvang van de eigenlijke winterperiode. Hierdoor kan de slem gevoeliger zijn voor o.a. rafeling en in het slechtste geval kan er massaal steenverlies ontstaan tijdens en vlak na de winter.

Om bovenstaande problemen te vermijden, verbieden de verschillende standaardbestekken in België de aanleg van slems in de koude herfstperiode en winterperiode. Er zijn verschillen in deze data van standaardbestek tot standaardbestek, maar de idee is dezelfde.

Algemeen kan men aanbevelen om geen slem meer te plaatsen na eind september. De kans op een langere koude periode neemt hierna sterk toe. De aannemer zal dan als functie van de weersomstandigheden van de dag zelf alsook van de lange termijnsvoorspelling van het weer (tot 14 dagen na uitvoering) overwegen of een plaatsing van de slem nog mogelijk is of niet.

4.5 Globale overzichtstabel en voorbeeld

Wanneer men een bijzonder bestek voorbereidt en men een geschikte slembehandeling wil bepalen, zal men de verschillende in § 4.2 opgesomde en toegelichte parameters dienen te beschouwen en te evalueren.

In tabel 4.8 (§ 4.5.1) wordt een overzicht gegeven van deze verschillende parameters die een rol spelen en van de toepassing en korrelmaat van de slem die voor de verschillende gevallen wordt aanbevolen.

Aan de hand van een voorbeeld (§ 4.5.2) wordt stap per stap aangegeven hoe deze tabel 4.8 best wordt gebruikt om tot een geschikte oplossing te komen.

4.5.1 Globale overzichtstabel

Toestand wegdek										Verkeersintensiteit (tabel 4.2)					
Onvlakheid (d) (tabel 4.5)		Scheurwijdte (w) (tabel 3.1)			Porositeitsklasse (p) (tabel 3.3)			Licht	Matig	Hoog					
< 5 mm	< 20 mm	> 20 mm	< 2 mm	2 - 5 mm	> 5 mm	Laag	Matig	Hoog	Bovenste slem – keuze als functie van conditionering oppervlak slem (tabellen 4.3 en 4.4) (0/4), (0/6,3)						
OK	US	VW	OK	SB	VW	OK	VB of VS	VW	Onderste slem – keuze als functie van conditionering wegdek (tabellen 4.5 t.e.m. 4.7) (0/2), (0/4), (0/6,3)						
Geen maatregel nodig (tabel 4.5)			✓						1L	2L	BS	2L	BS	H2L	HBS
Onvlakheid wegnemen noodzakelijk (tabel 4.5)				✓						2L	BS		BS		HBS
Onvlakheid wegnemen noodzakelijk (tabel 4.5)					✓						BS		BS		
Onvlakheid wegnemen noodzakelijk (hoofdstuk 3) door vervangen wegdek (hoofdstuk 3)						✓			1L	2L	BS	2L	BS	H2L	HBS
			✓				✓		1L	2L	BS	2L	BS		HBS
			✓				✓		1L	2L	BS	2L	BS		HBS
			✓				✓		1L	2L	BS	2L	BS		HBS
				✓						2L	BS		BS		
				✓						2L	BS		BS		
				✓						2L	BS		BS		
				✓						2L	BS		BS		
				✓						2L	BS		BS		
				✓						2L	BS		BS		
				✓						2L	BS		BS		

OK : geen voorbereiding nodig van wegdek

US : uitvlakstem

VB : voorbestrijking

VS : voorslem

SB : scheurbehandeling (overbrugging of voegvulling)

VW : vervangen poreus wegdek / brede scheuren (frezes en inlay toplaag)

Type	Gewoon	Hoogwaardig
Eenlaagse slem	1L	H1L
Tweelaagse slem	2L	H2L
Bestrijking met slemafdichting	BS	HBS

Geel veld

Aanbevolen om slem samen te stellen met kationische bitumenemulsie van polymeeerbitumen (PmB) of kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie

Kleurcode korrelmaten slem
Groen
Zwart
Rood
Gebruikelijk
Alternatief
Minder gebruikelijk

Tabel 4.8 – Nodige voorbereiding en keuze van slemtype en korrelmaat als functie van de aanwezige verkeersintensiteit, de onvlakheid, de scheurwijdte en de porositeitsklasse van het wegdek

■ 4.5.2 Voorbeeld ter illustratie van de keuze van het geschikte slemtype en de korrelmaat

Ter verduidelijking van tabel 4.8 uit § 4.5.1, wordt hierna een uitgewerkt voorbeeld gegeven voor een fictieve situatie waarin een geschikte slembehandeling in een bijzonder bestek moet worden voorgeschreven.

Men heeft een bestaande weg met volgende situatie:

Verkeer

- Verkeerstelling: 800 voertuigen/dag/rijstrook, waarvan 75 vrachtwagens;
- Snelheidsregime: maximale snelheid van 70 km/uur.

Conditie van het wegdek

- Het wegdek bestaat uit een asfaltverharding.
- Met de lat van 3 m wordt er nergens een onvlakheid aangetroffen die groter is dan 5 mm.
- Men kan rafeling aantreffen, maar enkel in de wielsporen (*Mean Texture Depth* - MTD gemeten via zandvlekproef geeft een waarde van 1,1 mm), buiten de wielsporen is de MTD gelijk aan 0,5 mm.
- Over het gehele wegdek zijn er dwarse scheuren (scheurwijdte tussen 2 en 5 mm) met solitair karakter.

De keuze van de geschikte slembehandeling verloopt in 4 stappen.

1. Beoordeling van de wegconditie en bepaling of en welke voorbereidende werkzaamheden er nodig zijn aan het bestaande wegdek.
2. Classificatie van de verkeersintensiteit.
3. Keuze van de geschikte behandeling.
4. Keuze van de geschikte korrelmaten van de slemlagen.

Hieronder wordt iedere stap gedetailleerd toegelicht.

Stap 1 – Beoordeling wegconditie en bepaling nodige voorbereidende werkzaamheden

In eerste instantie dient men na te kijken als functie van de wegconditie of er voorbereidende werkzaamheden nodig zijn. Via het linkse gedeelte van tabel 4.8 kan dit aan de hand van de drie parameters (onvlakheid, scheurwijdte en porositeitsklasse) worden bepaald.

1. Onvlakheden

Aangezien de onvlakheid kleiner is dan 5 mm, is er geen uitvlakking nodig.

Toestand wegdek										
Onvlakheid (d) (tabel 4.5)			Scheurwijdte (w) (tabel 3.1)			Porositeitsklasse (p) (tabel 3.3)				
< 5 mm	< 20 mm	> 20 mm	< 2 mm	2 - 5 mm	> 5 mm	Laag	Matig	Hoog		
Nodige voorbereiding wegdek (hoofdstuk 3)										
OK	US	VW	OK	SB	VW	OK	VB of VS	VW		
Geen maatregel nodig (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk Uitvlakselm is mogelijk (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk, door vervangen wegdek (hoofdstuk 3)	✓							
				✓						
					✓					
								✓		
									✓	
										✓
			✓					✓		
			✓						✓	
			✓							✓
						✓		✓		
						✓			✓	
						✓				✓
								✓	✓	
								✓		✓
					✓		✓			

2. Scheuren:

Er zijn scheuren aanwezig in het wegdek. Ze vertonen een solitair karakter, hetgeen wil zeggen dat ze niet geconcentreerd zijn op één bepaalde locatie, maar dat ze eerder op regelmatige afstand van elkaar voorkomen. Ze zijn met andere woorden individueel behandelbaar. Via tabel 4.8 (of tabel 3.2) kan men terugvinden dat er een individuele voorafgaandelijke behandeling dient te gebeuren. Men zal de scheuren individueel vingerfrozen, en deze dan opvoegen met warme voegvullingsmassa.

Er zijn nergens scheuren breder dan 5 mm teruggevonden. Was dit wel het geval geweest, zou men dit gedeelte van de verharding het best hebben vervangen.

Toestand wegdek										
Onvlakheid (d) (tabel 4.5)			Scheurwijdte (w) (tabel 3.1)			Porositeitsklasse (p) (tabel 3.3)				
< 5 mm	< 20 mm	> 20 mm	< 2 mm	2 - 5 mm	> 5 mm	Laag	Matig	Hoog		
Nodige voorbereiding wegdek (hoofdstuk 3)										
OK	US	VW	OK	SB	VW	OK	VB of VS	VW		
Geen maatregel nodig (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk Uitvlaksel is mogelijk (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk, door vervangen wegdek (hoofdstuk 3)	✓							
				✓						
					✓					
								✓		
									✓	
										✓
			✓					✓		
			✓						✓	
			✓							✓
						✓		✓		
						✓			✓	
						✓				✓
								✓	✓	
					✓	✓				
					✓		✓			

3. Porositeitsklasse van het wegdek

Er is een verschil in textuur in de zones van de wielsporen en erbuiten. In de wielsporen heeft men beginnende rafeling en kan men een MTD meten van 1,1 mm. Op basis van de definitie van de porositeitsklasse (tabel 3.3) kan men de zone van de wielsporen klasseren onder een porositeitsklasse "matig" (MTD is gelegen tussen 0,8 en 1,5 mm en/of men heeft ook rafeling).

- Via tabel 4.8 kan men terugvinden dat hier een VB (voorbestrjking) of VS (voorslem) nodig is om de porositeit te verlagen, desgevallend beperkt men zich enkel tot deze wielsporen.
- Men verkiest een slem 0/2 te voorzien (tabel 4.7), gezien de matige porositeitsklasse in de wiel-sporen (0/4 is grover en is eerder aanbevolen bij een grovere porositeit). Bovendien zal dit de minste oneffenheid creëren ten opzichte van de rest van het wegdek (er is namelijk zeer weinig onvlakheid aanwezig in de wielsporen).

Buiten de wielsporen is de MTD-waarde 0,5 mm en heeft men geen rafeling. De porositeitsklasse kan bepaald worden als "laag". Het feit dat hier solitaire scheuren aanwezig zijn in het wegdek speelt geen rol voor de porositeitsklasse. Om de porositeitsklasse te verhogen dienen de scheuren een geconcentreerd karakter hebben (veel scheuren op beperkte oppervlakte).

- Via tabel 4.8 kan men terugvinden dat hiervoor geen verdere voorbehandeling nodig is.

Toestand wegdek										
Onvlakheid (d) (tabel 4.5)			Scheurwijdte (w) (tabel 3.1)			Porositeitsklasse (p) (tabel 3.3)				
< 5 mm	< 20 mm	> 20 mm	< 2 mm	2 - 5 mm	> 5 mm	Laag	Matig	Hoog		
Nodige voorbereiding wegdek (hoofdstuk 3)										
OK	US	VW	OK	SB	VW	OK	VB of VS	VW		
Geen maatregel nodig (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk Uitvlaksllem is mogelijk (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk, door vervangen wegdek (hoofdstuk 3)	✓							
				✓						
					✓					
								✓		
									✓	
										✓
			✓					✓		
			✓						✓	
			✓							✓
						✓			✓	
						✓				✓
						✓				✓
								✓	✓	
					✓		✓			
					✓		✓			

Stap 2 – Classificatie van de verkeersintensiteit

Via tabel 4.2 kan men terugvinden dat de opgemeten hoeveelheden van voertuigen (personenwagens en vrachtwagens samen) minder bedragen dan 1000 voertuigen/dag/rijstrook. Bovendien is het aantal zware voertuigen beperkt tot 100/ dag/ rijstrook.

- Men heeft op deze weg een verkeersintensiteit klasse "licht".

Stap 3 – Keuze van de geschikte slembehandeling

Via de stappen 1 en 2 kan men in het rechtergedeelte van de tabel 4.8 aflezen welke slembehandeling verkiesbaar is voor het type verkeer en de conditie van het wegdek.

Toestand wegdek									Verkeersintensiteit (tabel 4.2)									
Onvlakheid (d) (tabel 4.5)			Scheurwijdte (w) (tabel 3.1)			Porositeitsklasse (p) (tabel 3.3)			Licht	Matig		Hoog						
< 5 mm	< 20 mm	> 20 mm	< 2 mm	2 - 5 mm	> 5 mm	Laag	Matig	Hoog	Bovenste slem – keuze als functie van conditionering oppervlak slem (tabellen 4.3 en 4.4) (0/4), (0/6,3) (0/4), (0/6,3) (0/6,3), (0/10)									
Nodige voorbereiding wegdek (hoofdstuk 3)									Onderste slem – keuze als functie van conditionering wegdek (tabellen 4.5 t.e.m. 4.7) (0/2), (0/4), (0/6,3) (0/4), (0/6,3) (0/4), (0/6,3), (0/10)									
OK	US	VW	OK	SB	VW	OK	VB of VS	VW	1L	2L	BS	2L	BS	H2L	HBS			
Geen maatregel nodig (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk Uitvlaksllem is mogelijk (tabel 4.5)	Onvlakheid wegnemen noodzakelijk, door vervangen wegdek (hoofdstuk 3)	✓						1L	2L	BS							
				✓							2L	BS		BS		HBS		
					✓								BS		BS			
						✓					1L	2L	BS		2L	BS	H2L	HBS
								✓			1L	2L	BS		2L	BS		HBS
									✓			2L	BS		BS			
			✓					✓			1L	2L	BS		2L	BS	H2L	HBS
			✓						✓		1L	2L	BS		2L	BS		HBS
			✓							✓		2L	BS		BS			
						✓			✓			2L	BS		BS		HBS	
						✓				✓		2L	BS		BS		HBS	
								✓		✓			BS		BS			
					✓		✓			BS		BS						
					✓		✓			BS		BS						

In de situatie van het voorbeeld heeft men de keuze tussen:

- 2L: Tweelaagse slem (met kationische bitumenemulsie van polymeerbitumen (PmB) of kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie);
- BS: Bestrijking met slemafdichting (met kationische bitumenemulsie van polymeerbitumen (PmB) of kationische latexgemodificeerde bitumenemulsie).

In het kader van deze handleiding wordt geadviseerd voor een tweelaagse slemlaag op basis van een gemodificeerde emulsie (PmB of latex). Een bestrijking met slemafdichting is ook een mogelijkheid maar wordt hier niet verder uitgewerkt.

Stap 4 – Keuze van de geschikte korrelmaten van de slemlagen

Onderste slemlaag

De onderste slemlaag moet het bestaande wegdek conditioneren opdat men de tweede slemlaag optimaal kan plaatsen. Men dient de korrelmaat dus te kiezen als functie van de aanwezige conditieparameters (onvlakheid, scheuren en porositeit) op basis van de tabellen 4.5, 4.6 en 4.7.

Verkeersintensiteit (tabel 4.2)		
Licht	Matig	Hoog
Bovenste slem – keuze als functie van conditionering oppervlak slem (tabellen 4.3 en 4.4) (0/4), (0/6,3) (0/4), (0/6,3) (0/6,3), (0/10)		
Onderste slem – keuze als functie van conditionering wegdek (tabellen 4.5 t.e.m. 4.7) (0/2), (0/4), (0/6,3) (0/4), (0/6,3) (0/4), (0/6,3), (0/10)		

Op basis van de onvlakheid en tabel 4.5 heeft men de keuze tussen 0/4, 0/6,3 of 0/10.

Op basis van de scheuren en tabel 4.6 heeft men keuze tussen 0/4 of 0/6,3.

Op basis van de porositeitsklasse en tabel 4.7 heeft men keuze tussen 0/4 of 0/6,3 (zowel in als buiten de wielsporen).

→ De gemene deler van de keuzes is 0/4 of 0/6,3.

→ In tabel 4.8 kan men zien dat het kaliber 0/4 in groen staat aangegeven (is het meest gebruikelijk kaliber voor dit type weg en verkeersintensiteit).

→ Kaliber 0/4 wordt weerhouden.

Bovenste slemlaag

De bovenste slemlaag zal de textuur en stroefheid van het wegdek bepalen. Het kaliber dient dan ook gekozen te worden als functie van het verkeer en de verkeerssnelheid (tabellen 4.3 en 4.4).

Verkeersintensiteit (tabel 4.2)		
Licht	Matig	Hoog
Bovenste slem – keuze als functie van conditionering oppervlak slem (tabellen 4.3 en 4.4)		
(0/4), (0/6,3)	(0/4), (0/6,3)	(0/6,3), (0/10)
Onderste slem – keuze als functie van conditionering wegdek (tabellen 4.5 t.e.m. 4.7)		
(0/2), (0/4), (0/6,3)	(0/4), (0/6,3)	(0/4), (0/6,3), (0/10)

Op basis van tabel 4.3 (lichte verkeersklasse) heeft men de keuze tussen 0/4 en 0/6,3.

Op basis van tabel 4.4 (snelheidsregime) heeft men enkel de keuze voor 0/6,3.

→ De bovenste slemlaag dient dus een slem kaliber 0/6,3 te zijn.

Besluit

Er zijn twee mogelijkheden:

1. Men kan op deze weg een tweelaagse slem op basis van PmB-emulsie (beter weerstaan aan reflectie scheuren) toepassen, waarbij de onderste slemlaag een kaliber 0/4 heeft en de bovenste slem een kaliber 0/6,3 heeft.
2. Er kan ook een bestrijking met slemafdichting worden toegepast.

Als voorbereidende werkzaamheden dient men voorafgaandelijk de bestaande scheuren individueel te gaan vingerfrozen en op te voegen met warme voegvullingsmassa.

De rafeling in de wielsporen kan opgevangen door daags voor de eigenlijke slemwerken een voor-slem toe te passen (beperkt tot de wielsporen) met kaliber 0/2 mm.



Hoofdstuk 5

Mengselontwerp

Het mengselontwerp is een onmisbare stap naar een kwaliteitsvolle slem laag op de bouwplaats. De voorbereiding van het bestaande wegdek, de productie en de verwerking vormen de andere pijlers voor het slagen van een slembehandeling.

Het belang van mengselontwerp neemt alsmat toe, door de toepassing van slems op wegen met zwaarder verkeer en de steeds strengere eisen die worden gesteld aan de duurzaamheid. Bovendien zijn er de laatste jaren grote veranderingen gaande op vlak van grondstoffen, meer bepaald op vlak van emulsies, basisbitumina, cement en allerhande additieven. Vasthouden aan gekende recepten, zonder de impact te kennen van al deze veranderingen op het brekingsproces en de duurzaamheid van het slemmengsel, is niet opportuun en leidt tot een hoog risico op falen van slemwerken. Wil men omgaan met al deze veranderingen, moet men noodgedwongen inzetten op een degelijk mengselontwerp.

Voor de praktijk is het essentieel dat het mengselontwerp haalbaar is qua tijd en kosten. Dit impliceert dat het aantal laboratoriumproeven beperkt moet blijven en dat de nodige bijstellingen van het mengsel op een rationele en gerichte wijze moeten gebeuren.

De door OCW aanbevolen ontwerpmethodede, zoals beschreven in dit hoofdstuk,

- vertrekt van een theoretisch berekende initiële mengselsamenstelling, waardoor het experimenteel proevenprogramma kan worden aangevat met een mengsel dat desgevallend nog in beperkte mate moet worden bijgestuurd;
- maakt gebruik van de Europese beproevingsmethododes van de reeks NBN EN 12274 (NBN, 2005-2018), met voor de praktijk gepaste keuzes van de testcondities;
- verloopt volgens een rationele procedure, met het oog op de beperking van het aantal nodige testen;
- benut de bestaande kennis omtrent de impact van de bestanddelen en hun proportionele samenstelling op de mengselprestaties, zodat het mengsel zo gericht mogelijk kan worden bijgestuurd en het aantal te beproeven mengselvarianten beperkt blijft.

De methode is gebaseerd op de ruime ervaring van OCW met prestatiegerichte proeven voor slems (Destrée et al., 2022) en op de state-of-the-art op gebied van ontwerp van slemmengsels op internationaal vlak (California Department of Transportation [Caltrans], Division of Maintenance, 2008; Deneuvillers et al., 2017; Fugro Consultants et al., 2010; International Slurry Surfacing Association [ISSA], 2020, 2021; Southern African Bitumen Association [Sabita], 2011).

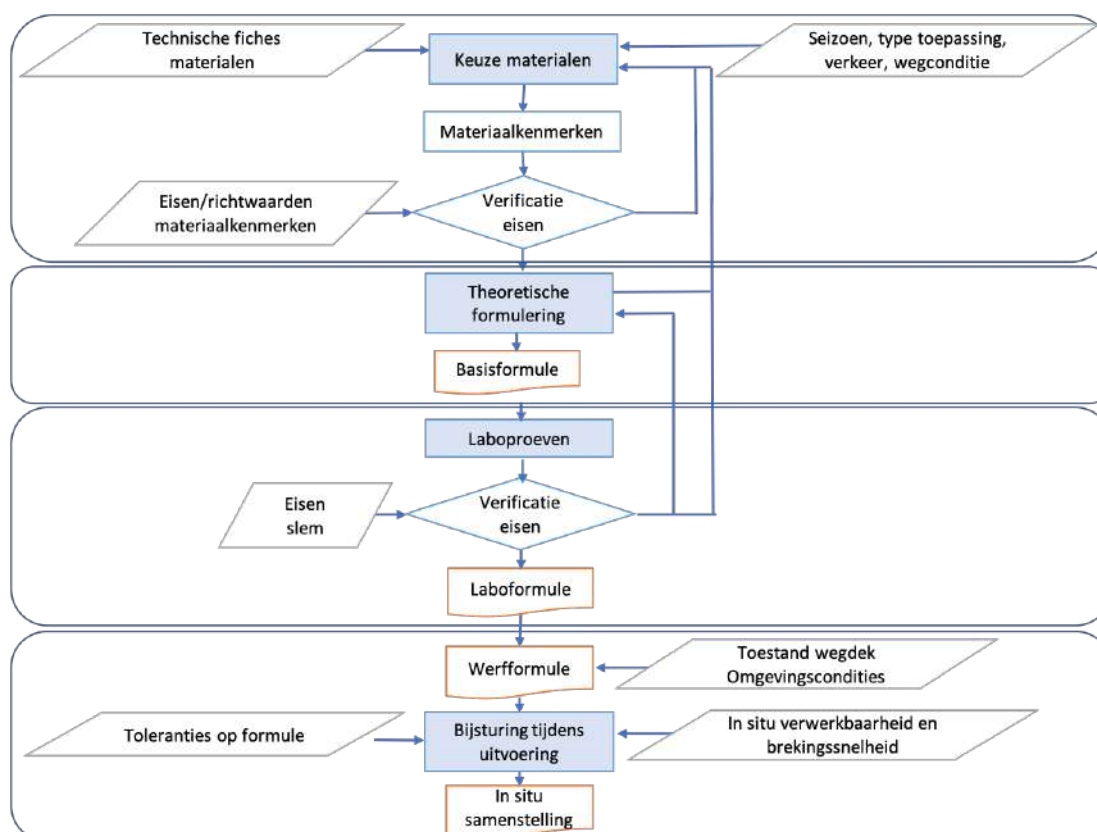
De flowchart in figuur 5.1 toont de verschillende fases van de procedure, vanaf de keuze van de bestanddelen tot het mengsel toegepast op de bouwplaats.

Weersomstandigheden op de bouwplaats kunnen snel veranderen, zelfs binnen de korte periode die nodig is om een slem te plaatsen. In situ aanpassingen van de mengselsamenstelling zijn dus onvermijdelijk en noodzakelijk om de verwerkbaarheid en de brekingsnelheid bij te sturen.

Veranderingen op de bouwplaats dienen echter beperkt te blijven tot (§ 6.5.2):

1. verandering van het watergehalte, als functie van de weersomstandigheden;
2. aanpassing van de hoeveelheid cement, om de consistentie te verbeteren en mogelijk de breking te versnellen/vertragen;
3. verhoging/verlaging van de hoeveelheid brekingsremmer om de breking te vertragen/versnellen.

Het wordt ten stelligste afgeraden de bestanddelen zelf op de bouwplaats te veranderen.



Figuur 5.1 – Procedure mengselontwerp

In de volgende paragrafen worden de verschillende fases nader toegelicht, van de keuze van de materialen en de theoretische formulering tot het experimenteel mengselontwerp.

Figuur 5.1 toont dat er op verschillende momenten bijsturing van de samenstelling en terugkoppeling nodig kan zijn. De laatste paragraaf van dit hoofdstuk is daarom gewijd aan de invloed van de mengselparameters op de mengselprestaties. Inzicht in deze invloed is nodig om de juiste beslissingen te kunnen nemen in het bijsturingproces.

5.1 Keuze van de materialen

Mengselontwerp start met een initiële keuze van de materialen, waarvan de kenmerken worden getoetst aan de geldende eisen. Voor een uitgebreide beschrijving van de materialen, hun kenmerken en de eisen waaraan ze moeten voldoen, wordt verwezen naar hoofdstuk 2. Hieronder worden nog de belangrijkste elementen aangehaald die de keuze van de materialen zullen beïnvloeden.

■ 5.1.1 Keuze van de aggregaten

Wil men als ontwerper zelf de korrelverdeling bepalen en bijsturen, kiest men voor een zand en één of meer steenslagfracties om het aggregaat samen te stellen. Zoniet, kiest men voor een aggregaatmengsel dat vooraf in de groeve is gegradeerd voor slems.

Het verkeer, de conditie van het te behandelen wegdek en de gekozen toepassingstechniek (éénlaagse slem, tweelaagse slem of bestrijking met slemafdichting) zijn richtinggevend voor de keuze van de maximale korrelmaat. Hiervoor werden eerder aanbevelingen gegeven in hoofdstuk 4. Zo zal men voor wegen met een hoog snelheidsregime (> 70 km/u) kiezen voor een gotere maximale korrelmaat (0/6,3 mm of minder gebruikelijk 0/10 mm), omwille van de stroefheid. De korrelmaat 0/10 mm wordt echter afgeraden voor plaatsen met wringend verkeer.

Voor wegen gekenmerkt door de verkeersklasse “hoog”, dat wil zeggen wegen met druk en zwaar verkeer zoals gedefinieerd in hoofdstuk 4, zal men kiezen voor een eerder discontinue korrelverdeling, omwille van de hogere weerstand tegen vervorming en de stroefheid.

Naast de korrelverdeling speelt ook de aard en de mineralogie van het gekozen aggregaat een rol. Het aggregaat moet compatibel zijn met de emulsie opdat er een goede adhesie tot stand kan komen tussen het aggregaat en het residuaal bindmiddel.

Noot:

De norm EN 12274-7 (NBN, 2005a) beschrijft een proef om de compatibiliteit van het aggregaat met de emulsie te beoordelen, via een schud/slijtproef op watergesatureerde monsters. De monsters worden vervaardigd met een gestandaardiseerde korrelverdeling 0/2 mm, om de invloed van de korrelverdeling uit te sluiten. Proeven uitgevoerd aan OCW met in België gebruikelijke steensoorten (porfier en zandsteen) en bitumenemulsies hebben tot op heden steeds gewezen op een goede compatibiliteit.

■ 5.1.2 Keuze van de emulsie

De keuze van de emulsie hangt hoofdzakelijk af van:

- het seizoen van aanleg: gezien de breking zeer gevoelig is aan de omgevingscondities passen de fabrikanten van emulsies hun formuleringen aan als functie van het seizoen en gebruikt men dus een emulsie die aangepast is aan het verwachte temperatuurbereik op de bouwplaats;
- het verkeer: voor wegen van verkeersklasse “hoog” wordt het gebruik van een polymeergemodificeerde emulsie (PmB of latex, § 2.1.2) ten stelligste aanbevolen.

Daarnaast kan men de keuze ook laten beïnvloeden door de kenmerken van de emulsie en het residuaal bindmiddel. Voor het belang van deze kenmerken voor de praktijk (verwerkbaarheid, breekgedrag en prestaties van de slem) wordt gerefereerd naar hoofdstuk 2.

■ 5.1.3 Keuze van het cement

Cement wordt in België regelmatig toegepast als speciale vulstof, om de breking te beïnvloeden en de consistentie van de slem te verbeteren. De impact van cement op het breekgedrag is echter moeilijk te voorspellen: cement kan de breking zowel versnellen als vertragen, afhankelijk van het type cement en de interactie met de gekozen emulsie, een interactie die afhangt van het basisbi-

tumen, de emulgatoren en hun dosering, de verdeling van de druppelmaat, enz. Ook de aard van het aggregaat zou de impact van het cement kunnen beïnvloeden. Daarom is het cruciaal om het cement te selecteren van bij de aanvang van het mengselontwerp en niet meer af te wijken van deze keuze op de bouwplaats.

Noot:

De norm EN 12848 (NBN, 2009c) (Bepaling van de mengstabiliteit van bitumenemulsies met cement) beschrijft een eenvoudige proefmethode om de stabiliteit van een emulsie te beoordelen wanneer ze in contact wordt gebracht met cement. De norm specificeert het gebruik van een standaard cement (Portland cement CEM I, type R), omdat het proefresultaat afhangt van het cementtype. Aan OCW werd deze proef uitgevoerd met verschillende cementtypes, om de impact van een bepaald cement op de stabiliteit en breking van de gekozen emulsie te beoordelen.

Er werd echter geen verband gevonden tussen het proefresultaat en de impact die het cement nadien heeft op de breking van een slem die deze beide bestanddelen (emulsie en cement) bevat. Het praktisch nut van deze proef staat dus ter discussie.

■ 5.1.4 Keuze van een brekingsremmer

Toevoeging van een brekingsremmer kan nodig zijn, voor het vertragen van de breking op dagen met zeer warme en droge omgevingscondities. De dosering van deze brekingsremmer kangebeuren bij de fabricatie van de emulsie of op de bouwplaats zelf. Toch is het belangrijk om van bij aanvang het juiste product te selecteren en de compatibiliteit tussen de emulsie en de brekingsremmer te verifiëren.

■ 5.1.5 Keuze van andere additieven

Indien andere additieven worden gebruikt, zoals kalkhydraat, pigment of vezels, is het belangrijk deze te selecteren bij het mengselontwerp en nadien niet meer af te wijken van de gemaakte keuze. De impact op het brekingsproces en de prestaties is immers onvoorspelbaar en het veranderen van additief kan dus aanleiding geven tot onverwachte en nadelige effecten.

■ 5.2 Theoretische formulering

Van zodra de materialen zijn geselecteerd, kan men op theoretische wijze een initiële samenstelling formuleren.

De "basisformule" die volgt uit deze theoretische fase is een goed vertrekpunt voor het experimenteel mengselontwerp. Met een goede basisformule zal het mengsel naar verwachting minder bijsturing vragen in de fase van het experimenteel mengselontwerp. Dat bespaart tijd en kosten.

■ 5.2.1 Samenstelling van het aggregaat

De samenstelling van het aggregaat bepaalt de korrelverdeling, die een impact heeft op de prestaties van de slem. Macrottextuur, stroefheid, weerstand tegen zweeten, vervorming en rafeling zullen alle afhangen van de exacte korrelverdeling.

In het verleden specificerden de Belgische bestekken grenswaarden voor de korrelverdelingen van slems (zie vroegere versies SB250 v2.0 [Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, 2000] en RW99_2004 [Ministère de la Région Wallonne (MRW), Direction Générale des Pouvoirs Locaux (DGPL), 2004]). In de huidige versies zijn er geen grenswaarden meer voorgeschreven.

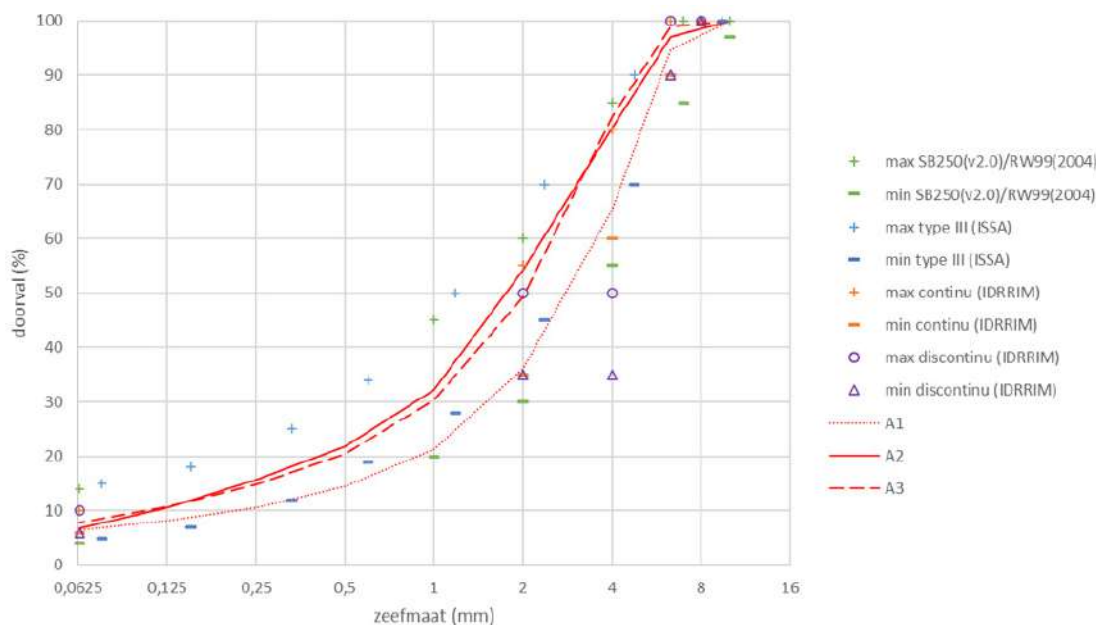
Desondanks verdient het aanbeveling om de korrelverdeling te toetsen aan de vroegere grenswaarden en aan de richtlijnen voor:

- het type “continu” van het Franse IDRRIM (Deneuillers et al., 2017);
- het “type III” van de International Slurry Surfacing Association (ISSA, 2020);

Figuur 5.2 toont deze grenzen, voor het geval van de korrelklasse 0/6,3 mm. Men merkt op dat de grenzen van het Franse IDRRIM voor het type “continu” nauwer zijn dan de vroegere grenzen van de Belgische bestekken, maar qua gemiddelden is er een zeer goede overeenkomst. De maximum grenzen van het “type III” van ISSA stemmen goed overeen met de vroegere Belgische bestekseisen, doch de minimum grenzen liggen hoger. IDRRIM geeft ook richtlijnen voor een discontinue korrelverdeling, waarvan de grenzen ter informatie ook weergegeven zijn.

Ter illustratie zijn in deze grafiek enkele aan OCW gemeten korrelverdelingen van voorgegradeerde mengsels van korrelklasse 0/6,3 mm opgenomen. Twee ervan zijn afkomstig van Belgische groeves (A1 en A2), het derde mengsel is van een buitenlandse groeve (A3). Men stelt vast dat alle korrelverdelingen beantwoorden aan de vroegere Belgische vereisten en aan de strengere grenzen van het Franse IDRRIM.

In vergelijking met de ISSA richtlijn valt enkel A1 onder de ondergrens. Zowel de laboratoriumproeven als de praktijk tonen dat de drie aggregaatmengsels geschikt zijn om goed presterende slems te ontwerpen. Slemmengsels met het aggregaat A1 vertonen zichtbaar meer macrottextuur, gezien de korrelverdeling. Dat zorgt voor een hoge stroefheid, maar houdt tegelijk een hoger risico voor rafeling in.



Figuur 5.2 – Korrelverdelingen van enkele typische aggregaatmengsels voor slems (0/6,3), vergeleken met vroegere Belgische vereisten en andere richtlijnen

Naast het gebruik van een voorgegradeerd mengsel, kan de ontwerper ervoor opteren om zelf een mengsel te maken van twee of meer aggregaten. Op die manier kan elke gewenste korrelverdeling worden gerealiseerd en bijgestuurd als functie van de gewenste prestaties. Een meer discontinue korrelverdeling zal de stroefheid en weerstand tegen zweten en vervorming verbeteren, maar kan dan weer een hoger risico op rafeling inhouden.

■ 5.2.2 Hoeveelheid emulsie

De hoeveelheid emulsie, uitgedrukt in massapercentage op het droog aggregaat, is bepalend voor het gehalte aan residuaal bindmiddel en is dus kritisch voor de mengselprestaties. Het bindmiddelgehalte moet voldoende zijn voor een goede omhulling van het aggregaat, cohesie en weerstand tegen slijtage en rafeling. Een te hoog bindmiddelgehalte daarentegen leidt tot zweten en vervormbaarheid.

De hoeveelheid residuaal bindmiddel kan theoretisch worden geschat aan de hand van de specifieke oppervlakte van het aggregaat (Deneuvillers et al., 2017; ISSA, 2005).

De hieronder weergegeven berekeningsmethode werd overgenomen uit referentie (Deneuvillers et al., 2017, met coëfficiënten aangepast aan de standaard zeefmaten voor België (basic set + set 2):

$$\Sigma = 0,25 * G + 2,25 * S + 15 * s + 170 * f \quad (1)$$

waarbij:

- Σ: specifieke oppervlakte van het aggregaat
- G: zeefrest op zeef van 6,3 mm (in massa%)
- S: zeefdoorval door zeef van 6,3 mm min zeefrest op zeef van 0,25 mm (in massa%)
- s: zeefdoorval door zeef van 0,25 mm min zeefrest op zeef van 0,063 mm (in massa%)
- f: zeefdoorval door zeef van 0,063 mm (in massa%)

Het percentage residuaal bindmiddel, in massapercentage op het droog aggregaat, volgt dan uit:

$$\% \text{ bindmiddel} = \alpha * K * (\Sigma)^{1/5} \quad (2)$$

waarbij:

- $\alpha = 2,65/\rho$: een correctiefactor die afhangt van de dichtheid van het aggregaat ρ , in Mg/m^3 ($\alpha = 1$ voor $\rho = 2,65 \text{ Mg/m}^3$)
- K: de zogenaamde "module de richesse"

De "module de richesse" is een getal dat aangeeft hoe rijk aan bindmiddel het mengsel moet zijn. Dit hangt af van het type mengsel en van de maximale korrelmaat. Aanbevolen waarden voor slems zijn:

- K = 4,5 voor korrelmaat 0/4
- K = 4,25 voor korrelmaat 0/6,3
- K = 4,0 voor korrelmaat 0/10

Toegepast op de korrelverdelingen van de 3 aggregaatmengsels in figuur 5.2 vindt men lichte verschillen, afhankelijk van de korrelverdeling en de volumieke massa (in massapercentage op het droog aggregaat):

- A1: 7,0 %
- A2: 7,3 %
- A3: 7,5 %

Voor de berekening van de dosering van de emulsie dient dan rekening gehouden te worden met het juiste gehalte aan bindmiddel in de emulsie:

$$\% \text{ emulsie} = 100 * (\% \text{ residuaal bindmiddel} / \% \text{ bindmiddel in emulsie}) \quad (3)$$

■ 5.2.3 Hoeveelheid cement

De hoeveelheid cement varieert typisch van 0 tot 2 % op de massa van het droog aggregaat. Voor de initiële mengselsamenstelling is 0,5 à 1 % een goed vertrekpunt. Deze hoeveelheid kan verder worden bijgestuurd in het proevenprogramma.

Men merkt op dat cement, als extra toegevoegd fijn bestanddeel, ook een impact heeft op de korrelverdeling, in het bijzonder op de doorval door de zeef van 0,063 mm. Voor een meer correcte schatting van de hoeveelheid emulsie zou men dus in principe moeten rekenen met de korrelverdeling van het aggregaat-cement mengsel. Voor cementpercentages lager dan 1 % is het verschil op de geschatte hoeveelheid emulsie evenwel niet significant, gezien het om een initiële schatting gaat.

■ 5.2.4 Hoeveelheid water

De mengbaarheid, consistentie en het breekgedrag worden alle beïnvloed door de hoeveelheid water. Na rijping is het water echter quasi volledig uitgedreven, en dus heeft de hoeveelheid water geen impact meer op de verdere prestaties (gevoeligheid aan rafeling, zweten, enz.).

De consistentie neemt af en de vloeibaarheid neemt toe naarmate de dosering van de vloeibare bestanddelen, met name de emulsie en het toegevoegde water, hoger is. Vanuit die logica wordt aanbevolen om bij het mengselontwerp de initiële hoeveelheid water af te stemmen op de hoeveelheid emulsie: hoe meer emulsie, hoe lager de benodigde hoeveelheid toegevoegd water.

Aan de hand van metingen van het watergehalte van vers gemengde bulkmengsels, afkomstig van de verschillende slembouwplaatsen die in de loop der jaren door OCW zijn gemonitord, werd er een richtwaarde gevonden van 15 % (op de massa van het droog aggregaat) voor de totale hoeveelheid water. Deze totale hoeveelheid is in het geval van een verse slem samengesteld uit:

- het water in de vochtige aggregaten;
- het water dat in de emulsie zit;
- het toegevoegde water.

Het mengselontwerp in het laboratorium vertrekt van gedroogd aggregaat, zodat de eerste component gelijk is aan nul (het water in de vochtige aggregaten). De tweede component bedraagt:

$$\% \text{ emulsie} * (100 - \% \text{ bindmiddel in emulsie}) / 100 \quad (\text{in \%m op droog aggregaat})$$

Om een totale hoeveelheid water van 15 % op de massa van het droog aggregaat te bereiken, moet men dus nog een hoeveelheid water toevoegen gelijk aan:

$$15 - \% \text{ emulsie} * (100 - \% \text{ bindmiddel in emulsie}) / 100 \quad (\text{in \%m op droog aggregaat})$$

Hiermee vindt men een gepaste initiële waarde voor het percentage toe te voegen water, een percentage dat indien nodig nog zal worden bijgestuurd tijdens het experimenteel mengselontwerp.

Men merkt op dat men enkel in laboratoriumomstandigheden de totale hoeveelheid water kan controleren, omdat men vertrekt van droog aggregaat. Op de bouwplaats daarentegen worden vochtige aggregaten gebruikt, waarvan het watergehalte variabel is en onder meer afhangt van de weersomstandigheden en de watertoevoer tijdens de samenstelling in de groeve. De hoeveelheid extra toegevoegd water wordt dan ook in-situ bijgestuurd als functie van de waargenomen consistentie.

5.3 Experimenteel mengselontwerp

Het experimenteel mengselontwerp heeft als doel het slemmengsel door middel van proeven te kwalificeren, volgens onderstaande criteria:

1. Mengbaarheidstijd: zodra de emulsie in contact komt met de andere bestanddelen, is het mengsel slechts voor een beperkte periode mengbaar, omdat de stijfheid op een zeker moment sterk zal toenemen. De mengbaarheidstijd van het mengsel moet langer zijn dan het benodigde tijdsinterval voor het mengen en spreiden op de bouwplaats. Indien de mengbaarheidstijd te kort is, is er risico op klontervorming en obstructie van de slemmachine.
2. Consistentie: indien de consistentie te hoog is (mengsel te "stug"), zal de aanbrenging van de slem moeilijk verlopen en de slem a priori minder homogeen en minder hechtend op de ondergrond zijn. Indien de consistentie te laag is (mengsel te "vloeibaar") zijn de risico's op ontmengings- en vloeiverschijnselen groter.
3. Cohesie: na aanbrenging op de weg moet de slem snel cohesie ontwikkelen, zodat de openstelling voor verkeer zo snel mogelijk kan gebeuren. De kinetiek van de cohesieve opbouw en de uiteindelijke cohesie (die openstelling voor verkeer zonder schade aan de slem mogelijk maakt) zijn dus essentiële parameters die mede het mengselontwerp bepalen.
4. Slijtvastheid: na openstelling voor verkeer moet de slem uiteraard bestand zijn tegen progressieve slijtage door het voertuigverkeer, maar ook door water (de gezworen vijand van bitumineuze verhardingen).

Indien het slemmengsel niet voldoet aan een bepaald criterium, moet de formulering worden bijgestuurd.

De door OCW aanbevolen beproevingsmethodes voor het experimenteel mengselontwerp, worden in wat volgt meer in detail besproken. Daarna volgt de aanbevolen procedure, geconcentreerd om het experimentele werk tot een minimum te beperken.

Een criterium dat niet voorkomt in bovenstaande lijst is de weerstand tegen zweten en vervorming. Op het moment van publicatie van deze handleiding beschikt OCW over een interne beproevingsmethode gebaseerd op de wielspoorproef, doch deze proef vraagt veel tijd en is nog onvoldoende gevalideerd. Bovendien stelt men vast dat op Belgische wegen met slems zweten minder vaak voorkomt dan slijtage en rafeling. Hetzelfde kan gezegd worden van spoorvorming, die in absolute waarde klein blijft omwille van de dunne laagdikte. Een wielspoorproef wordt vandaag dus niet gezien als een noodzaak voor het mengselontwerp, maar de vraag kan relevanter worden in de toekomst, wanneer de toepassing van slems zich verder zal uitbreiden naar wegen met zwaarder verkeer, aangebracht in meerdere lagen en op grotere laagdiktes.

■ 5.3.1 Beproevingsmethodes

■ 5.3.1.1 Mengbaarheidstijd

Deze tijd, die verstrijkt tussen het begin van de menging van de emulsie met de andere bestanddelen en het intreden van de breking van de slem, kan eenvoudig in het laboratorium (bij gecontroleerde temperatuur) worden bepaald door de verschillende bestanddelen handmatig met een constante snelheid in een recipiënt te roeren tot een verandering in de stijfheid van de slem waar te nemen is. Er bestaat ter zake geen Europese beproevingsnorm. OCW heeft daarom een eigen testprotocol ontwikkeld, gebaseerd op een technisch rapport van de International Slurry Surfacing Association (ISSA, 2017). De methode heeft een beperkte precisie, gezien het subjectieve gevoel van de operator. De proef is echter snel en eenvoudig en voldoet voor de schatting van de mengbaarheidstijd.

Omdat de temperatuur een aanzienlijke impact heeft op het intreden van de breking, is het uiterst belangrijk de mengbaarheidstijd te evalueren bij een temperatuur die aangepast is aan het temperatuurgebied dat voor het moment van aanbrenging van de slem voorspeld wordt.

Een richtlijn van de International Slurry Surfacing Association (ISSA, 2020) legt een minimale mengbaarheidstijd van 120 s vast.

Een te lange mengbaarheidstijd is ook niet wenselijk, omdat dit mogelijk duidt op een zeer trage breking en toename van de cohesie. Volgens het testprotocol van de International Slurry Surfacing Association (ISSA, 2017) wordt de proef gestopt na 300 sec mengen, wat meteen ook een maximale mengbaarheidstijd aangeeft.

In de praktijk gebeurt het mengen in de slemmachine in minder dan 60 s. Een mengbaarheidstijd van minstens 120 s zou dus voldoende moeten zijn om de mengbaarheid op de bouwplaats te garanderen.

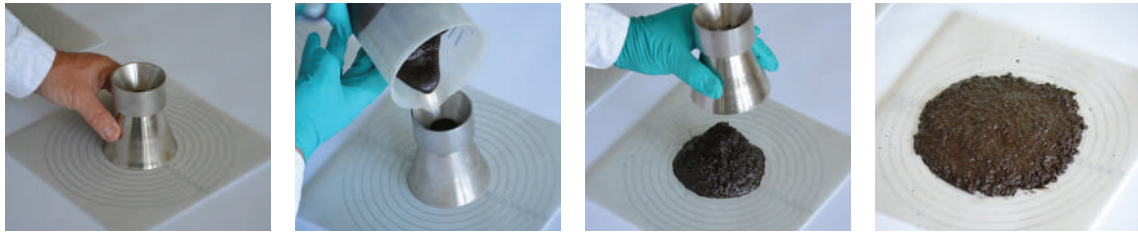
■ 5.3.1.2 Consistentie

De Europese norm EN 12274-3 (NBN, 2018a) schrijft een beproevingsmethode voor om de consistentie van slems¹ te bepalen. Deze methode kan worden gebruikt als hulp om een homogeen, stabiel en verwerkbaar mengsel samen te stellen.

Het gaat om een eenvoudige en snelle proef (figuur 5.3), uitgevoerd bij omgevingstemperatuur (23 ± 5 °C). Er wordt een kegel geplaatst op een metalen plaat waarin een schaal is gegraveerd. Deze schaal bestaat uit 8 concentrische cirkels (genummerd van 0 tot 7, van binnen naar buiten). De plaat is vooraf bedekt met een niet-absorberend transparant blad papier. Met behulp van een trechter² wordt de metalen kegel gevuld met slem. De slem wordt dan door middel van een regelmatige verticale beweging uit de kegel gelaten en de vloeï (of diametrale dispersie) van het mengsel wordt gemeten op de schaal (in 4 punten met telkens een hoek van 90 ° tot het volgende punt, vertrekkend vanuit cirkel "0"). De proef wordt bij OCW in drievoud uitgevoerd. Het gemiddelde resultaat van deze drie individuele proeven, uitgedrukt in centimeters, is de consistentie van het mengsel.

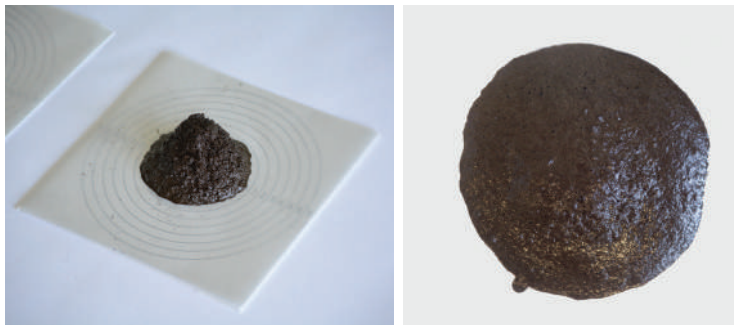
1 Volgens de norm EN 12274-3 (NBN, 2018a) is deze proef uitsluitend voor slems ($D \leq 4$ mm) bestemd. De bij OCW uitgevoerde proeven met een korrelverdeling 0/6,3 mm hebben bewezen dat het toepassingsgebied van de norm kan worden uitgebreid tot dit type mengsel.

2 De trechter is een aanpassing van OCW. Hij wordt niet beschreven in de Europese norm EN 12274-3 (NBN, 2018a), maar wordt aanbevolen om de slem eenvoudig en netjes in de kegel over te brengen.



Figuur 5.3 – Voorbeeld van uitvoering van de consistentieproef volgens norm EN 12274-3 (NBN, 2018a)

Concreet betekent dit dat hoe kleiner de vloeï, hoe hoger de consistentie van de slem zal zijn. Omgekeerd geldt dan weer dat hoe groter de vloeï, hoe lager de consistentie van de slem zal zijn (figuur 5.4). De samenstelling van de slem moet dus worden aangepast naargelang van de bij deze consistentieproef verkregen resultaten.



Hoge consistentie
(Kleine diametrale dispersie)

Lage consistentie
(Hoge diametrale dispersie)

Figuur 5.4 – Voorbeeld van twee consistenties voor slem (hoog en laag)

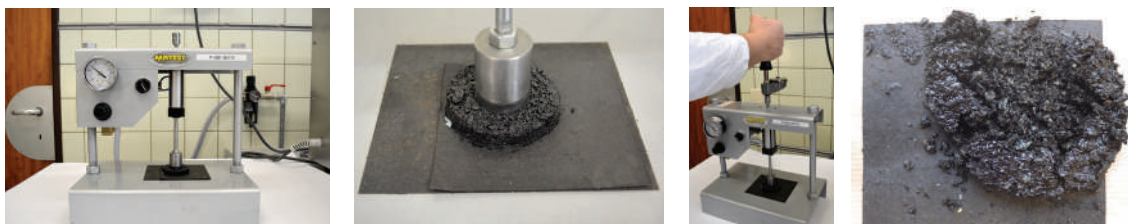
Omdat de temperatuur een aanzienlijke impact heeft op de consistentie na menging, is het uiterst belangrijk de proef uit te voeren bij een temperatuur die aangepast is aan het temperatuurgebied dat voor het moment van aanbrenging van de slem wordt voorspeld.

Een richtlijn van de International Slurry Surfacing Association - ISSA (ISSA, 2020) merkt een vloeï van 2 à 3 cm als optimaal aan.

5.3.1.3 Cohesie

De Europese norm EN 12274-4 (NBN, 2018b) schrijft een beproevingsmethode voor die wat lijkt op een wringingsproef op cirkelvormige monsters. De proef kan worden uitgevoerd op verschillende tijdstippen na de bereiding van het monster. Zo kan de tijd van de cohesieve opbouw worden geëvalueerd en bijgevolg ook de tijd die nodig is vooraleer de slem voor verkeer kan worden opgesteld.

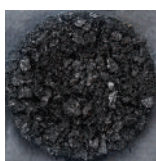
De normatieve proef (figuur 5.5) wordt uitgevoerd bij omgevingstemperatuur ($23 \pm 5^\circ\text{C}$) en het principe bestaat erin, een rubberen stempel een constante druk ($200 \pm 4 \text{ kPa}$) te laten uitoefenen op een cirkelvormig monster van de slem (geïmmobiliseerd op bitumenvilt). Met behulp van een momentsleutel wordt via de rubberen stempel torsie uitgeoefend op de slem. Vervolgens wordt het torsiemoment gemeten op ofwel een vast tijdstip, ofwel volgens vaste tijdsintervallen na de bereiding van het slemmonster. Na uitvoering van de proef vindt een visuele inspectie van de staat van het slemmonster plaats. In norm NBN EN 12274-4 (NBN, 2018b) wordt naar vier "schadebeelden" verwezen, die in figuur 5.6 worden afgebeeld.



Figuur 5.5 – Voorbeeld van uitvoering van de cohesieproef volgens norm EN 12274-4 (NBN, 2018b)



N (*normal*): het monster is licht beschadigd door verlies van aggregaten



S (*spin*): enkel de bitumineuze laag is van het oppervlak van het monster verwijderd



C (*cracked*): het monster is gescheurd



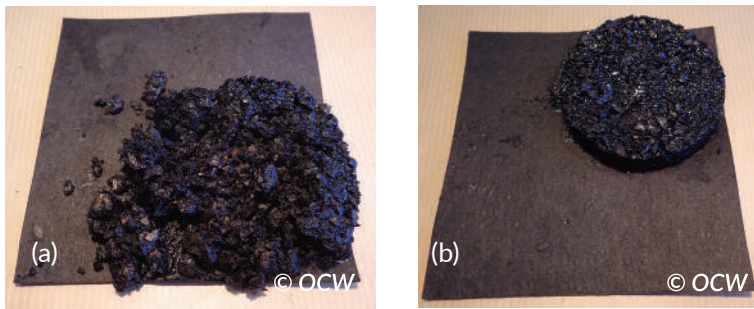
D (*disintegrated*): het monster is uit elkaar gevallen

Figuur 5.6 – De vier schadebeelden, zoals aangegeven in norm EN 12274-4 (NBN, 2018b)

Op het moment dat deze handleiding werd samengesteld, werd(en) in OCW:

- de metingen van het torsiemoment uitgevoerd met intervallen van 30, 60, 90 minuten en 24 uur, nadat de slem in de metalen mal was gegoten;
- de proef in drievoud uitgevoerd. Het gemiddelde resultaat van deze drie individuele proeven, uitgedrukt in Nm, geeft de cohesie van het mengsel op de vier eerder vermelde rijpingstijden weer.

Concreet geldt voor de getalwaarde van het torsiemoment: hoe hoger het moment (uitgedrukt in Nm), hoe hoger de cohesie van de slem (figuur 5.7).



Figuur 5.7 – Voorbeeld van een slem met een zwakke cohesie (a) en een sterke cohesie (b) na de uitvoering van een cohesieproef volgens norm EN 12274-4 (NBN, 2018b)

In België mikken de aannemers op een zo snel mogelijke openstelling voor verkeer, om de hinder voor de weggebruikers zoveel mogelijk te beperken. Bij voorkeur is dit een termijn tussen 30 en 60 min. Na deze termijn, die afhankelijk is van de arbeids- en de weersomstandigheden, moet de slem voldoende cohesie hebben bereikt om er voertuigen op te laten rijden.

Een richtlijn van de International Slurry Surfacing Association - ISSA (ISSA, 2020) legt de minimumwaarden voor het torsiemoment vast die na 30 en 60 min moeten worden bereikt voor een snelle openstelling voor het verkeer (tabel 5.1). Deze waarden worden geacht te waarborgen dat de slem bij openstelling voor verkeer niet beschadigd wordt.

Rijpingstijden	Torsiemoment
30 min.	$\geq 1,2 \text{ Nm}$
60 min.	$\geq 2,0 \text{ Nm}$

Tabel 5.1 – Volgens de richtlijn minimaal te bereiken torsiemoment bij rijpingstijden van 30 en 60 min. voor slems die voor een snelle openstelling voor verkeer zijn bestemd (ISSA, 2020)

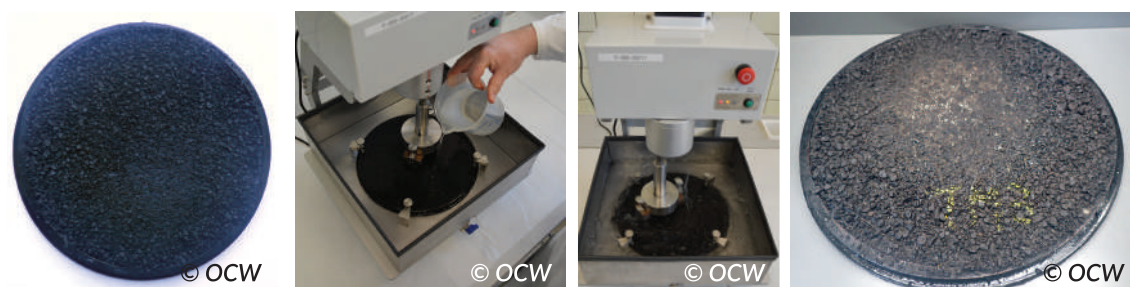
5.3.1.4 Slijtageproef

De Europese norm EN 12274-5 (NBN, 2018c) schrijft een beproevingsmethode voor die kan worden gebruikt als hulpmiddel bij het mengselontwerp van slems, om zo de volgende zaken te beoordelen:

- de slijtweerstand van slems na een “gunstige” rijping, bij een temperatuur van $(60 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$;
- de minimale emulsiehoeveelheid om slems voor verschillende verkeersklassen te verkrijgen (bijlage A bij de norm);
- de slijtweerstand van jonge slems, in verschillende “klimatologische omstandigheden” en met toepassing van verschillende rijpingsprocessen (temperatuur, hygrometrie) (bijlage B bij de norm).

De normatieve proef (figuur 5.8) is gebaseerd op een slijtageproces met behulp van een harde rubberen cilinder. Deze cilinder oefent gedurende 5 min. onder een verticale druk (kracht = $22,3 \pm 2,0 \text{ N}$) een planetaire rotatiebeweging uit (61 cycli per minuut) op het oppervlak van het slemmonster. Dat monster is tevoren gerijpt in een droogstoof (bij $60 \text{ }^\circ\text{C}$, tot een constante massa wordt verkregen) en met water verzadigd door het gedurende 60 tot 75 min. onder te dompelen.

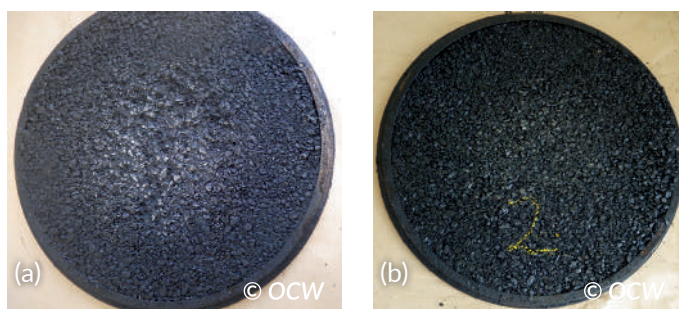
De proefstukken worden getest terwijl ze in water (bij 25 ± 2 °C) ondergedompeld zijn en het gewichtsverlies door de slijtage van de slem wordt door middel van weging bepaald.



Figuur 5.8 – Voorbeeld van uitvoering van de slijtageproef volgens norm EN 12274-5 (NBN, 2018c)

De proef wordt bij OCW steeds in drievoud uitgevoerd. Het gemiddelde resultaat van deze drie individuele proeven, uitgedrukt in g/m^2 , is een maat voor de slijtgevoeligheid van de slem.

Concreet betekent dit: hoe lager het gewichtsverlies, hoe groter de cohesie van de slem en de slijtweerstand ervan. Omgekeerd geldt dan weer dat hoe hoger het gewichtsverlies is, hoe minder cohesie de slem zal vertonen en hoe lager de slijtweerstand zal zijn (figuur 5.9).

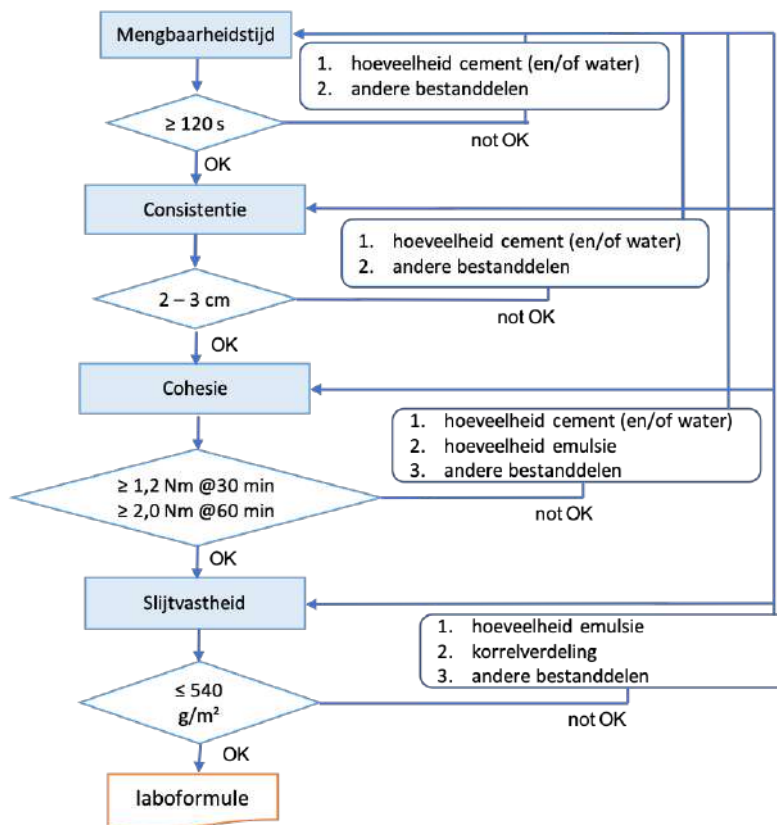


Figuur 5.9 – Voorbeeld van een slem met een zwakke slijtweerstand (a) en een sterke slijtweerstand (b) na uitvoering van de slijtageproef volgens norm EN 12274-5 (NBN, 2018c)

Volgens de ISSA, 2021 richtlijn is een maximaal gemiddeld materiaalverlies van 540 g/m^2 vereist om een mengsel met een goede slijtvastheid te verkrijgen. Op basis van de proefresultaten met Belgische slemmengsels kan worden geconcludeerd dat deze eis streng is, maar niettemin haalbaar.

■ 5.3.2 Experimentele ontwerpprocedure

Figuur 5.10 toont de aanbevolen experimentele ontwerpprocedure. De haalbaarheid van de grenswaarden voor de proefresultaten werd aangetoond aan de hand van mengsels met de gebruikelijke bestanddelen die in België worden aangewend. Wanneer een proefresultaat niet voldoet, moet de formulering worden bijgesteld en, afhankelijk van de aard van de bijsturing, moeten voorgaande proeven worden herhaald. Figuur 5.10 bevat ook de aanbevolen opties voor het bijsturen van de mengselsamenstelling.

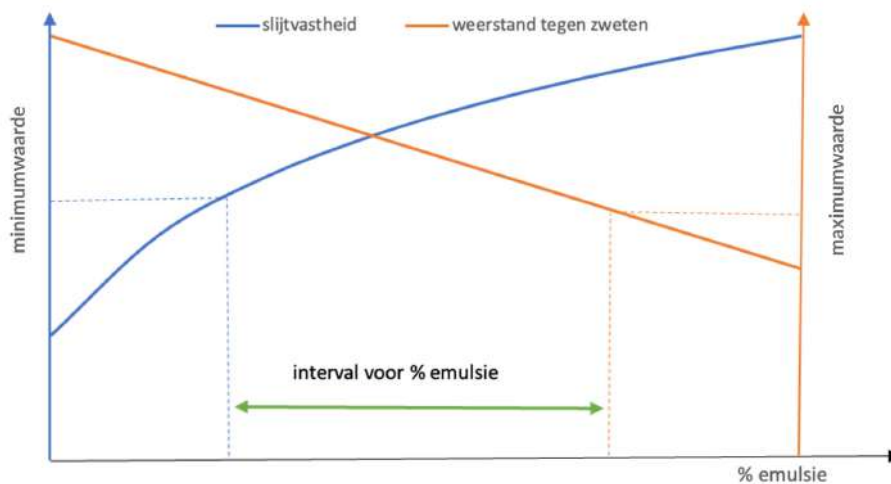


Figuur 5.10 – Flowchart van het experimenteel mengselontwerp

Logischerwijs wordt gestart met de verificatie van de mengbaarheidstijd en de consistentie, eigenschappen die van cruciaal belang zijn voor de verwerkbaarheid en de kwaliteit van het op de bouwplaats afgeleverde werk. Wanneer zowel de mengbaarheidstijd en de consistentie gepast zijn, wordt het mengsel onderworpen aan de meer complexe proeven inzake cohesie en slijtvastheid.

Alle experimenten en de literatuur zijn eensgezind over de impact van het emulsiegehalte op de slijtvastheid: deze neemt toe naarmate het emulsiegehalte toeneemt. Daarom zal de slijtageproef volgens EN 12274-5 (NBN, 2018c) een minimum gehalte aan emulsie bepalen.

In principe is er ook een maximumgrens voor het emulsiegehalte. De weerstand tegen zweeten en vervorming neemt immers af naarmate dit gehalte toeneemt. De eisen voor enerzijds slijtvastheid en anderzijds weerstand tegen zweeten en vervorming bepalen dus samen een interval waarbinnen de hoeveelheid emulsie moet liggen (figuur 5.11). In de veronderstelling dat dit interval voldoende breed is, kan men de hoeveelheid emulsie afstemmen op het veilig behalen van de eis voor slijtvastheid. Deze aanpak wordt grotendeels gerechtvaardigd door de vaststelling dat, op de Belgische wegen, zweeten en vervorming veel minder frequent voorkomen dan rafeling en slijtage.



Figuur 5.11 – Illustratie van het verloop van slijtvastheid en weerstand tegen zweten als functie van de hoeveelheid emulsie

De kernvraag bij deze ontwerpprocedure is, telkens wanneer een proefresultaat niet voldoet: welke mengselparameters kunnen worden bijgestuurd en wat zal het effect zijn op de andere prestatiekenmerken? In de volgende paragraaf worden richtlijnen gegeven om de mengselontwerper te helpen in het bijsturingproces.

5.4 Invloed van de mengselparameters op de prestaties

Bij het opzetten en verbeteren van de beproevingsmethodes aan OCW werd de invloed van de verschillende mengselparameters op de prestaties van slems systematisch onderzocht. Bovendien werd een uitgebreide literatuurstudie ondernomen om alle beschikbare informatie met betrekking tot deze invloed te verzamelen. Dat heeft geleid tot een globaal overzicht, indicatief voor de invloed van de mengselparameters op elk afzonderlijk prestatiekenmerk (tabel 5.2).

De eerste kolom van tabel 5.2 bevat de ontwerpparameters, onderverdeeld in 4 groepen:

1. Hoeveelheden van de bestanddelen
2. Kenmerken van het korrelskelet
3. Eigenschappen van de emulsie
4. Eigenschappen van het residuaal bindmiddel

In de volgende kolommen wordt voor elk prestatiekenmerk de meest waarschijnlijke impact aangegeven, wanneer de overeenkomstige ontwerpparameter wordt gewijzigd, terwijl alle andere mengselparameters constant worden gehouden.

Opgemerkt zij dat het effect van een bepaalde verandering van een mengselparameter niet altijd voorspelbaar is. Sommige cellen tonen zowel een mogelijke afname als een toename. Dat kan wijzen op het bestaan van een optimum, in welk geval het effect zal afhangen van de ligging ten opzichte van het optimum. Een andere verklaring voor schijnbaar tegenstrijdige waarnemingen is dat het breken van de emulsie en de ontwikkeling van de cohesie zeer complexe processen zijn die door alle bestanddelen en hun interacties worden beïnvloed. Het effect van een wijziging van een parameter kan dus verschillen van het ene mengsel tot het andere, afhankelijk van de andere bestanddelen van het mengsel.

Wanneer men de emulsie beschouwt, zijn er weinig eigenschappen die rechtstreeks in verband kunnen worden gebracht met de prestaties van de slem, behalve de breekwaarde, de viscositeit en de hoeveelheid emulgator, waarvan de breekwaarde zelf afhangt. De eigenschappen van het residuaal bindmiddel daarentegen hebben een belangrijke invloed, vergelijkbaar met de invloed die ze hebben in alle types bitumineuze mengsels. Voor wegen met veel verkeer is een gemodificeerde emulsie (PmB of latex) dus aanbevolen.

Er zijn ook nog een aantal lege cellen in tabel 5.2, waar nog te weinig gegevens zijn over een mogelijk effect. Deze tabel 5.2 zal met de tijd verder worden aangevuld en verbeterd, naarmate meer gegevens volgen uit laboratoriumproeven en waarnemingen in het veld.

De overzichtstabel (tabel 5.2) is dus een eenvoudig hulpmiddel, om snel te zien welke parameter(s) kunnen worden gewijzigd om een bepaald prestatiekenmerk te optimaliseren en hoe dat de andere kenmerken mogelijk kan beïnvloeden. De ontwerper moet zich echter goed realiseren dat vele parameters een variabel effect kunnen hebben, afhankelijk van de hoeveelheden en de interacties met de andere bestanddelen. De invloed van een bepaalde wijziging is daarom niet altijd eenduidig en voorspelbaar. Dat onderstreept het grote belang van de beproevingsmethoden, aangezien de ontwerper uiteindelijk altijd de proeven zal moeten uitvoeren om de voorspelde effecten te verifiëren en zich ervan te vergewissen dat aan alle eisen wordt voldaan.

		Mengbaar- heidstijd	Consistentie	Cohesieve opbouw	Slijtvastheid	Weerstand zweeten en spoorvorming
Hoeveelheden	% emulsie ↗	↗	↘	↘ (1)	↗ (1)	↘
	% water ↗	↗	↘	↘ (1)	geen	geen
	% cement ↗	↘ of ↗	↗ of ↘	↗ (1)	↗ of →	↗
	% brekingsremmer ↗	↗	↘	→ (1)	(3)	(3)
	% kalkhydraat ↗			↘ of ↗	↗	↗
Korrelverdeling	doorval 0,063 mm ↗	↘	↗	↗	↗	↗
	grof/middelgrof (discontinuïteit) ↗	↗	↘	↘ (2)	↘ (2)	↗
	maximum korrelmaat ↗	geen	geen	geen	↘	↗
Kenmerken emulsie	breekwaarde ↗	↗	↘ of →	↘ of →	geen	geen
	viscositeit ↗	↘ of →	↗	geen	geen	geen
	% emulgator ↗	↗	→	↘ of →	(3)	(3)
Kenmerken bindmiddel	met polymeer	geen	→	↗	↗	↗
	parafinisch (vs nafen- nisch)	geen	↘	↘	↘	
	pen ↗ (en TR&K ↘)	geen	geen	↘ of ↗	↗ of ↘	↘
	complexe modulus ↗	geen	geen	↘ of ↗	↗ of ↘	↗

(1) Meest waarschijnlijke trend, maar ook indicaties in literatuur van tegengestelde invloed

(2) Omwille van de macrottextuur

(3) Kan een nadelig effect hebben indien niet compatibel met de emulsie, of wanneer schuimvorming optreedt door overdosering

Tabel 5.2 – Meest verwachte impact van mengselparameters op de prestaties (indicatief)

Hoofdstuk 6

Uitvoering van slem

Niet enkel de samenstelling van het slemmengsel dient op punt te staan, ook de voorbereidende werkzaamheden (van zowel de te overlagen ondergrond, zie hoofdstuk 3, als van de bouwplaatszone) en de aanleg zelf moeten met de grootste zorg uitgevoerd worden om een kwalitatief resultaat te bekomen. Een geslaagde uitvoering van slem vergt veel ervaring en inzicht in het product. Een doorgedreven kennis van de uitvoeringstechnieken en van de parameters die het welslagen van de aanleg van de slem beïnvloeden door ervaring en/of door opleiding, is onontbeerlijk voor iedereen betrokken bij de uitvoering. Eveneens belangrijk bij de uitvoering is dat het juiste materieel (vrachtwagen, type sledes, walsen, enz.) op een correcte manier wordt ingezet. Ook op organisatorisch gebied komt er heel wat kijken bij een slembouwplaats.

In dit hoofdstuk worden de essentiële aandachtspunten van de bouwplaatsvoorbereiding en de bouwplaatsuitvoering uitgebreid beschreven. Om te eindigen worden de belangrijkste mogelijke schadebeelden aan een slemlaag besproken.

6.1 Stockageplaats

Een slemmachine is beperkt in de hoeveelheid materialen die ze in één keer kan meenemen. Daardoor kan er telkens slechts een beperkte strooklengte slem (enkele honderden meters) worden aangelegd, als functie van de voorziene slemdikte. Wanneer één van de materialen opgebruikt is, zal de slemmachine opnieuw bijgevuld moeten worden. Er dient bijgevolg een plaats voorzien te worden in de buurt van de bouwplaatszone waar er onder andere een stock aan aggregaten kan geplaatst worden en waar tankwagens met emulsie en met water geplaatst kunnen worden.

6.1.1 Locatie

Het is aangewezen dat de stockageplaats zo dicht mogelijk bij de plaats van de uitvoering is gelegen. De vrachtwagen zal wanneer de machine leeg is telkens opnieuw naar deze locatie moeten terugrijden. Te lange afstanden zullen voor veel vertraging in de uitvoering zorgen.

6.1.2 Ondergrond

De ondergrond van de stockageplaats is bij voorkeur een verharding van asfalt, beton of straatstenen.



Figuur 6.1 – Stock van aggregaten op onverharde (links) en op verharde (rechts) ondergrond

Bij een onverharde ondergrond bestaat het risico op contaminatie van de aggregaten met materiaal van deze ondergrond. Dat zal zich vooral voordoen tijdens het laden wanneer er met de schop van de bulldozer of de bak van de laadkraan deels in de onverharde bodem wordt geschept. Hierdoor zullen er grote stenen (groter dan het kaliber van de voorziene aggregaten voor de slem) en onzuiverheden in het mengsel terecht komen. Deze kunnen tijdens en na de uitvoering voor schade zorgen (§ 6.11).

Wanneer enkel een stockageplaats met onverharde bodem beschikbaar is, is het aanbevolen om tijdens het laden van de aggregaten met de laadbak van de bulldozer enkele centimeters boven het grondoppervlak te werken. Zo wordt contaminatie van de aggregaten vermeden.



Figuur 6.2 – Stock van aggregaten die enkele centimeters boven het oppervlak werd ingeschept

■ 6.1.3 Inrichting stockageplaats

De stockageplaats dient groot genoeg te zijn zodat ze makkelijk toegankelijk is voor zowel de levering van de aggregaten, het plaatsen van het materieel, als voor het laden en reinigen van de slemmachine. Volgende materialen en materieel zijn aanwezig op de stockageplaats:

- Eén of meerdere stocks van aggregaten voor één of meerdere slemlagen
- Tankwagen met water
- Tankwagen(s) met emulsie
- Voorraad aan cement en additieven (onder andere brekingsremmers, pigmenten, vezels)
- Wiellader
- Bouwplaatsvoertuigen
- Slemmachine
- Wals
- Slemsledes

Het is aanbevolen om aggregaten met een verschillend kaliber ver genoeg van elkaar te leggen om eventuele menging of misverstanden bij het laden te voorkomen.

Als de slemmachine zelf niet is uitgerust met een laadkraan, dan moet de wiellader veilig en vlot langs de machine en de aggregaten kunnen rijden tijdens het laden.



Figuur 6.3 – Stockageplaats met aggregaten en twee tankwagens

Het is aan te bevelen om de nodige voorzorgen te nemen om de omgeving en het milieu te beschermen tegen vervuiling tijdens het overpompen van de emulsie.

Dagelijks wordt voor de aanvang van de werken de slede schoongemaakt door de aangekoekte slem eraf te branden. Wordt dat niet gedaan dan bestaat het risico dat de bewegende onderdelen van de slede vast komen te zitten door aangekoekte slem. Er dient een zone op de stockageplaats aanwezig te zijn om de slede te reinigen en de afgebrande resten te verzamelen zodat deze de stockageplaats niet kan verontreinigen. Om de hechting van de slem op de onderdelen van de slede te beperken kan er ook gebruikgemaakt worden van een biologisch oplosmiddel. Belangrijk is dan wel om steeds de gebruiks- en veiligheidsvoorschriften te respecteren van dergelijke producten.



Figuur 6.4 – Schoonmaken van de slemslede

6.1.4 Bescherming van de aggregaten

Het is belangrijk om de levering van de aggregaten zo goed als mogelijk af te stemmen op de uitvoeringsdatum. Wanneer de aggregaten te lang op voorhand (meer dan twee weken) worden geleverd, vergroot het risico op contaminatie en blootstelling aan neerslag of hitte en zon. De aggregaten moeten namelijk een juiste hoeveelheid vocht bevatten, opdat de segregatie van de fijne deeltjes in het aggregaat wordt afgeremd. Bij de productie en samenstelling van het slemaggregaat in de steengroeven wordt met dit watergehalte ook rekening gehouden (soms wordt water reeds toegevoegd, zie § 2.1.1.4). Zowel neerslag als uitdroging op de bouwplaatszone zijn dus schadelijk voor de samenstelling en de kwaliteit. Bovendien moet, wanneer het watergehalte van het granulaat op de bouwplaats sterk varieert, dat worden gecompenseerd door middel van het toegevoegde water (§ 2.1.3 en § 6.5.2).

6.2 Bouwplaatsinrichting

Onderhoudstoepassingen met slem brengen doorgaans weinig hinder met zich mee. Idealiter wordt de te behandelen weg tijdelijk volledig afgesloten voor het verkeer. Een slembehandeling van een straat zal normaal gezien slechts één dag hinder met zich meebrengen voor de omwonenden en de weggebruikers, waarna de weg opnieuw opengesteld kan worden.

Soms is het volledig afsluiten niet mogelijk en zal er gefaseerd gewerkt moeten worden. Het verkeer wordt beurtelings doorgelaten op de vrije rijstrook. Afhankelijk van de lengte van de te behandelen sectie worden hiervoor verkeerslichten al dan niet in combinatie met seingevers gebruikt.



Figuur 6.5 – Gefaseerde aanleg slem

De te nemen maatregelen voor de beheersing van het verkeer en de inrichting van de bouwplaats zijn afhankelijk van het type weg (gemeenteweg of gewestweg). Deze maatregelen worden in samenspraak met de opdrachtgever en de lokale politie opgenomen in de signalisatievergunning. De signalisatievergunning wordt voor de aanvang van de werken aangevraagd door de aannemer. Deze bevat alle wettelijke verplichtingen voor de inrichting van de bouwplaats en de organisatie van eventuele omleidingen.

Bij het indelen van de bouwplaats zal de aannemer de opeenvolging van de verschillende slemstroken, en bijgevolg de fasering van de werkzaamheden, zo op elkaar afstemmen om te vermijden dat men met de slemmachine of voertuigen van onder andere omwonenden doorheen verse slemstroken moet rijden. Dat zal anders achteraf steeds zichtbaar blijven als een bandenspoor (figuur 6.6). Anderzijds bestaat het risico ook dat deze buurtbewoners hierdoor hun opritten of eigendom besmeuren met bitumen.

Het is dan ook essentieel dat de buurtbewoners tijdig en volledig geïnformeerd worden van deze werkzaamheden en de verschillende faseringen opdat zij de nodige maatregelen kunnen treffen. Het informeren van de omwonenden (via bijvoorbeeld het verspreiden van informatiebrieven) is normaal gezien een taak van de aanbestedende overheid, tenzij de aannemer hiervoor wordt aangesteld via een post voorzien in het bijzonder bestek.



Figuur 6.6 – Bandenspoor in verse slem

6.3 Laden van de slemmachine

Wanneer één van de materialen in de slemmachine opgebruikt is, zal de machine zich naar de stockageplaats moeten begeven om opnieuw geladen te worden. Zand, water en emulsie worden doorgaans bij elke laadbeurt aangevuld. De additieven zoals cement en brekingsremmers, die in zeer kleine hoeveelheden gedoseerd worden, worden naargelang het verbruik al dan niet aangevuld bij de volgende laadbeurt. Voor de brekingsremmers is er in de meeste gevallen een kleine tank van enkele honderden liters voorzien. Het cement komt in de cementhopper achteraan op de slemmachine. De cementhopper kan uit één of twee tanks bestaan, elk ook van enkele honderden liters.

Het zand wordt met een wiellader of aan de hand van een kraan op de slemmachine in de laadbak van de slemmachine geladen. Afhankelijk van het type slemmachine en rekening houdend met de maximaal toegelaten aslasten van de vrachtwagen, zal de slemvrachtwagen tussen 6 m³ en 12 m³ zand kunnen laden per slembeurt (*Breining P, s.d.*). Tijdens het laden van de slemmachine is het aangewezen de aggregaten visueel te controleren op verontreinigingen.



Figuur 6.7 – Laden van het zand met een kraan (foto links) of een wiellader (foto rechts)

De emulsietank van de slemmachine wordt bijgevuld door de tankwagen met emulsie aan de emulsiepomp te koppelen zodat deze kan overgepompt worden. Er kan ongeveer 2000 tot 5000 liter emulsie in de machine geladen worden afhankelijk van de ingezette slemmachine (*Breining P, s.d.*). Hierbij dienen volgende voorzorgsmaatregelen in acht genomen te worden met het oog op de veiligheid van de arbeiders en om lekkage van emulsie te voorkomen:

- koppelingen goed nakijken zodat ze goed sluiten;
- bij het loskoppelen van de darm dient er op gelet te worden dat het uiteinde van de darm niet op de grond valt, maar hoog genoeg blijft zodat de darm niet leegloopt op de grond.

De watertank wordt op een gelijkaardige manier bijgevuld door de tankwagen met water te koppelen aan het waterreservoir van de slemmachine. De tank kan ook rechtstreeks gevuld worden met behulp van een zwanenhals.

Het opnieuw laden van de slemmachine en de eventuele reiniging van de slede neemt een zekere tijd in beslag. Men mag vlug rekenen op 30 à 60 minuten.

Op het einde van iedere werkdag wordt de slemmachine volledig leeggemaakt en gereinigd. Hiermee voorkomt men dat:

- de emulsie in de tank breekt en het pompsysteem (filter) verstopt (figuur 6.8);
- het cement in de hopper door contact met water (luchtvochtigheid) uithardt en vast komt te zitten;
- emulsies en additieven achterblijven die nadien onopzettelijk terecht komen in een volgend slemmengsel voor een nieuwe slemlaag (met andere receptuur en mogelijk andere bestanddelen), al dan niet binnen eenzelfde werk.



Figuur 6.8 – Vervuilde emulsiefilter van slemmachine

6.4 Materieel

6.4.1 De slemmachine

Het slemmengsel wordt ter plaatse gemaakt in een speciaal hiervoor ontworpen slemmachine.

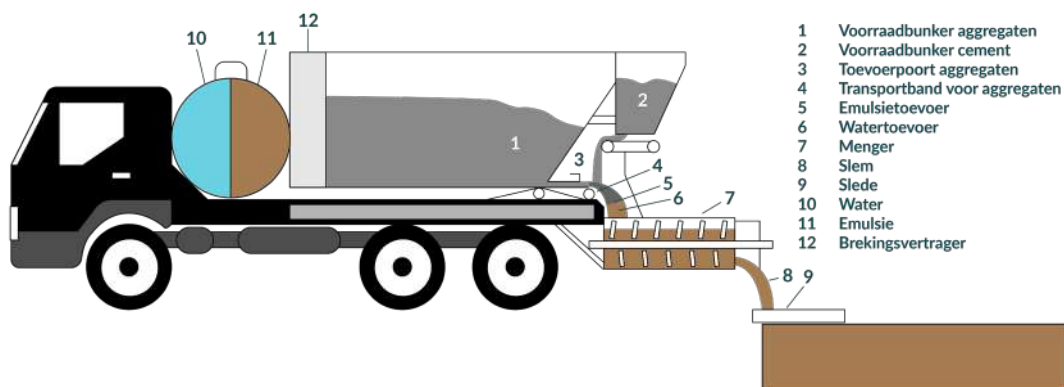


Figuur 6.9 – Slemmachine zonder en met vrachtwagenchassis (bron: Strassmayr)

Een slemmachine wordt meestal op een vrachtwagenchassis of oplegger gemonteerd en bestaat uit volgende onderdelen:

- voorraadbunker voor aggregaten;
- emulsietank;
- watertank;
- voorraadbunker voor cement;
- tank(s) voor additieven (zoals brekingsremmers of kleurpigmenten);
- menger;
- slede.

De productie van het slemmengsel is een volcontinu proces en verloopt volgens onderstaand schema. De aggregaten worden vanuit de voorraadbunker voor aggregaten (1) via een transportband (4) naar de menger (7) gebracht. Voor de aggregaten in de menger vallen wordt er nog cement toegevoegd uit de voorraadbunker voor cement (2). Water (10), emulsie (11) en eventueel brekingsremmers (12) worden samen met de aggregaten in de menger geïnjecteerd (5+6). Het mengsel wordt kort en intensief gemengd in de menger. De slem (8) valt vervolgens in de slede (9).



Figuur 6.10 – Onderdelen slemmachine

6.4.1.1 Dosering en sturing

Het is van uitermate belang dat alle materialen juist gedoseerd worden volgens de receptuur van het ontworpen slemmengsel (hoofdstuk 5) om een kwalitatief mengsel te verkrijgen. Afhankelijk van het type en de ouderdom van de machine zal de dosering automatisch of manueel gebeuren. Een automatisch gestuurde dosering zal hierbij de voorkeur genieten. Het computersysteem stelt een optimale rijsnelheid voor als functie van het debiet van de productie. In geval van een manueel gestuurde dosering zal de hoeveelheid materialen voor het slemmengsel gestuurd worden via het openen of dichtdraaien van regelwielen per verschillend materiaal.



Figuur 6.11 – Automatisch (links) en manueel (rechts) doseringssysteem

Het is aanbevolen om de doseringssystemen op regelmatige basis te verifiëren en te laten ijken om de goede werking te garanderen. Op basis van de CE-certificatie zal een aannemer de frequentie hiervan opnemen in zijn FPC (Factory Production Control) -handboek (of de zelfcontrole). De productnorm NBN EN 12273 (NBN, 2008) voor slem voorziet in minstens één ijking per jaar.

6.4.1.1.1 Aggregaten

De snelheid van de transportband waarmee de aggregaten naar de menger worden gebracht is variabel en in geval van een automatisch gestuurde slemmachine gelinkt met het gevraagde debiet. Sommige machines zijn ook uitgerust met specifieke weegsystemen voor de aggregaten.

6.4.1.1.2 Emulsie

De dosering van de emulsie dient afgestemd te worden op het debiet van de aggregaten (continu productieproces). Doorgaans kan de dosering op twee manieren gebeuren:

- Bij de oudere machines wordt de emulsietank onder druk gezet en wordt het uitstroomdebiet geregeld aan de hand van manuele regelwielen.
- Bij de recente machines zal een volumetrische pomp instaan voor de juiste dosering van de emulsie.

6.4.1.1.3 Toegevoegd water en andere additieven

Water en andere vloeibare of in wateroplosbare additieven (zoals brekingsremmers, § 6.5.2) worden, in analogie met de emulsie, bij de recente machines door middel van volumetrische pompen gedoseerd en bij de oudere machine aan de hand van regelwielen.

Cement of eventueel andere poedervormige additieven, wordt gedoseerd aan de hand van een hydraulische vijzel.

6.4.1.2 Menger

Alle materialen komen samen in de menger. De menger bestaat doorgaans uit twee parallelle assen met “vlinderplaatjes” onder een bepaalde hoek.



Figuur 6.12 – Menger (Bron: Colas Belgium SA)

Wanneer de aggregaten op het einde van de transportband in de menger vallen worden het water, de emulsie en eventuele vloeibare additieven erbij geïnjecteerd. Alle ingrediënten worden kortstondig hevig gemengd. De vlinderplaatjes staan onder verschillende hoeken op de assen naargelang deze aan het begin, in het midden of aan het eind van de menger zitten. Door de verschillende oriëntaties zal het slemmengsel vlugger of trager in een bepaalde zone naar achter worden gestuwd, waardoor het ook beter gemengd wordt. Aan het andere eind duwen de vlinderplaatjes het slemmengsel naar buiten waar het eventueel via een stortteut in de slede op het wegdek valt. De productie van het slemmengsel is een continu proces.

Er bestaan verschillende soorten mengers van verschillende lengte en breedte waarbij de productiecapaciteit varieert van nagenoeg 30 tot 90 ton per uur voor de gebruikelijke machines. Bij de compacte machine is de productie eerder beperkt van 2,4 ton tot 24 ton per uur (*Fast and economical with micro surfacing, s.d.*).

■ 6.4.2 De slede

De slede zal het slemmengsel over de gewenste dikte, helling en breedte aanbrengen op het wegdek.

Het type slede dat wordt ingezet is onafhankelijk van de gebruikte slemmachine. De slede steunt zelf links en rechts (en mogelijks ook in het midden) op enkele langse metalen sleden waarmee het over het bestaande wegdek voortgetrokken wordt door de slemmachine.

Het type van slede zal gekozen worden door de aannemer als functie van de uit te voeren breedte aan slemstrook en kan hierbij een vaste breedte hebben (bijvoorbeeld 1 m, 2 m of 3 m) of een variabele breedte die mechanisch of hydraulisch kan ingesteld worden. In dit laatste geval zal de slede tijdens de uitvoering zelf in breedte kunnen bijgestuurd worden als functie van de geometrie van het werk. Vaak zal een slemstrook een volle rijstrook behandelen, maar de breedte kan dus ook worden aangepast aan de te behandelen strookbreedte.

De slede is standaard voorzien van een hoogteregeling om de gewenste dwarshelling of dakprofiel in te stellen (figuur 6.13). Dat gebeurt via twee instelwielen aan beide uiteinden van de slede en centraal een derde wiel.



Figuur 6.13 – Slede met twee instelwielen op de zijkanten en centraal een derde instellingspunt om de hoogte te regelen

In de buik van de slede is een mengsysteem aangebracht (figuren 6.14 en 6.15). Het mengsysteem bestaat uit twee assen met daarop pallets met tegengestelde spoed om het slemmengsel dat vanuit de menger in de slede is gestort in beweging te houden en zo segregatie te vermijden.



Figuur 6.14 – Slede met mengsysteem



Figuur 6.15 – Mengmechanisme in de slede

De slede is verder standaard uitgerust met een flexibele afstrikslab (rubber). De functie hiervan wordt verder besproken in § 6.5.3.



Figuur 6.16 – Slemslede met flexibele afstrijkslab

■ 6.4.3 De bandenwals

Om de verdichting van de slem te bevorderen en de toename van de cohesie van het slemmengsel te versnellen wordt de inzet van een bandenwals en het knedend effect ervan aanbevolen (§ 6.9). Dat zal ook de verdere evolutie van de gewenste textuur versnellen in situaties met beperkte verkeersbelasting (§ 6.8).



Figuur 6.17 – Bandenwals

Doorgaans worden bandenwalsen met een gewicht van 5 tot 7 ton ingezet. Zwaardere walsen kunnen mogelijks ook worden ingezet, maar men dient dan aandachtig te zijn dat de slemlaag niet beschadigd geraakt, wat zal afhangen van het type en het kaliber van slemmengsel dat wordt toegepast en de snelheid waarmee de breking verloopt (slemlaag moet voldoende stabiel zijn om het gewicht te kunnen dragen).

Het gebruik van walsen met stalen cilinders of gecombineerde walsen (banden en stalen cilinder gecombineerd) worden best vermeden. De stalen cilinder heeft geen knedend effect en zal het aggregaat van het slemmengsel mogelijks breken.

■ 6.4.4 De tankwagen voor emulsie

Een emulsie wordt aangemaakt bij temperaturen hoger dan 100°C (Balavoine, 2006), en wordt in de fabriek tijdelijk gestockeerd zodanig dat deze emulsie kan afkoelen tot de voor die emulsie voorziene werktemperatuur, waarna ze dan aangeleverd kan worden op de bouwplaatszone (normaal gezien binnen 24 à 48 uur na productie).

Op de tankwagen voor de aanlevering van de emulsie bevindt zich een thermometer waarmee men de temperatuur van deze emulsie kan aflezen. Deze zal vanuit de fabriek aangeleverd worden aan een bepaalde temperatuur. Door gestationeerd te staan op de stockageplaats, zal de tankwagen en dus ook deze emulsie na verloop van tijd de omgevingstemperatuur aannemen.

Het is belangrijk om de temperatuur van de op de bouwplaats aangeleverde en gestockeerde emulsie af te lezen op de tankwagen om hiermee rekening te kunnen houden bij de aanleg van de slem (§ 6.5.2). De temperatuur van een slememulsie is namelijk één van de factoren die de breekbaarheid en ook de snelheid van cohesieopbouw beïnvloeden. Hoe hoger deze temperatuur hoe meer energie er beschikbaar is, en hoe sneller de chemische en fysische reacties in de slemlaag op het wegdek zullen verlopen.

■ 6.5 Spreiden van de slem

De slem wordt ter plaatse in de slemmachine (§ 6.4.1) gemengd en al rijdende op het wegdek uitgestort (principe in figuur 6.18). De verse slem die initieel een bruine kleur heeft, zal uitharden en evolueren naar een zwart oppervlak (§ 6.6)

Voorafgaand aan het spreiden van de slem is het belangrijk rekening te houden met voorbereidende werkzaamheden die nog dienen uitgevoerd te worden:

- Voorafgaande herstellingen van het wegdek (§ 3.1);
- Reinigen van het wegdek, eventueel aanbrengen van kleeflaag, afplakken putdeksels, enz. (§ 3.2).



Figuur 6.18 – Afbeelding van de slemmachine en het spreidingsprincipe van de slem

■ 6.5.1 Weersomstandigheden

Aanleggen van slem is een “koude techniek” op basis van emulsies. De geschikte weersomstandigheden spelen hierbij een belangrijke rol, zowel bij het goed verlopen van de aanleg als voor het verder uitharden van de slem zoals voorzien. Te warme of te koude omstandigheden alsook regen kunnen een goede realisatie van de slemlaag belemmeren (vertraagde of versnelde breking, enz.). Dat wordt uitvoerig beschreven in hoofdstuk 4.4.

Ook de luchtvochtigheid zal bepalen of het water in de slem al dan niet makkelijk zal verdampen, en of het brekings- en rijpingsproces van de slem hierdoor voldoende snel zal kunnen verlopen. Hoe hoger de luchtvochtigheid, hoe minder makkelijk de slem zijn water zal kunnen afgeven aan de lucht. Dat zal in eerste instantie het openstellen voor het verkeer vertragen, maar ook op langere termijn bepalen of de cohesieopbouw van de slem correct zal verlopen.

Het is bij de voorbereiding van de slembouwplaats dan ook cruciaal dat de weersomstandigheden op de voet opgevolgd worden. Desgevallend zal men de slemwerkzaamheden moeten uitstellen naar een latere datum met betere weersomstandigheden.

Ook de bouwheer zal zijn slemwerkzaamheden het best zodanig plannen dat deze optimaal binnen het slemseizoen vallen (zijnde april tot en met september).

6.5.2 Bijsturen van de consistentie en het breekgedrag via toegevoegd water en additieven

Een slemmengsel wordt in eerste instantie in het lab geformuleerd met het oog op (hoofdstuk 5):

- een goede consistentie tijdens het spreiden;
- een snelle toename van de cohesie na het aanbrengen;
- een goede weerstand tegen slijtage, rafeling en zweten op langere termijn.

Een goede consistentie en een snelle toename van de cohesie zijn cruciaal voor het welslagen van de slemaanleg.

Als het mengsel een te lage consistentie heeft, zullen de aggregaten tijdens het spreiden afzakken in de slede. Hierdoor kan ophoping van aggregaten net voor de rubberen sledeflap ontstaan, met obstructie van de slede, bultvorming, ribbelforming, onvlakheden en streepvorming als gevolg. Bovendien zal de emulsie aan de rand van de slemstrook uitlopen tijdens het spreiden op het wegdek. Een ontmengde slem zal geen samenhang hebben, met schade (zoals rafeling) tijdens en na de uitvoering tot gevolg.

Een slemlaag met een lage consistentie, zal mogelijks ook langer tijd nemen om uit te harden (verdampen van het water), waardoor zowel de uitvoering van de slemlagen vertraging oploopt (langer wachten om meerdere lagen onmiddellijk na elkaar te kunnen plaatsen) alsook een vlotte openstelling voor het verkeer niet meer gegarandeerd kan worden.

Anderzijds zal een slemmengsel met een te hoge consistentie moeilijker verwerkt en uitgespreid kunnen worden (figuur 6.19). De slemslede kan dan in extreme gevallen volledig verstopt geraken.



Figuur 6.19 – Slem met te hoge consistentie tijdens de uitvoering

Ook de cohesie moet voldoende snel toenemen opdat de slemaanleg vlot blijft verlopen. Een slem-laag met een zeer trage opbouw van de cohesie leidt tot vertragingen tijdens de uitvoering (langer wachten om meerdere lagen onmiddellijk na elkaar te kunnen plaatsen) en een lange tijd tot openstelling voor het verkeer (met risico op vroegtijdige schade aan de slemlaag). Ook een slemmengsel dat te snel breekt, zal de consistentie beïnvloeden en zal hinder veroorzaken tijdens de aanleg (moeilijke spreiding) waardoor zelfs de slemmachine of de slede kunnen verstopten.

De consistentie en de toename van de cohesie hangen op hun beurt af van de wijze waarop het brekingsproces van het slemmengsel zal verlopen, en worden dus onder andere bepaald door de omgevingscondities tijdens de aanleg (temperatuur, luchtvochtigheid, enz.). Hoe hoger de omgevingstemperatuur, en hoe droger de lucht en het wegdek, hoe sneller de breking en de cohesieopbouw zullen verlopen.

Tijdens het mengselontwerp in laboratoriumomstandigheden worden deze omgevingscondities perfect beheerst. Echter op de bouwplaats heeft men de omgevingscondities niet in de hand. Om hierop te anticiperen bestaat de mogelijkheid dat de emulsiefabrikant in overleg met de slemaanemer de te produceren emulsie, en de ermee verbonden brekingsindex¹, gaat afstemmen op de op de bouwplaats te verwachten gemiddelde omgevingstemperatuur en luchtvochtigheid door reeds voorafgaandelijk bij de fabricage van de emulsie brekingsremmers toe te voegen aan deze emulsie.

Daarnaast zijn er nog tal van andere factoren die men op de bouwplaats minder goed kan beheersen, zoals de luchttemperatuurwijzigingen over de dag heen, de temperatuur van de aangeleverde emulsie, de zeer nauwkeurige dosering van alle bestanddelen en het absorptievermogen van de ondergrond. Daardoor zijn de consistentie en de snelheid waarmee de cohesie toeneemt op de bouwplaats niet altijd gepast, en moeten er in situ bijstellingen gebeuren van het ter plaatse geproduceerde slemmengsel. Deze correcties dienen beperkt te blijven tot verandering van het toegevoegde water, aanpassing van de hoeveelheid cement of verhoging/verlaging van de hoeveelheid brekingsremmer. Het wordt ten stelligste afgeraden de bestanddelen zelf van het slemmengsel op de bouwplaats te veranderen.

Tijdens de uitvoering kan de operator de consistentie van de slem bijsturen door meer of minder water toe te voegen in vergelijking met de op de bouwplaats voorziene slemreceptuur. Hij kan hierdoor rechtstreeks ingrijpen op de vloeibaarheid van het slemmengsel. Hier zit echter een limiet op. Hoe meer water men toevoegt, hoe langer het ook zal duren als functie van de omgevingscondities (temperatuur, luchtvochtigheid, schaduw, enz.) voordat dit water uit de slemlaag zal verdampen, en hoe trager de cohesieopbouw zal verlopen. Het openstellen voor het verkeer kan hierdoor vertraging oplopen. Anderzijds kan een teveel aan water een ontmenging veroorzaken van het slemmengsel.

Daarnaast kan de operator door het regelen (meer of minder) van de additieven aan het slemmengsel de breesnelheid van de emulsie binnen bepaalde grenzen bijsturen, wanneer de omgevingscondities globaal gezien enigszins afwijken van hetgeen voorzien was. Er wordt, afhankelijk of de breesnelheid versneld of vertraagd dient te worden, met volgende twee additieven bijgestuurd:

- Cement:
De hoeveelheid cement, voorzien in het mengselontwerp, kan gewijzigd worden tijdens de uitvoering om de brekingssnelheid te regelen. In de meeste gevallen heeft cement een versnellend effect, doch kan ook vertragend werken (hoofdstuk 2). Het is daarom belangrijk en aanbevolen om dezelfde cement (type en leverancier) te gebruiken als tijdens het mengselontwerp (hoofdstuk 5).
- Brekingsremmers:
Brekingsremmers zijn een oppervlakreactieve (zeepachtige) oplossing en worden in vloeibare vorm toegevoegd om de breetijd, en daarbij ook de verwerkingstijd, te verlengen. Dat wordt doorgaans toegepast wanneer de temperatuur hoger ligt dan verwacht als functie van de brekingsindex van de op de bouwplaats geleverde emulsie. Ze kunnen ook toegevoegd worden

¹ Niet elke fabrikant kan de index aanpassen bij productie. Op het ogenblik dat deze handleiding werd opgemaakt was het tevens onmogelijk om de brekingsindex van de emulsie op basis van gearaffineerde bitumen nog bij te sturen.

wanneer er veel manueel werk voorzien is en er bijgevolg een langere verwerkingstijd nodig is. Bij een overmaat kan dat echter leiden tot schuimvorming en verminderde hechting van het aggregaat van de slemlaag (§ 2.1.5.1). Bovendien kan er zich een overmaat aan luchtbellen vormen in de massa van de slemlaag.

Het al dan niet toevoegen/verminderen van cement en brekingsremmers kan ook gedurende dezelfde werkdag variëren. Zo kan men 's morgens wanneer het kouder is genoodzaakt zijn om de breking te versnellen of 's middags bij hogere temperaturen om de breking te vertragen en om zodoende een gelijkaardige breking te bekomen gedurende de ganse werkdag.

■ 6.5.3 Spreiden van de slemlaag

Het slemmengsel wordt op het te behandelen oppervlak gespreid met behulp van een slede. De afstrijkhoogte van de slede wordt bij de aanvang van de werkzaamheden ingesteld aan de twee zijden van de slede. Deze hoogte zal afhangen van het type en het kaliber slem dat men wil plaatsen op het wegdek. De slemlaag resulteert normaal gezien in een dikte van ongeveer 1,5 tot 2 maal het grootste kaliber (D) in het gebruikte slemaggregaat (figuur 6.24).

De hoeveelheid (kg/m²) aan slemmengsel zal bijgevolg ook variëren als functie van het slemtype en het steenslagkaliber. Maar de verbruikte hoeveelheid zal ook afhangen van de wegdekconditie waarop de slemlaag wordt aangebracht, en of er bijvoorbeeld veel onvlakheden of porositeiten moeten worden opgevangen. Naast de hoogte, zal ook de gewenste dwarshelling ingesteld moeten worden via de voorzieningen aan de slede (§ 6.4.2).

Indien men tijdens de aanleg de verwerkte hoeveelheid slemmengsel wenst te meten (kg/m²) kan het leeg- en volgewicht van de slemvrachtwagen gewogen worden door mobiele weegplaten op de bouwplaats te voorzien. De aslasten van de vrachtwagen kunnen dan voor en na het aanleggen van iedere slemstrook gewogen worden. Een alternatieve methode kan erin bestaan om de vrachtwagen telkens naar een weegbrug in de buurt te laten rijden, hetgeen mogelijk is wel meer tijd zal vragen. De nieuwere computergestuurde slemmachines beschikken over een automatische registratie van het verbruik van alle componenten van het slemmengsel via doseringsmeting en het wegen van het gewicht aan materiaal op de transportband. Op het einde van de dag kan via de computer dan een overzicht van de verbruikte materialen worden opgevraagd en uitgeprint.

De operator op de achterzijde van de vrachtwagen is de persoon die de slemwerken stuurt. Hij kijkt van bovenuit naar de slemlede en beoordeelt of het slemmengsel de verwachte consistentie heeft, en zal door toevoegen van meer of minder water en of additieven deze consistentie desgevallend bijsturen (§ 6.5.2).



Figuur 6.20 – Slemmachine met operator

Hij zal ook toezien op het debiet van de productie zodat een correcte hoogte van de slem in de slede wordt bereikt en deze niet overloopt of onvoldoende gevuld geraakt. Hij bepaalt wanneer de slem geproduceerd wordt en wanneer deze stopt.

Achteraan de slemmachine, boven de slemslede, is in vele gevallen een stortteut voorzien die het slemmengsel dat uit de menger uitgestort wordt kan begeleiden naar de slemslede. Via deze stortteut kan de positie waar het mengsel in de slede valt gestuurd worden. Bij een uitvoering in dakprofiel zal de slem in het midden van de slede vallen en naar beide kanten stromen. Tijdens een uitvoering in helling, zal de slem aan de hoogste zijde van de slede vallen om geen overmatige ophoping te krijgen ter hoogte van de laagste zijde van de slede. Om segregatie in de slede te voorkomen, wordt het mengsel in beweging gehouden door het mengsysteem in de slede (figuur 6.14).



Figuur 6.21 – Slemslede vullen aan hoogste zijde via stortteut

De elastische afwerkslab op het einde van de slede zal het slemoppervlak mooi gladstrijken. De beide boorden worden door twee extra arbeiders afgestreken met een aftrekker.

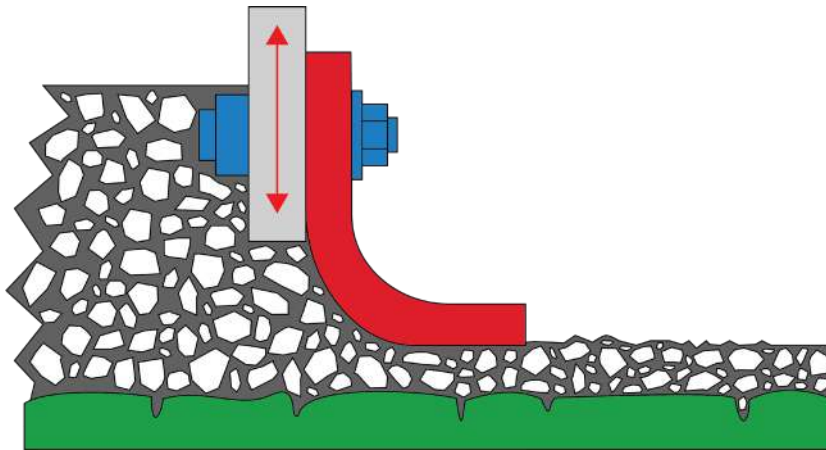


Figuur 6.22 – Elastische afwerkslab



Figuur 6.23 – Boorden worden afgestreken met aftrekkers

De ingestelde hoogte van de slede, en de slemhoogte in de slede in combinatie met de elasticiteit van de afstrijkslab zijn bepalend voor de uiteindelijke dikte en regelmatigheid van de slem laag. Als de slemdruk op de slab onvoldoende is of de slab is te stijf, zal deze niet of onvoldoende openen waardoor er een dunnere of onregelmatige laag geplaatst wordt (§ 6.11.1.2).



Figuur 6.24 – Schematische voorstelling van de afstrijkslab van de slede

De slede kan in plaats van een elastische afstrijkslab ook uitgerust worden met een vaste stijve lat over de volle breedte van de slede en kan dan ingezet worden wanneer er een uitvlakslem wordt aangebracht (§ 3.1.1).

■ 6.5.4 Manueel werk bij meer complexe geometrie

Een slem wordt al rijdend met de slemmachine in één vloeiende beweging geplaatst. Bij een complexe geometrie, bijvoorbeeld door asverschuivingen of kleine uitsparingen voor een parkeerzone, is het niet mogelijk om met de vrachtwagen de slem in één beweging te plaatsen.

In dat geval kan er een hoeveelheid slem aangemaakt worden die rechtstreeks op het bedoelde wegdek wordt uitgestort (in plaats van in de buik van de slemmachine) en er vervolgens manueel wordt uitgespreid. Deze manier van werken dient indien mogelijk vermeden te worden. Bij manueel werk bestaat het risico dat de slem te vloeibaar gemaakt wordt door toevoeging van te veel water waardoor ontmenging en slechte cohesie van de slem laag zich kunnen voordoen met rafeeling tot gevolg.



Figuur 6.25 – Parkeerstrook waar de slem manueel werd aangelegd (links); rafeeling (rechts)

6.5.5 Aanliggende slemstroken

Bij de aanleg van twee slemstroken naast elkaar dient er een minimale overlapping gerespecteerd te worden om geen openstaande langsnaad te genereren. Wanneer twee slemstroken naast elkaar gelegd worden is het evenwel noodzakelijk om te wachten met de aanleg van de tweede strook tot de eerste strook volledig gebroken is en al een zekere cohesie heeft opgebouwd alvorens er met de slemmachine over te rijden. Met de slemmachine in verse slem rijden (zoals in figuur 6.26), die nog niet gebroken of gerijpt is, is ten allen tijden te vermijden. De banden zullen de slem openduwen en de dikte lokaal verminderen. Dergelijke wielsporen blijven ook na het uitharden van de slem zichtbaar (§ 6.11).



Figuur 6.26 – Vrachtwagen die door de verse slem rijdt

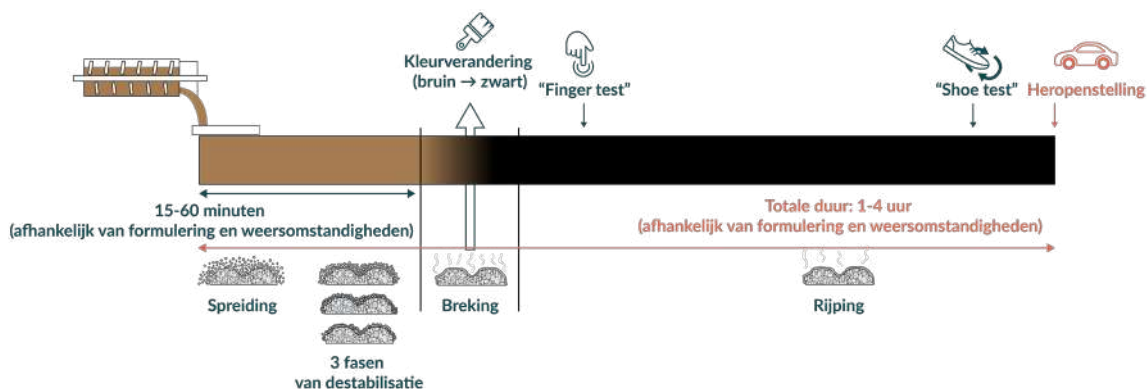
Wanneer de slemmachine over de gebroken slem rijdt, bestaat het risico dat de wielen van de slemmachine alsnog schade aanbrengen aan de slemlaag en materiaal uit de slemlaag rukken. Om dit risico te voorkomen kan de vrachtwagen uitgerust worden met een systeem voor het vernevelen van water op de banden. De slem zal hierdoor minder kleven aan de banden.



Figuur 6.27 – Vrachtwagen uitgerust met sproeisysteem voor de banden

6.6 Breken en rijpen van de slem

Na het plaatsen van de slemlaag dient in de eerste plaats het bitumen in de emulsie zich te scheiden van het water. Het scheiden van het bitumen uit de emulsie wordt het breken van de emulsie genoemd (§ 2.1.2.3) en gaat gepaard met een kleurverandering van bruin naar zwart. In een tweede fase zal de slemlaag, tijdens het rijpen, de gewenste cohesie en hechting bekomen. Het breken en het rijpen zijn twee zeer belangrijke fasen in de aanleg van de slemlaag. De evolutie ervan in de tijd na het verlaten van de slemmachine wordt schematisch weergegeven in figuur 6.28.



Figuur 6.28 – Schema van de evolutie van de slem in de tijd na het verlaten van de slemmachine

6.6.1 De brekingsfase

Hiermee wordt het geheel van verschijnselen aangeduid dat tot de vorming van een continue bitumineuze fase leidt. De aanvankelijk individuele emulsiebolletjes zijn betrokken in een onomkeerbaar proces waarbij zij dichterbij elkaar komen en het bitumen zich uit het water afscheidt.

Het bitumen hecht zich aan het aggregaat van de slem, en het water komt aan het oppervlak van de slem te staan. De snelheid waarmee dit proces zich voordoet wordt aangegeven door o.a. de brekingsindex van de emulsie (§ 2.1.2.5). Standaard worden er drie verschillende types emulsie (brekingsindex) gemaakt voor de verschillende periodes van het uitvoeringsseizoen:

- Begin van het seizoen: april – mei
- Midden seizoen: juni – juli – augustus
- Einde seizoen: september - oktober

Breking is waarneembaar aan de overgang van een bruine naar een zwarte kleur wanneer het bitumen een dun continu laagje vormt. Naarmate het bitumen zich meer afscheidt van het water wordt de kleur donkerder tot de slem helemaal zwart is geworden. In normale omstandigheden duurt dat ongeveer vijftien tot zestig minuten en kan het als functie van de weersomstandigheden sneller of trager verlopen.



Figuur 6.29 – Links reeds gebroken slem (zwart), rechts bruine slem voor de brekingsfase

■ 6.6.2 De rijpingsfase

Hiermee wordt het geheel van verschijnselen aangeduid dat leidt tot de verdere afvoer van het water en tot de toestand waarin het bindmiddel zijn uiteindelijke eigenschappen bereikt wat hechtvermogen en cohesiviteit betreft. Deze fase kan slechts plaatsvinden als de breking ver genoeg gevorderd is. Het water van de emulsie dat tijdens de brekingsfase is vrijgekomen zal afvloeien en/of verdampen.

Op de bouwplaats kan het uitvoeren van een “vingerproef” (Finger test, figuur 6.28 en 6.30) een indicatie geven in welke fase de slem zich bevindt. De rijpingsfase is voldoende ingezet als de slem niet meer kleverig aanvoelt wanneer men er met de vinger op drukt, zonder dat er bitumen aan de vinger kleeft. De cohesieopbouw nodig voor het openstellen voor het verkeer zal hierna zeker nog verder moeten plaatsvinden. De tijd hiervoor nodig zal afhangen van het mengselontwerp en de weersomstandigheden (§ 6.7).



Figuur 6.30 – Vingertest waarbij rijpingsfase onvoldoende is ingezet, bitumen kleeft aan vinger

6.7 Openstelling voor het verkeer

Bij de toepassing van slem is de verkeershinder tot een minimum beperkt. De weg kan doorgaans kort na de aanleg en dezelfde dag opnieuw opengesteld worden voor het verkeer.

Dat kan enkel wanneer de slem volledig gebroken en voldoende gerijpt is zodat deze een voldoende hoge cohesie heeft kunnen opbouwen en na een eventuele verdichting. Een "voetwringtest" ("Shoe test", figuur 6.28) kan hierbij een indicatie geven en bestaat uit de uitvoering van een eenmalige wringende beweging met de voet waarbij krachtig op het oppervlak wordt geduwd. De opgebouwde cohesie zal zeker nog onvoldoende zijn wanneer de samenhang van de slemlaag bij een voetwringtest beschadigd kan worden. Ook bij een gefaseerde aanleg dient hier tijdens de omschakeling van het verkeer rekening mee gehouden te worden.

Bij een gefaseerde aanleg zal eerst één rijstrook worden aangelegd terwijl het verkeer op de andere rijstrook beurtelings doorrijdt. Daarna zal het verkeer omgeschakeld worden op de aangelegde slem zodat de andere rijstrook aangelegd kan worden. Wanneer de omschakeling van het verkeer te vroeg plaatsvindt, en de slem wel gebroken, maar nog onvoldoende gerijpt is, zal er onmiddellijk rafeling optreden in de wielsporen door onvoldoende cohesie in de slem.



Figuur 6.31 – Rafeling van de slem in de wielsporen door te vroege openstelling voor het verkeer



Figuur 6.32 – Openstellen van de weg na volledige breking en rijping

6.8 Textuur

De textuur van een wegdek is een belangrijke parameter, daar deze bijdraagt aan onder andere de stroefheid en bijgevolg aan de veiligheid van de weg. De textuur van een slem wordt deels bepaald door de granulometrie van het slemmengsel. Een mengsel op basis van een 0/6.3 aggregaat zal een ruwere textuur hebben dan een mengsel op basis van een 0/4 aggregaat. Afhankelijk van de intensiteit van het verkeer op een weg wordt er gekozen om al dan niet een grover aggregaat te gebruiken in de top laag (hoofdstuk 4).

Een pas aangelegde slemlaag heeft onafhankelijk van het gekozen kaliber steeds een eerder ruwe textuur die na het openstellen voor het verkeer verder afneemt. Het verdichtende effect van de voertuigen zal de slem verder verdichten en een meer gesloten textuur geven. Het ruwe uitzicht van de verse slem zal geleidelijk aan evolueren naar een uitzicht dat eerder overeenstemt met een asfaltverharding (figuren 6.33 en 6.34). De snelheid waarmee dit evolueert hangt dus sterk af van de verkeersintensiteit op de met slem behandelde weg (zie ook de aanbeveling tot de inzet van een bandenwals, § 6.9).



Figuur 6.33 – Ruwe textuur vlak na aanleg en voor openstelling voor verkeer



Figuur 6.34 – Dichtgereden textuur door verkeer één jaar na aanleg

Het effect van het verkeer op de textuur van de slem zal zich hoofdzakelijk uiten daar waar dit verkeer het meeste rijdt, dus hoofdzakelijk in de wielsporen. De zone tussen de wielsporen zal een minder gesloten textuur blijven behouden in de tijd. Dit effect zal meer uitgesproken zijn naarmate men minder versporend verkeer heeft. Hetzelfde effect kan men bekomen aan de randen van de weg of in uitsparingen zoals parkeernissen. Wanneer hier minder verkeer overheen rijdt zal ook de slem aan de randen meer textuur vertonen en ruwer blijven. Dergelijke ruwere en open textuur in de slem zal op termijn vatbaarder zijn voor rafeling door verkeer en weersinvloeden.

Meer of minder versporend verkeer kan het gevolg zijn van de aan- of afwezigheid van wegmarkeringen. Daar waar een centrale markering aanwezig is, rijden alle voertuigen meer op dezelfde plaats dan wanneer er geen markering is. Zonder markering is de dichtgereden zone in de wielsporen aanmerkelijk breder.



Figuur 6.35 – Weg met middenmarkering: textuur meer dichtgereden in de wielsporen dan tussen de wielsporen



Figuur 6.36 – Weg met open en ruwe randzone in de slemlaag

6.9 Walsen

Het verkeer dat in de periode na de aanleg van de slem over de recent aangelegde slemlaag heen rijdt zal een verdichtend effect hebben en zal zo bijdragen aan het verhogen van de cohesie van het slemmengsel, aan de vermindering van de holle ruimte (en zo dus ook de watergevoeligheid onrechtstreeks verlagen), en aan het verlagen van de ruwe slemtextuur die na aanleg ontstaat.

In situaties waarbij de verkeersintensiteit onvoldoende hoog is, en er dus onvoldoende naverdichting zal zijn door het verkeer, kan men aanbevelen om het ontbrekende naverdichtingseffect van het wegverkeer op te vangen door vlak na de aanleg van de slemlaag extra te voorzien in het walsen van de slemlaag met een bandenwals.



Figuur 6.37 – Bandenwals

Op wegen met een voldoende hoge verkeersintensiteit zal er voldoende verkeerspassage zijn om de slem tijdens de finale rijpingsfase na het openstellen voor het verkeer op een voldoende korte tijdspanne verder te helpen verdichten. Het gebruik van een bandenwals kan hier alsnog bijdragen aan een eerste gecontroleerde verdichting van de slem voor de openstelling voor het verkeer, maar is geen standaard handeling inbegrepen bij de aanleg van een slemlaag.

De aanbeveling om de slemlaag te walsen met een bandenwals is dus vooral geldig voor wegen met een beperkte verkeersintensiteit, zoals bijvoorbeeld wegen in woonwijken, doodlopende straten, fietspaden en dergelijke. In deze situaties zal er na aanleg van de slem onvoldoende verkeerspassage zijn, en is het risico groot dat hierdoor de evolutie en naverdichting van de slemlaag te traag verlopen, en deze bijgevolg vatbaarder wordt aan schade (bijvoorbeeld rafeling). Deze bijkomende walshandeling dient te worden voorzien in het bijzonder bestek.

Ook in het geval van slemwerken op zwaar belaste verhardingen (onder andere snelwegen of landingsbanen van luchthavens) of bij uitvoeringen aan het einde van het slemseizoen (wanneer de weerscondities niet meer ideaal zijn in de weken na de aanleg) is de inzet van een bandenwals aan te bevelen, opnieuw doordat hierdoor een versnelde cohesie een versnelde toename aan cohesie bekomen bekomen wordt en sneller een lagere holle ruimte wordt gerealiseerd.

Het walsen van de slem zal pas plaatsvinden wanneer de slem zich in de rijpingsfase bevindt en de slem niet meer kleeft aan de banden. De slemlaag zal dan nog voldoende vervormbaar en kneedbaar zijn. De exacte timing is afhankelijk van de breeknelheid van het slemmengsel en bijgevolg van de weersomstandigheden en het type emulsie (brekingsindex) dat gebruikt wordt voor de aanmaak van het slemmengsel. Wanneer het walsen te vroeg wordt aangevat zal de slem nog te vloeibaar zijn en zal deze door het walsen uit elkaar worden gereden.

Het walsen gebeurt steeds evenwijdig aan de rijrichting van het wegverkeer. Doorgaans worden er minimaal drie walsovergangen uitgevoerd. Bij een eerste walsovergang zal er veel water uit de slemlaag geperst worden en wordt de slemstructuur verdicht en de holle ruimte verkleind. Het exacte aantal overgangen is afhankelijk van de toestand van de slem en de omgevingsomstandigheden. Er wordt gestreefd te walsen tot er geen water meer uit het mengsel vrijkomt en de gewenste textuur is bekomen.

Het verdichten wordt steeds uitgevoerd met een bandenwals. Het is af te raden een cilinderwals of combinatiewals te gebruiken daar de stalen cilinder de aggregaten stuk kan drukken.

Het inzetten van een bandenwals die uitgerust is met een sproeisysteem voor water om de banden nat te houden, kan vermijden dat de slem aan de banden kleeft en kan helpen om uitrukking van de pas aangelegde slemlaag te voorkomen.



Figuur 6.38 – Wals met sproeisysteem om de banden nat te houden

6.10 Aanbrengen markeringen

Nadat de slemlagen zijn aangebracht kan de wegmarkering opnieuw aangebracht worden. Het is aanbevolen om de markeringen pas aan te brengen wanneer de slem volledig droog en voldoende verdicht is, door het verkeer of door het walsen, zodat de textuur voldoende is dichtgereden.

In het geval van thermoplastische markeringen wordt er bij voorkeur een periode van 2 tot 3 weken voorzien alvorens de markeringen aan te brengen. In het geval van gewone verfmarkering kan deze periode korter zijn, maar een minimum van één week blijft aanbevolen. Belangrijk hierbij is dat al het water uit het slemmengsel is verdampt om hechtproblemen te vermijden en opdat het water niet kan ingesloten worden door de markering. Ingesloten water kan bij vriesweer voor schade zorgen.

6.11 Mogelijke schadebeelden in een slemlaag

Schadebeelden in de slem kunnen op verschillende tijdstippen ontstaan, en kunnen in twee grote groepen onderverdeeld worden:

- Enerzijds zijn er schadebeelden die ontstaan tijdens de uitvoering en welke bijgevolg voorkomen kunnen worden tijdens de aanleg.
- Anderzijds zijn er de schadebeelden die zich ontwikkelen na de aanleg als gevolg van het inwerken van het verkeer en de weersomstandigheden.

Belangrijke kanttekening is dat de meeste schadebeelden die ontstaan tijdens de aanleg kunnen vervagen in de loop van de tijd of dichtgereden worden door het verkeer en na een jaar eerder esthetische onregelmatigheden opleveren.

De tweede groep aan schadebeelden die ontstaan tijdens de levensduur zullen daarentegen in de tijd in ernst eerder toenemen.

6.11.1 Schadebeelden ontstaan tijdens de uitvoering.

6.11.1.1 Groeven

Groeven ontstaan wanneer er zich onzuiverheden of bestanddelen vreemd aan de samenstelling in het slemmengsel bevinden die achter de afstrikslab van de slemslede kunnen blijven hangen en zo door de slede worden meegetrokken en een groef achterlaten in de slemlaag. Dat zijn in de meeste gevallen stenen met een kaliber dat veel groter is dan de maximale korrelmaat van het slemmengsel. Deze stenen kunnen onder andere in het mengsel terechtkomen wanneer de stock op een onverharde locatie ligt. Ze kunnen ook het gevolg zijn van een productiefout door de steengroeve.



Figuur 6.39 – Groeven door grote stenen vlak na de aanleg van de slemlaag

Als de grote steen een groef trekt door de volledige dikte van de slemlaag kan de waterdichtheid en bijgevolg de duurzaamheid van de slem in het gedrang komen.

Groeven met een beperkte diepte worden echter in de meeste gevallen snel door het verkeer opnieuw dichtgereden en zijn niet noodzakelijk problematisch maar eerder een esthetisch probleem.



Figuur 6.40 – Dichtgereden groef: links situatie bij aanleg, rechts dezelfde steen na één jaar

In de meeste gevallen zijn groeven, veroorzaakt door onzuiverheden, te vermijden door de stock van de aggregaten visueel te controleren voor het laden en door de nodige aandacht te besteden aan het laden op een onverharde ondergrond (§ 6.3).

6.11.1.2 Dwarse ribbelforming

Wanneer er een regelmatig patroon van dwarse golven in het wegoppervlak aanwezig is, wordt er gesproken van ribbelforming. Ribbels kunnen ontstaan wanneer de slede niet in één vloeiende beweging voortgetrokken wordt.

Ribbels kunnen ook ontstaan wanneer de wisselwerking tussen de afstrijkslab in de slede enerzijds en de vloeistofdruk van de slem in de slede op deze slab anderzijds niet in evenwicht is. Dat kan het geval zijn als de aanvoerhoogte in de slemslede onvoldoende is en er onvoldoende druk is tegen de elastische afstrijkslab. De slab zal hierdoor niet of onregelmatig openen. Het onregelmatig openen en sluiten van de afstrijkslab resulteert dan in een ongelijke verdeling van de slem (diktes zijn verschillend) en uit zich in de vorming van ribbels.

Dergelijke ribbels kunnen ook het gevolg zijn van een slechte consistentie waardoor aggregaten otmengen en ophopen vlak voor de afstrijkslab.



Figuur 6.41 – Okerkleurige slem met dwarse ribbelforming

Ook het niet parallel lopen van de afstrijkslab met het te overlagen wegdek kan resulteren in een onregelmatige openingshoogte onder de afstrijkslab en bijgevolg een niet gecontroleerde opening van de slab. Het fenomeen van ribbelforming kan dan ook soms worden vastgesteld aan de randen van de te overlagen wegdekken, wanneer de randen van het asfaltwegdek meer afhellen.

6.11.1.3 Bulten

Een bult is een verhoging in de dwars- of in de lengterichting van het wegoppervlak. Dit gebrek kan te wijten zijn aan overlapping van verschillende slemstroken tijdens het aanbrengen van de slem.

6.11.1.4 Sporen van slemvrachtwagen

Tijdens de uitvoering kunnen er bandensporen ontstaan in de slem, wanneer de slemmachine zelf door de natte slem rijdt. Ook buurtbewoners of weggebruikers die de signalisatie niet respecteren kunnen dergelijke schade veroorzaken. De wielen zullen de verse slem deels wegduwen, en laten een spoor na dat nadien zichtbaar blijft in de uitgeharde slem. Op wegen met intensief verkeer kunnen deze sporen mogelijk geleidelijk uitgevlakt worden.



Figuur 6.42 – Wielspoor in natte slem (links), blijft zichtbaar, ook na één jaar (rechts)

Ook de slemslede kan een sleepspoor achterlaten wanneer deze door de verse slem getrokken wordt. Wanneer de zijkanten van de aangelegde slembaan niet goed afgewerkt worden, zal er een sleepspoor van de slede zichtbaar blijven in het oppervlak van de slem.



Figuur 6.43 – Sleepspoor van de slede wordt bijgewerkt

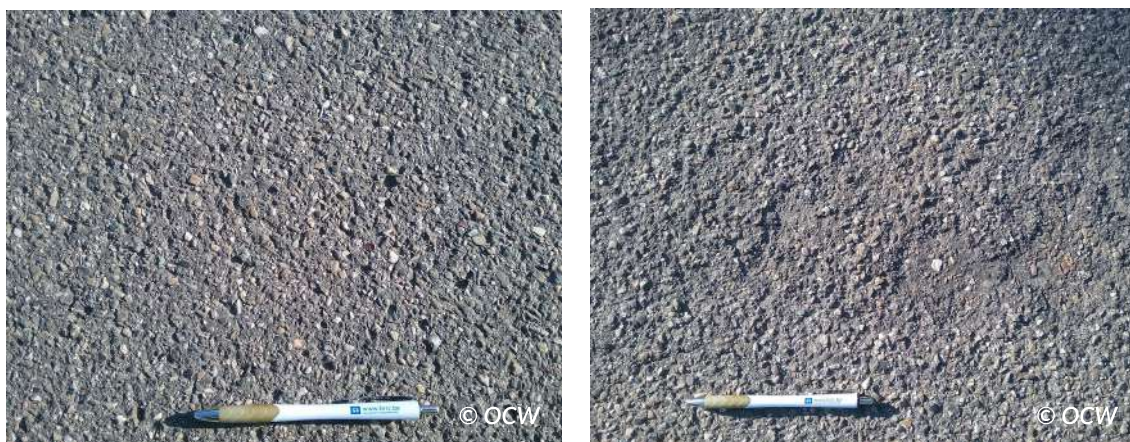
6.11.1.5 Gapende langsnaad

Wanneer twee slemstroken naast elkaar aangelegd worden met onvoldoende overlap, waarbij de beide stroken elkaar niet raken, dan is er sprake van een openstaande of gapende langsnaad. Bij het uitharden van de slem zal de onderliggende wegverharding zichtbaar blijven op deze naad.

6.11.2 Schadebeelden ontstaan na de aanleg

6.11.2.1 Rafeling

Rafeling is het verlies van stenen uit de matrix van de slemlaag door inwerking van wringend verkeer, al dan niet versterkt door de inwerking van de weersfenomenen (water, vorst, zon, zuurstof). Rafeling evolueert van een individueel steenverlies, waarbij op enkele plaatsen één enkele steen uit het mozaïek verdwenen is, naar uitgerukte zones met een meer aaneengesloten verlies aan aggregaat (figuur 6.44).



Figuur 6.44 – Links individueel steenverlies en rechts uitgerukte gerafelde zone

Rafeling situeert zich bij het begin van het fenomeen aan het oppervlak van de slem (één steen diep). In een vergevorderd stadium kan rafeling evolueren en dieper doordringen naar de volledige dikte van de slemlaag.

Rafeling heeft vele oorzaken en kan mogelijk duiden op een slechte cohesie in het slemmengsel als gevolg van onder andere het mengselontwerp, een productiefout, een onvoldoende gesloten textuur, of op een te vroegtijdige openstelling voor het verkeer.

6.11.2.2 Scholvorming

In het geval van scholvorming, zal een beperkte oppervlakte de slemlaag in haar volledige dikte loslaten en uitbrokkelen uit de rest van de slemlaag. Schollen duiden in de meeste gevallen op een slechte hechting tussen de slemlaag en de onderliggende verharding.

Schollen komen in verschillende groottes voor, van enkele centimeters tot meters in diameter, en zijn gekenmerkt door breukranden die eerder verticaal zijn.



Figuur 6.45 – Scholvorming

6.11.2.3 Zweten en pseudozweten

Zweten wordt gekenmerkt door het overmatig aanwezig zijn van bitumineus bindmiddel aan het oppervlak van de slemlaag. De overmaat aan bindmiddel aan het oppervlak resulteert in glanzende zwarte zones met een verlies van macrottextuur en een lage stroefheid (glad). Men spreekt van zweten wanneer de overmaat aan bindmiddel het gevolg is van bindmiddel dat opstijgt naar het oppervlak van de slem.



Figuur 6.46 – Zweeten in de linkerwielsporen

Wanneer gelijkaardige vlekken ontstaan veroorzaakt door indrukking van het steenslag wordt dit pseudozweeten genoemd. Zweeten en pseudozweeten zijn visueel moeilijk van elkaar te onderscheiden.

6.11.2.4 Wringplekken

Wringplekken komen voor op plaatsen waar voertuigen ter plaatse korte manoeuvres uitvoeren (parkeren of kort draaien aan op- en uitritten van woningen). Er ontstaan lokale ronde zones met een diameter van ongeveer 15 cm tot 20 cm (contactvlak banden). Door het wringen worden de aggregaten van de slemlaag geheroriënteerd, hetgeen aanleiding geeft tot een verhoogde textuur met al dan niet steenverlies (figuur 6.47).

Wringplekken ontstaan doorgaans kort na de aanleg (in het eerste jaar na aanleg) en bij warme omstandigheden (verweken bindmiddel). Naarmate de leeftijd van de slem toeneemt zal de vervormbaarheid van de slem afnemen, en zal het risico op wringplekken afnemen. In de meeste gevallen zal dit beperkt blijven gedurende het eerste jaar na aanleg. In uitzonderlijke gevallen en bij extreme weersomstandigheden (lange periode van hitte) kunnen er in een latere fase nog wringplekken ontstaan.

De textuur van deze wringplekken wordt in de meeste gevallen weer dichtgereden door het verkeer. Dergelijke wringplekken kunnen, zeker bij een lage verkeersintensiteit, achteraf zichtbaar blijven als lokale zones waarin men al dan niet een lichte vorm van rafeling kan hebben.



Figuur 6.47 – Wringplekken

6.11.2.5 Verschuivingen en vorming van bulten

Op locaties waar de tangentiële krachten te groot worden kan het ook voorkomen dat de slemlaag horizontaal wordt weggeduwd door het verkeer, waardoor er zich bulten vormen dwars op de wegduwrichting van de tangentiële kracht. Voorbeelden kunnen zijn:

- slem op een rotonde (bulten zullen parallel lopen als een soort van concentrische cirkels parallel aan de cirkel van het ronde punt), zie figuur 6.48;
- dwarse bulten ter hoogte van remzones aan een verkeerslicht of kruispunt.



Figuur 6.48 – Bultvorming door verschuiving op een rotonde

6.12 Oplevering

Om de schadebeelden te beoordelen en na te gaan of deze al dan niet aanvaardbaar zijn kan bij de oplevering, één jaar na aanleg, gebruikgemaakt worden van de visuele inspectiemethode beschreven in de Europese norm NBN EN 12274-8: Emulsie-asfaltbeton - Beproevingmethoden - Deel 8: Visuele beoordeling van gebreken (NBN, 2005b).

Onderzoek van OCW heeft echter aangetoond dat de kwalitatieve methode NBN EN-12274-8 (NBN, 2005b) zeer complex is en aanleiding geeft tot resultaten met een grote spreiding, zelfs tussen verschillende, goed opgeleide, operatoren.

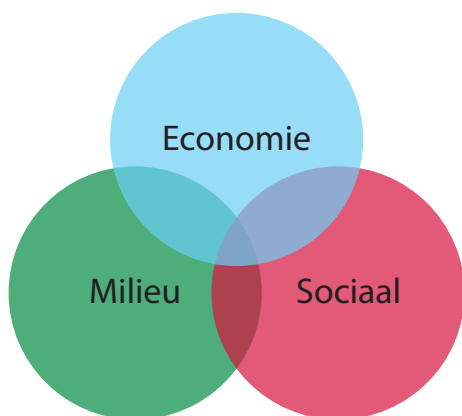
In geval van twijfel over de visuele beoordeling van de schadebeelden, kan er een beroep worden gedaan op de OCW-meetmethode MN 106 (Beaumesnil & Duerinckx, 2023). Deze meetmethode werd, via monitoring van verschillende proefvakken tijdens het NBN-project (BeP2S (*Better Performing Slurry Surfacing*)) en in samenspraak met het Belgische Spiegelcomité van de Europese werkgroep CEN/TC227/WG 2 *Surface Dressing, Sprays and Slurry Surfacing (incorporating Microsurfacing)*, speciaal ontwikkeld voor het ontegensprekelijk beoordelen van de schadebeelden van een slemuitvoering.

Hoofdstuk 7

Duurzaam wegbeheer met slems

7.1 Duurzaamheid van slems

Slems bieden heel wat voordelen op economisch en technisch vlak, maar ook mens en milieu varen er wel bij. Men kan dus terecht spreken van een duurzame technologie, die op economisch, ecologisch en sociaal vlak goed presteert (figuur 7.1).



Figuur 7.1 - De drie pijlers van duurzame ontwikkeling

De economische voordelen kan men aantonen en berekenen door middel van de jaarlijkse equivalente kosten die bespaard gaan met een strategie van regelmatig onderhoud met slems. Dit wordt geïllustreerd aan de hand van een rekenvoorbeeld in § 7.3.

De voordelen op ecologisch en sociaal vlak worden hierna opgesomd:

Ecologische en milieutechnische voordelen

- In tegenstelling tot andere bitumineuze lagen worden slemlagen koud toegepast. Koud toepassen betekent dat er bij productie minder energie wordt verbruikt, dat er minder CO₂ wordt geproduceerd en dat er minder emissies zijn van o.a. rookgassen. Dit komt in eerste instantie de wegenwerkers ten goede, maar ook de omwonenden en de samenleving in het algemeen.
- Doordat slemlagen ter plaatse gemengd worden, wordt er ook op transport bespaard. De granulaten kunnen rechtstreeks naar de bouwplaats worden vervoerd, zonder tussenstop in een asfaltcentrale.
- Er moet minder zwaar materieel (walsen en dergelijke) ingezet worden op de bouwplaats, waardoor bijkomend energie en CO₂ wordt bespaard.
- Door de snelheid van de slemtechniek en door de verlengde levensduur van slemlagen wordt de filehinder beperkt, wat ook op indirecte wijze een enorme energiewinst en CO₂-besparing betekent en een verbetering van de luchtkwaliteit.
- Door het behoud van de vlakheid van de weg, blijft de rolweerstand laag. Studies tonen aan dat een lage rolweerstand het brandstofverbruik significant vermindert. Dit geldt voor alle voertui-

gen die gedurende de ganse levensduur gebruikmaken van de weg, zodat de totale besparing aan brandstof en de vermindering van CO₂-uitstoot zeer groot is.

- Er zijn weinig grondstoffen nodig, omdat de laagdikte zich beperkt tot anderhalf à twee maal de maat van de grootste korrels. Het materiaalverbruik wordt bovendien gecompenseerd door het uitstel van de vervanging van de onderliggende lagen.

Sociale voordelen:

- Brede scheuren, putten en verzakkingen vormen vooral een gevaar voor de zwakke weggebruikers zoals fietsers, bromfietzers en voetgangers. Dergelijke gevaarlijke toestanden kunnen door een regelmatig preventief onderhoud met een slemlaag voorkomen worden.
- De vlakheid van de wegen kan steeds op peil gehouden worden, wat leidt tot een verhoging van veiligheid en comfort en een vermindering van verkeerslawaai, brandstofverbruik en bijgevolg ook uitstoot van CO₂ en fijnstof.
- Een goede stroefheid is van cruciaal belang voor de verkeersveiligheid.
- Slemlagen lenen zich zeer goed tot gekleurde toepassingen. Gekleurde vlakken laten toe de veiligheid en zichtbaarheid te verhogen en dit is vooral nodig in stads- en dorpskernen waar alle soorten weggebruikers de weg delen. Bovendien is ook het esthetisch effect van gekleurde wegen belangrijk voor het welzijn van de mens.
- De werkomstandigheden voor de wegenwerkers zijn beter en veiliger bij het plaatsen van slemlagen dan bij het plaatsen van warm asfalt, zeker op zeer hete zomerdagen. Er ontwikkelen zich geen rookgassen en er is geen risico op brandwonden.
- De milieutechnische voordelen die hoger genoemd zijn komen alle ten goede aan de gezondheid, de veiligheid en het comfort van de wegenwerkers, de weggebruikers, de omwonenden en de samenleving in het algemeen.

7.2 Efficiënte preventieve onderhoudsstrategie

Slems zijn het meest efficiënt in het kader van een preventieve onderhoudsstrategie. Preventief betekent dat het onderhoud wordt uitgevoerd vooraleer de waterdichtheid in het gedrang komt en de eerste ernstige schadeverschijnselen zichtbaar zijn. De kosten zullen zich dan hoofdzakelijk beperken tot de kosten van de slemoverlaging, terwijl men een aanzienlijke winst in levensduur zal boeken.

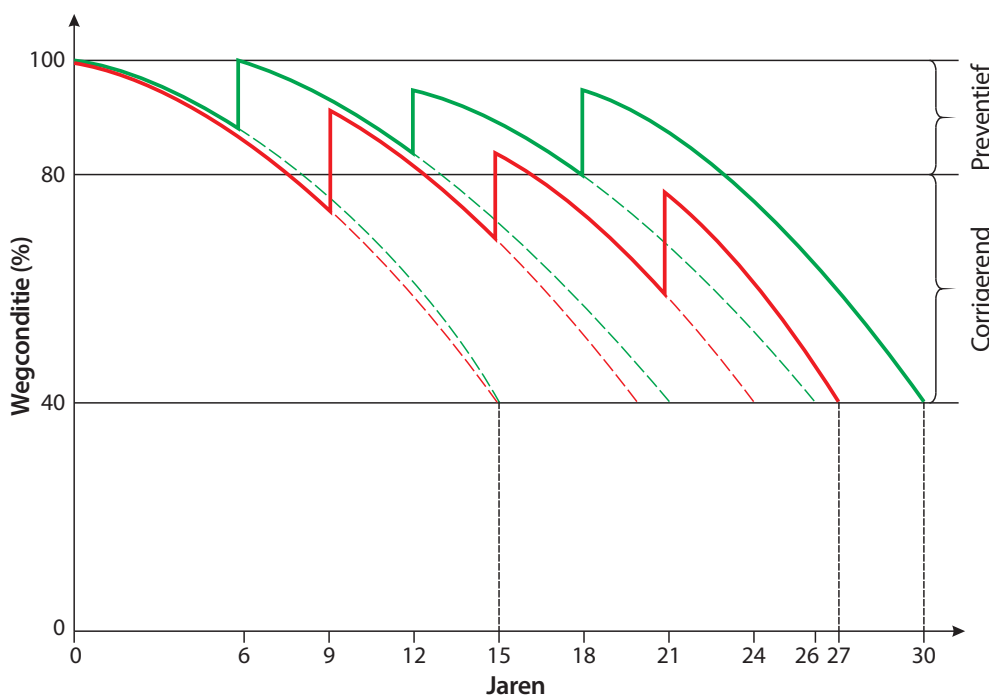
Wanneer men het onderhoud langer uitstelt, zullen de kosten hoger oplopen omdat er voorafgaandelijke herstellingen nodig zijn (hoofdstuk 3). In dit geval spreekt men van corrigerend onderhoud. Ondanks de herstellingen zullen de onderliggende lagen reeds verzwakt zijn, door de indringing van water en de rechtstreekse blootstelling aan verkeer en weersomstandigheden. Daardoor zal de conditie van zowel de nieuwe slemoverlaging als de onderliggende lagen nadien sneller afnemen en is de bereikte winst in levensduur minder groot.

Figuur 7.2 illustreert de impact van beide types onderhoudsstrategie op de evolutie van de wegconditie en de levensduur.

De groene lijn betreft een voorbeeld van een preventieve onderhoudsstrategie, waarbij de oppervlakbehandeling wordt toegepast wanneer de conditie van de bestaande weg nog goed is. Er is dus geen nood aan zware herstellingswerken en de conditie van de weg keert terug tot een niveau dat de initiële conditie benadert. Dit onderhoud kan meerdere keren worden herhaald, zodat de wegconditie gedurende een lange tijd op hoog niveau blijft.

De rode lijn toont een voorbeeld van een corrigerende strategie. De oppervlakbehandeling wordt te lang uitgesteld, zodat er nood is aan voorafgaandelijke herstellingswerken. Ondanks de herstellingswerken wordt het niveau van de initiële conditie niet meer benaderd en verloopt de verdere afname van de conditie in een hoger tempo, omdat ook de onderliggende lagen reeds zijn aangetast.

Daardoor zal men veel sneller terugvallen op een laag niveau, waarbij corrigerende herstellingswerken te duur worden en onvoldoende resultaat geven.



Figuur 7.2 - Vergelijking van preventief en corrigerend onderhoud en impact op wegconditie en levensduur

Hieruit kan men besluiten dat preventief onderhoud met slemlagen een efficiënte onderhoudsstrategie is. Met beperkte kosten en een evenredige spreiding van de kosten in de tijd, kan men een groter aantal wegen op kwalitatief hoog niveau houden en tegelijkertijd de levensduur verlengen van de onderliggende verharding.

7.3 Voorbeeld van een kostenanalyse

Een kostenanalyse op lange termijn laat toe om de kostenbesparing, die men kan realiseren door oppervlakbehandeling met slemlagen, te becijferen. Dit wordt hieronder geïllustreerd aan de hand van een rekenvoorbeeld, gebaseerd op de onderhoudsstrategieën in figuur 7.2.

De resultaten van de berekening hangen af van de aannames en gegevens die men gebruikt. De kostprijs van de oppervlakbehandelingen (inclusief de voorafgaandelijke herstellingen) is variabel en berust op schattingen. Ook de verwachte levensduur en de verlenging van de levensduur die men realiseert door het onderhoud zijn moeilijk te schatten variabelen. Het resultaat van onderstaande berekeningen dient in het licht hiervan geïnterpreteerd te worden en het moet benadrukt worden dat de exacte conclusies kunnen wijzigen wanneer bepaalde aannames en gegevens variëren.

Het voorbeeld betreft een hypothetisch geval van een gemeentelijke weg met een toplaag in asfaltbeton. Er wordt verondersteld dat de onderliggende structuur zich nog in zeer goede staat bevindt en dus geen herstellingen behoeft.

Zonder enige oppervlakbehandeling verwacht men voor de toplaag een levensduur van ongeveer 15 jaar. Zoals aangegeven in figuur 7.2 stemt dit overeen met de periode waarin de conditie is gedaald tot het minimaal aanvaardbare niveau.

Door regelmatige oppervlakbehandeling met een tweelaagse slem wil men de levensduur verlengen en de kosten op lange termijn beperken. Tabel 7.1 toont de aannames van de kosten overeenstemmend de twee onderhoudsstrategieën in figuur 7.2. Voor de tweelaagse slemoverlaging werd een kostprijs van 3,5 €/m² geschat, die moet worden vermeerderd met de kost van de voorafgaande herstellingen.

De totale kostprijs per behandeling neemt dus toe met het aantal behandelingen, omdat er meer voorafgaandelijke herstellingen zullen nodig zijn. De kostprijs neemt bovendien verder toe wanneer men de oppervlakbehandeling te lang uitstelt, zoals het geval is in de corrigerende strategie.

De gerealiseerde levensduurverlenging wordt bovendien minder groot, omdat de onderliggende laag geleidelijk sneller degradeert wanneer men de behandeling uitstelt. Dit alles verklaart de cijfers in tabel 7.1. Zolang de curve van de wegconditie (figuur 7.2) zich in het gebied van preventief onderhoud bevindt, zijn er geen kosten gerekend voor voorafgaande herstellingen.

	Preventief onderhoud (tijdig)					Corrigerend onderhoud (laattijdig)				
	jaar	totale kostprijs (€/m ²)	kostprijs herstellingen (€/m ²)	verlenging levensduur	totale levensduur	jaar	totale kostprijs (€/m ²)	kostprijs herstellingen (€/m ²)	verlenging levensduur	totale levensduur
Initieel					15					15
1ste toepassing	6	3,5	0	6	21	9	5,5	2	5	20
2de toepassing	12	3,5	0	5	26	15	5,5	2	4	24
3de toepassing	18	4,5	1	4	30	21	6,5	3	3	27

Nota: tabel gebaseerd op actuele schatting van de kostprijzen (in 2019)

Tabel 7.1 – Aannames en gegevens waarop het rekenvoorbeeld is gebaseerd, voor het geval van oppervlakbehandeling met een tweelaagse slem

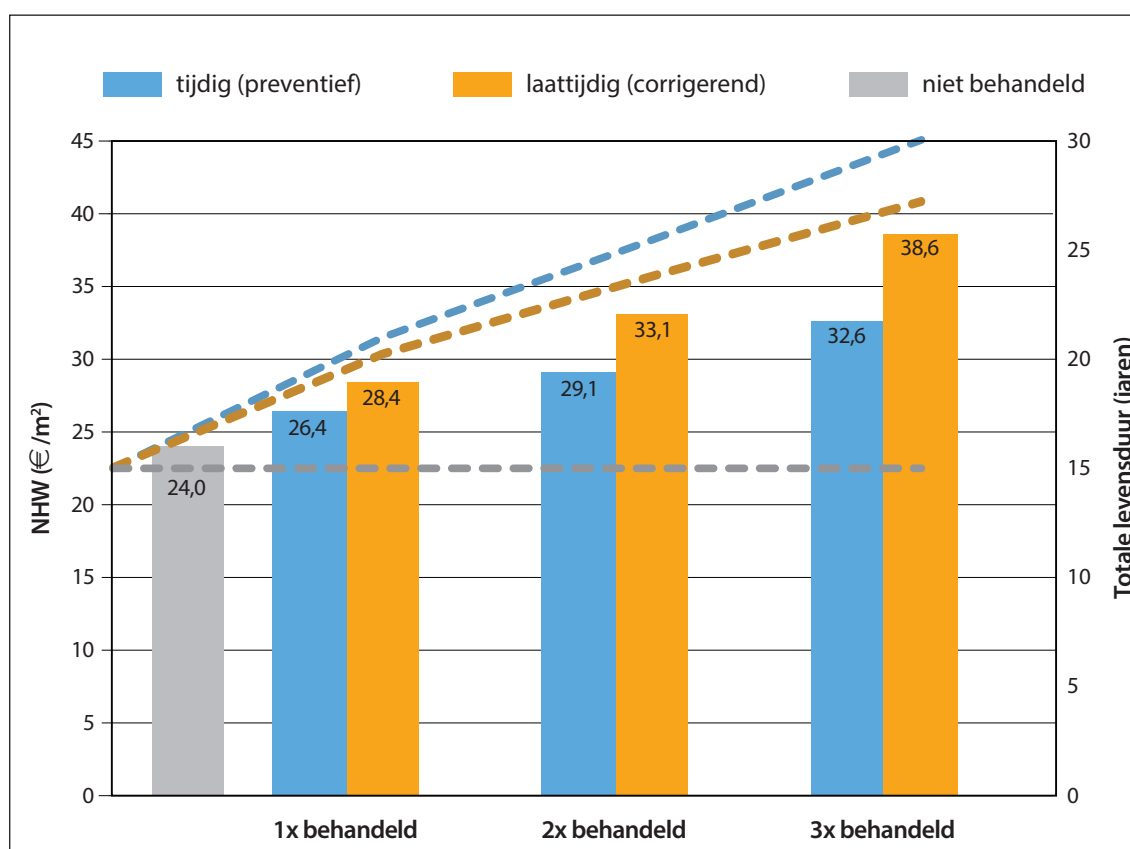
De totale kosten over de ganse levenscyclus omvatten de initiële investeringskost, de kosten van de oppervlakbehandelingen over de ganse levensduur en de afbraakkosten aan het einde van de levensduur. De kosten voor de oppervlakbehandelingen en de afbraakkosten zijn toekomstige kosten en moeten dus worden omgerekend naar een huidige kost, rekening houdend met de reële rente. Zo berekent men de netto huidige waarde over de ganse levenscyclus (Morian, 2011):

$$NHW = INV + \sum_{i=1}^n \frac{TK_i}{(1+r)^i}$$

met

- NHW: netto huidige waarde (in €/m²)
- INV: initiële investering (in €/m²)
- TKi: toekomstige kost (onderhoud en afbraak) gepland in jaar i (in €/m²)
- n: totale duur levenscyclus (in jaar)
- r: reële rente (verschil tussen rente en inflatie)

Figuur 7.3 toont de resultaten voor de scenario's van preventief (tijdig) onderhoud en corrigerend (laattijdig) onderhoud, in vergelijking met geen onderhoud, gebaseerd op de aannames in tabel 7.1. De initiële investeringskost werd geraamd op 15 €/m², de afbraakkost op 10 €/m² en de reële rente op 1 %.



Figuur 7.3 - Netto huidige waarde (NHW) van de toplaag in asfaltbeton (zonder en met oppervlakbehandelingen); de lijnen geven de overeenkomstige totale levensduur

De netto huidige waarde neemt toe naarmate er meer oppervlakbehandelingen zijn gepland, maar de verwachte levensduur van de wegverharding is hierdoor ook toegenomen. De netto huidige waarde op zich is dus geen geschikte grootte om scenario's met een verschillende levensduur te vergelijken.

Hiervoor moet men de totale netto huidige waarde omrekenen naar een equivalente jaarlijkse kost, met de formule (Morian, 2011):

$$JEK = NHW \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1}$$

met

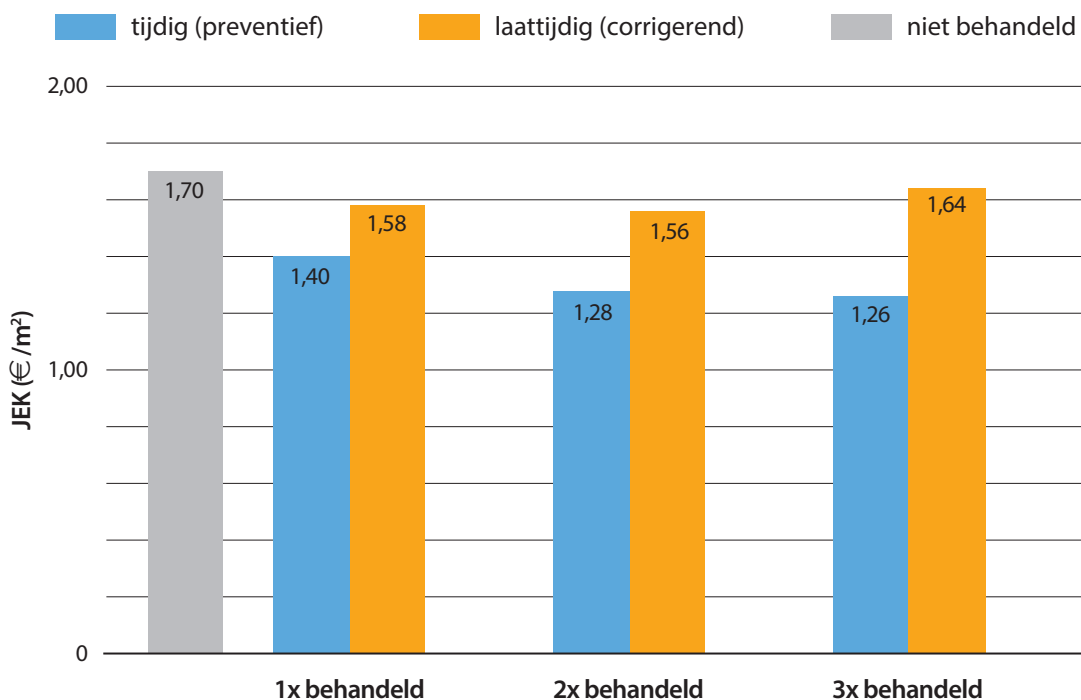
- JEK: jaarlijkse equivalente kost (in €/m²)
- n: de totale levensduur (in jaar)
- r: de reële rente

Deze jaarlijkse equivalente kost is weergegeven in figuur 7.4.

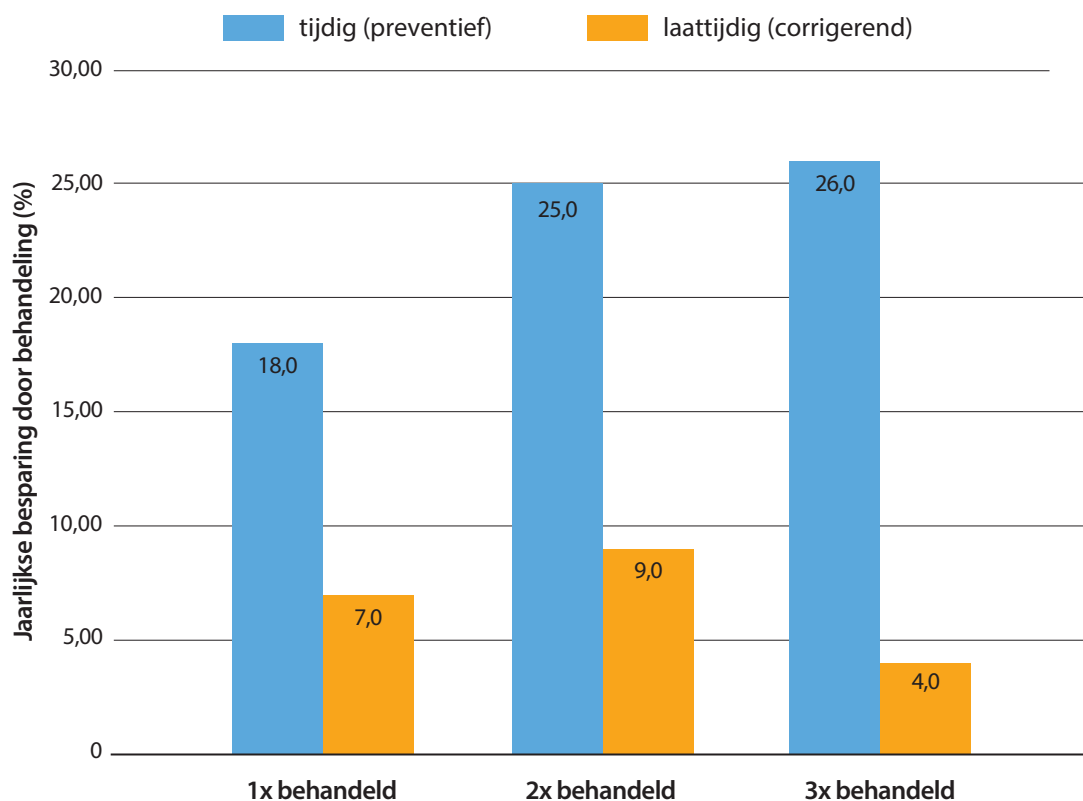
Figuur 7.5 toont de besparing die men in dit specifieke geval zou realiseren door het toepassen van een tweelaagse slem. Men stelt vast dat de besparing het grootst is wanneer de oppervlakbehandeling tijdig wordt toegepast. Twee tot drie keer tijdig toepassen gedurende de levenscyclus van de toplaag zou een jaarlijkse besparing van ongeveer 25 % kunnen betekenen. De oppervlakbehandeling een vierde keer of meer toepassen zal in dit geval geen hogere besparing meer opleveren (in vergelijking met drie keer behandelen), omdat de kosten van de voorafgaandelijke herstellingen hoger worden in verhouding tot de resulterende verlenging van de levensduur.

Laattijdige behandeling leidt tot beduidend minder besparing dan tijdige behandeling.

Hierbij wordt nogmaals benadrukt dat de conclusies kunnen wijzigen, wanneer de verschillende aannames en kostprijzen in het rekenvoorbeeld veranderen.



Figuur 7.4 - Jaarlijkse equivalente kosten (JEK) van de toplaag in asfaltbeton (zonder en met oppervlakbehandelingen)



Figuur 7.5 - Besparing op jaarlijkse equivalente kosten van de toplaag in asfaltbeton (zonder en met oppervlakbehandelingen)

Dit rekenvoorbeeld heeft zich beperkt tot de kostenbesparing over de levenscyclus van de toplaag. Het op peil houden van de waterdichtheid en de conditie van de toplaag heeft op zich echter ook een positieve impact op het behoud van de conditie van de onderlagen. Bijgevolg zal ook de levenscyclus van de volledige structuur toenemen. De besparing die daaruit voortvloeit werd hier nog niet meegerekend.

Bovendien cijfert bovenstaand rekenvoorbeeld enkel het financiële voordeel voor de wegbeheerder. Ook de weggebruikers en de plaatselijke bedrijven ondervinden economische baten bij goede wegen en een onderhoud dat files en verkeershinder beperkt. Het plaatsen van een slem verloopt immers snel: één slemploeg kan per dag 5 000 tot 7 000 m² slem aanbrengen. De weg is nadien snel terug berijdbaar en zo is er minder hinder voor het verkeer, de omwonenden en de plaatselijke bedrijven.

7.4 Evaluatie geschiktheid weg voor slemtoepassing

7.4.1 Inleiding

Zoals aangetoond in voorgaande paragrafen, zijn slems erg efficiënt in het kader van een preventieve onderhoudsstrategie.

Om objectief te kunnen beslissen of een slemtoepassing van een bestaande weg zinvol zal zijn, zal men de globale toestand van de weg bepalen gebruikmakende van de visuele index voor slemtoepassing (VI_{slem}). Deze visuele index voor slemtoepassing is een globale score die aan de hand van de waargenomen schadebeelden en als een gewogen som wordt berekend. Ieder schadebeeld heeft een eigen gewicht. De visuele index is een getal tussen 0 en 1. Hoe lager de waarde, hoe slechter de toestand van de weg.

Enkel wanneer de visuele index voor slemtoepassing boven een welbepaalde grenswaarde ligt, is het zinvol om een weg nog in aanmerking te nemen voor een slemtoepassing, mits de nodige voorgaande herstellingen van de bestaande verharding (hoofdstuk 3).

7.4.2 Bepaling van de visuele index voor slemtoepassingen

7.4.2.1 De visuele inspectie

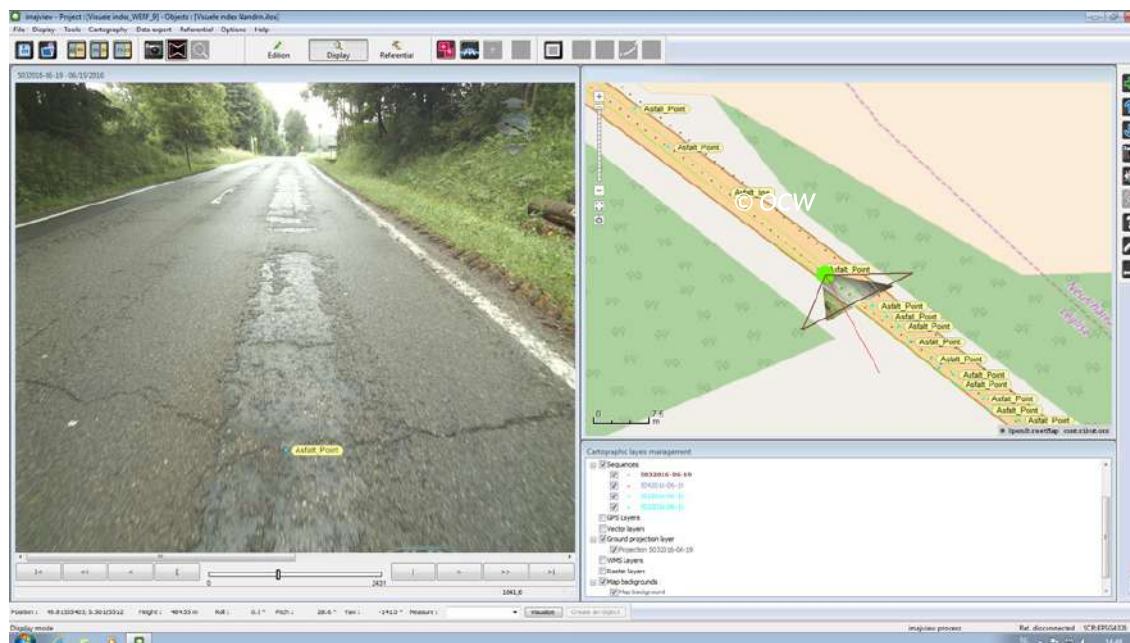
Om de visuele index van een wegverharding te bepalen is eerst een visuele inspectie nodig. Tijdens de visuele inspectie worden alle zichtbare schadebeelden opgemeten en geregistreerd zoals beschreven in OCW-meetmethode MN 89 (Van Geem et al., 2020). Om een goede visuele inspectie uit te voeren zijn een gekwalificeerde inspecteur en goede weersomstandigheden noodzakelijk. Uit onderzoek blijkt namelijk dat het aangewezen is de inspecteur een specifieke opleiding te laten volgen opdat deze de schadebeelden goed kan herkennen en opdat de herhaalbaarheid en de reproduceerbaarheid van de inspectie kunnen gegarandeerd worden.

Een visuele inspectie kan te voet worden uitgevoerd op het terrein. Hierbij stapt de inspecteur het wegvak af en registreert hij de visueel waargenomen schadebeelden. Er kunnen ook verschillende elektronische hulpmiddelen gebruikt worden om de visuele inspectie uit te voeren, bijvoorbeeld wanneer de sectie te gevaarlijk is om te voet te inspecteren. Deze hulpmiddelen, zoals bijvoorbeeld de Imajbox® worden beschreven in de OCW-meetmethode MN 89 (Van Geem et al., 2020).



Figuur 7.6 – OCW-meetvoertuig uitgerust met Imajbox®

Met dit systeem kunnen, voorafgaand aan de uitvoering, beelden worden gemaakt van de wegsecties waarvoor men denkt dat een slembehandeling geschikt zou zijn. Veel licht en een droog wegdek zijn noodzakelijk om bruikbare beelden te verkrijgen. Met behulp van speciale software (ImajView® [imajview, s.d.]) kunnen de gemaakte beelden nadien op kantoor worden verwerkt. Deze inspectiemethode levert bijgevolg niet echt tijdsinstaat op, maar is wel een stuk veiliger voor de inspecteur (geen blootstelling aan het verkeer). Een bijkomend voordeel is dat de data en beelden digitaal beschikbaar blijven en later opnieuw kunnen worden geraadpleegd.



Figuur 7.7 – Visuele inspectie met Imajview® aan de hand van de beelden van de Imajbox®

Wanneer de toestand van het wegoppervlak te slecht is, zoals in figuur 7.8, is een visuele inspectie niet meer aan de orde. Een behandeling met slem biedt bij een dergelijk wegdek geen meerwaarde meer voor de duurzaamheid van de verharding. In de meeste gevallen wijst dergelijk schadebeeld erop dat naast de toplaag ook één of meerdere onderlagen al dermate aangetast zijn dat de draagkracht en de stabiliteit van de weg in het gedrang komen. In dat geval moet de weg structureel worden gerenoveerd.



Figuur 7.8 – Wegdek dat het einde van de levensduur heeft bereikt

Een asfalttoplaag die aangetast is door netscheuren kan, in uitzonderlijke gevallen, in afwezigheid van grote vervormingen mogelijk ook liggen aan een onvoldoende hechting met de asfaltonderlagen. In dergelijk geval zal men de toplaag, voorafgaandelijk aan de slemtoepassing, eerst lokaal dienen te vervangen.

7.4.2.2 Berekening van de visuele index voor slemtoepassingen (VI_{slem})

In het algemeen wordt de visuele index volgens de meetmethode MN 89 (Van Geem et al., 2020) berekend door de schadebeelden uit de visuele inspectie te koppelen aan de respectievelijke gewichtsfactoren en de gewogen som van alle geregistreerde schadebeelden te berekenen. Deze gewichtsfactoren, uit meetmethode MN 89 (Van Geem et al., 2020), die aan de verschillende schadebeelden worden toegekend, zijn specifiek bedoeld om het wegdek een score toe te kennen die aangeeft of onderhoud in het algemeen al dan niet mogelijk is.

Voor een slemtoepassing geeft de bekomen visuele index volgens meetmethode MN 89 (Van Geem et al., 2020) te weinig inzicht in de stabiliteit van de weg, omdat de meer ernstige schadebeelden, die gerelateerd zijn aan structurele problemen, onvoldoende gewicht krijgen in vergelijking met schadebeelden aan het oppervlak. Het is noodzakelijk om de gewichtsfactoren die aan de schadebeelden toegekend worden, bij te sturen als functie van de vooropgestelde slemtoepassing. Structurele schadebeelden (zoals bijvoorbeeld netscheuren) krijgen hierbij een hogere waarde toegekend dan schadebeelden aan het oppervlak, die met een slem kunnen worden opgevangen en dan met een lagere waarde worden geëvalueerd (zoals rafeling van het asfaltoppervlak). Tabel 7.2 geeft een overzicht van enerzijds de gewichtsfactoren volgens MN 89 (Van Geem et al., 2020) en anderzijds de aangepaste gewichtsfactoren voor de toepassing in het kader van onderhoud met slemlagen.

	OCW-meetmethode MN 89	Aanpassing voor slemtoepassingen
Schadebeeld voor bitumineuze verharding	Gewichtsfactor voor asfaltverhardingen	Gewichtsfactor voor slem
Langsscheur	0,6	1
Dwarsscheur	0,6	0,5
Netscheur	0,7	1
Spoorvorming	1	0,6
Inzinking	1	0,6
Verzakking	0,5	0,6
Kippennest	1	0,6
Open langsvoeg	0,25	0,5
Rafeling	1	0,25
Scholvorming	1	0,6
Zweten	1	0,4

Tabel 7.2 – Gewichtsfactoren volgens MN 89 (Van Geem et al., 2020) en aangepaste gewichtsfactoren voor slemtoepassingen

Door het toepassen van de aangepaste gewichtsfactoren uit tabel 7.2 wordt de visuele index voor slemtoepassingen (VI_{slem}) dan berekend op basis van de uitgevoerde visuele inspectie volgens meetmethode MN 89 (Van Geem et al., 2020). Zodoende bekomt men een beter beeld van de structurele toestand van het bestaande wegdek op de bouwplaats en kan worden beoordeeld of hier een slembehandeling van het wegdek al dan niet nog aangewezen kan zijn.

7.4.2.3 Beoordeling van de visuele index voor slemtoepassingen

Op basis van het prenormatief NBN-onderzoeksproject “Europese proefmethoden voor slemlagen” BeP2S (Better Performing Slurry Surfacing) kan een grenswaarde van $VI_{\text{slem}} > 0,6$ vooropgesteld worden als beoordelingscriterium voor de geschiktheid van een wegdek voor behandeling met een slemlaag. Met andere woorden, wanneer de visuele index voor slem VI_{slem} hoger is dan 0,6 kan de wegsectie (mits de noodzakelijke lokale voorafgaandelijke herstellingen, zie hoofdstuk 3) nog als geschikt worden beschouwd voor de uitvoering van een toepassing met slem. De structurele schade is beperkt en de schade aan het oppervlak van het wegdek is behandelbaar.

Zeker ook wanneer de conditie van het wegdek nog beter is, is een behandeling met slem in het kader van een **preventieve onderhoudsstrategie** aan te bevelen. Het effect van de behandeling zal beter en duurzamer zijn dan wanneer de schade verder is geëvolueerd. **Een waarde van 0,8** (slechts beginnende schadebeelden aanwezig) **voor de visuele index voor slem (VI_{slem})** kan hierbij als drempelwaarde worden gehanteerd.

Deze methode moet ook steeds geïnterpreteerd worden in samenspraak met de types van aanwezige schadebeelden. De index berekent een globale score van de toestand van het wegdek. Deze methode geeft geen informatie over hoe de slemlaag zich mogelijk ter plaatse van één wel bepaalde type schadebeeld zal gedragen. Als zich bijvoorbeeld enkel dwarse scheurvorming voordoet in het wegdek als gevolg van een thermische krimp in de funderingslaag, kan de index toch hoog blijven. Het overlagen van het wegdek met een slemlaag zal dan mogelijk toch niet de juiste methode zijn, aangezien mag verwacht worden dat deze slemlaag ter plaatse van de dwarse scheuren, die actief zullen blijven bewegen over het jaar heen, zeer snel reflectief zal scheuren.

■ 7.4.3 Specifieke omstandigheden waar slemtoepassingen geen goede oplossing zijn

Niet enkel de toestand van de weg bepaalt of een slem al dan niet kan aangebracht worden. Ook de verkeersbelasting is bepalend in de keuze van de juiste onderhoudstechniek. In sommige gevallen is de keuze van een slembehandeling af te raden (hoofdstuk 4).

Door de lokale hoge tangentiële krachten is het afgeraden om een slem toe te passen op een rond punt en in zeer scherpe bochten. De slem zal door de continue inwerking van deze krachten naar buiten geduwd worden en ophopen aan de buitenkant van de wielsporen (§ 6.11.2.5). Ook ter hoogte van de remzones aan verkeerslichten kan het zwaar verkeer dergelijke bulten doen ontstaan door de remkrachten.

Het toepassen van slem op parkeerzones wordt ook afgeraden, gezien de hoge wringkrachten door de manoeuvrerende voertuigen en dat meestal op dezelfde locaties, in combinatie met de relatief lage verkeerintensiteit die de textuur weinig zal doen evolueren en/of opnieuw dichtrijden.

Literatuur

- Balavoine, G., Bertaud, M. & Bilal, J. (2006). *Les émulsions de bitume*. Editions RGRA; Union des Syndicats de l'Industrie Routière Française (USIRF).
- Beaumesnil, B. & Duerinckx, B. (2023). *Visuele inspectie van schadebeelden bij slemlagen* (OCW Meetmethode No. MN 106). Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW).
- Breining P. (s.d.). Secmair Fayat Group. <https://secmair.fayat.com/en/produits/machine-materiaux-bitumeux-coules-froid/breining-p>
- Brussel Mobiliteit. (2016). *TB 2015: Typebestek betreffende wegeniswerken in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest*. <https://mobilite-mobiliteit.brussels/sites/default/files/tb2015.pdf>
- Bureau voor Normalisatie. (2002+2004). *Toeslagmaterialen voor asfalt en oppervlakbehandeling voor wegen, vliegvelden en andere verkeersgebieden* (NBN EN 13043+AC). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13043-2002_31715/
- Bureau voor Normalisatie. (2005a). *Emulsie-asfaltbeton. Deel 7: Schud-/slijtproef* (NBN EN 12274-7). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12274-7-2005_12512/
- Bureau voor Normalisatie. (2005b). *Emulsie-asfaltbeton: Berpoevingsmethoden. Deel 8: Visuele beoordeling van gebreken* (NBN EN 12274-8). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12274-8-2005_2398/
- Bureau voor Normalisatie. (2008). *Slems: Eisen* (NBN EN 12273). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12273-2008_19947/
- Bureau voor Normalisatie. (2009a). *Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 10: Beoordeling van fijn materiaal: Korrelverdeling van vulstoffen (luchtstraalzeving)* (NBN EN 933-10). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-933-10-2009_25922/
- Bureau voor Normalisatie. (2009b). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van de deeltjespolariteit van bitumenemulsies* (NBN EN 1430). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1430-2009_22988/
- Bureau voor Normalisatie. (2009c). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van de mengstabiliteit van bitumenemulsies met cement* (NBN EN 12848). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12848-2009_32499/
- Bureau voor Normalisatie. (2010a). *Oppervlakeigenschappen voor weg- en vliegveldverhardingen: Beproevingmethoden. Deel 1: Meting van de macrotextuurdiepte van een verhardingslaag met een volumetrische methode* (NBN EN 13036-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13036-1-2010_34013/
- Bureau voor Normalisatie. (2010b). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Raamwerk van voorschriften voor met polymeren gemodificeerd bitumen* (NBN EN 14023). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-14023-2010_587/

- Bureau voor Normalisatie. (2011a). *Cement. Deel 1: Samenstelling, specificatie en overeenkomstigheidscriteria voor gewone cementsoorten* (NBN EN 197-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-197-1-2011_14850/
- Bureau voor Normalisatie. (2011b). *Beproevingmethoden voor de bepaling van mechanische en fysische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 1: Bepaling van de weerstand tegen afsluiting (micro-Deval)* (NBN EN 1097-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1097-1-2011_34150/
- Bureau voor Normalisatie. (2011c). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van de uitstroomtijd met een uitstroombeker. Deel 1: Bitumineuze emulsies* (NBN EN 12846-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12846-1-2011_16247/
- Bureau voor Normalisatie. (2012a). *Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 1: Bepaling van de korrelverdeling: Zeefmethode* (NBN EN 933-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-933-1-2012_12561/
- Bureau voor Normalisatie. (2012b). *Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 3: Bepaling van korrelvorm: Vlakheidsindex* (NBN EN 933-3). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-933-3-2012_28886/
- Bureau voor Normalisatie. (2012c). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van het gehalte aan water in bitumenemulsies: Azeotropische destillatiemethode* (NBN EN 1428). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1428-2012_28371/
- Bureau voor Normalisatie. (2013a). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van de zeefrest van bitumenemulsies, en bepaling van de opslagstabiliteit door zeven* (NBN EN 1429). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1429-2013_35932/
- Bureau voor Normalisatie. (2013b). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Raamwerk voor de specificatie van kationische bitumenemulsies* (NBN EN 13808). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13808-2013_15755/
- Bureau voor Normalisatie. (2015a). *Bouwkalk. Deel 1: Definities, specificaties en conformiteitscriteria* (NBN EN 459-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-459-1-2015_32558/
- Bureau voor Normalisatie. (2015b). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van de naaldpenetratie* (NBN EN 1426). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1426-2015_38723/
- Bureau voor Normalisatie. (2015c). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van het verwerkingspunt: Ring- en kogelmethode* (NBN EN 1427). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1427-2015_4598/
- Bureau voor Normalisatie. (2016a). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van het breukgedrag. Deel 1: Bepaling van de breekwaarde van kationische bitumineuze emulsies, minerale vulmethode* (NBN EN 13075-1). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13075-1-2016_17943/
- Bureau voor Normalisatie. (2016b). *Bitumineuze mengsels: Materiaalspecificaties. Deel 8: Geregenereerd asfalt* (NBN EN 1308-8). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13108-8-2016_39020/
- Bureau voor Normalisatie. (2016c). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van het watergehalte in bitumineuze emulsies: Methode met droogbalans* (NBN EN 16849). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-16849-2016_39791/

- Bureau voor Normalisatie. (2005-2018). *Slems: Beproevingmethoden* (NBN EN 12274[-1-7]). <https://www.nbn.be/shop/nl/zoeken/?src=t&k=12274>
- Bureau voor Normalisatie. (2018a). *Slems: Beproevingmethoden. Deel 3: Consistentie* (NBN EN 12274-3). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12274-3-2018_40305/
- Bureau voor Normalisatie. (2018b). *Slems: Beproevingmethoden. Deel 4: Bepaling van de cohesie van het mengsel* (NBN EN 12274-4). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12274-4-2018_17236/
- Bureau voor Normalisatie. (2018c). *Slems: Beproevingmethoden. Deel 5: Bepaling van het minimale bindmiddelgehalte en slijtvastheid* (NBN EN 12274-5). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12274-5-2018_12579/
- Bureau voor Normalisatie. (2018d). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van het elastische herstel van gemodificeerd bitumen* (NBN EN 13398). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-13398-2018_25321/
- Bureau voor Normalisatie. (2020a). *Tests voor mechanische en fysische eigenschappen van aggregaten. Deel 2: Methoden voor het bepalen van de weerstand tegen fragmentatie* (NBN EN 1097-2). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1097-2-2020_21230/
- Bureau voor Normalisatie. (2020b). *Tests voor mechanische en fysische eigenschappen van aggregaten. Deel 8: Bepaling van de waarde van gepolijste stenen* (NBN EN 1097-8). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-1097-8-2020_21046/
- Bureau voor Normalisatie. (2022a). *Tests voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 5: Bepaling van het percentage gebroken deeltjes in grove en all-in natuurlijke toeslagstoffen* (NBN EN 933-5). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-933-5-2022_114303/
- Bureau voor Normalisatie. (2022b). *Tests voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen. Deel 9: Beoordeling van fijne deeltjes: Methyleenblauw-test* (NBN EN 933-9). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-933-9-2022_110796/
- Bureau voor Normalisatie. (2022c). *Bitumen en bitumineuze bindmiddelen: Bepaling van de pH-waarde van bitumineuze emulsies* (NBN EN 12850). https://www.nbn.be/shop/nl/norm/nbn-en-12850-2022_113216/
- California Department of Transportation, Division of Maintenance. (2008). Chapter 8: Slurry seals. In *Maintenance technical advisory guide (MTAG). Volume I: Flexible pavement preservation* (Second edition). https://www.csuchico.edu/cp2c/_assets/documents/caltrans/fpmtag-chapter-8---slurry-seals.pdf
- Delfosse, F., Eckmann, B., Le Roux, A., Le Roux, C., Odie, L., Potti, J.J. & Sanchez Polo, J. (2001). Characterisation of aggregates in relation to the breaking behaviour of emulsions in cold mixes. *Revue générale des routes (RGR)*, (798), 1-7.
- Deneuvillers, C., Gallimard, M. & Samanos, J. (2000). Méthodologie d'étude et de formulations des enrobés coulés à froid. *Revue générale des routes (RGR)*, (781), 48-52.
- Deneuvillers, C., Odié, L. & Urbain, J.-É. (Eds.). (2017). *Matériaux bitumineux coulés à froid* [Technische gids] (Collection Références). Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, L'Environnement, La Mobilité et l'Aménagement (CEREMA). <https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/materiaux-bitumineux-coules-froid>

- Destrée, A. & Brichant, P.-P. (2012). *Kationische bitumenemulsies als kleeflagen: Praktische aanbevelingen voor de verwerking* (OCW Dossier No. 14, bijlage bij OCW Mededelingen No. 90). Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/kationische-bitumenemulsies-kleeflagen>
- Destrée, A., Tanghe, T., Vansteenkiste, S. & De Visscher, J. (2022). Reliable laboratory test: A prerequisite for the design of high-quality slurry surfacing mixture. *Advances in materials science and engineering*, 22, Artikel 7157233. <https://doi.org/10.1155/2022/7157233>
- Fast and economical with micro surfacing: SM from Schäfer-Technic.* (s.d.). Schäfer-Technic. <https://www.schaefer-technic.com/en/products/microsurfacing-machinery>
- Fugro Consultants; Mactec; Consolidated Engineering Labs & APtech. (2010). *Slurry seal / Micro-surface mix design procedure: Phase II report*. California Department of Transportation (Caltrans). https://cdn.ymaws.com/slurry.site-ym.com/resource/resmgr/files/Phase_II_Report_FINAL_JAN_9_.pdf
- Giorgi, C.E., Loup, F., Simard, D. & Thomas, J. (2016, Juni 1-3). Design and industrial application of a microsurfacing pavement based on non-Venezuelan bitumen. In *Proceedings of the 6th Eurasphalt & Eurobitume congress, Prague, Czech Republic*. Eurasphalt; Czech Technical University.
- Gontier, F. (2016, november 8). *Entretien et renforcement des chaussées par l'utilisation de fibres de verre: L'expérience Colas* [Lezing]. Journée d'étude de la route et des infrastructures (JERI 2016): Maîtrise de l'altération, Lausanne, La Suisse. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL); Nibux; Laboratoire des Voies de Circulation (LAVOC); Infralab. <https://docplayer.fr/52326575-Entretien-et-renforcement-des-chaussees-par-l-utilisation-de-fibres-de-verre-l-experience-colas.html>
- Heitzman, M. (2018, maart 27-29). *N9 OK DOT OGFC: Friction and bond strength study* [Lezing]. 2018 NCAT test track conference, Auburn, AL, USA. Auburn University, National Center for Asphalt Technology (NCAT). <http://www.pavetrack.com/180327/22.pdf>
- Herrero, L. (2018, juni 21). *M.B.C.F.* [Lezing]. Journée technique revêtements superficiels: Enduits superficiels (ESU); Matériaux bitumineux coulés à froid (MBCF) & Revêtements superficiels combinés (RSC), Rennes, France. Association des Directeurs Techniques des Métropoles, des Départements et des Régions (ADTECH); Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM). https://www.cerema.fr/system/files/documents/2018/06/6_HERRERO_MBCF.pdf
- imajview: Spatial data engineering: Power your data.* (s.d.). imajing. <https://imajing.eu/mobile-mapping-technologies/imajview-spatial-data-engineering/>
- Institut National de Recherche et de Sécurité. (2017). *Poly(styrène/butadiène) SB*. https://www.inrs.fr/publications/bdd/plastiques/polymere.html?refINRS=PLASTIQUES_polymere_25
- International Slurry Surfacing Association. (2005). *Surface area method of slurry seal design* (ISSA Technical Bulletin No. 118, tweede herziening). https://cdn.ymaws.com/www.slurry.org/resource/resmgr/Technical_Bulletins/TB_118.pdf
- International Slurry Surfacing Association. (2017). *Test method for determining mix time for slurry surfacing systems* (ISSA Technical Bulletin No. 113, herziening 04/2017). https://cdn.ymaws.com/www.slurry.org/resource/resmgr/Technical_Bulletins/TB_113_MixTime_13April2017_F.pdf

- International Slurry Surfacing Association. (2020). *Recommended performance guideline for emulsified asphalt slurry seal* (ISSA Publication No. A105, herzien mei 2020). https://cdn.ymaws.com/www.slurry.org/resource/resmgr/files/guidelines-_new_versions/a105_revision_for_publicatio.pdf
- International Slurry Surfacing Association. (2021). *Recommended performance guideline for micro surfacing* (ISSA Publication No. A143, herzien augustus 2021). https://cdn.ymaws.com/www.slurry.org/resource/resmgr/tbs/A143_Revision_for_Publicatio.pdf
- Lapeyronie, V. & Bouveret, B. (2015). Les enrobés acoustiques: La réponse de Colas aux émissions sonores. *CAMPUSmag*, (2), 13-17.
- Le Bec, S. (2006, maart 23-24). *La pratique des enrobés coulés à froid: De la formulation à l'application* [Lezing]. Congrès Bitume Québec, Mont Ste-Anne, Québec. <https://docplayer.fr/51432711-La-pratique-des-enrobés-coules-a-froid-de-la-formulation-a-l-application-congres-bitume-quebec-23-au-24-mars-2006-mont-ste-anne-quebec.html>
- Le Bec, S. (2009, november 24). *Les enrobés coulés à froid: Principes généraux et méthode de formulation* [Lezing]. Formation technique Bitume Québec: Dernières avancées des produits et des procédés spéciaux applicables aux chaussées souples. <https://docplayer.fr/61837337-Les-enrobés-coules-a-froid.html>
- Le Bec, S. (2012, décembre 4-5). *Les émulsions de bitume: Formulation et fabrication selon leur usage* [Lezing]. Formation technique 2012: Utilisation des liants bitumineux en centrale et chantier, Montréal, Québec. Bitume Québec. <https://www.scribd.com/document/485353333/Emulsion-Du-Bitume>
- Le Cunff, F. (2018, juni 21). *Spécificités des liants bitumineux pour revêtements superficiels* [Lezing]. Journée technique revêtements superficiels: Enduits superficiels (ESU); Matériaux bitumineux coulés à froid (MBCF) & Revêtements superficiels combinés (RSC), Rennes, France. Association des Directeurs Techniques des Métropoles, des Départements et des Régions (ADTECH); Institut des Routes, des Rues et des Infrastructures pour la Mobilité (IDRRIM). https://www.cerema.fr/system/files/documents/2018/06/4_LE-CUNFF_liants.pdf
- Ministère de la Région Wallonne, Direction Générale des Pouvoirs Locaux. (2004). *Cahier des charges type RW 99* (Version 2004). http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/index_cct_arch.html
- Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap. (2000). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* (Versie 2.0). <https://wegenverkeer.be/sites/default/files/uploads/documenten/SB%20250%20versie%202.0.pdf>
- Morian, D.A. (2011). *Cost benefit analysis of including microsurfacing in pavement treatment strategies & cycle maintenance* (FHWA No. PA-2011-001-080503, definitieve rapport). Pennsylvania Department of Transportation (PennDOT). <https://rosap.nhtl.bts.gov/view/dot/18555>
- Ng, T. (2015, januari 20-22). *Slurry and micro-surfacing mix design* [Lezing]. ISSA 2015 slurry systems workshop, Las Vegas, NV, USA. International Slurry Surfacing Association (ISSA). <https://cdn.ymaws.com/www.slurry.org/resource/resmgr/files/WO4-MixDesignsforSlurryMicro.pdf>
- Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten. (2021a). *Technische voorschriften voor synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel en kationische emulsies op basis van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel* (Technische Voorschriften COPRO No. PTV 858, versie 2.0). <https://www.copro.eu/nl/ptv-858>

- Onpartijdige Instelling voor de Controle van Bouwproducten. (2021b). *Toepassingsreglement voor productcertificatie van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel en kationische emulsies op basis van synthetisch pigmenteerbaar bindmiddel onder het COPRO-merk* (COPRO Toepassingsreglement No. TRA 58, versie 2.0). <https://www.copro.eu/nl/tra-58>
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. (2001). *Handleiding voor bestrijkingen* (OCW Aanbevelingen No. A71/01). <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/handleiding-bestrijkingen>
- Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw. (2018). *Handleiding voor de verwerking van bitumineuze mengsels* (OCW Aanbevelingen No. A96). <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/handleiding-verwerking-bitumineuze-mengsels>
- Pane, C., Soubigou, C. & Paroïelle, P. (2008). Les émulsions claires et leurs principaux domaines d'application. *Revue générale des routes* (RGR), (870), 45-52.
- Piérard, N., Brichant, P.-P., Denolf, K., Destrée, A., De Visscher, J., Vanelstraete, A. & Vansteenkiste, S. (2013). *Gekleurde asfaltmengsels: Praktische aanbevelingen voor de materiaalkeuze, het ontwerp en de verwerking; Objectieve bepaling van de kleur* (Dossier No. 17, bijlage bij OCW Mededelingen No. 97). Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). https://brrc.be/sites/default/files/2019-10/dossier_17NI.pdf
- Robati, M., Carter, A. & Perraton, D. (2013, november 17-20). Incorporation of reclaimed asphalt pavement and post-fabrication asphalt shingles in micro-surfacing mixture. In *Proceedings of the 58th annual conference of the Canadian Technical Asphalt Association (CTAA), St. John's, Newfoundland and Labrador, Canada*.
- Roussel, M.-F. (2013, oktober 25). *Enrobés coulés à froid: ECF* [Lezing]. Assemblée générale ordinaire annuelle SPRIR Routes d'Alsace: Exposés techniques, Strasbourg, France. Syndicat Professionnel Régional de l'Industrie Routière (SPRIR), Routes D'Alsace. <https://docplayer.fr/19632568.html>
- Service Public de Wallonie, Mobilité & Infrastructures. (2021). *CCT Qualiroutes: Cahier des charges-type* (Geconsolideerde versie 2021 [en de daaropvolgende aanpassingen]). http://qc.spw.wallonie.be/fr/qualiroutes/frame.jsp?index_cctquali.html
- Southern African Bitumen Association. (2011). *Best practice for the design and construction of slurry seals* (Sabita Manual No. 28). <http://www.sabita.co.za/wp-content/uploads/2017/08/Download-for-Manual-28.pdf>
- Van Geem, C., Massart, T., Van Buylaere, A., Draps, M., Laforce, M. & Hindrijckx, M. (2020). *Visuele inspectie en wegennetbeheer (steden en gemeenten) + Schadecatalogus* (OCW Meetmethode No. MN 89, revisie 1). Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw (OCW). <https://brrc.be/nl/expertise/expertise-overzicht/revisie-mn-89-visuele-inspectie-wegennetbeheer>
- Virginia Department of Transportation, Materials Division. (2011). *Slurry surfacing certification study guide*. https://www.virginiadot.org/VDOT/Business/asset_upload_file245_118183.pdf
- Vivier, M. (1992). *Composition bitumineuse pour enrobés coulés à froid et procédé de réalisation d'un tel enrobé* (European Patent No. EP 0 344 382 B1). European Patent Office (EPO). <https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/008200391/publication/EP0344382B1?q=ep0344382b1>
- Vlaamse Overheid, Agentschap Wegen en Verkeer. (2021). *Standaardbestek 250 voor de wegenbouw* (Versie 4.1a). <https://wegenenverkeer.be/zakelijk/documenten/standaardbestek>

Bijlage 1 – Proeven ter bepaling van geometrische en mechanische kenmerken van aggregaten

Proeven voor geometrische kenmerken van aggregaten

1. Korrelverdeling

De korrelverdeling van de korrelklassen moet volgens norm EN 933-1 (NBN, 2012a) worden bepaald uit een korrelgrootteanalyse door middel van zeven ("zeefmethode"). Het principe van de proef volgens norm EN 933-1 (NBN, 2012a) bestaat erin, een materiaal met behulp van een reeks zeven te verdelen in een aantal korrelklassen van afnemende afmetingen. Het toegepaste procedé is zeven door spoelen, gevolgd door droog zeven. De massa's van de korrels die op de verschillende zeven blijven liggen, worden bepaald in verhouding tot de aanvankelijke massa van het monster. De cumulatieve percentages die door elke zeef gaan, worden in getalwaarden uitgedrukt en zo nodig in een grafiek uitgezet (men spreekt van een korrelverdelings- of zeefkromme).

2. Kwaliteit van de fijne bestanddelen (methyleenblauwproef)

De methyleenblauwproef (Engels: *Methylene Blue* (MB)) wordt in België uitgevoerd volgens bijlage A bij norm EN 933-9 (NBN, 2022b), op de 0/0,125 mm-fractie van zand 0/2. Het principe van deze normatieve proef bestaat erin, achtereenvolgende hoeveelheden van een oplossing van methyleenblauw (kleurmiddel) aan een suspensie (mengsel van water en de 0/0,125 mm-fractie) toe te voegen. Dit methyleenblauw wordt bij voorkeur door zwellende kleibestanddelen (montmorillonietklei) en organische stoffen geadsorbeerd. De adsorptie van de kleurstof door het proefmateriaal wordt vervolgens nagegaan door middel van een vlekproef op filterpapier, om de aanwezigheid van vrije kleurstof aan het licht te brengen.

3. Vlakheidsindex

Deze index wordt volgens norm EN 933-3 (NBN, 2012b) bepaald, door middel van een dubbele zeving: eerst met een draadzeef, dan met een staafzeef met evenwijdige gleuven.

4. Hoekigheid

Dit kenmerk wordt volgens norm EN 933-5 (NBN, 2022a) bepaald, door het massapercentage gebroken oppervlakken in het steenslag te analyseren (Cx/y, waarbij C voor gebroken bestanddelen (Engels: *Crushed particles*) staat. Het principe bestaat erin, de parameters x en y visueel en handmatig te bepalen. Dat gebeurt in twee fasen, waarbij het onderscheid wordt gemaakt:

- tussen halfgebroken stukken (x) (< 50 % afgeronde oppervlakken) en halfronde stukken (> 50 % afgeronde oppervlakken);
- in de halfronde fractie: tussen geheel ronde stukken (y) (> 90 % afgeronde oppervlakken) en de overige halfronde stukken.

■ Proeven voor mechanische kenmerken van aggregaten

1. Weerstand tegen verbrijzeling

Deze weerstand wordt gemeten met de Los Angelesproef (LA), volgens norm EN 1097-2 (NBN, 2020a). Het principe van deze normatieve proef bestaat erin, een korrelgroottefractie (10/14 mm) in een draaiende trommel te brengen, waarin zich stalen kogels bevinden. De wrijving van de aggregaten tegen elkaar, tegen de kogels en tegen de wanden van de trommel leidt tot verkleining van de korrelgrootte. De verbrijzelingsgraad wordt uitgedrukt in een Los Angeles-coëfficiënt, bepaald als het percentage van het oorspronkelijke monster dat tijdens dit proces verkleind is tot een korrelgrootte van minder dan 1,6 mm.

2. Weerstand tegen wrijving

Dit kenmerk wordt gemeten met de natte micro-Devalproef (MDE), volgens norm EN 1097-1 (NBN, 2011b). Het principe van deze normatieve proef bestaat erin, een korrelgroottefractie (10/14 mm) onder toevoer van water in een draaiende cilinder te onderwerpen aan afslijting door contact met stalen kogels. De mate van afslijting wordt uitgedrukt in een micro-Deval-coëfficiënt, bepaald als het percentage van het oorspronkelijke monster dat tijdens dit proces verkleind is tot een korrelgrootte van minder dan 1,6 mm.

3. Versnelde-polijscoëfficiënt

Deze coëfficiënt wordt gemeten met de PSV-proef (Engels: *Polished Stone Value*), volgens norm EN 1097-8 (NBN, 2020b). Het principe van deze normatieve proef bestaat erin, een monster (mozaïek van aggregaten 7,2/10 mm) te onderwerpen aan een dubbele polijsting door de schurende werking van twee amarilpoeders.

Ressorterende en steunende leden kunnen de OCW-publicaties kosteloos bestellen. Deze publicatie is enkel elektronisch beschikbaar.

Meer informatie:

<https://brrc.be/nl/expertise/publicaties>

Deze publicatie bestellen:

publication@brrc.be




Kenmerk: A 98 Rev. 1 – Prijs: € 18 (excl. 6 % btw)

Andere publicaties in de reeks “Aanbevelingen”

Handleidingen zijn gericht op de praktijk van het ontwerpen, uitvoeren en onderhouden van wegen. Zij bundelen de bevindingen van werkgroepen die het OCW met betrekking tot welbepaalde onderwerpen heeft opgericht.

Kenmerk	Titel	Prijs
A 105	Handleiding voor het ontwerp van bitumineuze mengsels	16,00 €
A 104	Handleiding voor de uniaxiale cyclische drukproef voor gietasfalt	10,00 €
A 102	Handleiding voor de keuze van de asfaltverharding bij het ontwerp of onderhoud van wegconstructies	20,00 €
A 96	Handleiding voor de verwerking van bitumineuze mengsels	20,00 €
A 88/14	Handleiding voor de bescherming van wegconstructies tegen de inwerking van water	18,00 €
A 84/12	Handleiding voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen + Bijlage (Beslisboom voor onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen)	20,00 €
A 83/12	Handleiding voor het ontwerp, de aanbrenging en het onderhoud van bedekkingen op betonnen brugdekken	32,00 €
A 82/11	Handleiding voor industriële buitenverhardingen in beton	17,00 €
A 81/10	Handleiding voor grondbehandeling met kalk en/of hydraulische bindmiddelen + 4 praktijkgidsen – Verbetering van grond voor de aanvulling van riolsleuven en de omhulling van buizen – Stabilisatie van grond voor onderfunderingslagen – Verbetering van grond bij grondwerken en voor het baanbed – Behandeling van grond voor funderingen onder bedrijfsvloeren.	26,50 €
A 72/02	Handleiding voor de bereiding van bitumineuze mengsels	20,00 €

Andere OCW-reeksen

-  Researchverslag
-  Meetmethode
-  Synthese



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Samen voor duurzame wegen

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Woluwedal 42
1200 Brussel
Tel.: 02 775 82 20
www.brrc.be/nl

Deze handleiding voor slemlagen is het resultaat van een vier jaar durend prenormatief onderzoek, dat door het Bureau voor Normalisatie (NBN) (contract CCN NBN/PN16A04-B04) werd gesubsidieerd, en van de waardevolle medewerking verleend door de exploitanten van steengroeven, de producenten van emulsies en additieven, de aannemers van slemwerken en de wegbeherende overheden van Vlaanderen en Wallonië.

Een slem is een bitumineus mengsel van minerale aggregaten, emulsie, water en eventuele additieven (cement, brekingsremmer, pigment). Men onderscheidt vier soorten, naargelang het kaliber van het granulaatmengsel: 0/2, 0/4, 0/6,3 en 0/10 mm. Slemlagen worden toegepast als oppervlakbehandeling, in één of twee lagen.

Deze handleiding voor slemlagen bestaat uit zeven hoofdstukken en een bijlage. Een eerste inleidend hoofdstuk beschrijft de technologie, de doeleinden en het belang van slemlagen. In hoofdstuk 2 volgen dan een beschrijving van de bestanddelen van slemlagen, het gebruik van de CE-markering en de definitie van de productfamilies. Hoofdstuk 3 bespreekt de voorafgaandelijke herstellingen en voorbereidende werken, die van cruciaal belang zijn voor de duurzaamheid van de slemlaag. Daarna, in hoofdstuk 4, volgen de soorten toepassingen en wordt aangegeven waar en wanneer een oppervlakbehandeling met slem gepast is. De keuze van de slemtoepassingen wordt aan de hand van een voorbeeld concreet geïllustreerd. Hoofdstuk 5 is gewijd aan de methodologie voor het mengselontwerp van de slems en aan de normatieve proeven die kunnen worden gebruikt om slems samen te stellen. Hoofdstuk 6 behandelt de uitvoering van de slems. In het laatste hoofdstuk wordt op de duurzaamheid van slems ingegaan; enerzijds door de keuze van een preventieve onderhoudsstrategie en anderzijds door een goede selectie van wegen waarop een slembehandeling zin heeft. De proeven ter bepaling van geometrische en mechanische kenmerken van aggregaten (beschreven in hoofdstuk 2) worden in bijlage 1 kort beschreven.

ITRD-trefwoorden

0177 - AANBEVELING; 1586 - CERTIFICATIE; 3623 - VERWERKING; 4355 - WATER;
4577 - GRANULAAT; 4714 - MENGSELSAMENSTELLING; 4729 - SLEM; 4993 - EMULSIE;
9084 - GEBRUIK