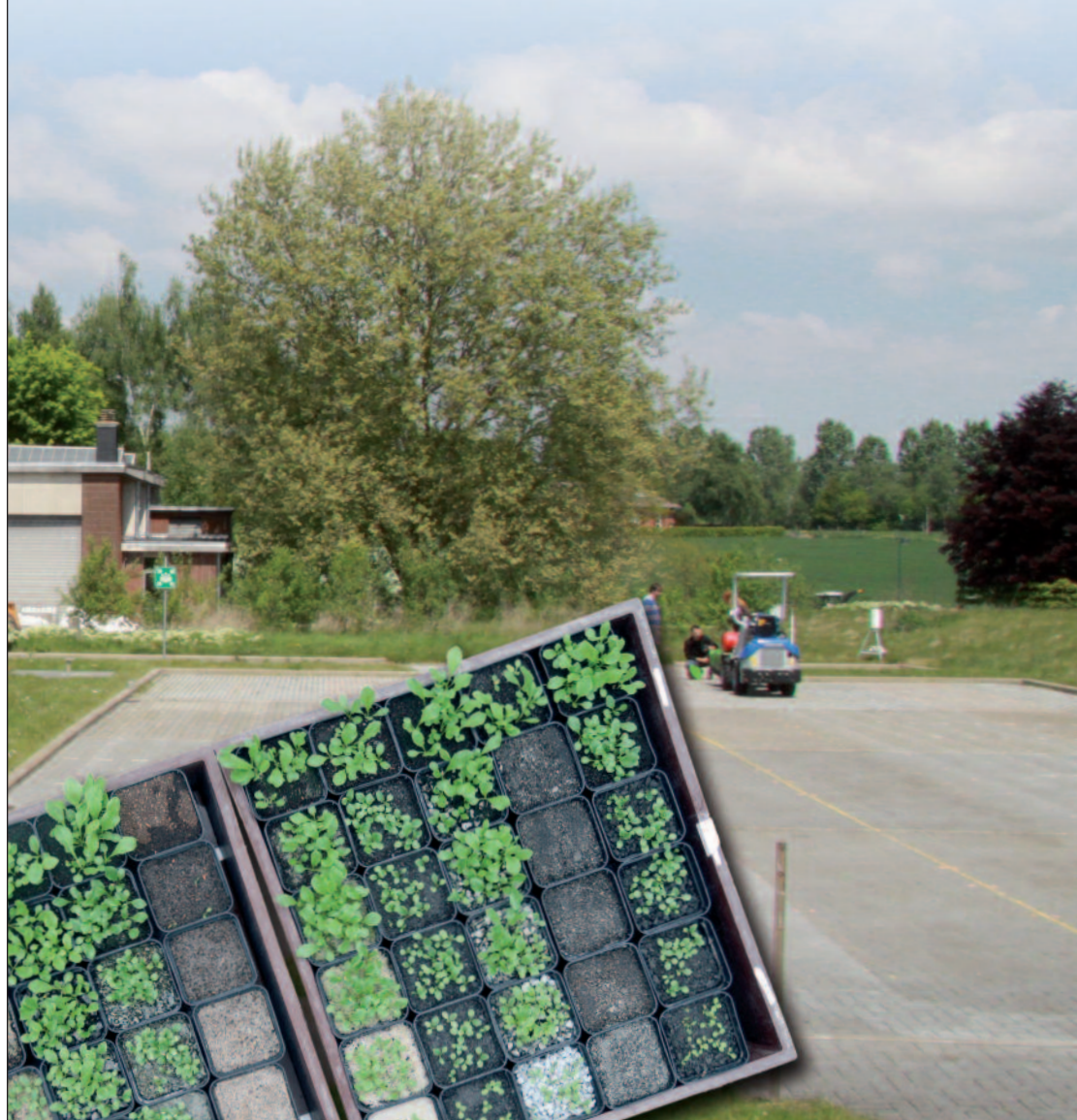




Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Uw partner voor duurzame wegen

Handleiding

*voor niet-chemisch(e)
onkruidbeheer(sing)
op verhardingen met
kleinschalige elementen*



Aanbevelingen

Deze handleiding is opgesteld in het kader van het VISCO-project 070670 *Onkruidbeheer: preventieve en curatieve methodes voor een optimaal straatbeeld* dat met steun van IWT-Vlaanderen door het OCW in samenwerking met de vakgroep Plantaardige productie van de UGent is uitgevoerd. Ze is geschreven door de onderstaande auteurs, rekening houdend met feedback van de gebruikerscommissie van het project.

Auteurs:

Elia BOONEN (OCW)
Benny DE CAUWER (UGent)
Maureen FAGOT (UGent)
Anne BEELDENS (OCW)
Dirk REHEUL (UGent)

Leden van de gebruikerscommissie:

Emmanuel AMPE (Vereniging voor Openbaar Groen, VVOG)
Patrick AMPE (Hogeschool Gent)
Bart BEECKAERT (Spekking bvba)
David CLAES (Krinkels nv)
Anne CLEIREN (FEBE, en voormalig lid Liesbeth Donn e)
Hans COOLS (Wienerberger nv)
Dirk DE BAETS (Stad Gent)
Jeroen DE CORTE (Hogeschool Gent)
Joop DE GEEST (JGS Europe bvba)
Yves DEHONDT (KATHO Roeselare)
Marc DELAERE (Terrazza nv)
Jos e DE MEESTER (Sidem)
Eli DEVRIENDT (Stad Oostende)
Stéphane FAIGNET (IWT)
Frank GENDERA (Ebema nv)
Gert GILLIS (Vande Moortel nv)
Jan HOREMANS (Holcim Belgium)
Marcel HEYLENS (Heylens bvba)
Jef MARTENS (Stradus Infra)
Peter MARTENS (Gemeente Zingem)
Anne MEEUSEN (Gemeente Brasschaat)
Philippe MELANGE (Defensie, Divisie CIS & Infra)
Benoît MORELLE (Cecotec nv)
Rob PEERAER (Stad Gent)
Philippe PIETERS (Pivabo)
Marc PINTE (Stad Gent)
Hilde POOTEMANS (Stad Hasselt)
Gert POST (H4a Groen bvba)
Patricia POTUMS (Kärcher nv)
Peter PUTSEYS (Erfgoed Vlaanderen)
Luc RENS (FEBELCEM)
Bart ROOMS (Ivago)
Greet STEEMAN (Stad Gent)
Jan VANCAYZEELE (Algemeen Verbond van Belgische Siertelers en groenvoorzieners, AVBS)
Geert VANDE KERKHOF (Stad Hasselt)
John VAN DEN BULCKE (Stradus Infra nv)
Ronny VANDEVELDE (Kempeneer W. Machines)
Marcel VAN DYCK (Van Dyck Marcel Belgium nv)
Walter VAN EYCK (Van Eyck R. nv)
Thomas VAN GENECHTEN (Agentschap Wegen en Verkeer)
Adelheid VANHILLE (Vlaamse Milieumaatschappij)
Alvarez VANHOVE (Afdeling Wegen en Verkeer West-Vlaanderen)
Lieve VIJVERMAN (FEBESTRAL)
Jan VILAIN (Steunpunt Straten)

Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Brussel

Handleiding voor
niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op
verhardingen met kleinschalige elementen

Aanbevelingen A 84/12

Uitgegeven door het Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw
Instelling erkend bij toepassing van de Besluitwet van 30 januari 1947

Woluwedal 42 – 1200 Brussel

Alle rechten voorbehouden

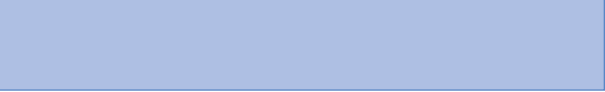
Inhoud

	Lijst met afkortingen	v
	Voorwoord	1
1	Inleiding	3
1.1	Context van onkruidbeheer	3
1.2	Basisontwerp van verhardingen met straatstenen	3
2	Omgeving en onkruidgroei	7
2.1	Belangrijke invloedfactoren voor onkruidgroei op verhardingen	8
2.1.1	Inventarisatie van onkruidflora op verhardingen	8
2.1.2	Beeldscore, een maat voor veronkruiding	9
2.1.3	Invloed van omgevingsfactoren	11
2.1.4	Invloed van de gebruiksintensiteit en de functie	12
2.1.5	Invloed van het ontwerp en/of de uitvoering van de verharding	13
2.2	Inschatting van het veronkruidingsrisico	16
3	Preventieve maatregelen	21
3.1	Aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering van de verharding	22
3.1.1	Aanliggende groenzones en/of bosrijke omgeving	22
3.1.2	Afwerking van randen en bochten	22
3.1.3	Verzakkingen en onvlakheid	24
3.1.4	Aanwezigheid van obstakels	24
3.1.5	Aanwezigheid van een kantsteen of kantopsluiting	26
3.1.6	Aanliggende goot van kleinschalige elementen	27
3.1.7	Andere belangrijke aspecten	28
3.1.7.1	Voegbreedte	28
3.1.7.2	Waterafvoer en drainage	29
3.1.7.3	Afstemming op het toekomstige curatieve onkruidbeheer	30
3.1.7.4	Vervuiling tegengaan	31
3.2	Materiaalkeuzen in de opbouw van de verharding	32
3.2.1	Straatsteensoort	32
3.2.2	Straatlaag	34
3.2.3	Voegvulling	37
3.2.3.1	Klassieke ongebonden materialen	37
3.2.3.2	Innovatieve materialen	41
3.2.3.3	Klassieke gebonden materialen	44
3.3	Specifieke eisen voor waterdoorlatende bestratingen	45
3.3.1	Ontwerp en dimensionering van waterdoorlatende bestratingen	46
3.3.2	Materiaalkeuze	48
3.3.2.1	Soorten van waterdoorlatende straatstenen	48
3.3.2.2	Eisen aan de straatlaag en de voegvulling	50

4	Curatieve maatregelen	53
4.1	Beschikbare niet-chemische onkruidbestrijdingstechnieken	53
4.1.1	Thermische technieken	55
4.1.2	Mechanische technieken	58
4.2	Factoren die de effectiviteit beïnvloeden	59
4.3	Toepasbaarheid van niet-chemische curatieve bestrijdingstechnieken	60
4.4	Systemen voor geïntegreerde onkruidbestrijding	62
4.4.1	Geïntegreerde onkruidbestrijding, een noodzaak!	62
4.4.2	Algemene regels voor een geïntegreerde aanpak	65
4.5	Milieueffecten en kostenanalyse van niet-chemische onkruidbestrijding	66
4.5.1	Milieueffecten	66
4.5.1.1	Milieueffect van bestrijdingstechnieken (per behandelingsbeurt)	66
4.5.1.2	Totaal milieueffect van een groeiseizoen	68
4.5.2	Kostenanalyse	70
4.6	Andere aspecten	72
4.6.1	Esthetische overwegingen	72
4.6.2	Waterdoorlatendheid en onkruidbestrijding in de tijd	73
4.6.3	Verlies van voegvulling	74
5	Beslisboom voor onkruidbeheersing op verhardingen met kleinschalige elementen	75
5.1	Kenmerkende parameters	75
5.1.1	Straatsteensoort	75
5.1.2	Ontwerpscore	75
5.1.3	Beeldscore	77
5.1.3.1	Meetmethode	78
5.1.4	Veronkruidingsrisico	79
5.2	Hoofdstructuur van de beslisboom	81
5.3	Sleutel 1 – Bestaande verharding	83
5.4	Sleutel 2 – Nieuwe verharding	85
5.4.1	Sleutel 2.1 – Materiaalkeuzen in de opbouw	89
5.4.1.1	Waterdoorlatende bestrating	92
5.4.1.2	Klassieke, niet-waterdoorlatende verhardingen	93
5.4.2	Algemene aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering	95
5.5	Sleutel 3 – Onkruidbestrijding	97
5.5.1	Inleiding tot sleutel 3	97
5.5.2	Interpretatie van sleutel 3	98
	Literatuur	114
	Lijst van de figuren	116
	Lijst van de tabellen	120

Lijst met afkortingen

BL	Bovenliggende laag (bijvoorbeeld fundering)
d/D	Gradering van aggregaten waarbij d (mm) de kleinste korrelmaat en D (mm) de grootste korrelmaat is
D_x	Korrelgrootte die overeenstemt met x % doorval bij zeven
EDx	EnergieDosis (kJ/m^2) bij curatieve onkruidbestrijding om x % van de bovengrondse plantendelen af te doden (ten opzichte van een onbehandelde controle)
f_x	Klasse van zand en/of steenslag volgens de PTV 411 met een gehalte aan fijne bestanddelen ($< 0,063$ mm) kleiner dan of gelijk aan x %
f_m	Fijnheidsmodulus van zand volgens de PTV 411 op grond waarvan een indeling in drie klassen wordt gemaakt: <i>FF (fijn)</i> , <i>MF (matig)</i> en <i>CF (grof)</i>
k	Waterdoorlatendheid van materialen, bestrating in m/s
LA	Los Angelescoëfficiënt, maat voor de verbrijzelingsweerstand gemeten volgens de NBN EN 1097-2
M_{DE}	micro-Devalwaarde, maat voor de afslijtingsweerstand gemeten volgens de NBN EN 1097-1
OL	Onderliggende laag (bijvoorbeeld straatlaag)
OM	Organisch materiaal
S_F	Filterstabiliteit tussen opeenvolgende lagen (bijvoorbeeld straatlaag en fundering) in de verharding; deze waarde dient kleiner dan of gelijk aan 5 te zijn
VB	Voegbreedte
WDB	Waterdoorlatende bestrating(en)
Vol.-%	Volumepercentage
μ	Gemiddelde korrelgrootte (mm)
σ	Statistische spreiding op de korrelgrootte (mm)



Voorwoord

Onkruidgroei op verhardingen bestrijden en voorkomen blijft een actueel thema, zowel voor overheden als private personen. Excessieve onkruidgroei op verharde oppervlakken is immers niet alleen vaak een doorn in het oog uit esthetisch oogpunt, maar veroorzaakt ook problemen op het vlak van veiligheid en gezondheid, en brengt de functionaliteit en technische ontwerplevensduur van verhardingen in gevaar. Bovendien zorgen de secundaire effecten van chemisch onkruidbeheer – sinds jaar en dag de standaardpraktijk voor onkruidbestrijding op verhardingen – als gevolg van onaangepast, oneigenlijk en/of overmatig gebruik van herbiciden en de toename van elementenverhardingen (halfopen verhardingen) het laatste decennium voor toenemende milieudruk op het oppervlakte- en grondwater.

De emissie van herbiciden op verharde oppervlakken is onevenredig hoog in vergelijking met onverharde oppervlakken. Verharde oppervlakken zijn immers bijzonder onderhevig aan afspoeling van herbiciden, vooral bij onaangepast of oneigenlijk gebruik. De beperking van deze emissie op verhardingen zorgt dan ook voor een aanzienlijke vermindering van het residugehalte van bestrijdingsmiddelen in de waterketen. In 2003 werd het startschot gegeven voor de afbouw van het gebruik van pesticiden in openbare ruimten in Vlaanderen. Sinds 1 januari 2004 mogen overheidsdiensten eigenlijk geen herbiciden meer gebruiken, tenzij ze een reductieprogramma indienden waarbij tot 2015 gemotiveerd van nulgebruik kan worden afgeweken [1, 2].

Verscheidene alternatieve methoden voor onkruidbeheer zijn ondertussen bekend en worden op kleine en grotere schaal in steden en gemeenten toegepast. Heel wat overheden hebben op die manier het gebruik van pesticiden in openbare ruimten zeer sterk teruggedrongen, gemiddeld met 42 % in de periode 2003-2009 [3]. Private personen en bedrijven hebben tot nog toe echter weinig ondernomen. Preventieve maatregelen (ontwerpmethode, keuze van het verhardingsmateriaal, keuze van de beplanting) kunnen hier samen met een optimale toepassing van curatieve bestrijdingsscenario's in het kader van een geïntegreerd onkruidbeheerplan een oplossing bieden. Duidelijke richtlijnen en aanbevelingen hiervoor ontbreken echter nog en een verdere bewustmaking van alle doelgroepen is noodzakelijk.

Daarom zijn het OCW en de vakgroep Plantaardige productie van de UGent met steun van IWT-Vlaanderen in 2008 gestart met een vierjarig onderzoek (september 2008 - augustus 2012) naar optimale onkruidbeheersing op verhardingen [4, 5]. Het had tot doel een overzicht te geven van de beschikbare *preventieve* (ontwerp, verhardingssoort, voegvulling, enz.) en niet-chemische *curatieve* (intensief vegen, borstelen, branden, behandeling met hete lucht, infrarood, heet water of stoom, enz.) methoden, gericht op doeltreffendheid, kostprijs en milieueffecten.

Deze handleiding steunt op de onderzoeksresultaten van het project en bundelt een aantal belangrijke richtlijnen voor ecologisch en economisch verantwoord onkruidbeheer op verhardingen, om te komen tot aanvaardbare onkruidgroei in relatie tot het algemene straatbeeld. Het document richt zich tot ontwerpers, architecten, openbare en private beheerders, straatsteenfabrikanten, leveranciers en uitvoerders van alternatieve onkruidbestrijdingstechnieken, en zelfs gewone burgers.

Voor het *proces* van onkruidbeheersing op verhardingen is een beslisboom opgesteld, die in hoofdstuk 5 uitvoerig is beschreven. Daarbij wordt de probleemstelling in situ zo goed mogelijk gevolgd. Op deze manier kan de gebruiker van deze handleiding zijn keuzen maken aan de hand van de beslisboom en diepgaandere informatie in de eigenlijke tekst (hoofdstukken 1 tot 4) terugvinden.

Hoofdstuk 1 van de handleiding schetst bij wijze van inleiding de context van onkruidbeheer op verhardingen. Voorts worden de basisregels voor het ontwerp van een verharding kort in herinnering gebracht. Een degelijk beheer en efficiënt onderhoud van een elementenverharding beginnen immers al bij de aanleg.

In hoofdstuk 2 komen de belangrijkste invloedfactoren voor onkruidgroei op verhardingen aan bod. Omgevingsparameters en andere factoren bepalen namelijk het risico op veronkruiding, en vaak ook de tolerantie voor onkruidgroei op de verharding.

Hoofdstuk 3 beschrijft de mogelijke *preventieve* onkruidbestrijdingsmaatregelen bij het ontwerp en de uitvoering van verhardingen. Naast algemene aandachtspunten kunnen met het oog op onkruidpreventie ook een aantal specifieke materiaalkeuzen in de opbouw van de verharding worden gemaakt.

In hoofdstuk 4 wordt de *curatieve*, niet-chemische onkruidbestrijding toegelicht. Om te komen tot geïntegreerde en duurzame onkruidbeheersing op verhardingen dient een gepast bestrijdingssysteem te worden opgesteld, rekening houdend met een aantal technologische, biologische en omgevingsfactoren.

Ten slotte wordt in hoofdstuk 5 dieper ingegaan op de voornoemde *beslisboom*. Deze is bedoeld om, op grond van alle voorgaande informatie, de gebruiker te helpen een keuze te maken uit de preventieve en curatieve maatregelen voor onkruidbeheersing op elementenverhardingen.

De informatie uit hoofdstuk 5 is bovendien synthetisch en schematisch weergegeven in een geplastificeerde, losbladige bijlage met ringband, om zo vakmensen een handig en praktisch hulpmiddel op het terrein te bieden.

Met deze handleiding en de bijbehorende bijlage hopen we de eindgebruiker, zij het een ontwerper, een beheerder, een uitvoerder dan wel een andere belanghebbende, een houvast te bieden bij het uitwerken van een duurzaam, geïntegreerd en niet-chemisch onkruidbeheersysteem op verhardingen.

Belangrijk

Hoewel de aanbevelingen in deze handleiding met de grootst mogelijke zorg zijn opgesteld, zijn onvolkomenheden nooit uit te sluiten. Het OCW, de UGent 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.

Hoofdstuk 1

Inleiding

1.1 Context van onkruidbeheer

Onkruidgroei op verhardingen bestrijden en voorkomen is al lang een belangrijke taak voor steden en gemeenten. Het blijft echter een zeer actueel thema. Om het oppervlakte- en grondwater en de volksgezondheid te beschermen, is sinds 1 januari 2004 gebruik van herbiciden in openbare ruimten in Vlaanderen wettelijk verboden. Bovendien loopt de overgangperiode waarin gemotiveerd van nulgebruik kan worden afgeweken in 2015 af [1, 2]. Openbare diensten in Vlaanderen mogen dan, behoudens uitzonderlijke gevallen ⁽¹⁾, geen herbiciden meer toepassen. Ook in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en in Wallonië volgt de wetgeving deze trend of wordt alleszins in die richting gedacht [6, 7].

Veel gemeenten en steden hebben al grote inspanningen geleverd om deze wetgeving te volgen, maar een aantal belangrijke knelpunten blijft bestaan [8]. De kennis over de doeltreffendheid, de toepassingsfrequentie en het milieueffect van alternatieve, niet-chemische onkruidbestrijdingstechnieken is nog beperkt. Bovendien kunnen een gepast ontwerp en een correcte uitvoering onkruidgroei preventief helpen verminderen of zelfs voorkomen. Duidelijke richtlijnen en aanbevelingen hiervoor ontbreken echter nog. Deze handleiding wil die leemte aanvullen.

Voegen zijn het vatbaarst voor vuilopstapeling en onkruidgroei. Deze handleiding spitst zich dan ook vooral toe op kleinschalige elementen (halfopen verhardingen) zoals betonstraatstenen. Deze worden veelvuldig toegepast in een stedelijke omgeving, waar onkruidbeheer vaak van groot belang is. Voorts vormen private toepassingen een belangrijke afzetmarkt, waar gebruik van herbiciden nog vaak de standaard is. Extrapolatie van de hier beschreven richtlijnen naar andere (gesloten, open) verhardingen is echter mogelijk.



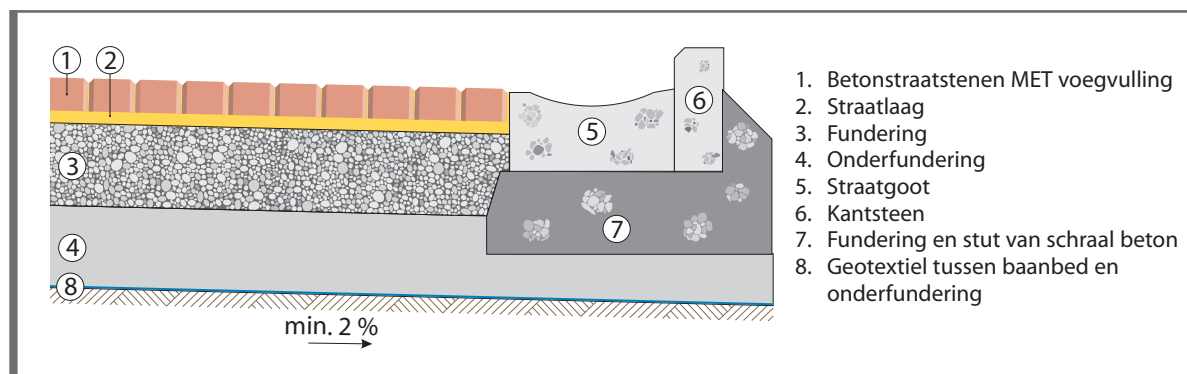
1.2 Basisontwerp van verhardingen met straatstenen

De ontwerpregels voor verhardingen met betonstraatstenen (steenbestratingen) staan uitvoerig beschreven in de OCW-publicatie *Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen* – A 80/09 [9]. Voor de goede orde worden hierna de belangrijkste elementen in herinnering gebracht. Bijzondere aandachtspunten voor onkruidbeheersing komen in hoofdstuk 3 aan bod.

⁽¹⁾ Openbare diensten kunnen ook na 1 januari 2015 van het verbod afwijken:

- 1) krachtens artikel 3, lid 3 van het pesticidenreductiedecreet [1]:
 - a. bij acute en redelijkerwijze niet te voorzien plagen die een gevaar inhouden voor mens en/of milieu;
 - b. in situaties die een ernstige bedreiging vormen of kunnen vormen voor de veiligheid van de mens en waarvoor tegelijkertijd geen afdoende alternatieve bestrijdingswijzen voorhanden zijn;
- 2) krachtens artikel 5, § 3, lid 2 van het pesticidenreductiedecreet [2] op grond van onevenredig hoge kosten. Dit geldt enkel voor locatietype 3 uit het derde actieprogramma.

Figuur 1.1 geeft de standaardopbouw van een steenbestrating weer. Het basisontwerp of de dimensionering bestaat dan uit de bepaling van de dikte van de stenen en de straatlaag, de aard en dikte van de fundering, en de aard en dikte van een eventuele onderfundering, als functie van de verwachte verkeersbelasting en draagkracht van de ondergrond. De verkeersbelastingen worden in een aantal verkeersklassen ingedeeld (zie tabel 1.1), volgens het maximaal toegestane aantal lichte (< 3,5 ton) en zware (> 3,5 ton) voertuigen.



Figuur 1.1 Standaardopbouw van steenbestrating

Verkeers-klasse	Soort van verkeer			Indicatieve aanduiding van de bouwklasse volgens de "Standaard Wegstructuren" van de Vlaamse Overheid
	Voetgangers, fietsers, bromfietzers	Lichte voertuigen (< 3,5 ton)	Zware voertuigen (> 3,5 ton)	
I	Onbeperkt	Maximaal 5 000 per dag	Maximaal 400 per dag	B6 - B7
II	Onbeperkt	Maximaal 5 000 per dag	Maximaal 100 per dag	B8 - B9
III	Onbeperkt	Maximaal 500 per dag	Maximaal 20 per dag	B10
IV	Onbeperkt	Occasioneel	Geen	BF

Tabel 1.1 Verkeersklassen

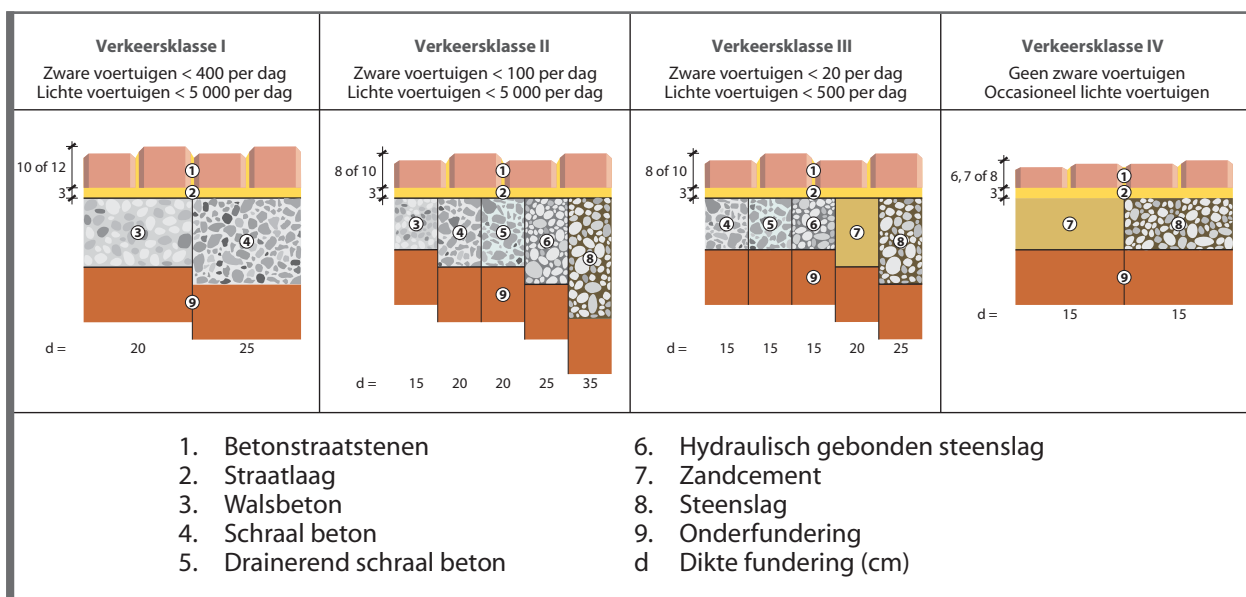
Om als verharding te kunnen fungeren, dienen de voegen tussen straatstenen gevuld te zijn. Losse stenen zijn immers niet bestand tegen verplaatsing en/of rotaties onder verkeer. De voegkrachten maken de bestrating tot een samenhangende "plaat" (van straatstenen en straatlaag) die aan het draagvermogen van de constructie bijdraagt.

Als hulpmiddel voor de ontwerpers zijn voor elke verkeersklasse een aantal standaardmodellen voor de opbouw met een ontwerplevensduur van twintig jaar ontwikkeld (zie tabel 1.2).

Verkeersklasse		I	II	III	IV
Dikte straatstenen		10 cm of 12 cm	8 cm of 10 cm	8 cm of 10 cm	6 cm of 7 cm of 8 cm
Dikte straatlaag		3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Aard en dikte fundering	Walsbeton	20 cm	15 cm	-	3 cm
	Schraal beton	25 cm	20 cm	15 cm	-
	Drainerend schraal beton	-	20 cm	15 cm	-
	Hydraulisch gebonden steenslag	-	25 cm	15 cm	-
	Zandcement	-	-	20 cm	15 cm
	Steenslag	-	35 cm	25 cm	15 cm

Tabel 1.2 *Standaardmodellen voor de opbouw voor de verschillende verkeersklassen*

Figuur 1.2 geeft een schematische voorstelling van deze modellen voor de opbouw. Daarbij is duidelijk zichtbaar dat de aard (ongebonden, gebonden) en dikte van de fundering zijn bepaald als functie van de verkeersbelasting. De dikte van de onderfundering wordt bepaald op basis van de vorstvrije diepte. Natuurlijk dienen de onderfundering en het baanbed voldoende draagkracht te hebben.



Figuur 1.2 *Standaardopbouw als functie van de verkeersbelasting*

Een bijzondere toepassing zijn **waterdoorlatende bestratingen** (WDB). Zij vereisen een andere standaardopbouw en specifieke maatregelen voor het ontwerp en de uitvoering. Hiervoor wordt verwezen naar de voornoemde OCW-handleiding A 80/09 en Dossier 5 *Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen* bij OCW Mededelingen 77 [10].

Waterdoorlatende bestratingen zijn een bijzondere toepassing, omdat ze het mogelijk maken grote hoeveelheden hemelwater in de constructie te infiltreren en/of te bufferen, en vertraagd af te voeren naar de ondergrond of een infiltratiesysteem. Ze kunnen het risico op overstromingen door overvloedige regenval verminderen en/of de steeds dalende grondwaterstand op peil helpen houden.

Bij het ontwerp van dergelijke bestratingen dient steeds te worden nagegaan of zij in het beschouwde geval kunnen of mogen worden toegepast.

Gezien het risico op verzadiging met water en het daaruit voortvloeiende verlies aan draagvermogen van de constructie zijn waterdoorlatende bestratingen immers enkel geschikt voor toepassing onder de verkeersklassen II, III en IV (zie tabel 1.1). Dit kunnen zijn:

- bedrijventerreinen, kmo-zones en winkelcentra met lichte verkeersbelastingen;
- parkeervoorzieningen voor personenauto's;
- pleinen en wandelstraten;
- fiets- en voetpaden;
- opritten en terrassen.

Ze zijn NIET geschikt voor toepassing:

- onder verkeersklasse I (zie tabel 1.1);
- in waterwingebieden (beschermingszones 1 en 2), waar specifieke regelgeving infiltratie in de ondergrond verbiedt (voor meer informatie en kaarten wordt verwezen naar de website <http://dov.vlaanderen.be/dovweb/html/3waterwingebieden.html>);
- in zones waar vaak wegzout wordt gestrooid (risico op grondwaterverontreiniging);
- langs woningen, bij reëel gevaar voor waterinfiltratie naar de aangelegen percelen.

Waar van toepassing (bijvoorbeeld onder § 3.3) worden verder in deze handleiding ook steeds de bijzondere aandachtspunten voor waterdoorlatende bestratingen vermeld. Voor zover technisch haalbaar verdient toepassing van waterdoorlatende bestratingen immers aanbeveling.

Naast het basisontwerp, dat voornamelijk op de functionaliteit van de verharding steunt, dient de ontwerper bij de keuze van het materiaal, de vorm, de kleur, de afmetingen, de oppervlakafwerking, enz. ook rekening te houden met esthetische overwegingen, economische randvoorwaarden en/of andere wensen van de opdrachtgever. Belangrijk is dat daarbij ook aan onkruidgroei en het latere onkruidbeheer wordt gedacht. Onder meer een aangepaste materiaalkeuze en naleving van de regels van de goede praktijk kunnen als preventieve maatregelen tal van toekomstige problemen in verband met onkruidgroei helpen vermijden [9].



Figuur 1.3 Waterdoorlatende bestrating op een parkeerterrein

Hoofdstuk 2

Omgeving en onkruidgroei

De onmiddellijke omgeving of ligging van een verharding heeft een belangrijke invloed op het (toekomstige) onkruidbeheer. De omgeving van de verharding bepaalt immers de aard en mate van onkruidgroei. Aanliggende groenzones, een bosrijke omgeving, vochtige condities, (on)regelmatige betreding, enz. zijn allemaal factoren die onkruidgroei kunnen bevorderen. In hoeverre deze onkruidgroei hinderlijk is, hangt af van de tolerantiegraad. De tolerantie voor onkruidgroei in het straatbeeld hangt in grote mate af van de ligging (stadscentrum of platteland) en/of functie van de verharding (fietspad, voetpad of parkeervoorziening).



Figuur 2.1 Omgevingsfactoren (aanliggende groenzones, betreding, functie) bepalen het risico op én de tolerantie voor onkruidgroei

Onkruid voorkomen is beter dan onkruid curatief bestrijden ... Daarom is het van belang van bij het ontwerp (in geval van een nieuwe verharding) of bij de beoordeling van een bestaande verharding de omgevingsfactoren grondig in te schatten om het *in situ*-risico op onkruidgroei te bepalen en als medebeslissingscriterium te laten gelden. Vereenvoudigd kunnen drie risiconiveaus voor onkruidgroei worden onderscheiden:

HOOG, MATIG en LAAG.

Deze risiconiveaus worden in § 2.2 nader omschreven.

Naargelang van het risiconiveau zijn strengere of minder strenge preventieve maatregelen voor onkruidbeheersing vereist (zie hoofdstuk 3). Ook curatieve bestrijdingsscenario's dienen op het risiconiveau te worden afgestemd, naargelang van het gewenste én het haalbare kwaliteitsbeeld (zie hoofdstuk 4). Voor een bestaande verharding ligt de (ruimtelijke) omgeving uiteraard vast, maar voor een nieuwe verharding kan deze als een preventieve maatregel in het ontwerp worden meegenomen, bijvoorbeeld door aanliggend groen te vermijden.

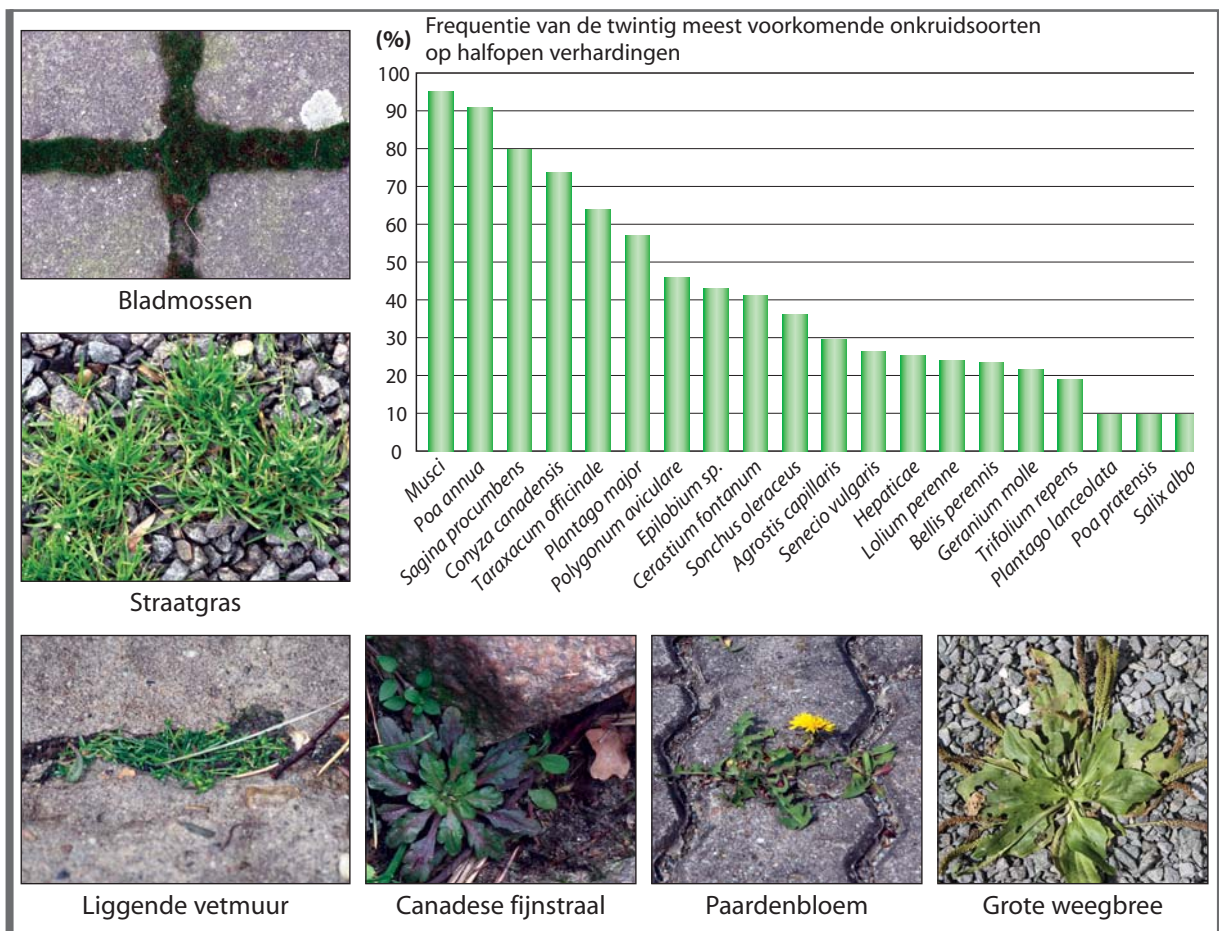
Hierna volgt een gedetailleerdere beschrijving van het verband tussen de omgeving en onkruidgroei op verhardingen, als invloedfactor voor de beoordeling van het risiconiveau.

2.1 Belangrijke invloedfactoren voor onkruidgroei op verhardingen

2.1.1 Inventarisatie van onkruidflora op verhardingen

Als geweten is welke onkruidsoorten moeten worden bestreden, kan door middel van het ontwerp (inclusief materiaalkeuze) van de verharding beter op onkruidpreventie en de te volgen strategie bij curatieve onkruidbestrijding worden ingespeeld. Onderzoekers van de UGent hebben op honderddrieënzestig plaatsen in Vlaanderen een vegetatieopname uitgevoerd, om een goed overzicht van de aanwezige vegetatie (vaatplanten, korstmossen, mossen) in en op halfopen verhardingen te verkrijgen [5].

In totaal zijn achtentachtig verschillende onkruidsoorten aangetroffen. De meest voorkomende soorten zijn in figuur 2.2 weergegeven. Het zijn vooral meerjarigen en/of plantensoorten die thermisch of mechanisch lastig te bestrijden zijn. Naast de bladmossen (*Musci*) zijn voornamelijk de vijf volgende plantensoorten aangetroffen in de voegen van verhardingen: straatgras (*Poa annua*), liggende vetmuur (*Sagina procumbens*), Canadese fijnstraal (*Conyza canadensis*), paardenbloem (*Taraxacum officinale*) en grote weegbree (*Plantago major*).



Figuur 2.2 Frequentie (%) van de twintig meest voorkomende onkruidsoorten op halfopen verhardingen


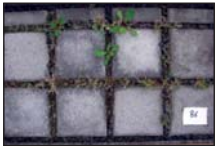
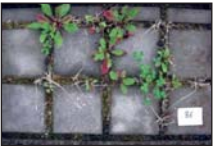


Onkruiden op verhardingen zijn lastig te bestrijden. Veelal gaat het om overblijvende onkruiden met ondergrondse reserveorganen zoals vlezige penwortels (bijvoorbeeld paardenbloem), wortelstokken of rhizomen (paardenstaarten, kweek, enz.), broedknoppen (sommige klaverzuringsoorten), enz. Eens ingenesteld, blijven deze planten jarenlang aanwezig en overleven ze in ongunstige omstandigheden zoals hitte, droogte, verdichting, zouten, enz. Veel soorten (veel grassen en rozetvormers zoals weegbree-achtigen) zijn bovendien typische tredplanten en tolereren bijgevolg betreding. Onder de aanwezige eenjarige onkruiden bevinden zich enerzijds hitte- en droogtetolerante soorten zoals (sub)tropische onkruidgiersten (vingergrassen, naaldaren) en diepwortelende soorten (bijvoorbeeld varkensgras), en anderzijds soorten die

snel kiemen, snel en het jaar rond zaden produceren (bijvoorbeeld straatgras, klein kruiskruid) of hun zaden over een grote afstand verspreiden (bijvoorbeeld Canadese fijnstraal).

2.1.2 Beeldscore, een maat voor veronkruiding

Om een objectieve of kwantitatieve beoordeling van onkruidgroei op verhardingen mogelijk te maken, kan een bepaald concept van beeldkwaliteit worden vastgelegd. De veronkruidingsgraad kan daarbij op verschillende manieren worden uitgedrukt. De meeste systemen steunen op een zogenoemde beeldklasse zoals de CROW-beeldklassen met lettercode in Nederland [11] en/of systemen met een beeldscore (waarbij een cijferscore wordt toegekend). Ze worden hierna uitvoerig beschreven. Dergelijke klassen of scores worden gebruikt om in het kader van curatieve onkruidbestrijding het gewenste en/of haalbare straatbeeld voor de beheerder vast te leggen (zie hoofdstuk 5).

De CROW-indeling (zie tabel 2.1) onderscheidt vijf beeldklassen – van *geen* tot *zeer veel* onkruid.

Verharding / Open verharding / Elementverharding / Klinkers / Onkruid (RAW Hoofdcodes 70.74.12 / 70.74.62)				
A+	A	B	C	D
				
Er is geen onkruid	Er is weinig onkruid	Er is redelijk veel onkruid	Er is veel onkruid	Er is zeer veel onkruid
Bedekking	Bedekking	Bedekking	Bedekking	Bedekking
0 % per 100 m ²	≤ 5 % per 100 m ²	≤ 15 % per 100 m ²	≤ 25 % per 100 m ²	> 25 % per 100 m ²
Lengte	Lengte	Lengte	Lengte	Lengte
0 m per 100 m ²	≤ 0,25 m per 100 m ²	≤ 0,50 m per 100 m ²	≤ 1,00 m per 100 m ²	> 1,00 m per 100 m ²
Pollen	Pollen	Pollen	Pollen	Pollen
0 stuks per 100 m ²	0 stuks per 100 m ²	≤ 100 stuks per 100 m ²	≤ 200 stuks per 100 m ²	> 200 stuks per 100 m ²

Foto's: UGent

Tabel 2.1 CROW-indeling van beeldklassen voor onkruidgroei

Een *beeldscore* wordt uitgedrukt op een schaal. In deze handleiding wordt een schaal van 2 tot 10 gebruikt, waarbij 10 de minst veronkruide situatie voorstelt (zie tabel 2.2 en figuur 2.3). In principe kan een extra beeldscore worden toegevoegd, namelijk *10+ = geen onkruid*. De beeldscore is een accurate weerspiegeling van de visuele perceptie van de burger met betrekking tot de netheid van de verharding. Hierbij wordt rekening gehouden met de voegbedekking én de vegetatiehoogte, aangezien bij gelijke voegbedekking hooggroeiende vegetatie (bijvoorbeeld Canadese fijnstraal) als hinderlijker wordt beschouwd dan laaggroeiende vegetatie (bijvoorbeeld mossenkleed). Voor elke geïnventariseerde locatie (zie § 2.1.1) is op grond van tabel 2.2 een beeldscore toegekend.

Om aan te geven met welke CROW-klassen deze beeldscores overeenstemmen, werden de beeldscores ingedeeld in vijf beeldscorecategorieën: 2-4, 5-6, 7-8, 9-10 en 10+. Deze categorieën stemmen overeen met de CROW-straatbeeldklassen D, C, B, A en A+ (zie tabel 2.3). In tabel 2.3 is tevens indicatief aangegeven met welke oppervlaktebedekking (dit is het percentage onkruidbedekking op het verharde oppervlak) en vegetatiehoogte de voornoemde categorieën overeenstemmen. Beeldscore 2-4 wijst op extreme verwaarlozing en/of een totaal gebrek aan aangepast beheer en/of een minderwaardige technische kwaliteit van de verharding.

Voegbedekking	Vegetatiehoogte				
	< 1 cm	1 - 3 cm	4 - 6 cm	7 - 10 cm	> 10 cm
1 - 6 %	10	9	8	7	6
6 - 16 %	10	8	7	6	5
16 - 26 %	10	7	6	5	4
26 - 51 %	10	6	5	4	3
51 - 100 %	10	5	4	3	2

Tabel 2.2 Bepaling van de beeldscore voor onkruidgroei op verhardingen

Beeldscore	Oppervlaktebedekking (%) + vegetatiehoogte (cm)	Indicatieve CROW-beeldklasse	Tolerantiegraad
10+	0 %	A+	Nultolerantie
9-10	< 1 % voor hoogte \geq 3 cm	A	Lage tolerantie
	< 1,5 % voor hoogte = 1 tot 3 cm		
	< 3 % voor hoogte < 1 cm		
7-8	< 2 % voor hoogte \geq 3 cm	B	Matige tolerantie
	< 3 % voor hoogte = 1 tot 3 cm		
	< 6 % voor hoogte < 1 cm		
5-6	< 4 % voor hoogte \geq 3 cm	C	Hoge tolerantie
	< 6 % voor hoogte = 1 tot 3 cm		
2-4	> 4 % voor hoogte \geq 3 cm	D	100 % tolerantie
	> 6 % voor hoogte = 1 tot 3 cm		

Noot: bij beeldscores 5-6 en 2-4 wordt aangenomen dat de hoogte < 1 cm niet voorkomt

Tabel 2.3 Verband tussen beeldscorecategorieën en CROW-straatbeeldklassen



Beeldscore = 10



Beeldscore = 6



Beeldscore = 2

Figuur 2.3 Beeldscore en overeenkomstige straatbeelden

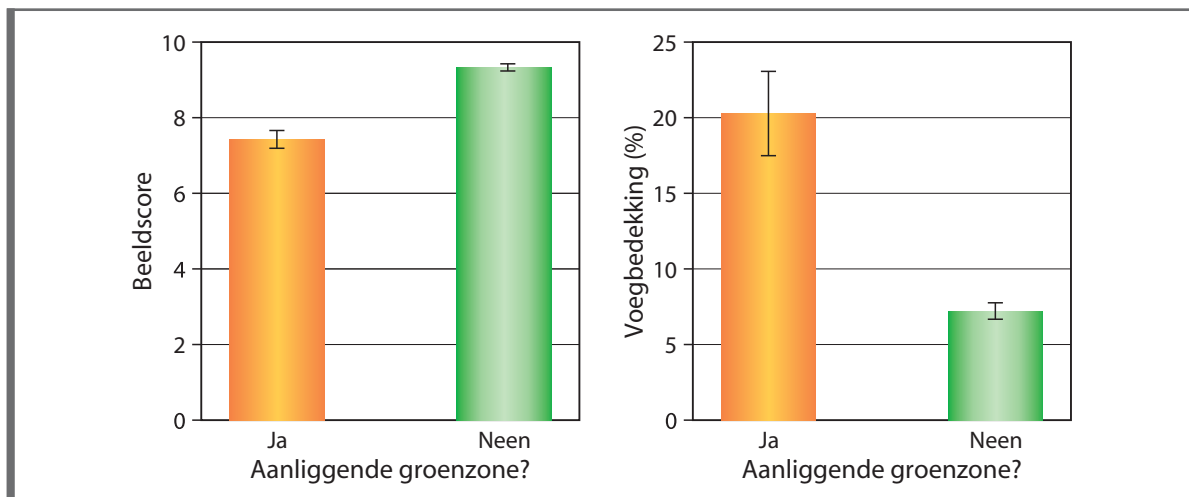
Het is niet steeds nodig of mogelijk een beeldscore 10 of een kwaliteit van klasse A na te streven. Bij voorkeur in overleg met de gebruiker kan als functie van de omgeving een lager kwaliteitsbeeld worden vastgelegd, rekening houdend met de functie van de verharding en/of de middelen voor onkruidbeheer. Dit gebeurt vaak uit praktische of politieke overwegingen en kan bijvoorbeeld ook vastgelegd worden in de beleidsplannen. In tabel 2.3 wordt ook een mogelijke indeling in klassen van onkruidbeheer (met een bepaalde tolerantiegraad voor onkruidgroei) voor het vastleggen, volgen en evalueren van onkruidbestrijdingsscenario's in de praktijk gegeven. Beeldscorecategorieën 10+ (beeldklasse A+) en 2-4 (beeldklasse D) zijn daarbij twee extreme gevallen die wellicht niet vaak in de praktijk zullen voorkomen. In speciale (bij feestelijkheden, evenementen, enz.) of tijdelijke (bij onderhoudsachterstand, gebrek aan financiële en personele middelen, enz.) omstandigheden kan het misschien toch nodig zijn deze te hanteren.

2.1.3 Invloed van omgevingsfactoren

Naast de aanwezige vegetatie en de beeldscore van de verharding zijn bij de inventarisatie ook een aantal omgevings- en andere (rand)factoren zoals *lichtintensiteit*, *ligging*, *functie*, *gebruiksintensiteit* gemeten. Deze beïnvloeden namelijk, in meer of mindere mate, de onkruidflora en/of de beeldscore van verhardingen. Ten slotte is ook het verband met een aantal technische kenmerken van het ontwerp of de uitvoering onderzocht.

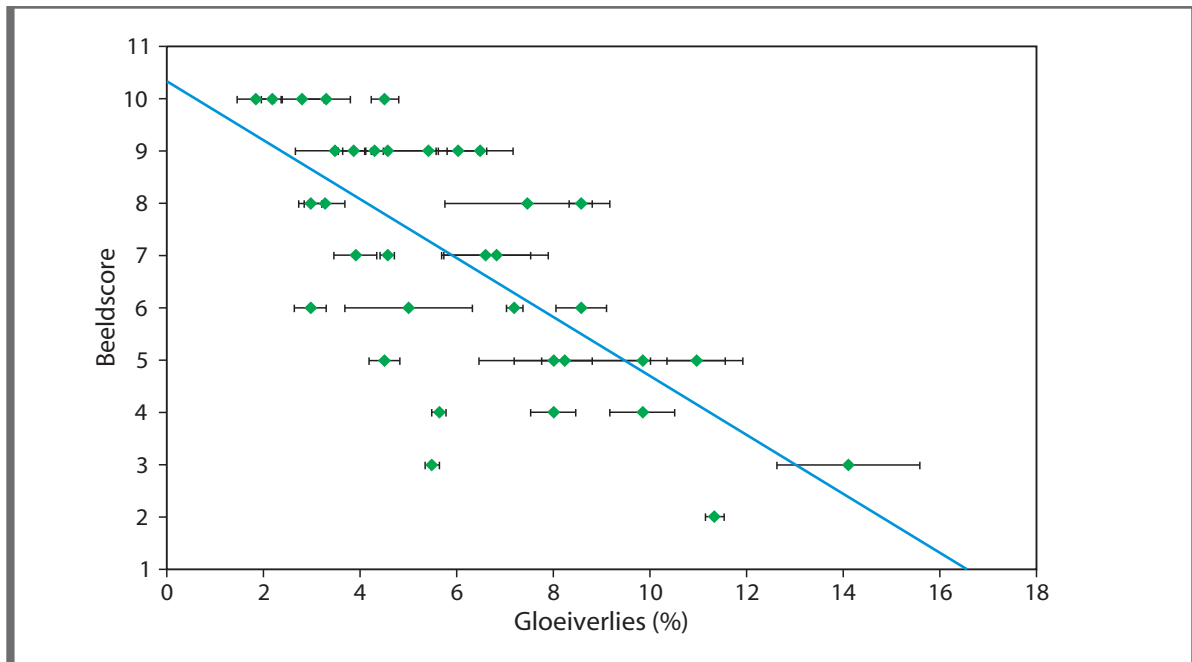
Lichtintensiteit (zon, halfschaduw of schaduw) heeft geen significant effect op de beeldscore, de voegbedekking of het aantal aanwezige onkruidsoorten, maar wel op de soortensamenstelling. Op overwegend zonnige plaatsen komen vooral meerjarige onkruiden voor, terwijl verhardingen in halfschaduw en schaduw eerder door een- en tweejarige onkruiden worden begroeid. Bijgevolg zal onkruidbestrijding eenvoudiger zijn op beschaduwde verhardingen. Eenjarige onkruiden zijn immers gemakkelijker mechanisch of thermisch te bestrijden dan meerjarige onkruiden.

De onmiddellijke *omgeving* van de verharding heeft ook een duidelijke invloed op de onkruidgroei. Een zeer belangrijke factor is de aanwezigheid van een aanliggende groenzone (inclusief bomenrijen met afgevallen bladeren, bosrijke of parkomgeving) vlak naast de beschouwde verharding (zie hoofdstuk 3), van waaruit veronkruiding door overgroeiing, ingroeiing of indirect via uitzaaiing kan optreden. Een zone met begroeiing vlak naast een verharding houdt dus een verhoogd risico op onkruidgroei in (zie figuur 2.4).



Figuur 2.4 Effect van een aanliggende groenzone op de onkruidgroei in de verharding (foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse)

Voorts zal de omgeving (bijvoorbeeld groenzone, bosrijk gebied, park) ook een invloed hebben op de vervuilinggraad van de verharding in de vorm van *organisch materiaal* (bladeren, organisch materiaal in de grond of klevend aan banden, stuifzand, enz.). Door het jarenlange gebruik in een buitenomgeving geraken verhardingen immers vervuild. Het gehalte aan organisch materiaal (OM) in de voegen is een maat voor de vervuiling en blijkt in hoge mate bepalend voor onkruidgroei op de verharding (zie figuur 2.5).



Figuur 2.5 Verband tussen het gloeiverlies (indirecte maat voor het OM-gehalte) na verassing in een oven en de beeldscore voor onkruidgroei op een verharding (punten zijn gemiddelden met hun standaardafwijking)

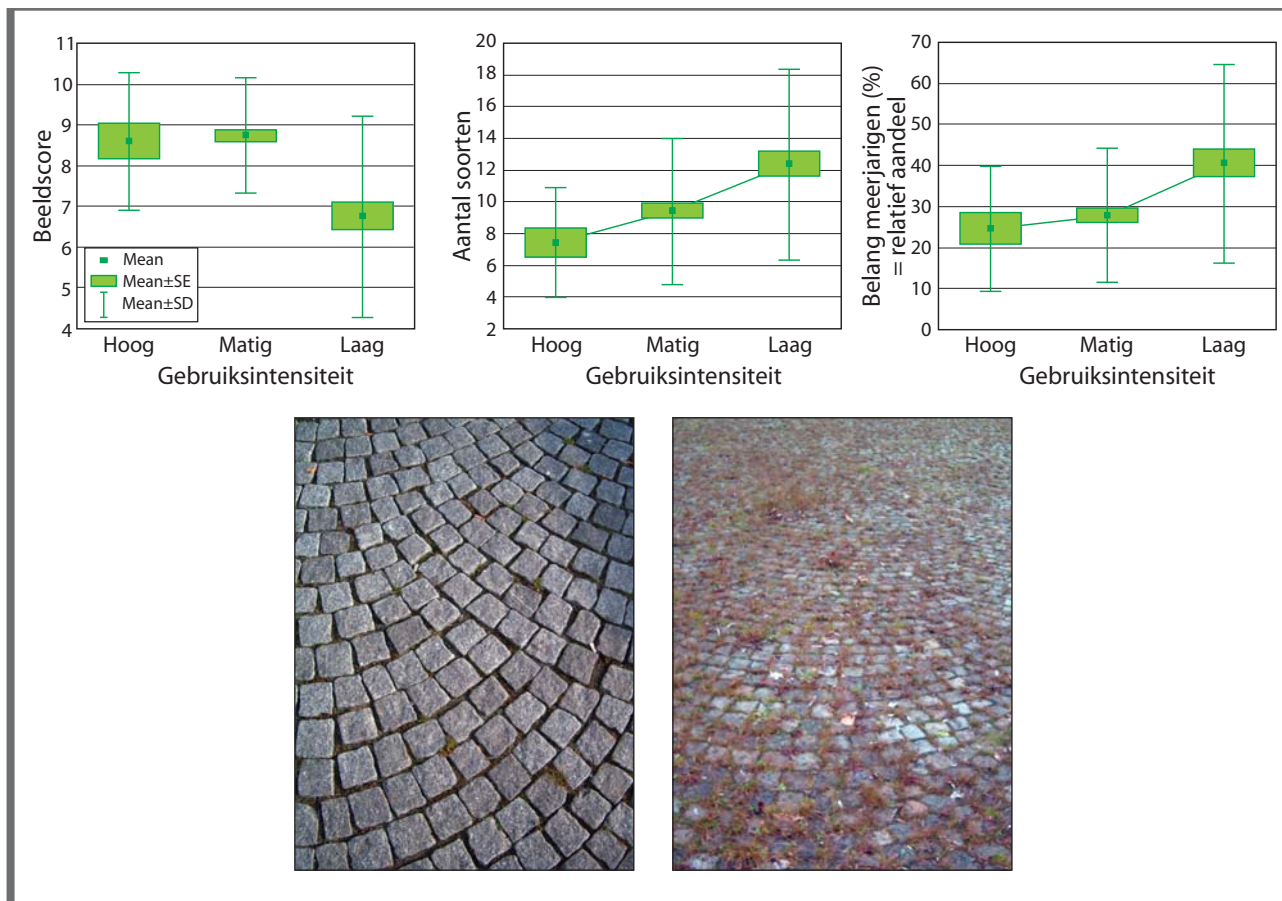
De beeldscore neemt duidelijk af naarmate het gloeiverlies (%) toeneemt. Meer organisch materiaal betekent immers meer vestigingsplaatsen voor planten, evenals meer vocht en voeding voor plantengroei. Verhardingen op plaatsen met een verhoogde kans op organische verontreiniging (bossen, parken, groenzones) houden dus ook een verhoogd risico op veronkruiding in. Door het verkeer achtergelaten grond verhoogt niet alleen het gehalte aan organisch materiaal in voegen maar wijzigt ook de korrelgrootteverdeling. De korrelgrootteverdeling van de voegvulling beïnvloedt indirect de beschikbare hoeveelheid water en bijgevolg de onkruidgroei (zie § 3.2.3).



Figuur 2.6 Meer vervuiling (organisch materiaal) houdt een groter risico op onkruidgroei in

2.1.4 Invloed van de gebruikintensiteit en de functie

Locaties met een lage *gebruikintensiteit* hebben een slechtere beeldscore dan intensiever gebruikte verhardingen. Ze vertonen een groter aantal onkruidsoorten en meer meerjarigen (zie figuur 2.7). Intensief gebruikte verhardingen worden vooral gekenmerkt door zeer kleine onkruiden (mosses, liggende vetmuur) die volledig in de voegen kunnen overleven. Het afstemmen van de verharding (breedte van de weg) op de te verwachten gebruikintensiteit is dus van zeer groot belang. Weinig betreden of bereden plaatsen in de verharding zullen snel probleemplaatsen voor veronkruiding vormen. Teruggrijpend naar het basisontwerp (zie tabel 1.1) zal het risico op onkruidgroei verhogen naarmate de verkeersbelasting afneemt (van verkeersklasse I naar verkeersklasse IV).



Figuur 2.7 Invloed van de gebruiksintensiteit op onkruidgroei

Het blijkt dat de *functie* (fietspad, voetpad, parkeervoorziening) of de ruimere *ligging* (landelijk, stedelijk, voorstedelijk) van de verharding weinig invloed heeft op de onkruidgroei. Deze factoren zijn echter wel van belang bij de bepaling van een aanvaardbaar straatbeeld.

2.1.5 Invloed van het ontwerp en/of de uitvoering van de verharding

Het verband tussen de kwaliteit van het ontwerp en/of de uitvoering en de aanwezige onkruidgroei kan indirect worden aangetoond. Onder *ontwerp* en *uitvoering* moet worden verstaan het totaalconcept, de inplanting van de verharding(en) in het project, de diktebepaling van de verschillende opbouwlagen en de uiteindelijke aanleg. Bijzondere materiaalkeuzen worden apart beschouwd en in hoofdstuk 3 besproken.

De kwaliteit van het ontwerp en/of de uitvoering wordt beoordeeld aan de hand van een set afgelijnde onkruidgroei-beïnvloedende ontwerpkenmerken. Op basis van eigen onderzoek en een aantal bekende ontwerpvoorbeelden [12, 13] konden zes belangrijke ontwerpkenmerken met het grootste effect op onkruidgroei worden onderscheiden. Deze vertonen een aantal duidelijk afgelijnde uitvoeringskenmerken die vaak te maken hebben met aspecten zoals de afwerking rond obstakels, de afwerking van boorden en randen, de afwerking en aanbrenging van goten, het aantal en de grootte van voegen, de afstemming op de gebruiksintensiteit (zie tabel 2.4):

- aanwezigheid van aanliggend groen;**
- afwerking van randen en boorden** (halve stenen, streklaag (zie figuur 3.2), voegbreedte, enz.);
- verzakkingen en onvlakheid;**
- aanwezigheid van obstakels** (straatmeubilair, paaltjes, bushokjes, enz.);
- aanwezigheid van een kantopsluiting of kantsteen;**
- aanliggende goot van kleinschalige elementen.**

	<p>Categorie A Aanliggend groen</p>		<p>Categorie D Obstakels</p>	
				
	<p>Categorie B Randafwerking</p>		<p>Categorie E Kantopsluiting</p>	
				
	<p>Categorie C Verzakkingen / Onvlakheid</p>		<p>Categorie F Goot van kleinschalige elementen</p>	
				

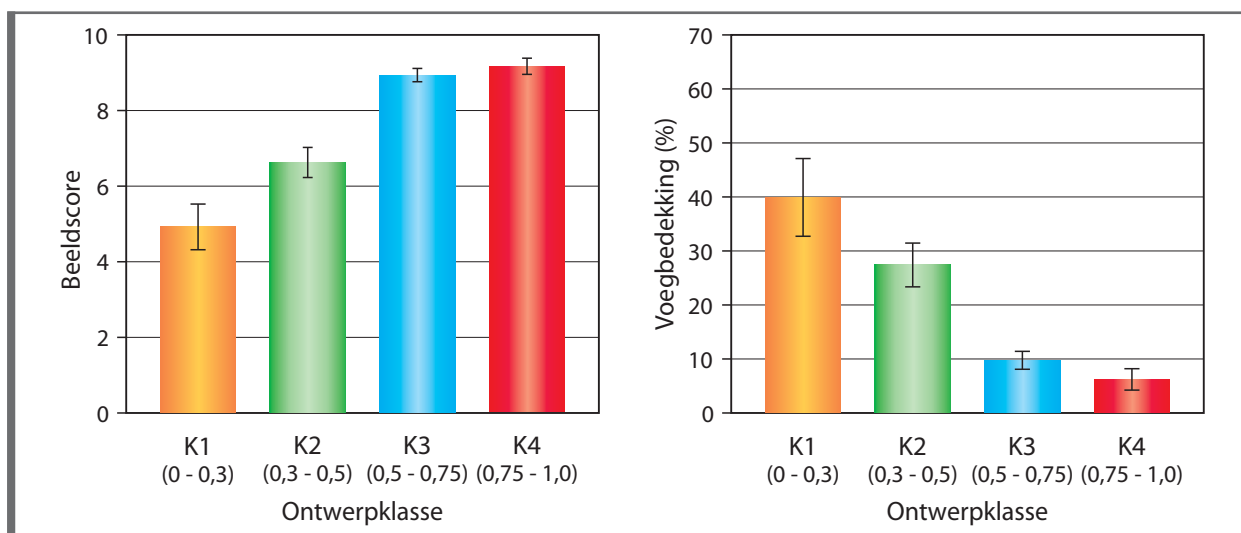
Tabel 2.4 Verband tussen ontwerpkenmerken en onkruidgroei

De beschouwde locaties kunnen op elk van deze ontwerpkenmerken worden beoordeeld (een score 0 of 1, op basis van een eenvoudige *ja/nee*-vraag). Elke categorie heeft bovendien een verschillend gewicht naargelang van het belang voor onkruidgroei. In de tabellen 2.5 en 2.8 is respectievelijk de berekeningswijze van de ontwerp-score en een voorbeeld weergegeven.

	Vraag	Antwoord (JA = 0; NEEN = 1) (I)	Gewicht (II)	Gewogen deelscore (I)x(II)
A	Is er aanliggend groen aanwezig?	_____	x 0,21 =	_____
B	Vertoont de randafwerking gebreken (passtukken kleiner dan een halve steen, geen streklaag, overmatige voegbreedte)?	_____	x 0,19 =	_____
C	Vertoont de verharding verzakkingen of oneffenheden?	_____	x 0,17 =	_____
D	Zijn er obstakels in de verharding aanwezig?	_____	x 0,17 =	_____
E	Ontbreekt een degelijke kantopsluiting?	_____	x 0,14 =	_____
F	Is er een aanliggende goot van kleinschalige elementen aanwezig?	_____	x 0,12 =	_____
Totale ontwerp-score				_____

Tabel 2.5 Berekeningswijze van de totale ontwerp-score op basis van de gewogen scores voor de ontwerpkenmerken A tot F uit tabel 2.4

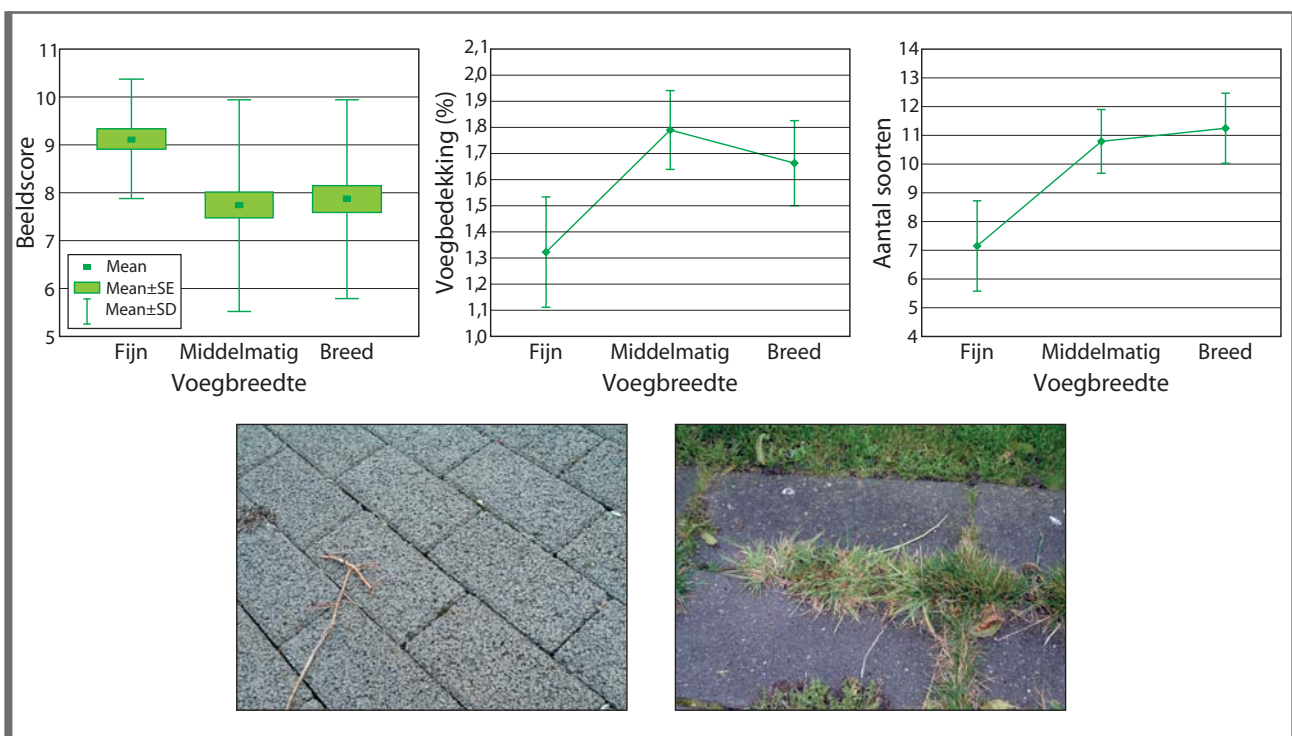
De som van de gewogen deelscores voor de zes categorieën geeft de totale ontwerp-score (tussen 0 en 1), op basis waarvan de locaties in verscheidene ontwerp- of uitvoeringsklassen – van *zeer slecht* (K1) tot *zeer goed* (K4) – kunnen worden ingedeeld en het verband met de aanwezige onkruidgroei kan worden gelegd (zie figuur 2.8).



Figuur 2.8 Verband tussen ontwerp/uitvoering en onkruidgroei (beeldscore, voegbedekking) (foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse)

De aldus verkregen resultaten wijzen op een duidelijk verband tussen de ontwerp- of uitvoeringsklasse en de onkruidgroei (gemiddelde beeldscore en voegbedekking). Hogere ontwerpcores leiden duidelijk tot een significant betere beeldscore en een lagere voegbedekking. Voor zowel bestaande als nieuwe verhardingen kan deze ontwerpcore tevens worden gebruikt bij de inschatting van het risico op onkruidgroei (zie § 2.2).

In de praktijk blijkt ook de voegbreedte een belangrijke technische (ontwerp)parameter voor de uiteindelijke onkruidgroei op verhardingen te zijn (zie figuur 2.9). Zowel voor beeldscore als voegbedekking en aantal onkruidsoorten scoren fijne voegen (0 tot 2 mm) in de praktijk beduidend beter dan middelmatige (2 tot 5 mm) of brede (> 5 mm) voegen. Een kleinere voeg laat immers minder ruimte voor plantengroei en bevat minder water en nutriënten. Naast de eerder besproken omgevings- en ontwerpfactoren zal de vooraf bepaalde (in de ontwerpfase) of momenteel aanwezige (bij bestaande bestrating) voegbreedte dus mee het latere risico op onkruidgroei bepalen. De voegbreedte wordt dan ook meegenomen als een cruciale parameter voor de risicobeoordeling van onkruidgroei (zie § 2.2).



Figuur 2.9 Invloed van de voegbreedte op de beeldscore, de voegbedekking door onkruiden en het aantal voorkomende plantensoorten

Bij het ontwerp van een verharding dient dus rekening te worden gehouden met de belangrijkste omgevingsfactoren (lichtintensiteit, gebruikintensiteit, aanliggende groenzones, vervuilingsgraad) en enkele cruciale ontwerpkenmerken, om het toekomstige onkruidbeheer er te kunnen op afstemmen.

2.2 Inschatting van het veronkruidingsrisico

Uitgaande van de voornoemde informatie kan het veronkruidingsrisico (= risico op onkruidgroei) voor zowel nieuwe, te ontwerpen als bestaande verhardingen worden ingeschat op basis van drie sleutelparameters: ontwerpcore, voegbreedte en gebruikintensiteit.

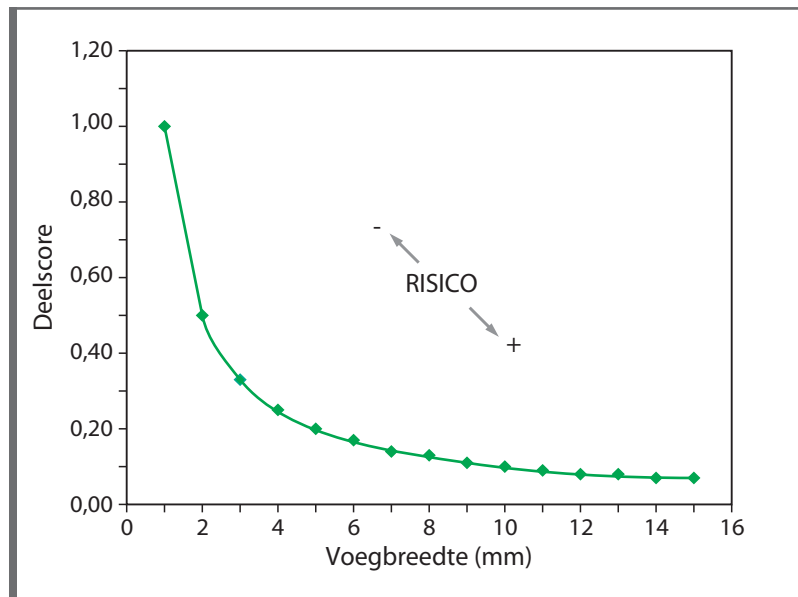
■ Ontwerpcore

De ontwerpcore wordt uitgedrukt in een cijfer tussen 0 en 1 (zie tabel 2.5). Het is een maat voor de kwaliteit van het ontwerp (inclusief bijvoorbeeld aanliggende groenzones) en de uitvoering van de verharding op basis van de zes gedefinieerde ontwerpkenmerken (zie tabel 2.4). Hogere scores komen overeen met een betere staat van de verharding en dus een *lager risico* op onkruidgroei. Voor een nieuwe,

te ontwerpen verharding ligt de ontwerp-score a priori doorgaans zeer hoog. Voor bestaande verhardingen dient deze jaarlijks te worden geëvalueerd op basis van de actuele staat van de verharding.

■ Voegbreedte

Het betreft de *gemiddelde* voegbreedte (gemeten onder de velling) voor een bestaande verharding, bepaald volgens tabel 2.6, of de *ontwerpwaarde* voor een nieuwe verharding. In elk geval neemt het risico op veronkruiding toe met de voegbreedte (vooral tussen 0 en 5 mm – zie figuur 2.9). Hiervoor kan een *deelscore* worden uitgedrukt, gelijk aan de *inverse van de voegbreedte* (1/mm), voor voegbreedten tussen 1 en 15 mm. Dit komt ongeveer overeen met een cijfer tussen 1 en 0. Het veronkruidingsrisico neemt dus evenredig af (= hogere scores) met de inverse van de voegbreedte (zie figuur 2.10).



Figuur 2.10 Deelscore (= 1/voegbreedte (mm)) als functie van de voegbreedte. Het veronkruidingsrisico neemt evenredig af met de inverse van de voegbreedte.

	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3
Oppervlakte zone S	Aantal meetpunten	Aantal stenen per meetpunt	Aantal metingen van langsvoeg/dwarsvoeg per steen
$S < 250 \text{ m}^2$	3 per 10 m lengte	3 per m breedte	4/2
$250 < S < 750 \text{ m}^2$	5 per 30 m lengte	3 per m breedte	4/2
$S > 750 \text{ m}^2$	9 per 50 m lengte	3 per m breedte	4/2

Tabel 2.6 Bepalingswijze van de gemiddelde voegbreedte van een bestaande verharding (groene stenen stellen bijvoorbeeld de meetpunten voor). Het gaat om aanbevolen drempelwaarden voor een goede schatting van de voegbreedte. Voor oppervlakten groter dan 750 m^2 dient deze berekeningswijze niet tot in het "oneindige" te worden toegepast maar kan op basis van het gezonde verstand het maximumaantal te meten stenen worden bepaald dat een representatief beeld van de voegbreedte geeft.

Voor kleinschalige elementen met (rechthoekige of cirkelvormige) drainageopeningen wordt de deelscore berekend als de inverse van de maximumbreedte (mm) van de opening (bijvoorbeeld, de diameter bij cirkelvormige openingen). Dit levert doorgaans een deelscore gelijk aan nul (groot risico op veronkruiding) op.

■ *Gebruiksintensiteit*

De gebruiksintensiteit is een derde belangrijke parameter met een uitgesproken invloed op de onkruidgroei (zie figuur 2.7). Op grond van grenswaarden voor de passage en de voornaamste functie van de verharding kunnen drie klassen worden onderscheiden: *hoog*, *matig* en *laag*.

Deze indeling geldt enkel voor verhardingen van de verkeersklassen III en IV (zie tabel 1.1), waarbij een deelscore 1 – 0,5 – 0 wordt toegekend, naargelang van de klasse van gebruiksintensiteit (zie tabel 2.7). Hogere scores (= hogere gebruiksintensiteit) komen dus overeen met een lager risico op veronkruiding.

Voor verhardingen van de verkeersklassen I en II (bijvoorbeeld *rijbaan*) wordt aangenomen dat de gebruiksintensiteit zo hoog is dat het veronkruidingsrisico zeer laag blijft. Dit geldt ook voor de meeste in- en uitritten van grote parkeervoorzieningen.

Klasse van gebruiksintensiteit	Voetpad (passages/ m breedte/dag)	Fietspad (passages/ m breedte/dag)	Parkeervoorziening (aan- en afrijdende voertuigen/200m ² /dag)	Deelscore voor gebruiksintensiteit
HOOG	> 1 200	> 2 000	> 20	1
MATIG	600 tot 1 200	1 000 tot 2 000	10 tot 20	0,5
LAAG	< 600	< 1 000	< 10	0

Tabel 2.7 Grenswaarden voor de gebruiksintensiteit als functie van de toepassing en de bijbehorende deelscore voor risico op veronkruiding (enkel geldig voor verhardingen van de verkeersklassen III en IV)

Zoals in tabel 2.8 is weergegeven, kan op grond van de deelscores voor de sleutelparameters *ontwerp*, *voegbreedte* en *gebruiksintensiteit* een gewogen som worden gemaakt, om de totale risicoscore voor veronkruiding te verkrijgen (enkel voor verkeersklassen III en IV). De maximumscore is 1. Daarbij worden de volgende wegingsfactoren toegepast: 0,4 (ontwerp), 0,4 (voegbreedte) en 0,2 (gebruiksintensiteit). Deze gewichten zijn vastgelegd op basis van de onderzoeksresultaten en zijn een maat voor het relatieve belang van de drie sleutelparameters voor het totale veronkruidingsrisico.

Hoe hoger de totale risicoscore, des te lager het veronkruidingsrisico voor de beschouwde verharding. Voorts worden een aantal drempelwaarden voor de inschatting van het totale risiconiveau vastgelegd:

Drempelwaarde	Risiconiveau
Totale risicoscore < 0,3 0,3 ≤ totale risicoscore ≤ 0,6 Totale risicoscore > 0,6	HOOG MATIG LAAG

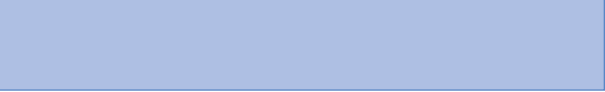
Op grond van het aldus bepaalde risiconiveau kan voor strengere preventieve maatregelen worden gekozen, kan het gewenste kwaliteitsbeeld worden bijgesteld en/of kunnen de curatieve bestrijdingsscenario's worden aangepast (zie hoofdstuk 5 in verband met de *beslisboom*).

Ontwerp (zie tabel 2.5)				
	Weging		Gewicht	Gewogen deelscore
A	1 x 0,21 =	0,21		
B	0 x 0,19 =	0		
C	1 x 0,17 =	0,17		
D	0 x 0,17 =	0		
E	1 x 0,14 =	0,14		
F	0 x 0,12 =	0		
Totaal ontwerp		0,52	0,4	0,21

Voegbreedte (zie tabel 2.6)				
	Voeg (mm)	Score = 1/voeg	Gewicht	Gewogen deelscore
	1	1,00	0,4	0,40
	2	0,50	0,4	0,20
	3	0,33	0,4	0,13
	4	0,25	0,4	0,10
	5	0,20	0,4	0,08
	6	0,17	0,4	0,07
	7	0,14	0,4	0,06
	8	0,13	0,4	0,05
	9	0,11	0,4	0,04
	10	0,10	0,4	0,04
	11	0,09	0,4	0,04
	12	0,08	0,4	0,03
	13	0,08	0,4	0,03
	14	0,07	0,4	0,03
	15	0,07	0,4	0,03

Gebruiksintensiteit (zie tabel 2.7)				
			Gewicht	Gewogen deelscore
	HOOG	1	0,2	0,20
	MATIG	0,5	0,2	0,10
	LAAG	0	0,2	0,00
Totale risicoscore voor veronkruiding				0,39

Tabel 2.8 Voorbeeld van berekening van de totale risicoscore op basis van de deelscores voor het ontwerp, de voegbreedte en de gebruiksintensiteit (enkel van toepassing voor de verkeersklassen III en IV)

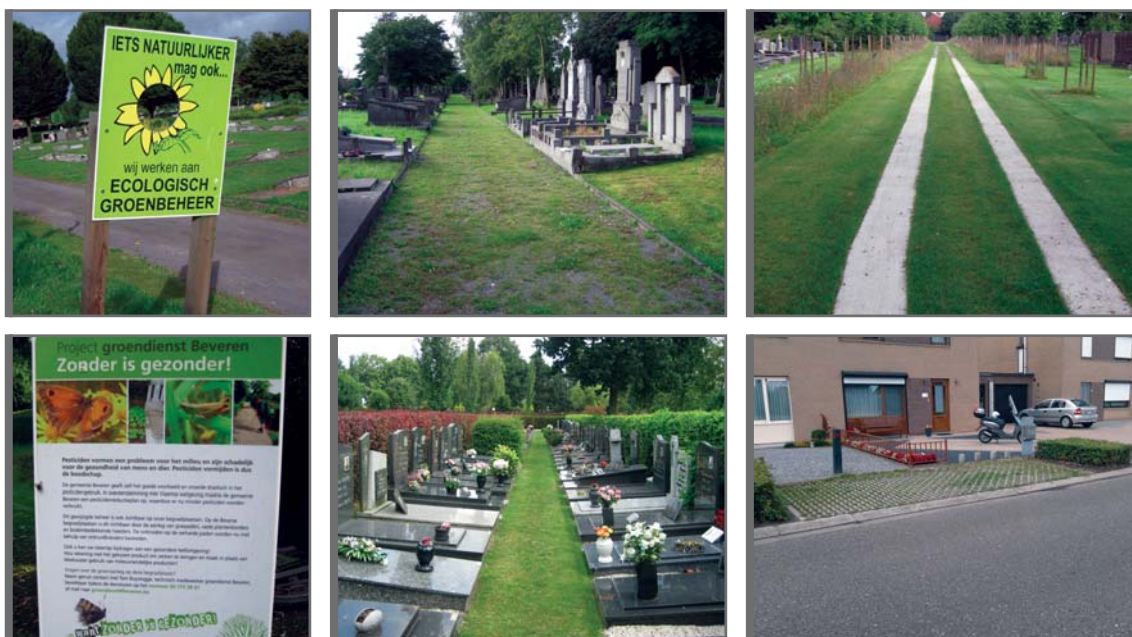


Hoofdstuk 3

Preventieve maatregelen

Om onkruidgroei door middel van preventieve maatregelen in het ontwerp, bij de uitvoering en de materiaalkeuze voor de opbouw van de verharding tegen te gaan, dient rekening te worden gehouden met de belangrijke invloedfactoren voor onkruidgroei op verhardingen zoals beschreven in hoofdstuk 2.

Vooraleer het basisontwerp aan te vatten, dient de vraag te worden gesteld of een *verharding absoluut noodzakelijk* is. Een verharding dient te worden afgestemd op de verwachte gebruiksintensiteit, de functionele eisen voor de toepassing (fietspad, voetpad, parkeervoorziening) en het straat- of omgevingsbeeld. Uit deze overwegingen kan soms worden geconcludeerd dat een verhard oppervlak eigenlijk niet noodzakelijk is of dat eerder een andere soort van verharding (bijvoorbeeld gesloten: asfalt, beton) aangewezen is. Ook bij bestaande verhardingen is een dergelijke evaluatie aanbevolen. De keuze van het verhardingsmateriaal dient dus goed te worden overwogen en onnodige verhardingen moeten worden vermeden. Minder gebruikte paden of moeilijk te onderhouden verhardingen kunnen bijvoorbeeld door graspaden worden vervangen. Er kan ook worden gekozen voor halfopen of open verhardingen (grasbetontegels, grindgras, of tweesporenwegen) waarbij enige plantengroei wordt getolereerd.



Figuur 3.1 Omschakeling van verharde op begroeide paden voor onkruidbeheer zonder pesticiden

Als uit functioneel en/of comfort-, esthetisch of ander oogpunt (zie hoofdstuk 1) een verharding noodzakelijk is, kunnen bij het ontwerp en de uitvoering preventieve maatregelen worden genomen, om onkruidgroei tegen te gaan (zie [14]).

3.1 Aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering van de verharding

De bevindingen in hoofdstuk 2 tonen aan dat al in de ontwerp- en uitvoeringsfase op onkruidpreventie en -groei kan worden ingespeeld door rekening te houden met enkele belangrijke ontwerpkenmerken (zie tabel 2.4). Hierna wordt dieper ingegaan op deze kenmerken en de wijze waarop vóór, tijdens of na de aanleg preventief tegen onkruidgroei kan worden opgetreden, evenals op enkele andere belangrijke technische ontwerpkeuzen (onder meer voegbreedte, drainage) die onkruidgroei kunnen beïnvloeden. Deze hangen samen met de materiaalkeuze (zie § 3.2) en/of beïnvloeden de ontwerpkenmerken uit § 2.1.5.

3.1.1 Aanliggende groenzones en/of bosrijke omgeving

Zoals vermeld in hoofdstuk 2, vormt een aanliggende groenzone (een omgevingsparameter in het ontwerp) een eerste belangrijk kenmerk bij een nieuwe, te ontwerpen verharding dat een verhoogd risico op onkruidgroei inhoudt. Voor een bestaande verharding is dit uiteraard een vast gegeven dat mee het risico bepaalt. De verhoogde onkruidgroei (zie figuur 2.4) is niet alleen het gevolg van uitzaaïing of ingroei vanuit de naburige vegetatie, maar ook van de mogelijke opstapeling van organisch materiaal en vervuiling in de voegen van de verharding. Dit vormt een ideale voedingsbodem voor onkruidgroei op de verharding.

Als in of naast een groene zone of een bosrijke omgeving toch een verhard oppervlak wordt aangelegd, dient rekening te worden gehouden met de volgende aandachtspunten om toekomstige problemen met onkruidgroei tegen te gaan:

- aangepaste voegvulling kiezen (zie § 3.2.3);
- aangepaste verhardingssoort (gesloten in plaats van open of halfopen verharding en/of straatsteensoort) kiezen (zie § 3.2.1);
- voegbreedte zo klein mogelijk houden (zie § 3.1.7.1);
- geregeld vegen, om vervuiling te verwijderen;
- geregeld en intensief gebruik verifiëren;
- geregeld voegen bijvullen;
- een stevige afscheiding tussen de groenzone en de verharding aanbrengen (zie § 3.1.5).

3.1.2 Afwerking van randen en bochten

De afwerking van randen en boorden, en de uitvoering van bochten is eveneens van essentieel belang voor onkruidpreventie. Bij onzorgvuldige uitvoering ontstaan snel probleemplaatsen voor onkruidgroei die naar de rest van de verharding kunnen uitbreiden (zie linkse foto in figuur 3.2).



Figuur 3.2 Afwerking van randen.

Links: onzorgvuldige randafwerking met te kleine passtukken.

Midden: onzorgvuldige afwerking rond en in de buurt van een singulier punt.

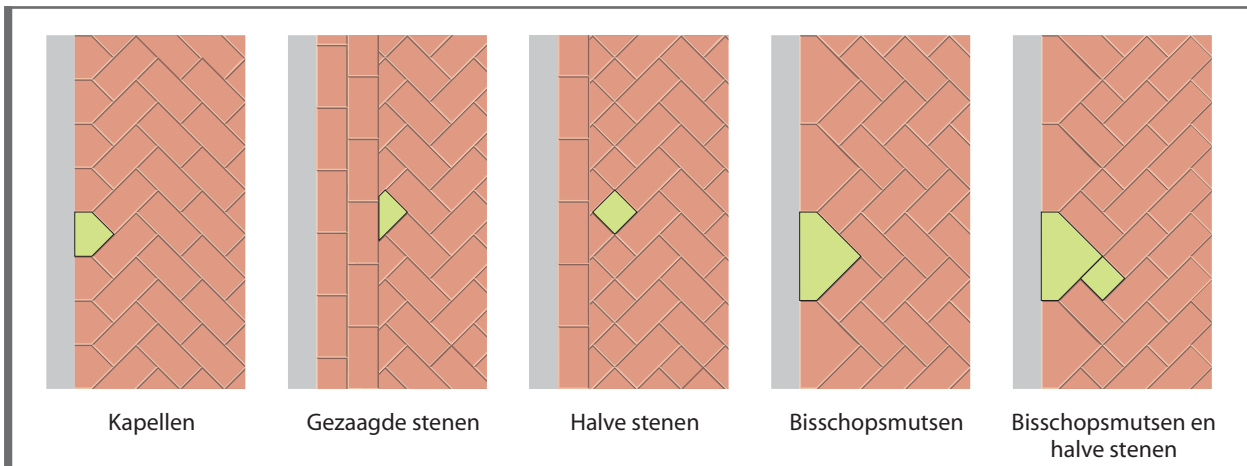
Rechts: correcte afwerking met een streklaag van straatstenen.

Een correcte afwerking houdt onder meer in:

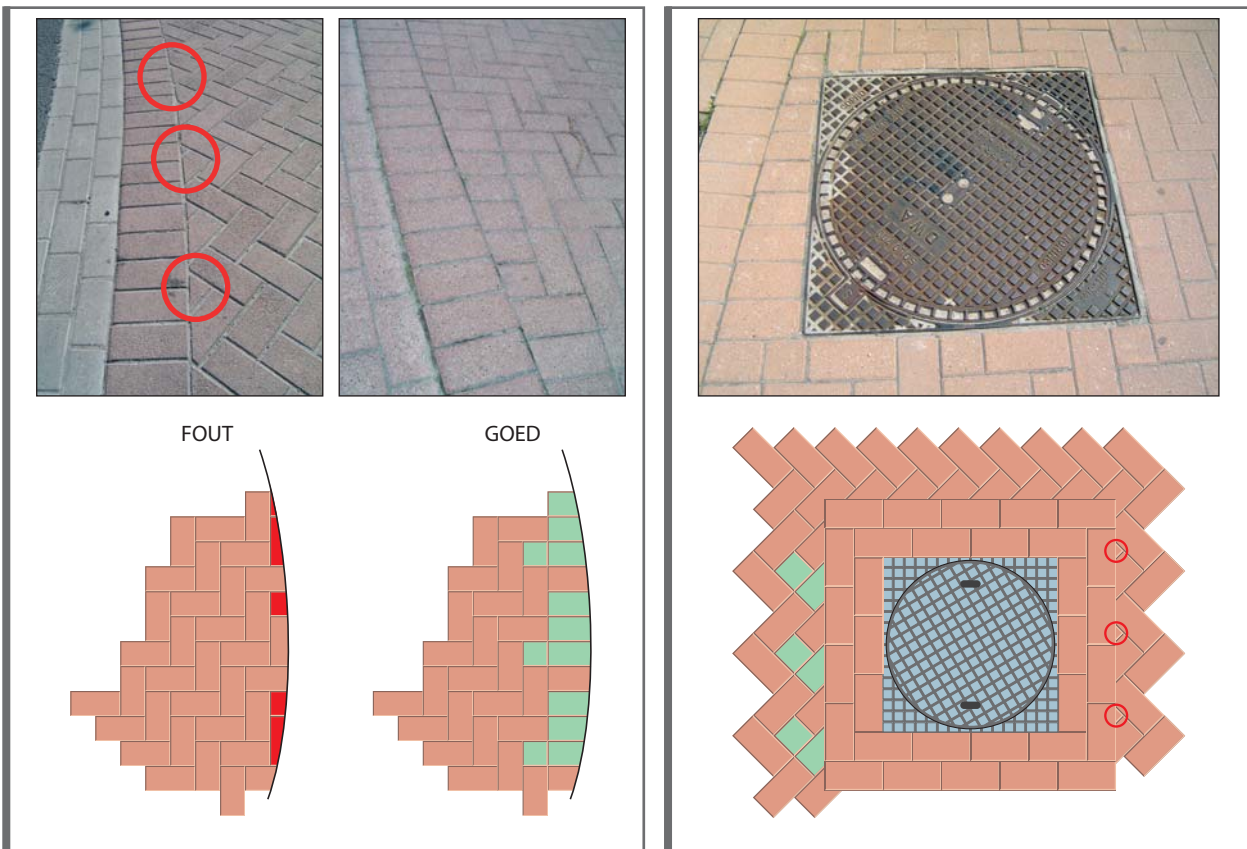
- aan boorden en randen geen passtukken kleiner dan een halve steen verwerken;
- bij gezaagde stenen steeds met afgeschuinde hoeken werken (aangeslepen velling, dit is de afschuining bovenaan de steen);

- tegen aangrenzende lijnvormige elementen of verhardingen steeds een strek- of rollaag (dit is een enkele rij van volledige straatstenen) aanbrengen (zie figuur 3.2 rechts);
- voor de afwerking aan randen en in bochten gepaste hulpstukken toepassen en rekening houden met het straatverband (zie figuren 3.3 en 3.4);
- aan de rand een kantsteen of kantopsluiting toepassen, om de voegbreedte te waarborgen (zie § 3.1.5);
- de verharding aan singuliere punten (putdeksels, roosters, enz.) zorgvuldig afwerken (zie figuur 3.5).

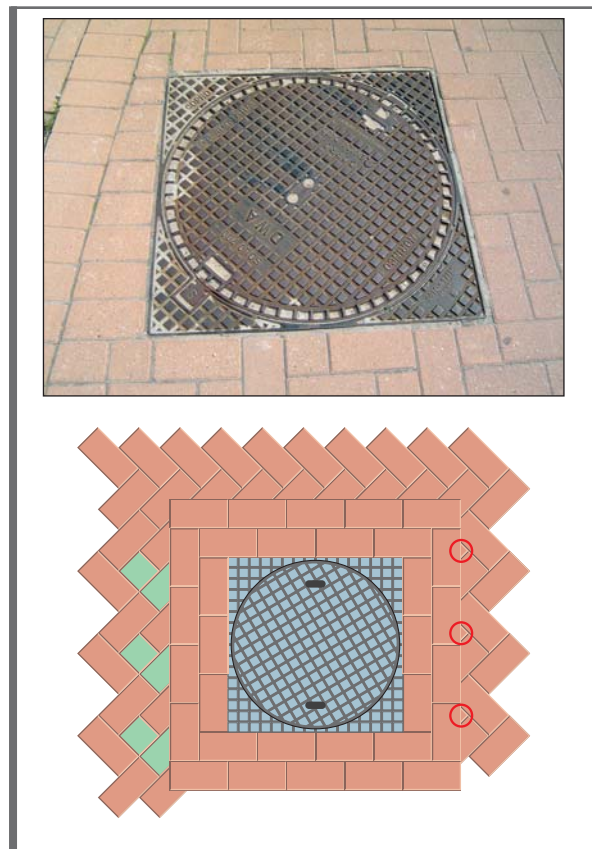
Een zorgvuldige afwerking aan randen, in bochten en rond singuliere punten kan stabiliteitsproblemen en bijgevolg onkruidgroei tegengaan. Voor meer informatie over deze belangrijke aandachtspunten wordt verwezen naar de OCW-handleiding A 80/09 [9].



Figuur 3.3 Beschikbare hulpstukken voor een zorgvuldige afwerking van randen en boorden



Figuur 3.4 Foutieve en goede randafwerking in een bocht



Figuur 3.5 Randafwerking aan singuliere punten

3.1.3 Verzakkingen en onvlakheid

Verzakkingen en onvlakheid in een verharding hebben ongunstige neveneffecten, zowel voor onkruidgroei als voor de algemene stabiliteit van de constructie. Er ontstaan immers probleemzones waar vocht, organisch materiaal en grond zich opstapelen, en ideale groeiomstandigheden voor onkruidgroei worden gecreëerd. Een gepast ontwerp, een correcte dimensionering (zie hoofdstuk 1) en een zorgvuldige uitvoering kunnen dergelijke problemen voorkomen. Daarbij dient ook rekening te worden gehouden met incidenteel gebruik na de aanleg door bijvoorbeeld zwaar vrachtverkeer en eventueel zware machines voor alternatief onkruidbeheer (zie hoofdstuk 4).

Als toch schade optreedt, is het uiteraard zaak de beschadigde verharding zo snel mogelijk te repareren en/of de schadeoorzaken te verhelpen, om verdere, grotere problemen te vermijden.

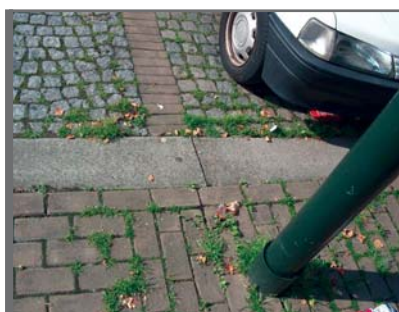
Om de voormelde redenen dient de nodige aandacht en zorg te worden besteed aan het terugplaatsen van stenen in een verharding die plaatselijk is opgebroken, bijvoorbeeld voor werkzaamheden aan ondergrondse nutsvoorzieningen (zie hoofdstuk 6 in de OCW-handleiding A 80/09 [9]).



Figuur 3.6 Verzakkingen zijn een ideale voedingsbodem voor onkruidgroei

3.1.4 Aanwezigheid van obstakels

De aanwezigheid van obstakels in een verharding (paaltjes, verkeersborden, straatmeubilair, parkeerbarrières, enz.) vormen een vierde belangrijk ontwerpkenmerk op het gebied van onkruidbeheersing. Onkruid zal zich immers gemakkelijk rond dergelijke obstakels nestelen (zie de linkse foto in figuur 3.7) en zich zo over de rest van de verharding verspreiden. Dit heeft te maken met een verminderde gebruiksintensiteit rond de obstakels, een onzorgvuldige afwerking van de voegen tussen het obstakel en de verharding (hoge voegpercentages) en/of de moeilijke bereikbaarheid voor (alternatieve) onkruidbestrijdingsmachines. Daarom verdient het aanbeveling obstakels ergens anders te plaatsen (bijvoorbeeld in een aanliggende groenzone, want plantengroei rond een obstakel in een aanliggende groenstrook wordt als minder storend ervaren) of tot een minimum te beperken (bijvoorbeeld verschillende verkeersborden op een enkele paal samenbrengen).



Figuur 3.7 Aanwezigheid van obstakels

Links: probleemzone voor onkruidgroei rond een obstakel.

Midden: aanbrenging van de verkeersbordpaal in een aanliggende groenzone.

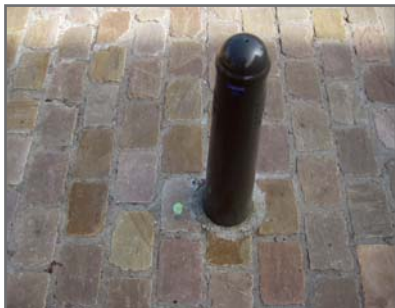
Rechts: aanbrenging van palen met verscheidene borden in een aanliggende groenzone.

Andere oplossingen kunnen erin bestaan onder het straatmeubilair of andere moeilijk bereikbare plaatsen zoals fietsstallingen en bushokjes geprefabriceerde elementen uit één stuk of een gesloten verharding toe te passen of bij de keuze van het straatmeubilair aan het toekomstige onderhoud te denken (bijvoorbeeld verwijderbare obstakels, banken met twee in plaats van vier steunpoten of zwevend straatmeubilair).

FOUT**GOED**

Figuur 3.8 Halfopen verharding onder straatmeubilair vermijden en/of afstemming van het meubilair op toekomstig onderhoud (verwijderbare obstakels, zwevend meubilair)

Om te veel en/of te grote openingen (en dus ruimte voor onkruidgroei) te vermijden, dient de verharding rond obstakels zeer zorgvuldig te worden afgewerkt (zie § 3.1.2) en verdient het aanbeveling paalgaten met voegmortels, microbeton of pastukken af te dichten (zie figuur 3.9). Boomroosters en wortelgeleiding kunnen schade door opstuwende (boom)wortels helpen tegengaan.



Figuur 3.9 Goede afwerking van de verharding rond obstakels gaat onkruidgroei tegen

Bijzondere weginrichtingen zoals verkeersgeleiders en vluchtheuvels zijn vaak moeilijk te onderhouden en vormen dus probleemplaatsen voor onkruidgroei. Vooral wanneer ze met kleinschalige elementen zijn uitgevoerd, is onkruidgroei op dergelijke weinig betreden constructies haast onvermijdelijk. In zulke gevallen verdienen monolithische verhardingen van (gefigureerd) beton of gietasfalt de voorkeur. Als toch voor een elementenverharding wordt gekozen, wordt het best een gesloten (voegmortel of andere specie) en/of onkruidremmende voegvulling aangebracht (zie § 3.2).

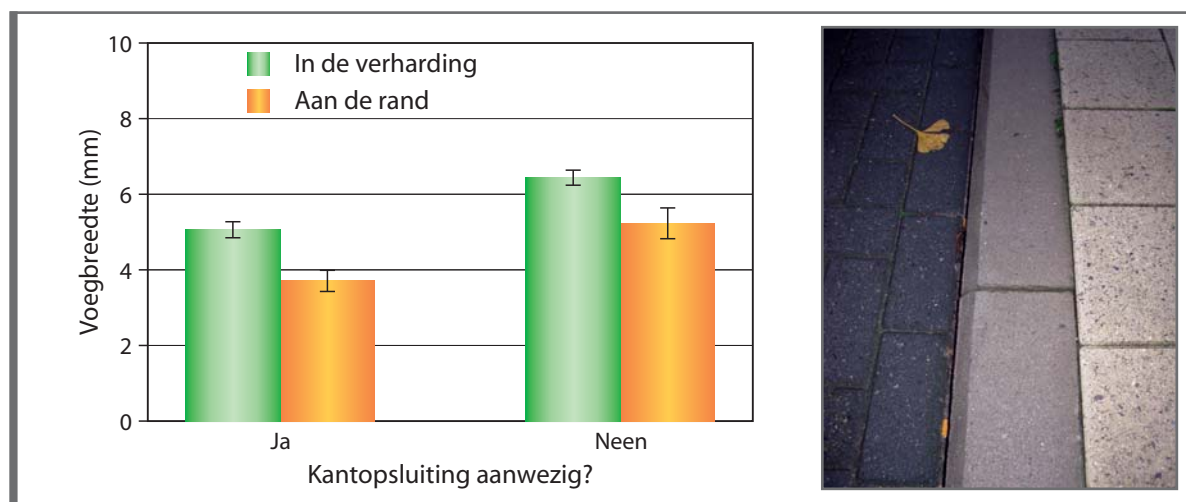


Figuur 3.10

Op bijzondere weginrichtingen met een elementenverharding of een speciale vormgeving waar geen aangepaste voegvulling is toegepast, is onkruidbeheersing vaak een probleem

3.1.5 Aanwezigheid van een kantsteen of kantopsluiting

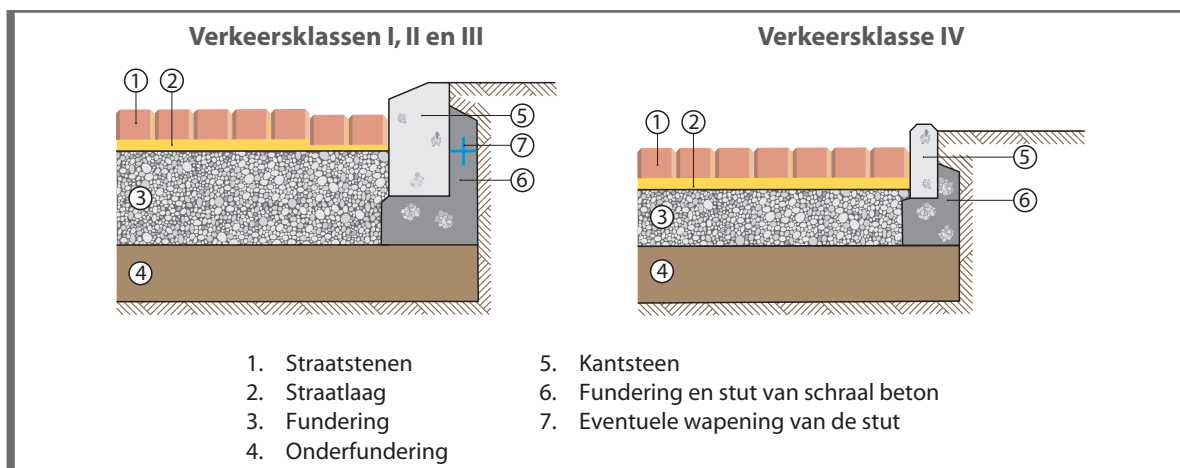
De aanwezigheid van een kantsteen of kantopsluiting aan de randen van de verharding is steeds noodzakelijk, om de stenen goed op te sluiten en uitspoeling van de straatlaag tegen te gaan. Een kantopsluiting vermijdt zijdelings bewegen en roteren van de stenen onder verkeer, en beïnvloedt in grote mate de voegbreedte – vooral aan de randen van de verharding (zie figuur 3.11) – en bijgevolg ook indirect de onkruidgroei op het centrale gedeelte van de verharding.



Figuur 3.11 Invloed van de kantsteen op de voegbreedte van de verharding, gemeten aan de rand en in het centrale gedeelte. De gegevens hebben betrekking op locaties uit de inventarisatiecampagne van UGent (zie hoofdstuk 2). De foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse.

Een kantopsluiting (zie figuur 3.12) voorkomt onderling wegglijden, kantelen of wegduwen van de stenen bij de aanbrenging (voorlopige opsluiting of definitieve trottoirband wanneer één weghelft wordt aangelegd) en na de ingebruikneming van de weg. Ze dient te worden aangebracht aan het begin, het einde en de zijanten van de verharding, en moet voldoende zijdelings worden gestut (fundering en stut van schraal beton). De soort en de afmetingen van de kantopsluiting hangen af van de verwachte verkeersbelasting [9].

Zoals al vermeld in § 3.1.2 is de afwerking en aansluiting van de elementenverharding met de kantstrook of kantopsluiting van zeer groot belang voor een preventieve onkruidbeheersing.



Figuur 3.12 Kantopsluiting naargelang van de verkeersklasse

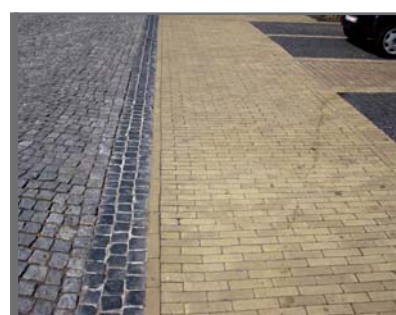
3.1.6 Aanliggende goot van kleinschalige elementen

Een laatste belangrijk ontwerpkenmerk voor onkruidgroei is de aanwezigheid van een straatgoot van kleinschalige elementen naast de beschouwde verharding. Door de opeenhoping van vuil, water en organisch materiaal, en het hoge voegpercentage zijn dergelijke constructies gevoeliger voor onkruidgroei. Onkruidgroei in de voegen is vaak onvermijdelijk.

In dergelijke gevallen met een verhoogd veronkruidingsrisico (zie hoofdstuk 2) verdient het aanbeveling een straatgoot van grotere geprefabriceerde betonelementen of in het werk gestort beton aan te brengen en/of de voegen met een geschikte (waterdichte en krimpvrrije) voegvulling (mortel, hydraulisch mengsel, epoxyharsen, enz. – zie § 3.2) zeer goed af te dichten.



Figuur 3.13 Door de opeenhoping van water, grond en organische materialen vormen aanliggende straatgoten van kleinschalige elementen vaak een voedingsbodem voor onkruidgroei



Figuur 3.14 Geprefabriceerde betonnen gootbanden en/of geschikte, waterdichte voegvulling om onkruidgroei tegen te gaan

Afgeronde gootbanden zijn gemakkelijker te onderhouden, terwijl bij opstaande gootranden het vuil zich gemakkelijker ophoopt en onkruidgroei wordt gestimuleerd. Waar de rijbaan op de aanliggende parkeervoorziening aansluit, wordt de straatgoot het best tussen de rijbaan en de parkeervoorziening aangebracht, zodat auto's bij de passage van borstel- en veegmachines niet hoeven te worden verplaatst en de straatgoot intensiever wordt gebruikt. Hier zij opgemerkt dat de aanbrenging van straatgoten en kolken ook in het geheel van de waterhuishouding van de verhardingen dient te worden beschouwd (zie § 3.1.7.2). Waterdoorlatende bestratingen kunnen in dergelijke gevallen een oplossing bieden (zie § 3.3).

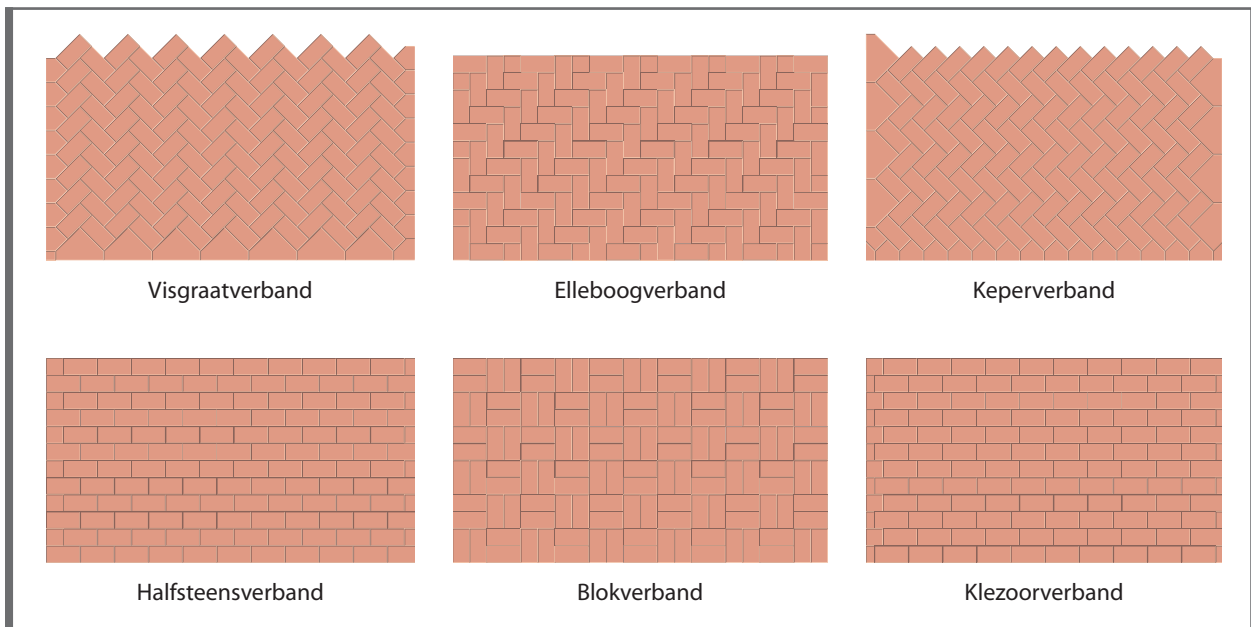
3.1.7 Andere belangrijke aspecten

Naast de zes voornoemde belangrijke ontwerpkenmerken kunnen ook een aantal andere parameters de onkruidgroei direct of indirect (door het effect op de voornoemde ontwerp- en uitvoeringsaspecten) beïnvloeden. Hierna wordt beschreven hoe ze een preventieve rol bij onkruidgroei kunnen spelen.

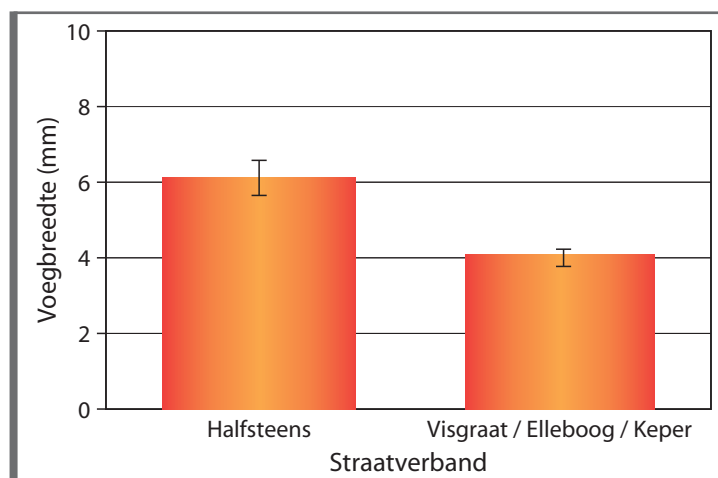
3.1.7.1 Voegbreedte

De voegbreedte (en het bijbehorende voegpercentage) heeft als ontwerpparameter een grote invloed op de potentiële onkruidgroei in een verharding (zie de figuren 2.9 en 3.22).

Uiteraard hangt de specificatie van de voegbreedte (en de vorm van de open ruimte) zeer nauw samen met de keuze van de *straatsteensoort* (straatkei, betonstraatsteen, straatsteen met verbrede voeg – zie § 3.2). Soms spelen ook esthetische en/of andere aspecten (akoestiek, comfort voor de weggebruiker) een rol. Daarnaast hebben heel wat andere, eerder beschreven ontwerp- en uitvoeringsparameters (kantopsluiting, stabiliteit, dimensionering, afwerking aan randen en in bochten) en het straatverband een invloed op de uiteindelijke voegbreedte in de opgeleverde verharding.



Figuur 3.15 Mogelijke straatverbanden



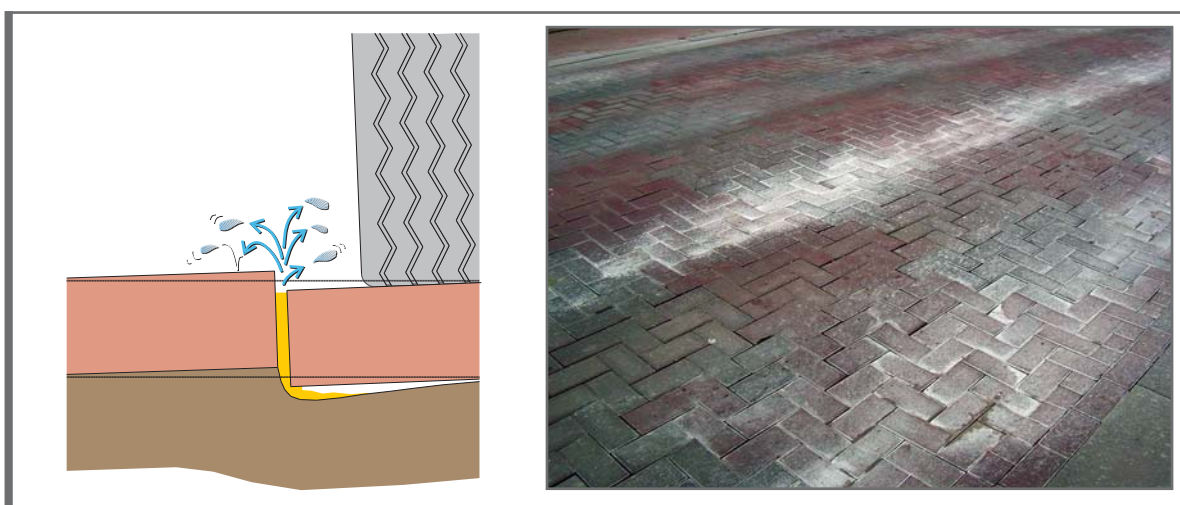
Figuur 3.16

Involed van het straatverband op de voegbreedte van verhardingen in de praktijk. De gegevens hebben betrekking op locaties uit de inventarisatiecampagne van UGent (zie hoofdstuk 2). De foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse.

Het is aanbevolen tijdens het straten de voegbreedte en de rechtlijnigheid van de voegen te controleren. De huidige generatie (beton)straatstenen heeft meestal zijvlakken met kleine uitstekende profileringen, zogenoemde afstandhouders, om de optimale voegbreedte (2 tot 3 mm voor klassieke betonstraatstenen) te bereiken en te behouden. Voorts dienen voegen na de ingebruikneming geregeld gecontroleerd, bijgevuld of ingeveegd te worden. Vooral op plaatsen waar zich verzakkingen hebben voorgedaan of waar werkzaamheden aan de verharding zijn uitgevoerd, dient de verharding met grote zorg te worden hersteld met naleving van de oorspronkelijke voegbreedte (zie § 3.1.3).

3.1.7.2 Waterafvoer en drainage

Bij een klassieke (ondoorlatende) verharding van straatstenen is infiltrerend water een van de grootste vijanden voor de duurzaamheid en de stabiliteit van de constructie. Waterophoping in de constructie heeft een aantal schadelijke effecten zoals verlies aan draagvermogen bij verzadiging van de fundering of het zogenoemde pompeffect in de straatlaag. Bij een continue verkeersbelasting worden samen met het ingesloten water in de straatlaag ook fijne bestanddelen van de straatlaag door de voegen uitgedreven.



Figuur 3.17 Pompeffect bij waterophoping in de straatlaag en daaruit voortvloeiend schadebeeld

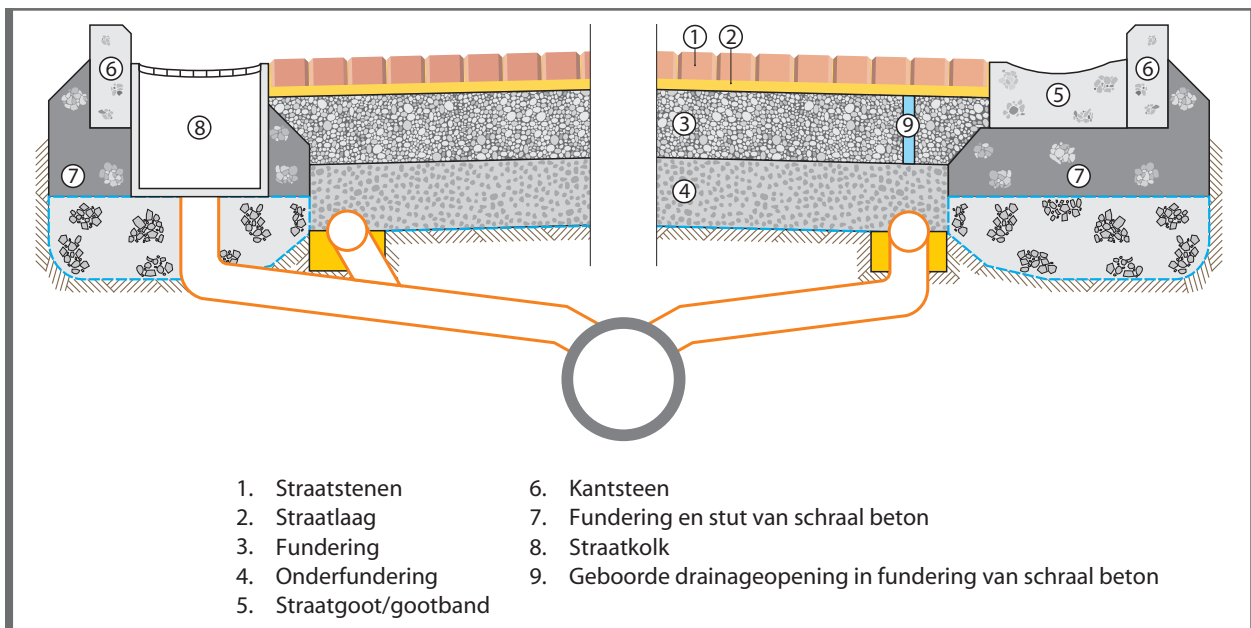
Bovendien verdwijnt fijn voegmateriaal uit de voegen. Dit probleem doet zich overigens ook voor als een zandcementmengsel als straatlaag is toegepast en geen maatregelen zijn genomen om het water af te voeren.

Materiaalverlies uit de straatlaag en voegen tast op middellange termijn de stabiliteit van de verharding aan, met als gevolg plaatselijk verzakte stenen, evenals schade aan het oppervlak en de randen door bewegen van de stenen. Dit heeft uiteraard gevolgen voor het veronkruidingsrisico (zie ontwerpkenmerk C in § 3.1.3).

Om deze negatieve effecten te vermijden, dient het water zo snel mogelijk te worden afgevoerd (zie figuur 3.18):

- aan het oppervlak (= oppervlaktewater). Dat kan door een goede voegvulling (om waterindringing door de voegen zoveel mogelijk tegen te gaan), een voldoende grote dwarshelling (2 tot 3 %), en voldoende en goed geplaatste straatgoten en kolken;
- in de constructie (= infiltratiewater). Dat kan door aanbrenging van een doorlatende fundering of van geboorde drainageopeningen in de laagste punten van een ondoorlatende fundering (van schraal beton of hydraulisch gebonden steenslag). Bij een weinig doorlatende ondergrond kan aanvullend een drainagevoorziening worden aangebracht.

De onderfundering doet daarbij steeds dienst als drainagelaag.



Figuur 3.18 Afvoer van oppervlaktewater via straatgoten en kolken, en van infiltratiewater in de fundering via geboorde drainageopeningen en aansluitende drainagebuis

De soort van straatgoot voor de afvoer van oppervlaktewater mag vrij worden gekozen, maar kan het veronkruidingsrisico op de verharding beïnvloeden (zie § 3.1.6).

Een andere oplossing voor het waterbeheer kan de toepassing van een volledig doorlatende constructie met waterdoorlatende bestratingen zijn. Onder § 3.3 wordt nader ingegaan op deze bijzondere toepassing.

3.1.7.3 Afstemming op het toekomstige curatieve onkruidbeheer

Dit aspect hangt nauw samen met de inplanting van obstakels (zie § 3.1.4), kantstenen (zie § 3.1.5) en straatgoten (zie § 3.1.6). Het is bepalend voor een vlot machinaal onderhoud in het kader van toekomstige onkruidbestrijding. Geen of onvoldoende aandacht in de ontwerpfase voor dergelijke constructieve details kan probleemzones met moeilijk beheer(s)bare onkruidgroei doen ontstaan (zie figuur 3.19).



Figuur 3.19 Voorbeeld van onvoldoende afstemming op toekomstig (alternatief) onkruidbeheer: probleemzone tussen de parkeerplaatsen en de muur die weinig gebruikt (betreden) wordt en wegens de vele obstakels (fietsstalling, elektriciteitskasten, verkeersbordpalen) moeilijk machinaal te onderhouden is

Dit kan worden vermeden door in het ontwerp oog te hebben voor een vlotte passage van de machines bij het toekomstige, curatieve onkruidbeheer (zie hoofdstuk 4). Dat kan in het bijzonder door:

- rekening te houden met de werkbreedte van de machines. Daartoe kan een minimale afstand tussen de obstakels worden aangehouden, worden smalle reststroken tussen parallelle kantstenen het best vermeden, kan voor verwijderbare obstakels worden gekozen, enz.;
- zo weinig mogelijk niveauverschillen te creëren. Daartoe worden vloeiende overgangen tussen de rijbaan en het fiets- of voetpad voorzien, en afgeronde goten en kantstenen met afgeschuinde (in plaats van rechte) hoeken toegepast. Voorts worden tussen de rijbaan en de parkeervoorzieningen straatgoten aangebracht. Voor het onderhoudsgemak worden de verharding en de aanliggende groenzone met een kantsteen fysiek van elkaar gescheiden.



Figuur 3.20 Aandacht in het ontwerp voor machinaal onderhoud bij toekomstig curatief onkruidbeheer: voldoende afstand tussen obstakels, verwijderbare obstakels, vloeiende overgangen tussen de rijbaan en het fiets- of voetpad, kantstenen met afgeschuinde hoeken, straatgoot tussen de parkeervoorziening en de rijbaan

3.1.7.4 Vervuiling tegengaan

Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven, bestaat er een sterke correlatie tussen organische vervuiling van de verharding (in de voegen – zie figuur 2.5) en de overeenkomstige onkruidgroei. Contaminatie van de voegvulling voorkomen in de ontwerpfase kan dus ook als een belangrijke preventieve maatregel worden beschouwd. Dat kan onder meer door het vermijden van plaatsen waar de wind stilvalt (zoals in opstaande randen en hoeken), zo weinig mogelijk niveauverschillen creëren, open ruimten in verhardingen correct afdichten (bijvoorbeeld door zorgvuldige afwerking rond obstakels en aan randen), keuze van de straatgoten, enz. Deze maatregelen komen grotendeels overeen met de voornoemde ontwerpkenmerken.

Daarnaast kan preventief onderhoud achteraf (wat deels ook onder curatief beheer valt – zie hoofdstuk 4) hier in grote mate toe bijdragen. Het kan dan gaan om regelmatig veegbeheer, de afstemming van veeg- of borstelbeurten op curatieve onkruidbestrijding voor de verwijdering van de groene fractie, de afstemming van het groenonderhoud en het onderhoud van de verharding op elkaar, opnieuw voegen van de verharding met “zuiver” voegmateriaal, enz.

Het is dus zaak vervuiling van de voegvulling zoveel mogelijk te beperken door een aangepast ontwerp en/of door vervuiling na de aanleg zo snel mogelijk en regelmatig te verwijderen, om de voedingsbodem voor onkruidgroei weg te nemen.

3.2 Materiaalkeuzen in de opbouw van de verharding

Nadat eerder al het basisontwerp, dat vooral op de functionele eisen (zie figuur 1.2) is gericht, en de aandachtspunten in het ontwerp en de uitvoering (zie § 3.1) aan bod zijn gekomen, worden hier de specifieke materiaalkeuzen voor de opbouw van de verharding beschreven. Uit het oogpunt van onkruidpreventie zijn een aantal parameters van groot belang bij de keuze van:

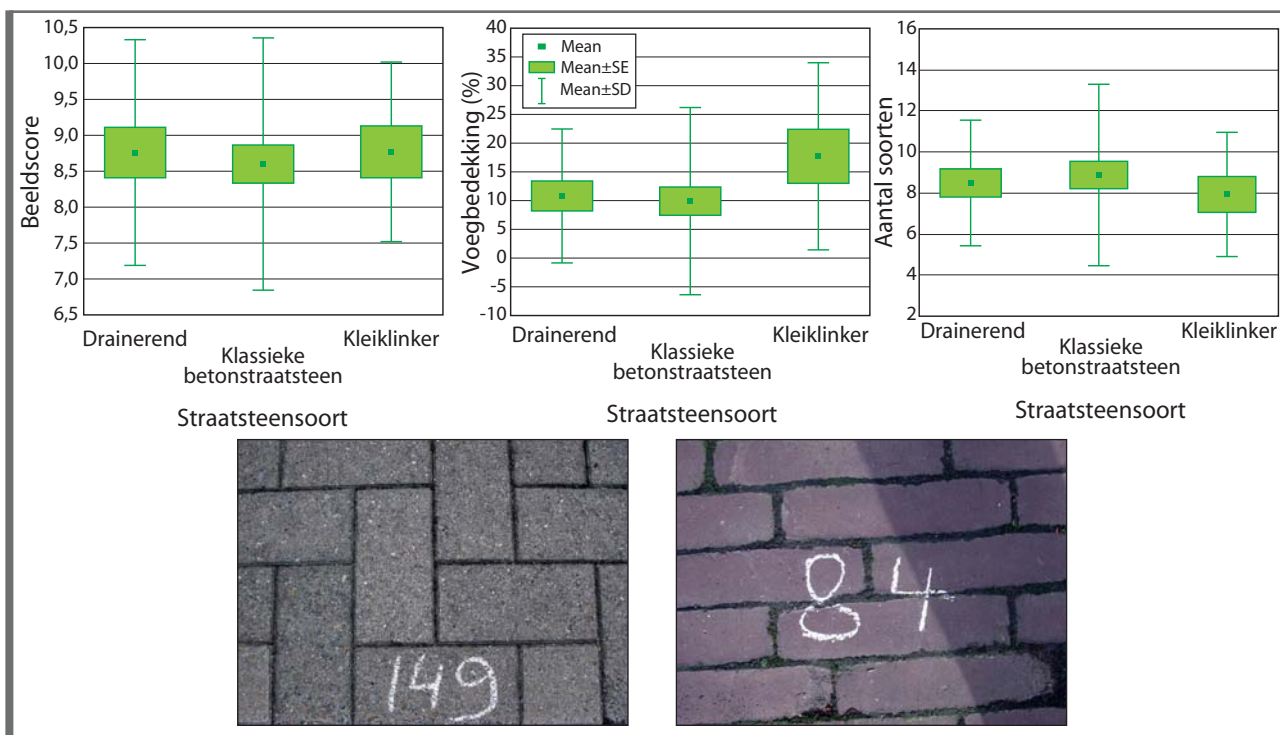
- de straatsteensoort;
- de straatlaag;
- de voegvulling.

De materiaalkeuze voor deze drie componenten in de opbouw van de verharding (zie figuur 1.1) is ook onderling verbonden. De keuze van een bepaalde steensoort zal bijvoorbeeld de keuze van de voegvulling (via de voegbreedte) mee beïnvloeden. Bovendien zal het volledige concept – *straatsteensoort, straatlaag* en *voegvulling* – bepalend zijn voor de uiteindelijke onkruidgroei op de verharding, en zal ook een wisselwerking optreden met vervuiling vanuit de omgeving. Hierna worden voor elk van deze drie componenten een aantal belangrijke technische kenmerken en aandachtspunten met betrekking tot onkruidpreventie toegelicht.

3.2.1 Straatsteensoort

De keuze van de straatsteen (materiaal, formaat, vorm, afmetingen) steunt meestal op esthetische overwegingen, voorschriften in de standaardbestekken en de ervaring van de ontwerper en/of de opdrachtgever. Daarbij dient ook rekening te worden gehouden met de constructieve randvoorwaarden van het project. Voor meer informatie wordt verwezen naar OCW-handleiding A 80/09 over betonstraatstenen, en de geldende normen en technische voorschriften voor andere kleinschalige elementen (NBN EN 1339 voor betontegels, NBN EN 1344 en PTV 910 voor kleiklinkers, NBN EN 1341-1342 en PTV 841-842 voor natuursteentegels en straatkeien).

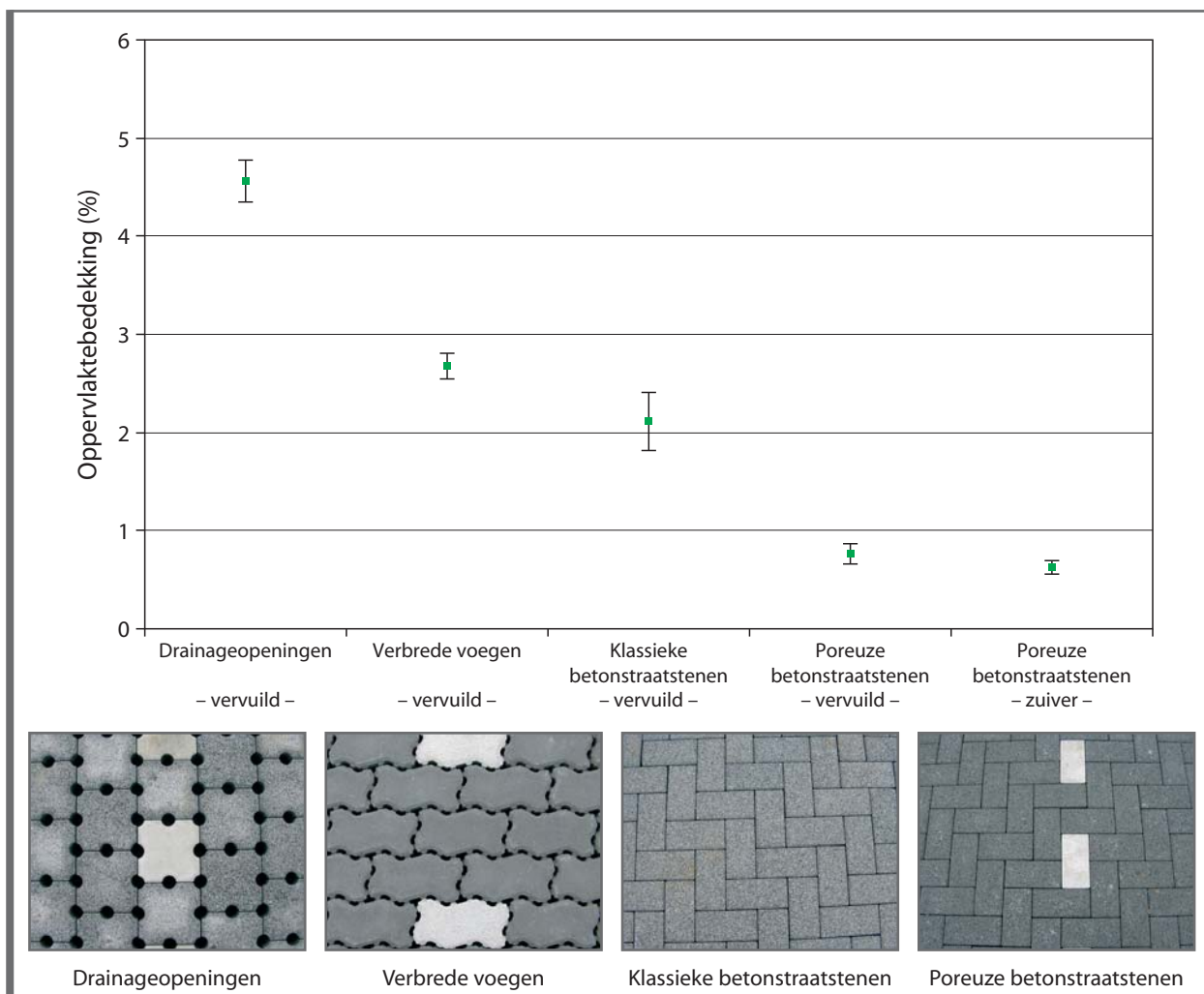
Op grond van de **materiaalsoort** (bijvoorbeeld beton of klei) zijn er over het algemeen tussen de verschillende straatsteensoorten met vergelijkbare voegbreedte (fijne of middelmatige voegen) weinig verschillen in onkruidgroei merkbaar (zie figuur 3.21). De voegbedekking en het aantal meerjarige



Figuur 3.21 Invloed van de materiaalsoort (beton, klei) op onkruidgroei bij vergelijkbare voegbreedte (tot 5 mm)

onkruidsoorten liggen wel iets hoger bij kleiklinkers dan bij klassieke of waterdoorlatende betonstraatstenen, maar de beeldscore is vergelijkbaar.

De **straatsteensoort** (formaat, vorm, afmetingen) bepaalt echter wel de voegbreedte en het percentage aan voegen in het verhardingsoppervlak. Op die manier kan de straatsteensoort (samen met de toegepaste voegvulling) toch een duidelijke invloed op de onkruidgroei hebben (zie figuur 3.22).



Figuur 3.22 Onkruidbedekking (\pm standaardfout) op de OCW-proefparking als functie van de straatsteensoort (mei 2010)

Figuur 3.22 geeft de resultaten weer van metingen op de proefvakken met vier steensoorten (waterdoorlatende stenen met drainageopeningen, waterdoorlatende stenen met verbrede voegen, klassieke stenen en poreuze stenen – zie foto's onderaan in figuur 3.22) en twee bijpassende voegvullingssoorten (porfier 2/6,3 voor brede voegen en zandsteen 0/2 voor smalle voegen) op het OCW-parkeerterrein in Sterrebeek. Hier zij opgemerkt dat het om een worstcasescenario gaat. Op de proefparking is immers een selectie van onkruidzaden bestaande uit plantensoorten die vaak op elementenverhardingen voorkomen (zie hoofdstuk 2) ingezaaid, samen met een deel organische vervuiling (10 vol.-% gedroogde stekgrond). Omdat van poreuze stenen tweemaal zoveel oppervlakte beschikbaar was, werden twee stroken van deze stenen niet vervuild. Zo kon de invloed van de vervuiling met de twee “zuivere” stroken worden vergeleken. In figuur 3.22 is de oppervlaktebedekking met onkruid uitgezet tegenover de straatsteensoort en/of de vervuilingsgraad zeven maanden na inzaai.

Het blijkt dat de verhardingen met hoge voegpercentages (stenen met verbrede voegen met 15 % voegen en stenen met drainageopeningen met 12,5 % voegen) een hogere oppervlaktebedekking met onkruid vertonen dan deze met lage voegpercentages (klassieke stenen met 7 % voegen en poreuze stenen met 6 %

voegen). Net zoals bij de voegbreedte houdt dit wellicht verband met de grotere ruimte en het groter aanbod aan nutriënten en vocht waarover de planten voor hun groei kunnen beschikken. De hoogste onkruidbedekking werd gemeten op verhardingen met drainageopeningen, de laagste op verhardingen met poreuze betonstraatstenen (ongeveer vijfmaal lager).

Bij de verhardingen met een laag voegpercentage was de onkruidbedekking bij *poreuze stenen* slechts half zo groot als bij klassieke betonstraatstenen. Zoals in hoofdstuk 2 is aangetoond, veroorzaakte *organische vervuiling* (met stekgrond) van de voeg (bij verhardingen met poreuze stenen) een verdubbeling in onkruidbedekking. Dit bevestigt het belang van de preventieve verwijdering van organisch materiaal (zie § 3.1.7).

Bij poreuze stenen valt het hoge aandeel aan mossen op (40 % tegenover minder dan 1,5 % op andere verhardingen), waarschijnlijk door de verhoogde porositeit van het oppervlak. De vergelijking van specifieke soorten van waterdoorlatende straatstenen en een klassieke betonstraatsteen toont duidelijk aan dat de onkruidgroei mee wordt bepaald door de straatsteensoort – met de cumulatieve invloed van het voeg- en wellicht ook straatlaagmateriaal. De keuze van de straatsteensoort bepaalt immers de voegbreedte en het voegpercentage in het verhardingsoppervlak, en dus ook het veronkruidingsrisico. Uit het oogpunt van onkruidpreventie verdient dit aspect dan ook bijzondere aandacht, met afstemming van de straatsteensoort op het *in situ*-veronkruidingsrisico en de keuze van de andere componenten (materiaal voor voegvulling en straatlaag).

3.2.2 Straatlaag

De straatlaag is een van de belangrijkste onderdelen van de wegconstructie. Omdat schade vaak het eerst in de straatlaag optreedt (zie figuur 3.17) en uit het oogpunt van onkruidpreventie verdienen de keuze van het materiaal en de uitvoering bijzondere aandacht en zorg.

De straatlaag heeft een tweevoudige rol:

- kleine verschillen in steendikte en kleine oneffenheden in de fundering ondervangen;
- de stenen goed vastzetten (na trilling) en op hun plaats houden.

Belangrijke aandachtspunten en eisen voor een correcte uitvoering van de straatlaag zijn:

- de fundering waarop de straatlaag wordt aangebracht, is goed vlak;
- na verdichting is de straatlaag 30 ± 5 mm dik;
- de verdichting vindt plaats na de aanbrenging van de straatstenen;
- de straatlaag is waterdoorlatend (behalve bij toepassing van zandcement), om waterophoping in deze laag tegen te gaan;
- er wordt een gesloten fundering aangebracht, om wegspoelen van fijne bestanddelen uit de straatlaag in de bovenzijde van de fundering tegen te gaan (= filterstabiliteit – zie bijvoorbeeld figuur 3.25).

Voorts worden ook eisen gesteld aan de kwaliteit van het straatlaagmateriaal, om vergruizing onder invloed van de optredende belastingen tegen te gaan. De keuze van het straatlaagmateriaal hangt af van de verkeersklasse (zie tabel 3.1). Belangrijke kenmerken voor de aggregaten zijn de weerstand tegen vergruizing of verbrijzeling (vooral voor de verkeersklassen I en II) en het (sterk beperkte) gehalte aan fijne bestanddelen ($< 0,063$ mm). In België worden doorgaans harde materialen zoals split van porfier, zandsteen of kwarts toegepast. Voor klasse III komt ook zeezand in aanmerking, voor klasse IV alle soorten natuurzand, zand van gebroken kalksteen en zandcement. Wegens de (zeer) lage waterdoorlatendheid en het daaruit voortvloeiende risico op “pompen” is zandcement enkel voor klasse IV toegestaan.

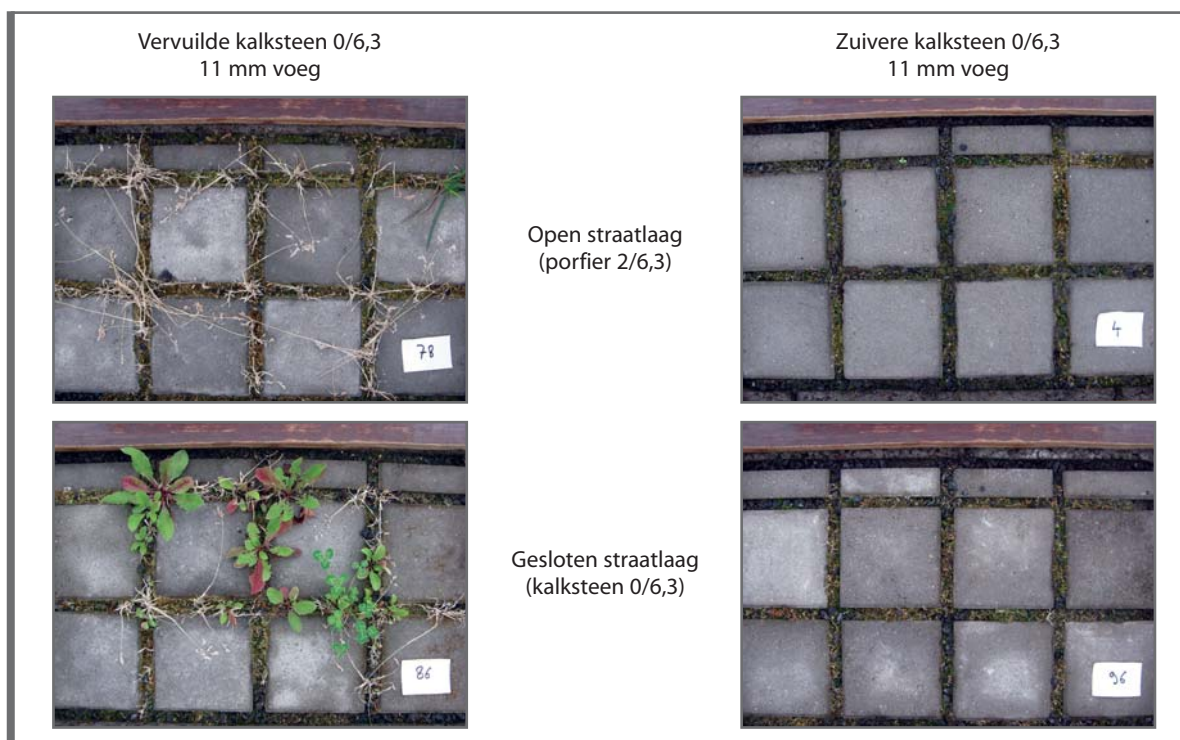


Figuur 3.23 Aanbrenging van de straatlaag

Verkeers-klasse	Doorval door 0,063 mm-zeef	Doorval door 0,500 mm-zeef	Aggregaat	Korrelgrootteverdeling
I	< 4,0 %	< 60 %	Steenslag categorie Ab of 3 volgens PTV 411	0/2 + 2/6,3
II	< 4,0 %	< 60 %	Steenslag categorie Ab of 3 volgens PTV 411	0/2 + 2/6,3
III	< 4,0 %	< 70 %	Steenslag categorie Bc of 4 volgens PTV 411	0/2 + 2/6,3 0/5
IV	< 7,0 %	< 70 %	Alle soorten natuurzand/ steenslag/zandcement	

Tabel 3.1 Keuze van het straatlaagmateriaal als functie van de verkeersklasse

Naast de voornoemde klassieke kenmerken kan het straatlaagmateriaal ook een invloed hebben op het onkruidwerende vermogen van een verharding. Dit kenmerk betreft voornamelijk de *openheid* van de straatlaag in termen van de gradering van het materiaal (**2/D** = open versus **0/D** = gesloten – zie Lijst met afkortingen, blz. v). Het onderzoek heeft aangetoond dat verhardingen met een *open* straatlaag (bijvoorbeeld porfier 2/6,3) na verloop van tijd doorgaans minder veronkruiding vertonen dan deze met een gesloten straatlaag (bijvoorbeeld kalksteen 0/6,3) (zie figuur 3.24). Dit is het duidelijkst bij verhardingen met vervuilde voegvulling en bredere voegen.



Figuur 3.24 Invloed van het straatlaagmateriaal op veronkruiding

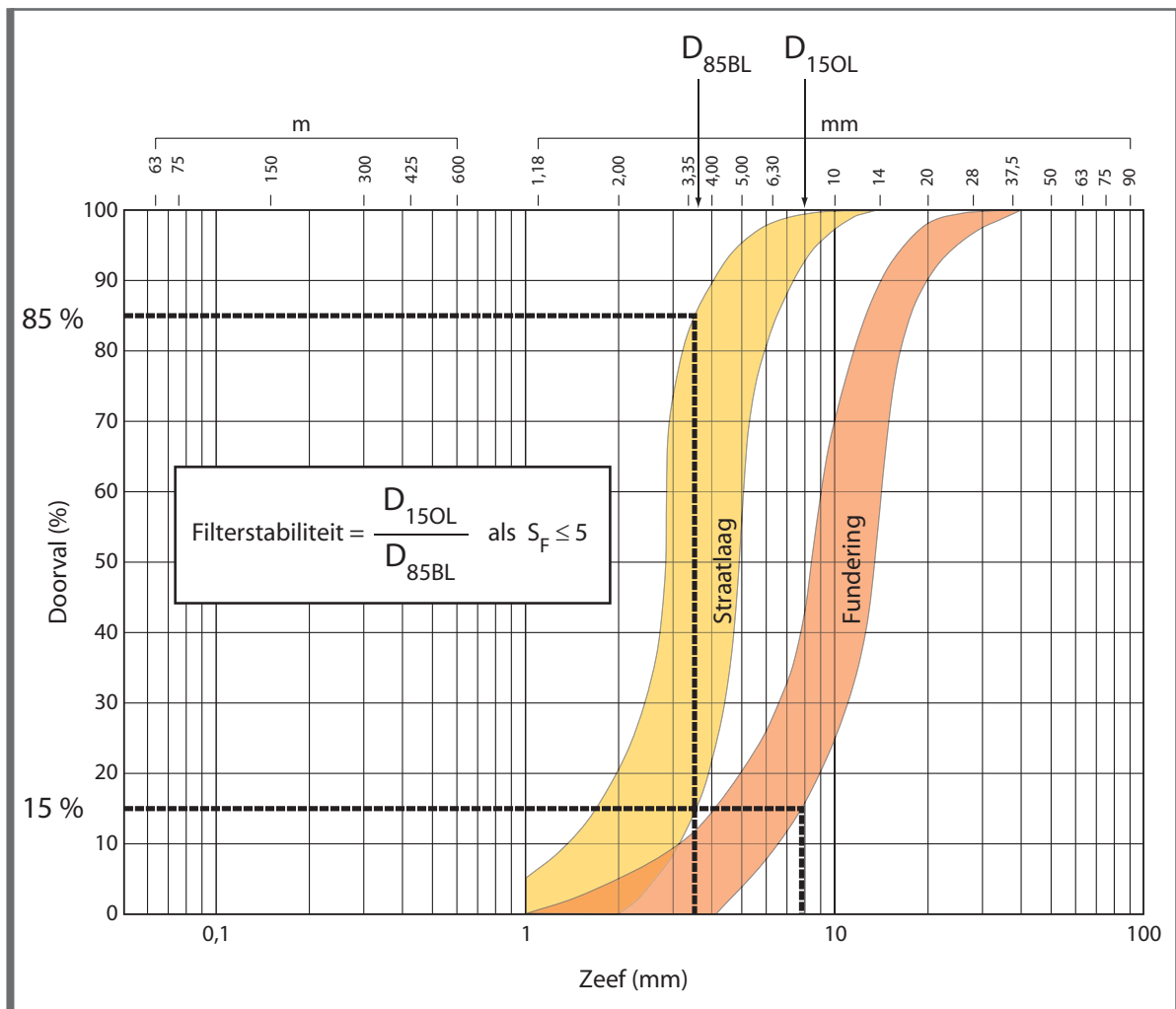
Dit betekent dat er een wisselwerking is tussen het materiaal van de straatlaag en voegvulling (zie § 3.2.3) en de vervuilingsgraad. Een **open straatlaag** biedt in ieder geval de grootste garantie op een lagere onkruidbedekking, terwijl een gesloten straatlaag vaak in meer onkruidgroei resulteert. Wellicht houdt dit verband met de grotere hoeveelheid beschikbaar water voor de plant als gevolg van het hogere gehalte aan fijne bestanddelen (korrelgrootte < 0,063 mm) in een gesloten straatlaag.

Voor zover mogelijk wordt het best een opener straatlaag en/of een lager gehalte aan fijne bestanddelen (bijvoorbeeld f_3 volgens PTV 411 [15]) toegepast, om onkruidgroei preventief te voorkomen. Daarbij dient wel de *filterstabiliteit* tussen de opeenvolgende lagen (fundering, straatlaag, voegvulling) te worden gegarandeerd, om te verhinderen dat de fijnere bovenliggende laag zou verdwijnen in de onderliggende laag. De korrelgrootteverdelingen dienen op elkaar te worden afgestemd, om aan de volgende vergelijking te voldoen (zie figuur 3.25):

$$D_{15} \text{ onderliggende laag} / D_{85} \text{ bovenliggende laag} = S_F \leq 5$$

D_{15} = maaswijdte voor 15 % doorval;
 D_{85} = maaswijdte voor 85 % doorval.

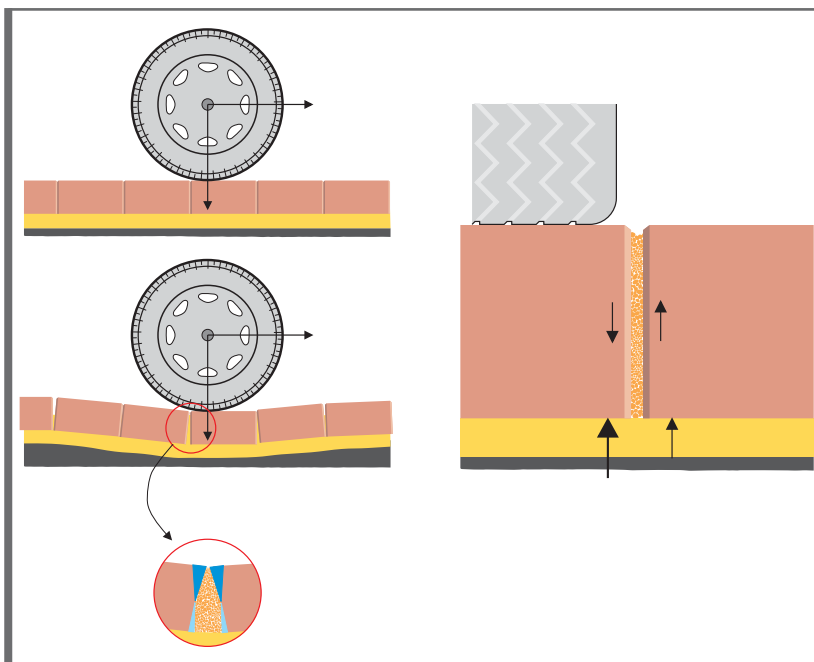
Eventueel kan een niet-geweven geotextiel als filter tussen de straatlaag en de fundering worden aangebracht.



Figuur 3.25 Voorbeeld van filterstabiliteit tussen de straatlaag (BL) en de onderliggende fundering (OL)

3.2.3 Voegvulling

Om effectief de rol van verharding te kunnen vervullen, dienen de voegen steeds volledig met gepast materiaal te zijn gevuld (zie hoofdstuk 1 en figuur 3.26). Zoals al eerder is vermeld, hangt de keuze van de voegvulling in grote mate af van de straatsteensoort (via voegbreedte en -percentage) en de straatlaag (filtercompatibiliteit – zie figuur 3.25). Vooreerst dient het materiaal te voldoen aan de eisen in het geldende standaardbestek. De maximale korrelgrootte bedraagt 1 mm voor smalle voegen (< 2 mm) of 0,8 maal de voegbreedte, met een maximum van 8 mm. Voor ongebonden voegvulling (zand, steenslag) worden bij voorkeur hoekige aggregaten toegepast, om een betere samenhang te verkrijgen.



Figuur 3.26 Lastoverdracht tussen de stenen van een verharding door middel van volledig gevulde voegen. De kracht die onder invloed van het verkeer in een steen optreedt, wordt door de voegvulling gedeeltelijk op de nevenliggende steen overgedragen.

Voorts heeft het onderzoek aangetoond dat het onkruidwerende vermogen sterk verschilt naargelang van de soort van voegvulling. Daarbij worden de volgende soorten onderscheiden:

- klassieke ongebonden materialen (zand en steenslag);
- innovatieve materialen, die speciaal zijn ontwikkeld om onkruidgroei tegen te gaan;
- klassieke gebonden materialen, die in principe ondoorlatend zijn.

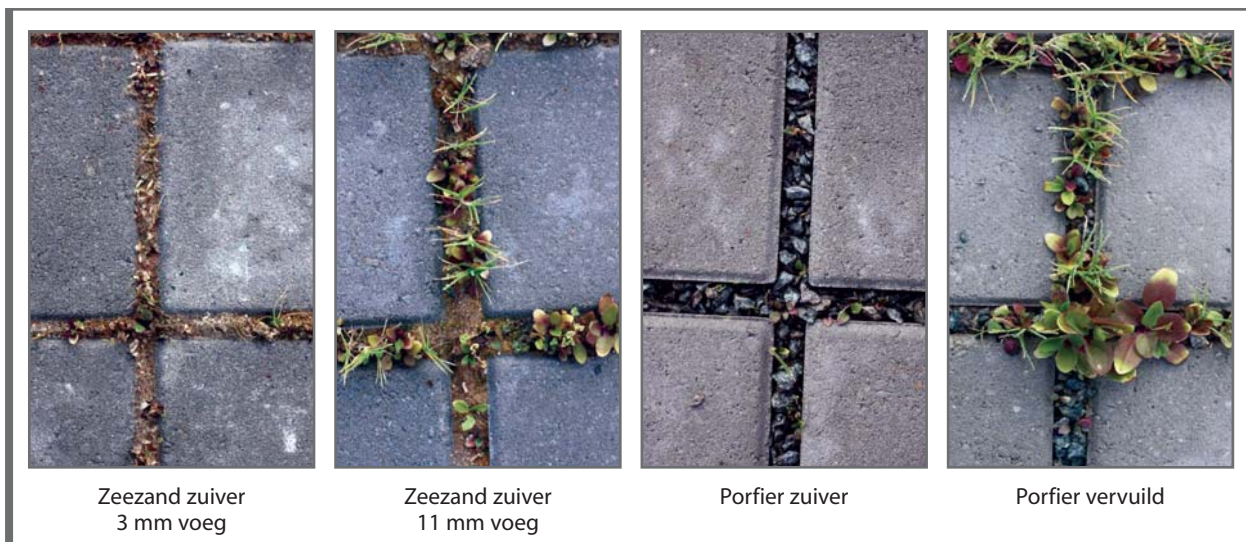
3.2.3.1 Klassieke ongebonden materialen

Onder klassieke ongebonden materialen worden verstaan de gebruikelijke materialen voor voegvulling zoals natuurlijke of kunstmatige zandsoorten (wit zand, zeezand, gebroken kalksteen of zandsteen met korrelgrootte 0/1 of 0/2) en fijn steenslag (bijvoorbeeld porfier, kalksteenslag met korrelgrootte 0/4-6,3 of 2/4-6,3).

Bij deze materialen treedt meer onkruidgroei op bij *brede en vervuilde voegen* (zie figuur 3.28). Brede voegen kunnen voorkomen bij specifieke toepassingen (stenen met verbrede voegen of drainageopeningen), of als gevolg van ontwerpgebreken.



Figuur 3.27 Klassieke voegvulling van ongebonden materiaal



Figuur 3.28 Invloed van de voegbreedte en organische vervuiling op het onkruidwerende vermogen van de voegvulling

Bij brede voegen met (vervuilde) *grovere* materialen (bijvoorbeeld 0/6,3 en 2/6,3) treedt doorgaans minder onkruidgroei op dan bij fijnere materialen (0/1 en 0/2), ongeacht de soort van materiaal. Hoe grover de voegvulling, des te beter doorgaans het onkruidwerende vermogen. Dit houdt wellicht verband met de hoeveelheid beschikbaar water in de voegvulling. Grove steenslagmaterialen werden oorspronkelijk enkel toegepast als voegvulling voor bredere voegen (> 5 mm, bijvoorbeeld keibestratingen). Zij doen vandaag ook dienst als voegvulling voor waterdoorlatende bestratingen (zie § 3.3).

Het blijkt dat ook bij zand (0/2 tot 0/4), dat meestal voor fijnere voegen (< 5 mm) wordt toegepast, met een concentratie aan overwegend grovere korrels (0,2 tot 2 mm) en een beperkt gehalte aan fijne bestanddelen (< 0,063 mm) minder onkruidgroei optreedt in de praktijk (zie figuur 3.29). In tabel 3.2 zijn richtlijnen voor de korrelgrootteverdeling van voegzand weergegeven.

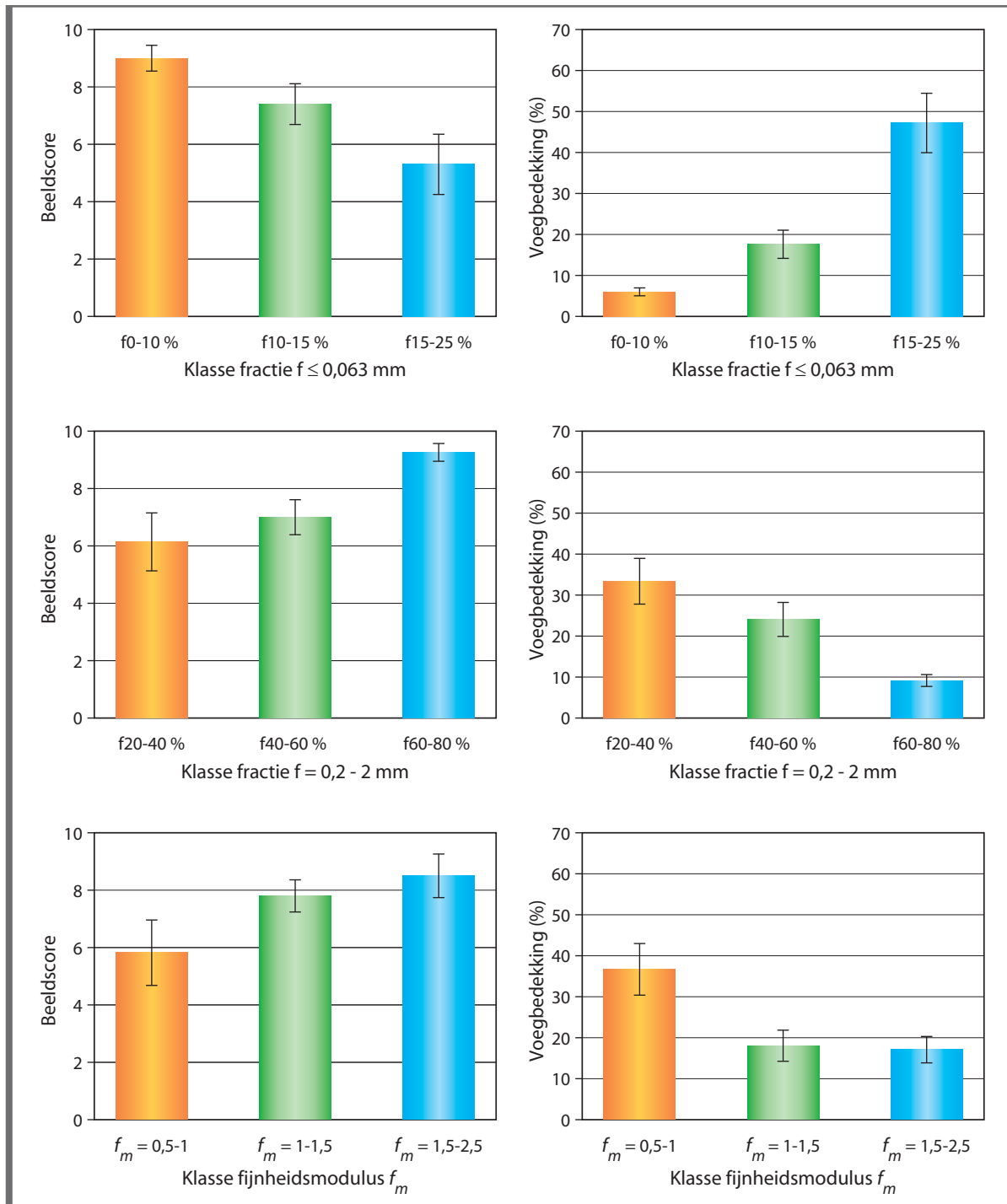
Korrelverdelingsparameter	Minimaal	Aanbevolen	Code volgens PTV 411
Fractie <i>fijn</i> (< 0,063 mm)	< 10 %	< 5 %	f_{10} / f_5
Fractie <i>grof</i> (0,2 tot D mm)	> 60 %	> 70 %	–
Fijnheidsmodulus f_m	> 1,5	> 2,1	MF

Noot:

f_{10} en f_5 = fractie fijne bestanddelen (< 0,063 mm) kleiner dan 10 of 5 %;

MF = Medium Fine = bepaalde klasse voor fijnheidsmodulus f_m van zand.

Tabel 3.2 Richtlijnen voor de korrelverdelingsparameters van voegzand in het kader van onkruidpreventie



Figuur 3.29 Verband tussen de korrelgrootteverdeling van in situ-voegvullingen en onkruidgroei. De gegevens hebben betrekking op locaties met voegbreedte > 5 mm uit de inventarisatiecampagne van UGent (zie hoofdstuk 2). Foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse.

Een verdere indeling in korrelgrootteverdelingsklassen kan worden gemaakt op grond van de gemiddelde korrelgrootte μ en de bijbehorende spreiding σ van de korrelgrootteverdelingskromme:

- klasse 1: kleine μ en σ ;
- klasse 2: kleine μ en grote σ ;
- klasse 3: grote μ en σ ;
- klasse 4: grote μ en kleine σ .

Noot:

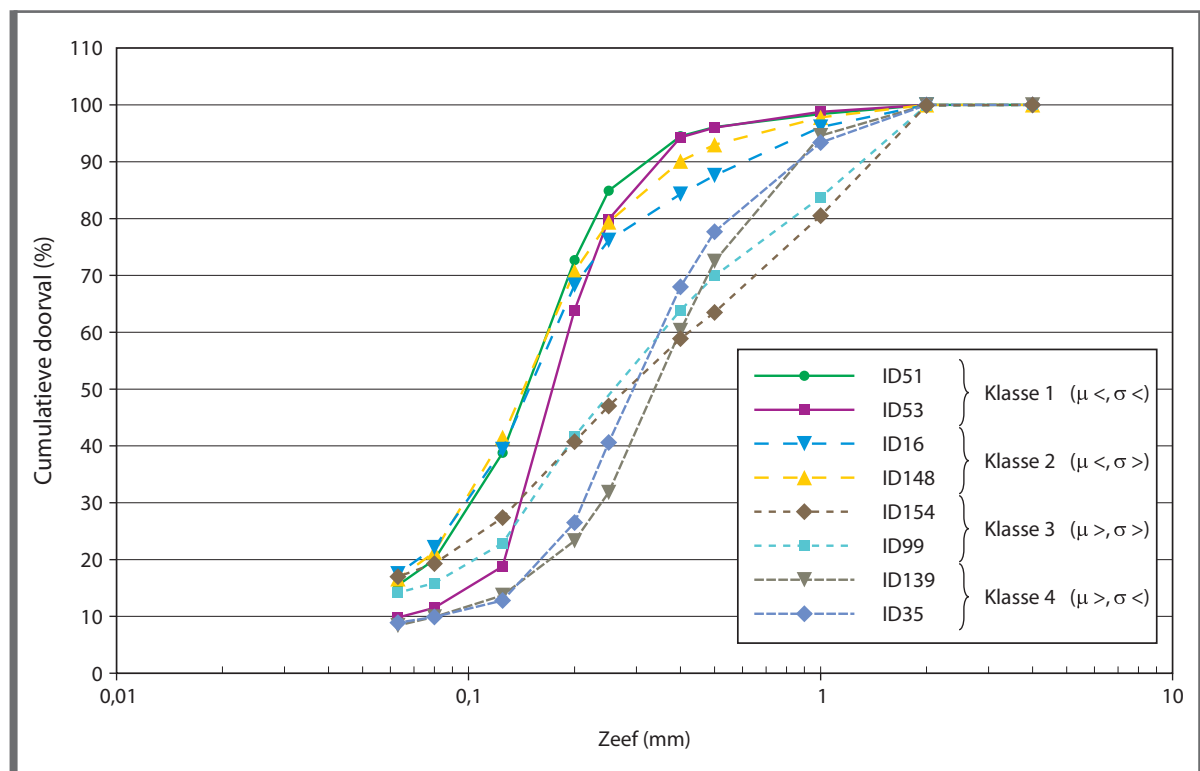
De parameters μ en σ worden berekend met de formules:

$$\mu = \sum d_i \times z_i \quad \text{en} \quad \sigma^2 = \sum (d_i - \mu)^2 \times z_i$$

$z_i = \text{de zeefrest voor } d_i \text{ (mm)}$

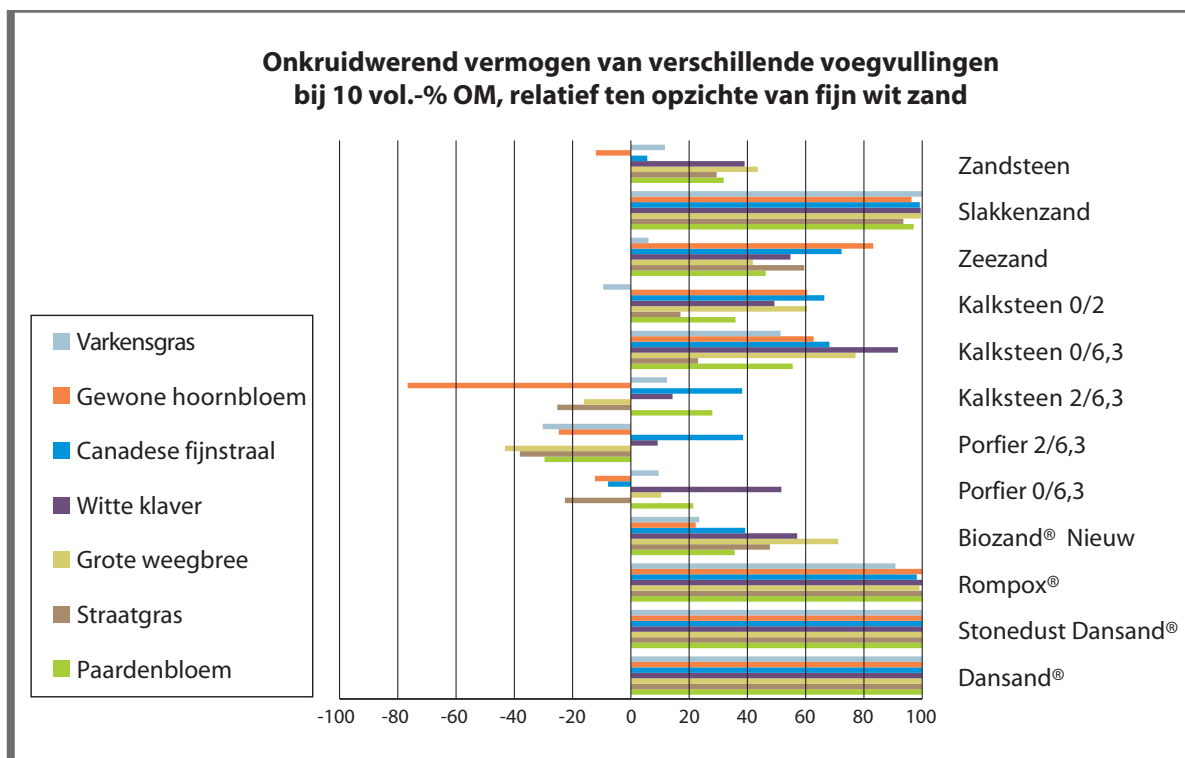
Op grond van de waarden voor deze parameters kan een arbitraire indeling worden gemaakt, bijvoorbeeld $\mu = 0,25$ en $\sigma = 0,98 \times \mu$.

Figuur 3.30 geeft een voorbeeld van kenmerkende zeefkrommen voor deze klassen. Materialen van klasse 4 ($\mu > \sigma <$) geven doorgaans betere resultaten met betrekking tot onkruidgroei.



Figuur 3.30 Kenmerkende zeefkrommen voor de voegvullingsklassen op basis van de parameters μ en σ . Het betreft voegzand uit voegen op geïnventariseerde locaties.

De korrelgrootteverdeling en de korrelvorm van de voegvulling zijn dus zeer belangrijk voor onkruidpreventie, ook voor eenzelfde materiaalsoort (porfier, kalksteen). Binnen materiaalsoorten zijn er grote interspecifieke (tussen plantensoorten) verschillen in groeiresponsie. Bovendien verschilt de groeiresponsie van een plantensoort naargelang van de voegvulling (zie figuur 3.31). Zo gedijt gewone hoornbloem (*Cerastium vulgare*), een van de dominante onkruidsoorten op verhardingen (zie hoofdstuk 2), vrij goed in een alkalische omgeving zoals porfier.



Figuur 3.31 Inter- en intraspecifieke verschillen in groeiresponsie van onkruiden naargelang van de voegvulling. Het onkruidwerende vermogen werd bepaald met potproeven waarbij voegvullingen bij oplopende vervuilinggraden (door inmenging van 0, 5, 10, 20, 40, 80 vol.-% organisch materiaal) werden beproefd. Het onkruidwerende vermogen bij 10 vol.-% OM is uitgedrukt als vermindering van de hoeveelheid biomassa (in %) ten opzichte van het referentiemateriaal wit zand (= nulwaarde). Dit betekent dat bij 100 % geen onkruid voorkomt, bij negatieve waarden groeit meer onkruid dan bij wit zand!

In zuivere toestand vertonen alle (klassieke) voegvullingen een zeker remmend effect op de onkruidgroei. In tegenstelling met de meeste innovatieve materialen (zie § 3.2.3.2) verdwijnt deze remming echter snel naarmate de vervuilinggraad toeneemt (zoals in de praktijk kan voorkomen) (zie figuur 3.33). Toepassing van klassieke ongebonden voegmaterialen vereist dan ook preventieve maatregelen tegen vervuiling (zie § 3.1.7.4) en is *minder* aangewezen voor verhardingen met een hoog risico op onkruidgroei.

3.2.3.2 Innovatieve materialen

Innovatieve materialen zijn speciaal ontwikkeld om onkruidgroei tegen te gaan. Dit kunnen zijn:

- speciaal zand:
 - zoutverrijkt (bijvoorbeeld met natriumsilicaat): Dansand®, Biozand®, enz.;
 - polymeergebonden (meestal een- of tweecomponentenepoxyhars): Jointex®, Nevergreen®, Rompox®, enz.;
 - met alternatieve materialen gebonden (waterige dispersie, organische lijmen): Seal-all Joint®, Envirobond®, Eco-Fugensand®, enz.;

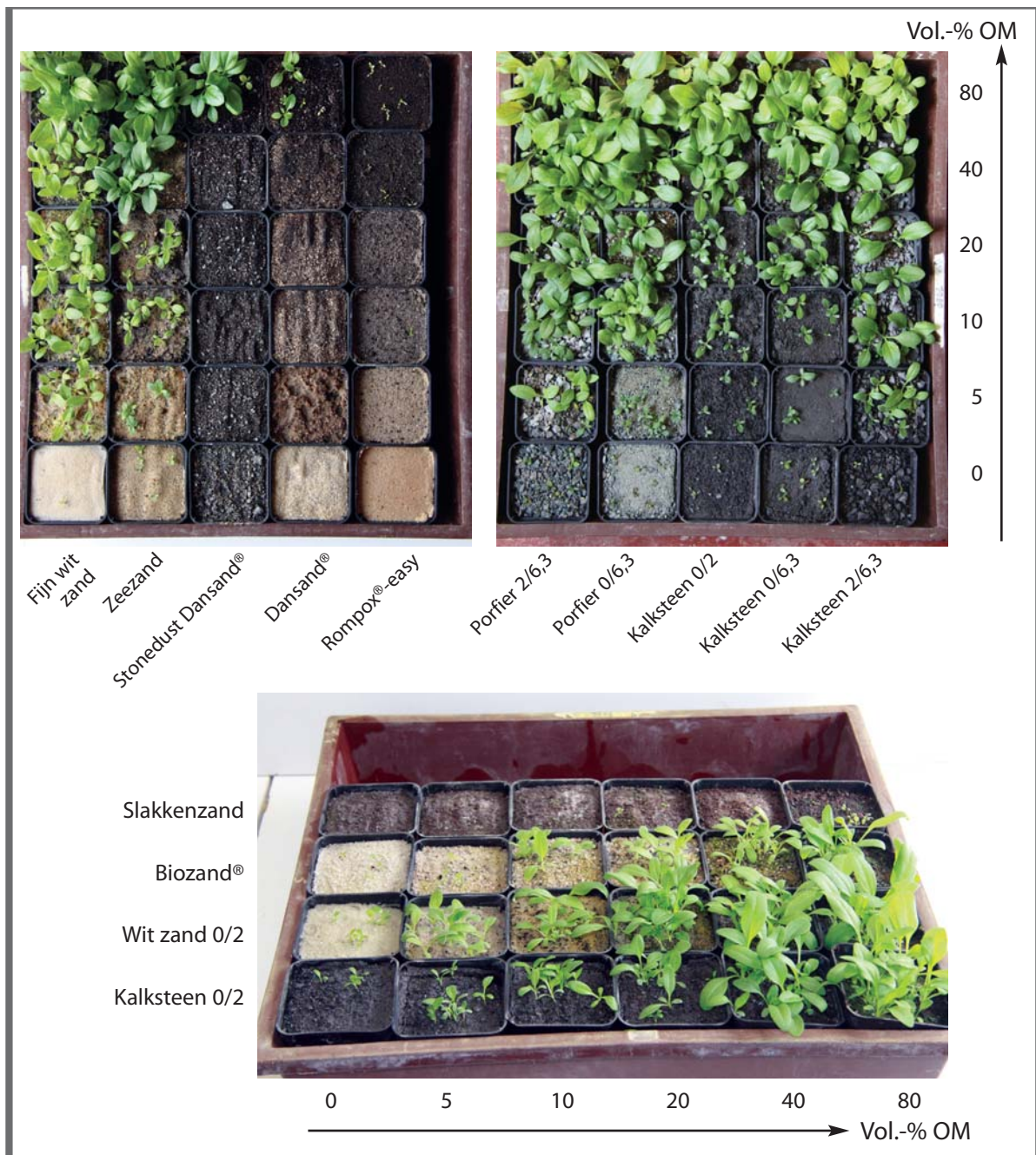
en/of

- experimentele materialen zoals slakkenzand.

De werking van deze materialen steunt vaak op de chemische samenstelling (extreem hoge of lage pH-waarde, hoog zoutgehalte, ultralaag gehalte aan macroelementen, mineraal onevenwicht, enz.) en/of de korrel-



Figuur 3.32 Voorbeelden van innovatieve onkruidremmende voegmaterialen



Figuur 3.33 Groeiresponsie als functie van de vervuilingsgraad (vol.-% OM) voor grote weegbree (*Plantago major*) in verschillende voegvullingen, getest met de potproef. Klassieke materialen zijn fijn wit zand, zeezand, porfier en kalksteen. Innovatieve materialen zijn Dansand®, Rompox-Easy®, Slakkenzand en Biozand®.

groottekenmerken (bepalend voor de beschikbare hoeveelheid vocht) van de voegvulling en/of de water- en luchtdoorlatendheid. Precieze details over de samenstelling en werkzame stoffen zijn echter meestal niet bekend.

Over het algemeen werken deze materialen uitstekend en kunnen ze de aanwezige onkruidgroei aanzienlijk verminderen, ongeacht de vervuiling (zie figuur 3.33). Bij de keuze mag niet uit het oog worden verloren dat niet alle materialen gelijk presteren (zie vergelijking tussen Dansand® en Biozand® in figuur 3.33). Het onkruidwerende vermogen kan bovendien afnemen in de tijd als gevolg van drukscheuren, vorstscheuren (afhankelijk van de vorst-dooibestendigheid voor polymeergebonden materialen), uitloging van de "actieve" onkruidremmende componenten van de voegvulling, enz. Voorts dient de uitloging van zouten (bijvoorbeeld natriumsilicaten) en/of zware metalen (bijvoorbeeld voor slakkenzand) nagegaan te worden, om schadelijke effecten voor aangrenzende vegetatie of het milieu te vermijden.

Materiaal	EC-eluaat ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH-water	Ca ($\mu\text{g}/\text{l}$)	K ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Mg ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Na ($\mu\text{g}/\text{l}$)	Si ($\mu\text{g}/\text{l}$)
Dansand®	2 700	11,4	440	390	< 100	480 000	130 000
Stonedust Dansand®	1 400	10,4	1 700	2 600	< 100	280 000	58 000
Wit zand	12	7,8	1 250	230	< 100	360	2 150
Kalksteen 0/2	205	7,8	26 000	2 250	3 900	2 900	920
Biozand® nieuw 0/2	120	8,1	390	160	< 100	26 000	15 000
Zandsteen 0/2	160	7,8	20 000	4 600	3 400	140	770
Slakkenzand 0/2	7 100	12,5	620 000	5 600	< 10	18 000	< 100
Conc. Grondwater (VLAREM II, 2010)	1 600	5-8,5	270 000	12 000	50 000	150 000	
Conc. Drinkwater (Normen VI. Gew. 2002)	2 100	6,5-9,2	270 000	–	50 000	200 000	–

EC = elektrische conductiviteit (geleidbaarheid)

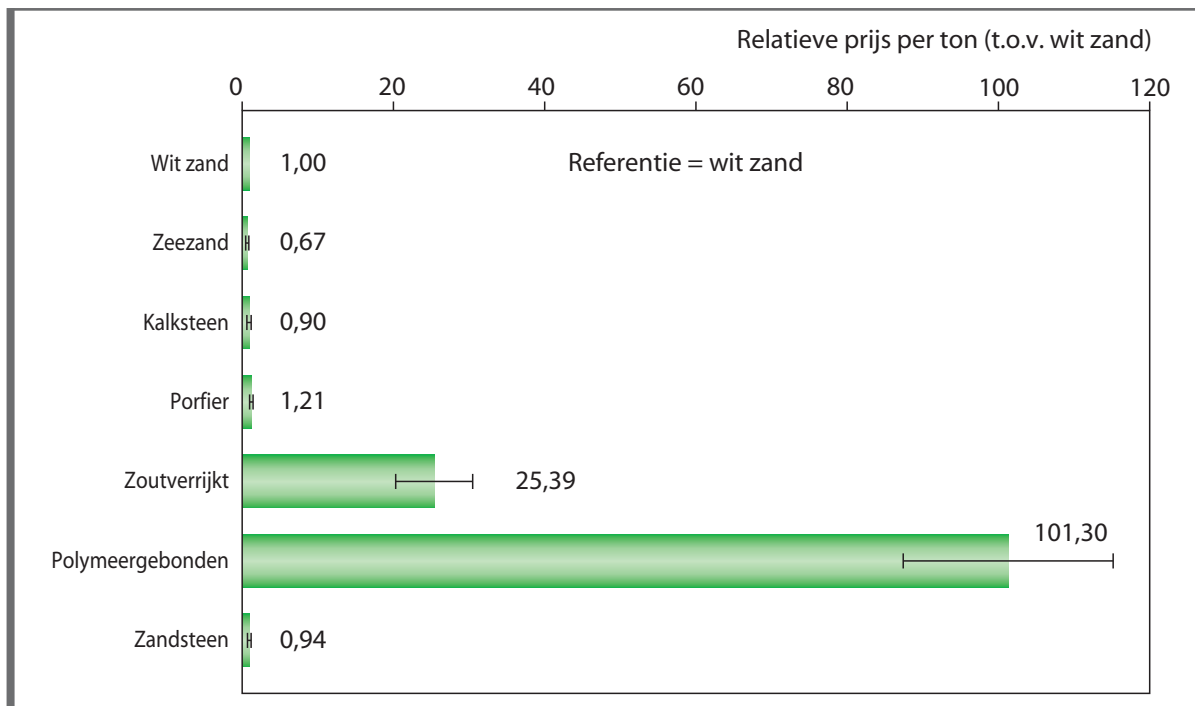
Tabel 3.3 Kenmerkende waarden voor de uitloging van zouten uit enkele voegmaterialen volgens CMA/2/II/A.9.5 (16) van het Compendium voor monsterneming, meting en analyse in het kader van bodembescherming van de Vlaamse Overheid

Hier zij opgemerkt dat geen normen (bijvoorbeeld maximale waarden) voor de uitloging van zouten (Na-, Ca-, K-, Mg- en Si-houdende zouten) bestaan bij gebruik als bouwstof. Bij wijze van indicatie kunnen de concentraties in de uitloogvloeistof worden vergeleken met de richtwaarden (zie tabel 3.3) voor grondwater (VLAREM II, 2010) en/of drinkwater (Normen Vlaams Gewest, 2002). Voor zware metalen zijn in bijlage 4.2.2 A en B van het Vlaams Reglement inzake Afvalvoorkoming en -beheer (VLAREA) een aantal normen voor toepassing van afval (bijvoorbeeld slakkenzand) als niet-vormgegeven bouwstof (bijvoorbeeld als voegvulling)⁽²⁾ vastgelegd. Dergelijke producten dienen steeds met de nodige deskundigheid en voorzichtigheid (onder meer voor het blootstellingsrisico voor de uitvoerder) te worden toegepast. Bovendien kunnen bepaalde materialen ongewenste neveneffecten zoals kalkuitbloeiing en korstvorming vertonen.

In tegenstelling met klassieke gebonden voegmortels (zie § 3.2.3.3), die een vaste en (water- en lucht)dichte voeg creëren, zijn met hars gebonden materialen in meer of mindere mate (water- en lucht)doorlatend. Deze laatste materialen kunnen dan ook voor bepaalde soorten van waterdoorlatende betonstraatstenen (zie § 3.3) worden toegepast. De grens is soms echter vaag, omdat de doorlatendheid samenhangt met de morteldichtheid. Hoe hoger deze dichtheid, des te lager de waterdoorlatendheid, maar ook des te hoger de toelaatbare verkeersbelasting en bijvoorbeeld ook de weerstand tegen veeg- en borstelmachines. Bij materialen met een hogere dichtheid is het onkruidwerende vermogen (eerder) een gevolg van de dichtgemaakte voeg.

Het kostenplaatje voor innovatieve, onkruidwerende of -remmende (al of niet gebonden) voegvullingen is meestal vrij hoog (zie figuur 3.34). Toepassing ervan blijft voorlopig voorbehouden voor locaties met een hoog veronkruidingsrisico (brede voegen > 5 mm, vervuilde omgeving, onbereikbare plaatsen) en/of met een lage onkruidtolerantie in het straatbeeld (hoge beeldkwaliteit – zie hoofdstuk 2). Epoxyharsen worden vaak niet over de volledige steendiepte toegepast. Bij de praktische toepassing van deze materialen dient ook rekening te worden gehouden met het gedrag onder verkeer.

⁽²⁾ Algemeen voldeed het in het onderzoek geteste slakkenzand aan alle eisen voor uitloging van zware metalen en bezit het de nodige milieuhygiënische kwaliteit om als voegvulling te worden toegepast.



Figuur 3.34

Indicatieve prijsvergelijking (relatieve prijs ten opzichte van de prijs per ton voor wit zand in 2010) van verschillende voegvullingen, op basis van navraag bij leveranciers.

Hier zij opgemerkt dat de prijs per ton niet dezelfde is als de prijs per m². De prijs hangt af van plaatselijke omstandigheden en is onderhevig aan schommelingen! Kenmerkende geraamde verbruikswaarden voor voegbreedten van 3 mm, voegdiepten van 5 cm en stenen van 20 x 10 cm zijn bijvoorbeeld 2,8 tot 3,8 kg/m² voor met epoxyhars gebonden materialen, 3 tot 4 kg/m² voor fijn zand (wit zand, zeezand, zandsteen), 4 kg/m² voor porfier en kalksteen, en 3,9 kg/m² voor Dansand[®].

3.2.3.3 Klassieke gebonden materialen

Klassieke gebonden materialen zijn (met cement of kalk gebonden) voegmortels en gemodificeerde mortels (met toegevoegde polymeren voor een verhoogde kleef- en hechtsterkte) waarmee een water- en luchtdichte voeg wordt gecreëerd. Kiemende onkruiden kunnen zich niet of zeer moeilijk in de verharde voegvullingen nestelen.

Deze “gesloten” voegvullingen worden meestal enkel toegepast voor bredere voegen (8 tot 10 mm) van bijvoorbeeld keisteenbestratingen en/of voor het afdichten van grotere openingen rond obstakels en straatgoten, op verkeersgeleiders, enz. (zie § 3.1). Belangrijke aandachtspunten bij deze materialen zijn de vervorming door krimp en de vorst- en dooibestendigheid. Het bindmiddel maakt deze materialen ook duurder dan ongebonden materialen. Toepassing ervan is daarom voorbehouden voor locaties met een hoog veronkruidingsrisico en/of in gevallen waar geen waterdoorlatendheid of net waterdichtheid is vereist.



Figuur 3.35 Voorbeeld van met gemodificeerde mortel gevoegde verharding

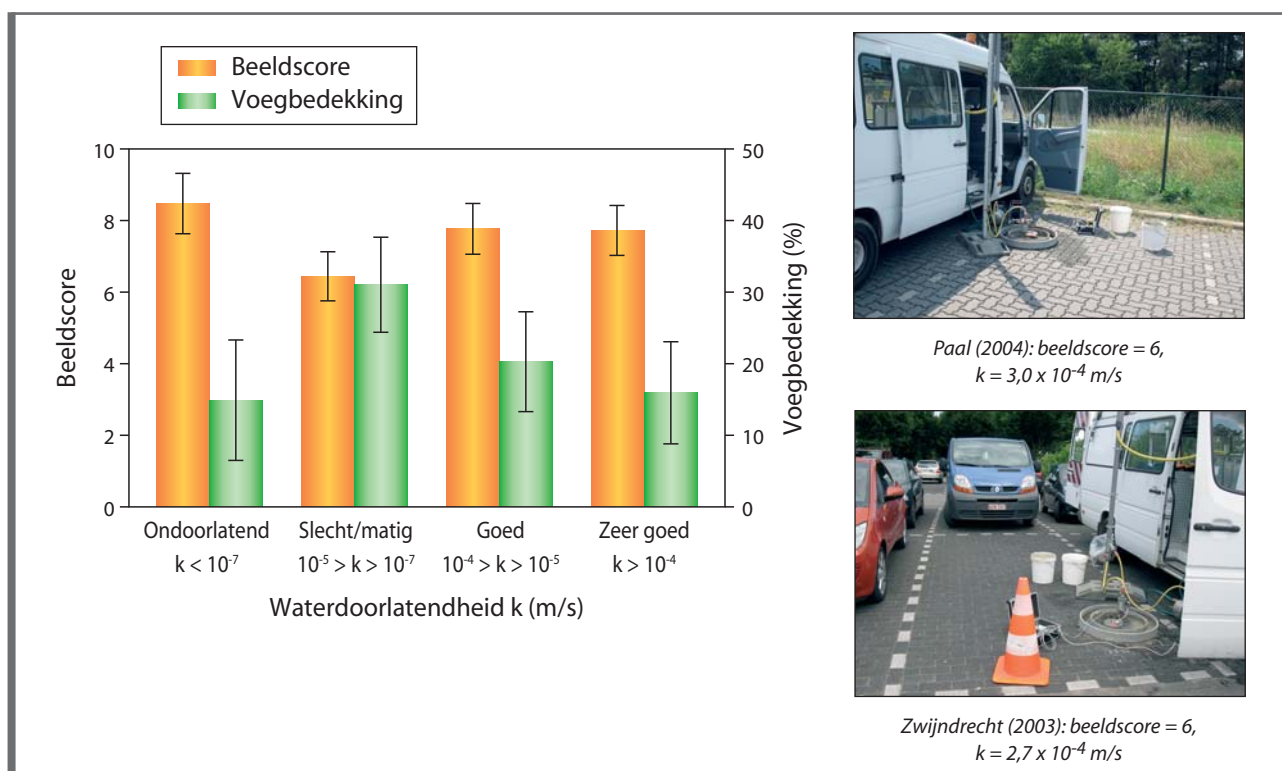
Algemeen mogen bij de keuze van de voegvulling (zij het klassieke, innovatieve dan wel gebonden materialen) de wisselwerking tussen de straatlaag, de voegvulling en/of de vervuiling, en de volledige opbouw (inclusief straatsteensoort) niet uit het oog worden verloren. Het veronkruidingsrisico kan niet alleen op basis van het onkruidwerende vermogen van de toegepaste voegvulling worden voorspeld.

Daarnaast dient ook rekening te worden gehouden met de hiernavolgende factoren:

- de toegestane verkeersbelasting (bijvoorbeeld, voor welke verkeersklasse geschikt?);
- de waterdoorlatendheid van het materiaal (bijvoorbeeld, toepassing voor waterdoorlatende bestratingen?);
- de minimale voegbreedte en -diepte voor de beschouwde toepassing (afhankelijk van de straatsteensoort);
- het kenmerkende verbruik in kg/m^2 (bepaalt mee de kostprijs);
- de vorst- en dooibestendigheid (afhankelijk van het toepassingsgebied);
- de onderhoudsmogelijkheden (bijvoorbeeld weerstand tegen veeg- en borstelmachines) met het oog op toekomstige onkruidbestrijding (zie hoofdstuk 4).

3.3 Specifieke eisen voor waterdoorlatende bestratingen

De keuze voor waterdoorlatende bestratingen geeft in vergelijking met een klassieke verharding niet noodzakelijk aanleiding tot meer of minder veronkruiding. Metingen van de beeldscore en voegbedekking op zowel klassieke als waterdoorlatende (hoofdzakelijk poreuze) stenen tonen dat er geen duidelijk verband tussen de waterdoorlatendheid van het oppervlak en de onkruidgroei op de verharding is.



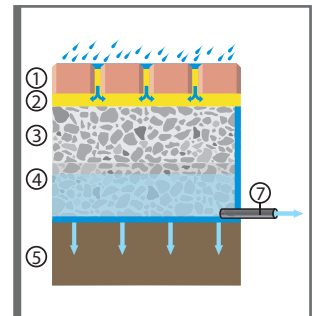
Figuur 3.36 Waterdoorlatendheid (k) en onkruidgroei (metingen uit 2009)

Zelfs bij een lagere beeldscore blijft de waterdoorlatendheid in de tijd (vijf tot tien jaar) behouden. Er is dus geen reden om waterdoorlatende bestratingen uit te sluiten, op voorwaarde dat van bij het begin rekening wordt gehouden met een aantal specifieke ontwerp- en uitvoeringseisen. De voornaamste aandachtspunten en in het bijzonder de componenten die onkruidgroei kunnen beïnvloeden (zie §§ 3.1 en 3.2), worden hierna beschreven. Voor meer informatie wordt verwezen naar *Dossier 5* bij OCW Mededelingen 77 (2008) [10] en Technische Voorschriften PTV 827 voor het gehele systeem van waterdoorlatende bestratingen [17].

3.3.1 Ontwerp en dimensionering van waterdoorlatende bestratingen

In figuur 3.37 is het werkingsprincipe van waterdoorlatende bestratingen schematisch voorgesteld.

- De *bestrating* (1) (stenen of voegen) en de *straatlaag* (2) zijn voldoende doorlatend om het oppervlaktewater op te nemen en zo snel mogelijk naar de onderliggende lagen af te voeren.
- Naast het draagvermogen onder verkeer zoals bij klassieke verhardingen staat de *fundering* (3) ook in voor de afvoer van water in de onderfundering of ondergrond. Bij buffering van water dient verzadiging met water zoveel mogelijk te worden vermeden, om verlies aan draagvermogen tegen te gaan.
- De eigenlijke buffering van hemelwater vindt plaats onderaan in de constructie, namelijk in de *onderfundering* (4) (vooral bij weinig doorlatende grond).
- Het hemelwater wordt bij voorkeur door infiltratie in de *ondergrond* (5) afgevoerd (afhankelijk van de doorlatendheid), of door vertraagde afvoer via een drainagevoorziening naar een nabijgelegen infiltratiebekken of sloot. Belangrijk hierbij is dat de waterafvoer door middel van een *knijpleiding* (7) voldoende wordt vertraagd om stroomafwaarts geen overbelasting te krijgen en het water in de constructie te bufferen.

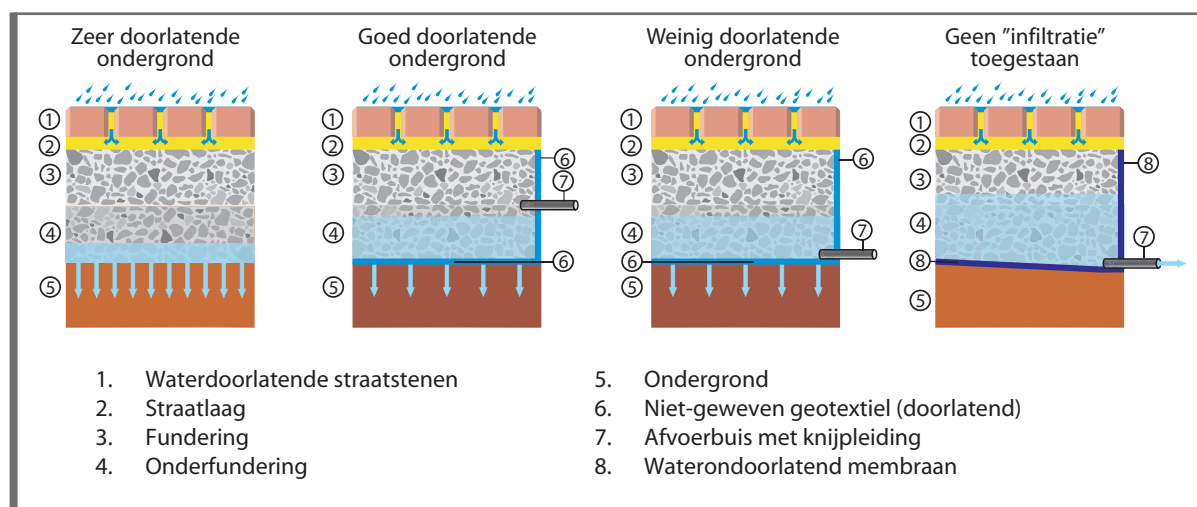


Figuur 3.37
Werkingsprincipe van waterdoorlatende bestratingen

Bij het ontwerp en de dimensionering dienen dezelfde aspecten als voor klassieke verhardingen zoals een goede verdichting van de materialen en een goede kwaliteit van de aggregaten in acht te worden genomen. Wegens het eventuele verlies aan draagvermogen tijdens buffering van water in de constructie zijn waterdoorlatende bestratingen enkel geschikt voor de verkeersklassen II, III en IV (zie tabel 1.1 en figuur 3.39), dit wil zeggen voor toepassingen met een passage van slechts een honderdtal vrachtauto's per dag.

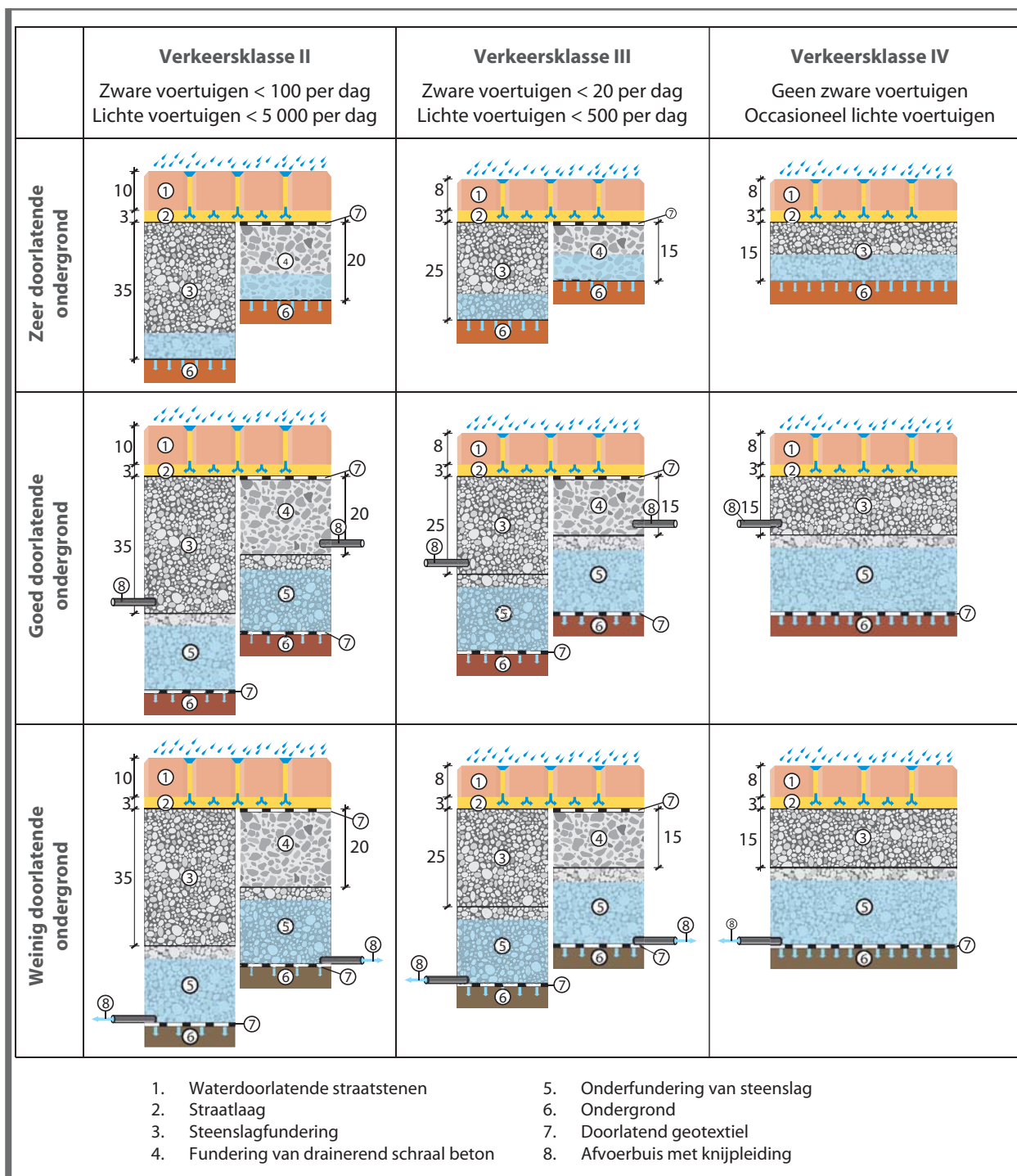
De maatstaf voor de waterdoorlatendheid is de berging en infiltratie (en/of vertraagde afvoer) van een statistische, intense regenbui van tien minuten met een neerslaghoeveelheid van 16 mm die eens in de dertig jaar voorkomt in België [17]. Omgerekend geeft dit een doorlatendheidscoëfficiënt van 270 l/s/ha en, rekening houdend met een veiligheidsfactor 2 (vanwege mogelijke ingesloten lucht en een afname in de tijd) een minimale doorlatendheid k van $5,4 \times 10^{-5}$ m/s. Bij de oplevering dient de doorlatendheid van het geheel (straatstenen, straatlaag, fundering en onderfundering) ten minste gelijk te zijn aan deze ontwerpwaarde.

Afhankelijk van de doorlatendheid van de ondergrond dient onderaan in de constructie eventueel een aanvullende drainagevoorziening te worden aangebracht (zie figuur 3.38).



Figuur 3.38 Aanbrenging van een drainagevoorziening bij waterdoorlatende bestratingen naargelang van de soort van ondergrond of indien geen infiltratie is toegestaan

Net zoals bij klassieke verhardingen wordt bij de dimensionering van de fundering uitgegaan van de verwachte verkeersbelasting. Wegens de mogelijke verzadiging met water bij buffering is toepassing van waterdoorlatende bestratingen voor de verkeersklasse I (met de zwaarste verkeersbelastingen) echter uitgesloten (zie figuur 3.39). Voorts dient de waterdoorlatendheid van het funderingsmateriaal ten minste $5,4 \times 10^{-5}$ m/s te bedragen.



Figuur 3.39 Standaardmodellen voor de opbouw van waterdoorlatende bestratingen als functie van de verwachte verkeersbelasting en de doorlatendheid van de ondergrond

Voor de dimensionering van de onderfundering voor waterdoorlatende bestratingen kan worden uitgegaan van de vereiste buffercapaciteit, rekening houdend met de porositeit van het materiaal. Hiervoor zijn twee mogelijkheden:

- uitgaan van een statistische regenbui van tien minuten met een terugkeerperiode van dertig jaar;
- rekening houden met opeenvolgende regenbuien als functie van het gewenste ledigingsdebiet en de terugkeerperiode van de overloop (= moment dat het water in de fundering terecht komt).

Meestal wordt de dikte van de onderfundering echter bepaald door de vereiste vorstvrije diepte, om de grond tegen vorst te beschermen. Voor meer informatie wordt verwezen naar *Dossier 5* bij OCW Mededelingen 77 (2008) [10].

3.3.2 Materiaalkeuze

3.3.2.1 Soorten van waterdoorlatende straatstenen

Algemeen worden vier soorten van waterdoorlatende straatstenen (doorgaans van beton) onderscheiden.

■ *Stenen met verbrede voegen*

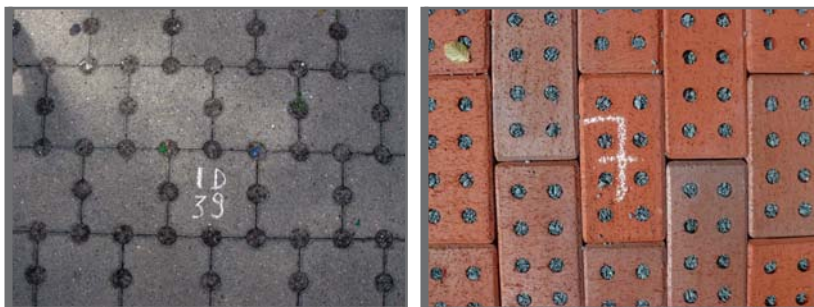
Stenen met verbrede voegen hebben zijvlakken met brede nokken of afstandhouders. Het doel is brede voegen te creëren, waardoor hemelwater naar de fundering en ondergrond kan worden afgevoerd. Daartoe worden de nokken van een klassieke steen verbreed tot het vereiste **voegenaandeel (tenminste 10 % van het verhardingsoppervlak)** volgens de PTV 122 [18]) is bereikt. Om voldoende oppervlakedoorlatendheid te verkrijgen, dient de doorlatendheidscoëfficiënt van de voegvulling (zie § 3.3.2.2) ten minste $5,4 \times 10^{-4}$ m/s te bedragen.



Figuur 3.40 Betonstraatstenen met verbrede voegen

■ *Stenen met drainageopeningen*

Stenen met drainageopeningen zijn zo ontworpen dat een verharding met openingen wordt gerealiseerd en hemelwater in de constructie kan dringen. Daartoe worden aan een of meer zijden of in het midden van de steen openingen uitgespaard. Het **drainageaandeel** moet volgens de PTV 122 **ten minste 10 %** van het oppervlak bedragen. De doorlatendheidscoëfficiënt van de voegvulling is ten minste gelijk aan $5,4 \times 10^{-4}$ m/s.



Figuur 3.41 Betonstraatstenen (links) en kleiklinkers (rechts) met drainageopeningen

■ *Poreuze stenen*

Poreuze stenen zijn doorlatend over het hele oppervlak. In plaats van de klassieke wordt een poreuze betonsamenstelling toegepast, om de geëiste infiltratiecapaciteit te bereiken.

De **infiltratiecapaciteit** van poreuze stenen dient volgens de PTV 122 ten minste gemiddeld $5,4 \times 10^{-5}$ m/s te bedragen. Wegens de open structuur bezitten poreuze betonstraatstenen een lagere spijttreksterkte ($> 2,5$ MPa) dan klassieke betonstraatstenen ($> 3,6$ MPa), maar ze vormen een aaneensluitend oppervlak – wat de begaanbaarheid verbetert.



Figuur 3.42 Poreuze betonstraatstenen

■ Grasbetontegels

Ook grasbetontegels kunnen als waterdoorlatende bestratingen worden toegepast, op voorwaarde dat ze op een doorlatende onderbouw worden aangebracht en de openingen met steenslag worden gevuld. De eisen voor grasbetontegels zijn in de PTV 121 [19] vastgelegd. Grasbetontegels worden echter verder in deze handleiding en de bijbehorende bijlage buiten beschouwing gelaten.



Figuur 3.43 Grasbetontegels met steenslagvulling

Uit het oogpunt van doorlatendheid is de keuze van de soort van waterdoorlatende stenen vrij. Eerder onderzoek [20] heeft aangetoond dat de oppervlakte-doorlatendheid van verhardingen met straatstenen met verbrede voegen of drainageopeningen initieel heel wat hoger is, maar geleidelijk afneemt tot het niveau van poreuze straatstenen.

Bij de keuze van de steensoort dient dus voornamelijk rekening te worden gehouden met de soort van toepassing (zie tabel 3.4), het gebruikscomfort, en esthetische of andere overwegingen. Zo zijn straatstenen van poreus beton met kleine afschuining en met smalle voegen beter geschikt voor fiets- en voetpaden dan stenen met verbrede voegen en drainageopeningen. Deze laatste hebben dan weer een hogere weerstand tegen zwaar verkeer en zijn ook in een grotere dikte verkrijgbaar. Poreuze stenen zijn bovendien minder bestand tegen vorst-dooicyclusen in aanwezigheid van wegzout, en dus af te raden op plaatsen waar vaak wegzout wordt gestrooid. Grasbetontegels zijn wegens hun specifieke vorm enkel geschikt voor parkeervoorzieningen.

Steensoort	Straat (max. 50 km/h)	30 km/h-zone	Parkeer- voorziening	Wandelweg	Fietspad	Straat in verkeveling
Stenen met verbrede voegen	(✓)	✓	✓	(✓)		✓
Stenen met drainageopeningen	(✓)	✓	✓	(✓)		✓
Poreuze stenen	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Grasbetontegels			✓			

Tabel 3.4 Keuze van de soort van waterdoorlatende steen als functie van de toepassing

Zoals al eerder vermeld, zijn sommige soorten van waterdoorlatende straatstenen gevoeliger voor onkruidgroei dan andere (zie figuur 3.22). Door het grotere voegpercentage zijn stenen met verbrede voegen en vooral stenen met drainageopeningen gevoeliger voor onkruidgroei dan poreuze stenen. Poreuze stenen zijn dan weer gevoeliger voor mosgroei (vooral in het najaar), waarschijnlijk als gevolg van de grotere porositeit van het oppervlak.

Bij toepassing op locaties met een hoog veronkruidingsrisico dient hiermee rekening te worden gehouden, bijvoorbeeld in de keuze van de voegvulling (zie § 3.2 en hoofdstuk 5), door ontwerpmaatregelen om het risico te beperken (zie § 3.1) en/of in de toekomstige onkruidbestrijding (zie § 3.1.7 en hoofdstuk 4). Soms biedt een volledig waterdoorlatende constructie (inclusief voegvulling en straatlaag) duidelijke voordelen met betrekking tot onkruidgroei in vergelijking met een klassieke bestrating (zie figuur 3.22). Dit is dan een extra argument om een waterdoorlatende bestrating toe te passen.

3.3.2.2 Eisen aan de straatlaag en de voegvulling

Om een blijvende doorlatendheid te garanderen, dienen materialen voor de (onder)fundering te voldoen aan specifieke eisen zoals een maximaal gehalte aan fijne bestanddelen en weerstand tegen verbrijzeling. In het kader van onkruidbeheer zijn deze componenten in de opbouw minder rechtstreeks relevant en wordt er hier dan ook niet verder op ingegaan.

De keuze van het materiaal voor de straatlaag en de voegvulling heeft wel een directe invloed op onkruidgroei in de verharding (zie § 3.2). Voor waterdoorlatende bestratingen gelden extra eisen voor het *straatlaagmateriaal*:

- de waterdoorlatendheid is ten minste gelijk aan $5,4 \times 10^{-5}$ m/s;
- het gehalte aan fijne bestanddelen ($< 0,063$ mm) is kleiner dan 3 % (f_3 volgens de PTV 411);
- het materiaal bezit voldoende weerstand tegen vergruizing, om het risico op de vorming van fijn materiaal te verminderen: $LA < 20$ en $M_{DE} < 15$ (categorie Ab of 3 volgens de PTV 411);
- filterstabiliteit: de straatlaag mag niet wegspoelen in de onderliggende fundering (zie figuur 3.25).

Een **open** straatlaag (aggregaat d/D met $d > 0$, bijvoorbeeld gebroken steenslag 1/3, 2/4 of 2/6,3) scoort doorgaans beter op het vlak van onkruidpreventie (zie figuur 3.24). Dit vereist wel een filtercompatibiliteit met fundering én voegvulling (kenmerkend voor verbrede voegen of drainageopeningen met grovere steenslagvulling – zie verder). Als dat niet het geval is, kan een aggregaatmengsel (bijvoorbeeld gebroken zand 0/4 of 0/6,3) worden toegepast met een zeer laag gehalte aan fijne bestanddelen. Tussen een fundering van drainerend schraal beton en de straatlaag wordt steeds een niet-geweven geotextiel aangebracht (zie figuur 3.39).

De *voegvulling* is een laatste bepalende factor in de opbouw van een waterdoorlatende bestrating die afhangt van de straatsteensoort.

Fijne voegen (1 tot 2 mm) van verhardingen met *poreuze betonstraatstenen* moeten worden gevuld met materiaal **0,5/1** of **0,5/2** (G_F85 volgens de NBN EN 13242 [17]), met een doorval door een zeef van 0,5 mm kleiner dan 50 %. Het ontbreken van de fractie 0/0,5 voorkomt dat het oppervlak van de poreuze stenen tijdens het voegen verstopt geraakt, zoals zou gebeuren met een klassieke voegvulling van 0/2 mm. Het gehalte aan fijne bestanddelen wordt ook in dit geval beperkt tot hoogstens 3 % (f_3). Dit heeft ook een gunstig effect op het veronkruidingsrisico (zie figuur 3.29).



Figuur 3.44 Voegvulling 0,5/2 voor een verharding van poreuze betonstraatstenen

Voor waterdoorlatende stenen met *verbrede voegen* en *drainageopeningen* bedraagt het voegenaandeel ten minste 10 % van de totale bestratingsoppervlakte (zie de PTV 122). Dit resulteert over het algemeen in brede voegen in de orde van grootte van 10 mm. Als voegvulling kan hetzelfde materiaal als voor de straatlaag worden toegepast, bijvoorbeeld gebroken steenslag 1/3 of 2/4 mm. Ook hier is filterstabiliteit van de voegvulling ten opzichte van het materiaal van de onderliggende straatlaag vereist. Dat is het geval als voor beide lagen dezelfde korrelgrootte wordt toegepast.

Harde materialen zoals porfier, basalt en zandsteen verdienen de voorkeur boven zachte gesteenten zoals kalksteen, dolomiet en marmer. Te zachte materialen zullen immers na verloop van tijd verweren tot een fijnere korrelgrootte met een groter gehalte aan fijne bestanddelen, waardoor de waterdoorlatendheid kan afnemen.

Voor stenen met verbrede voegen of drainageopeningen is voegvulling met een waterdoorlatendheid van ten minste $5,4 \times 10^{-4}$ m/s vereist, om een doorlatendheid van $5,4 \times 10^{-5}$ m/s voor het totale oppervlak te verkrijgen (gezien het voegenaandeel van 10 %). Een korrelmaat 1/3 of 2/4 mm zal hier ruimschoots aan voldoen.

Bij een matig tot hoog veronkruidingsrisico (vooral voor bredere voegen) kan toepassing van innovatieve, maar voldoende waterdoorlatende voegvullingen (bijvoorbeeld grof, met zoutverrijkt zand 0/4 of met epoxyhars gebonden zand – zie § 3.2) aangewezen zijn, om onkruidgroei in de brede, waterdoorlatende voegen tegen te gaan.



Figuur 3.45 Polymeergebonden, onkruidwerende én doorlatende voegvulling in stenen met drainageopeningen (2008)

Hoofdstuk 4

Curatieve maatregelen

Ondanks de brede waaier aan mogelijke preventieve maatregelen (zie hoofdstuk 3) is onkruidgroei op verhardingen op lange termijn *onvermijdelijk*. Mossen en algen zijn typische pionierplanten op pas aangelegde verhardingen. De bijbehorende organische vervuiling biedt vestigingskansen voor hogere plantensoorten, zodat vroeg of laat curatieve maatregelen noodzakelijk zijn. De voorkomende onkruidsoorten (zie hoofdstuk 2 en figuur 2.2) zijn meestal lastig te bestrijden. Het gaat immers vaak om planten die sterke betreding tolereren, goed bestand zijn tegen hitte of droogte en/of over ondergrondse reserveorganen beschikken en zo in voegen kunnen overleven.

Het overmatige en/of onaangepaste gebruik van pesticiden leidde in het verleden vaak tot overschrijding van de Europese waternormen. Om die reden legden heel wat landen, waaronder België (zie hoofdstuk 1), drastische beperkingen voor het gebruik van herbiciden op verhardingen in openbare ruimten vast. Vanaf 2015 dient onkruidbestrijding op verhardingen in openbare ruimten in Vlaanderen op niet-chemische wijze te gebeuren.

In dit hoofdstuk worden de gangbare alternatieve, *niet-chemische* onkruidbestrijdingstechnieken beschreven. Tevens wordt dieper ingegaan op de toepasbaarheid, de effectiviteit en een geïntegreerde aanwending van deze technieken.



Figuur 4.1 Onkruidbestrijding op een verharding van betonstraatstenen

4.1 Beschikbare niet-chemische onkruidbestrijdingstechnieken

Toepasbare curatieve bestrijdingstechnieken (zie figuur 4.2) zijn *chemische middelen* (voornamelijk glyfosaat, een systemisch (totaal)werkend bladherbicide met een breed werkingsspectrum), *manuele behandeling* (wieden), *mechanische technieken* (borstelen, maaien, snijden met waterstraal, betreden, berijden, enz.) en *thermische technieken* (stootbranden, heteluchttechniek, heetwatertechniek, stomen, branden met infraroodstralen, enz.).

Gezien de huidige wettelijke context (pesticidenreductiedecreet [1, 2], Europese Kaderrichtlijn Water [21]) wordt niet verder ingegaan op de chemische bestrijding.

De volgende curatieve technieken worden evenmin besproken: wegenzout, manuele behandeling, betreden en berijding.

Toepassing van wegenzout tegen wintergladheid heeft een neveneffect als onkruidbestrijder. Het veroorzaakt immers fysiologische droogte en Na-toxiciteit, en remt zo plantengroei op korte en lange termijn af. Uit ecologisch oogpunt is toepassing van wegenzout als zuiver onkruidbestrijdingsmiddel niet raadzaam. Bovendien is het geen wettelijk erkend onkruidbestrijdingsmiddel.

Manuele behandeling is een speciale vorm van mechanische bestrijdingstechniek (bovengronds afsnijden, losrukken van de plant). Deze arbeidsintensieve methode heeft een te lage productiviteit om op grote schaal te worden toegepast.

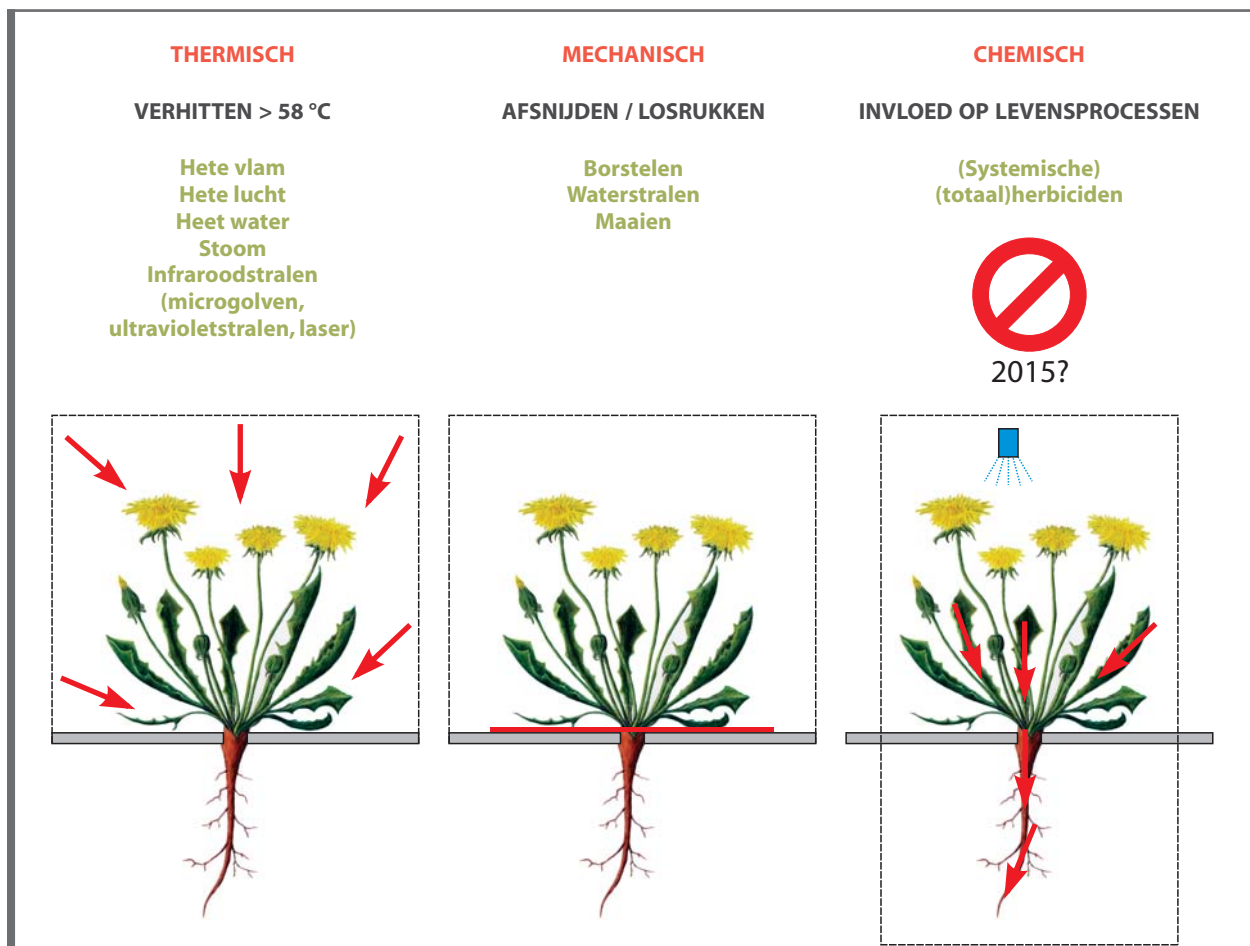
Betreden en berijden zijn eveneens speciale vormen van mechanische bestrijding. De efficiëntie hangt af van de gebruiksfrequentie op de verharding (bijvoorbeeld, het aantal passages per meter verharding per

dag – zie hoofdstuk 2). Uit het oogpunt van onkruidpreventie dient een verharding zo te worden gedimensioneerd dat de gebruikintensiteit voldoende hoog is om onkruidgroei door betreden en berijden te remmen. De gebruikintensiteit is dus al opgenomen in de berekening van het veronkruidingsrisico (zie § 2.2). Om die reden wordt deze vorm van mechanisch beheer niet meer in dit hoofdstuk behandeld.

De voornaamste nadelen van niet-chemische technieken (ten opzichte van chemische methoden) zijn:

- een lage bestrijdingseffectiviteit (zie § 4.2). Enkel bovengrondse delen van de plant worden bestreden, waardoor meestal vervolgbehandelingen nodig zijn voor afdoding door middel van uitputting van de ondergrondse reserves;
- een lage capaciteit of productiviteit (als gevolg van de lage werksnelheid). Een trage werksnelheid is vereist om onkruiden voldoende lang te verhitten of uit te borstelen;
- een hoog energieverbruik. Een hoge energie-intensiteit en voldoende lange contactduur zijn vereist voor doding van plantenweefsels (zie § 4.2).

Effectiviteit, productiviteit en energieverbruik beïnvloeden in hoge mate de uiteindelijke kostprijs van de behandeling (zie § 4.5).



Figuur 4.2 Overzicht en werkingwijze van de beschikbare onkruidbestrijdingstechnieken

4.1.1 Thermische technieken

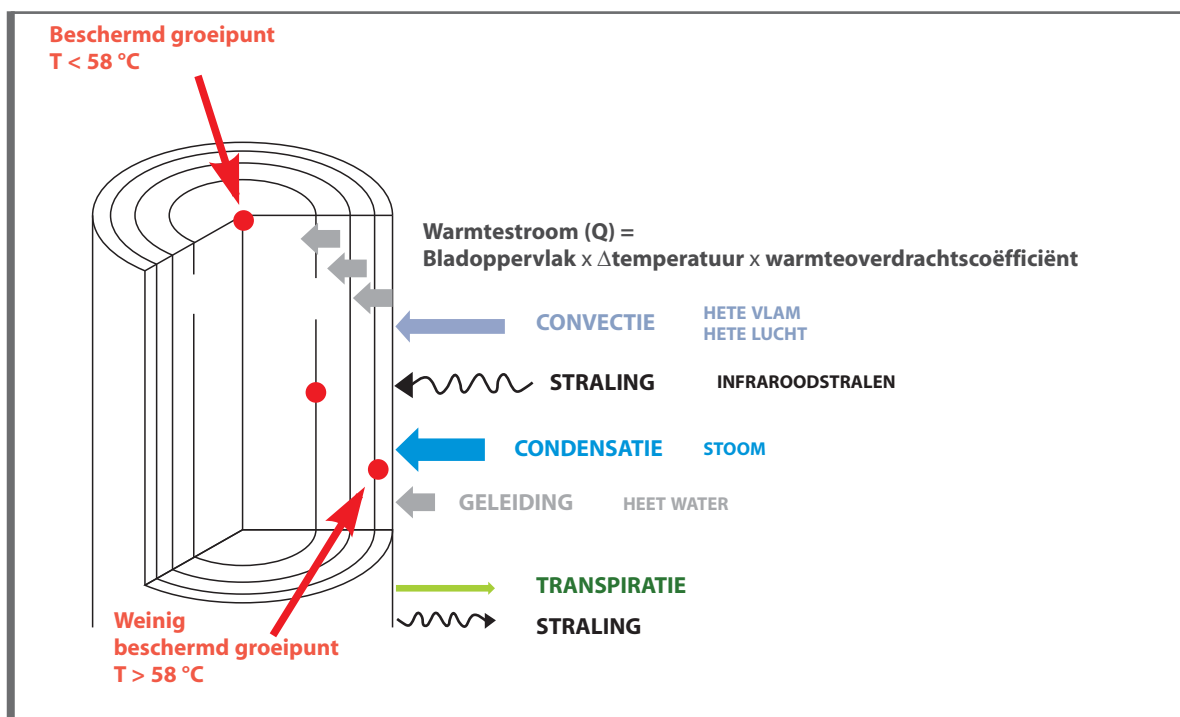
Thermische technieken zijn methoden die plantenweefsels *direct* (door middel van een hete vlam of stroom van verbrandingsgassen, hete lucht, heet water of stoom) of *indirect* (infrarood-, ultraviolet- of microgolfstraling, elektrocutie) verhitten (zie figuur 4.2). Bij verhitting boven de letale weefseltemperatuur (ongeveer 58 °C) coaguleren de celmembraaneiwitten, waardoor cellen lekken en uitdrogen. Het weefsel vertoont duidelijk visueel waarneembare schade in de vorm van necrosevlekken (zie figuur 4.3). Sub-letale temperaturen (< 58 °C) resulteren enkel in groeiremming door verstoring van de celfunctionaliteit van de plant. Dit effect is niet meteen zichtbaar.



Figuur 4.3

Visueel waarneembare schade aan de rozet van paardenbloem (*Taraxacum officinale*) na toepassing van een thermische techniek. De dikste nerven en het centrale groeipunt blijven intact.

De wijze van warmteoverdracht naar het bladoppervlak is erg verschillend naargelang van de ingezette thermische techniek (zie figuur 4.4). Warmte is in feite een vorm van energie die als gevolg van een temperatuurverschil tussen twee lichamen wordt overgedragen. Warmteoverdracht geschiedt door *convectie* (hete vlam, hete lucht), *straling* (infraroodbrander), *condensatie* (stoom) of *geleiding* (heet water). Er bestaan ook combinatietoestellen die meerdere wijzen van warmteoverdracht integreren.



Figuur 4.4 Verschillende wijzen van warmteoverdracht naar de plant naargelang van de toegepaste thermische techniek. In de plant gebeurt het warmtetransport via geleiding. Rode bollen zijn groeipunten van waaruit hergroei onmogelijk is indien ze tot boven 58 °C worden verhit. Een plant koelt af door transpiratie en straling.

Warmteoverdracht door convectie vindt plaats door stroming, waarbij de warmte in een bewegend medium (gas, lucht) naar het bladoppervlak wordt overgedragen. Bij straling is geen draagmedium nodig. Een heet voorwerp (stralingsrooster of keramische plaat) straalt infrarode golven uit die door de plant worden geabsorbeerd en deze (indirect) verhit. Geleiding of conductie is warmtetransport door een stilstaand

medium of een vaste stof (bijvoorbeeld plantenweefsel). Het warmteoverdragend medium verandert niet van plaats.

Heet water bezit een hogere *warmtegeleidingscoëfficiënt* dan hete lucht of stoom (zie tabel 4.1) en kan de warmte door geleiding twintig- tot vijftientigmaal sneller overdragen. Bovendien houdt heet water per °C viermaal zoveel warmte vast als hete lucht (zie *soortelijke warmte* in tabel 4.1). Stoom bevat dan weer de hoogste warmte-inhoud door de enorme hoeveelheid latente verdampingswarmte die vrijkomt bij condensatie op het blad.

	Soortelijke warmte (kJ/kg.K)	Warmtegeleidingscoëfficiënt (W/m.K)	Warmte-inhoud (kJ/kg)
HETE LUCHT (100 °C, 1 bar)	1,01	0,030	101
WATER (100 °C, 1 bar)	4,18	0,682	418
STOOM (100 °C, 1 bar)	2,08	0,025	2 674

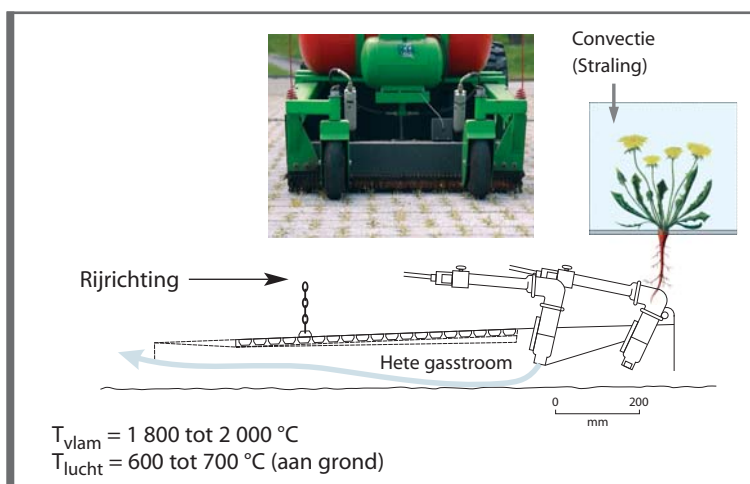
Tabel 4.1 Soortelijke warmte, warmtegeleidingscoëfficiënt en warmte-inhoud van media voor thermische technieken

Warmteoverdracht naar het bladoppervlak is groter naarmate het contactoppervlak groter is (bijvoorbeeld bij dunne, grote bladeren), het temperatuurverschil tussen het warmtedragend medium (hete lucht, heet water, stoom) en het bladoppervlak hoger is, en de *warmteoverdrachtscoëfficiënt* (bij convectie) of *warmtegeleidingscoëfficiënt* (bij conductie) groter is. De *warmteoverdrachtscoëfficiënt* (in W/m².K) drukt de hoeveelheid energie per °C en per tijdseenheid (s) uit die op een oppervlak van 1 m² wordt overgedragen. De *warmtegeleidingscoëfficiënt* (in W/m.K) geeft de hoeveelheid warmte per °C per m (en per seconde) weer die door geleiding wordt getransporteerd. De *warmteoverdrachtscoëfficiënt* hangt af van de luchtstroming ter hoogte van de plant en wordt bepaald door de dikte van de laminaire grenslaag ter hoogte van het bladoppervlak. Nabij het (stilstaand) bladoppervlak kan een bewegend medium (bijvoorbeeld hete lucht) immers zo worden afgeremd dat een stilstaande luchtlaag of zogenoemde laminaire grenslaag wordt gevormd. Deze grenslaag werkt als een soort isolatie en belemmert de warmteoverdracht. Turbulentie (wervelingen) nabij het bladoppervlak voorkomt in grote mate het optreden van deze stilstaande luchtlagen, en kan aldus de warmteoverdracht sterk verbeteren.

Hierna worden de gangbare thermische technieken kort toegelicht.

■ Stootbranden

Met de hetevlamtechniek (stootbrander met geforceerde luchttoevoer) wordt een goede warmteoverdracht verkregen. Daar zorgen het hoge *temperatuurverschil* tussen de hete verbrandingsgassen en het bladoppervlak, en de hogere *warmteoverdrachtscoëfficiënt* bij een turbulente vlam voor.



Figuur 4.5 Werkingsprincipe van een stootbrander (open vlam). De hete gasstroom wordt zo dicht mogelijk en lang genoeg bij de onkruiden gehouden. Een goede isolatie van de branderkap is noodzakelijk.

■ Heteluchttechniek

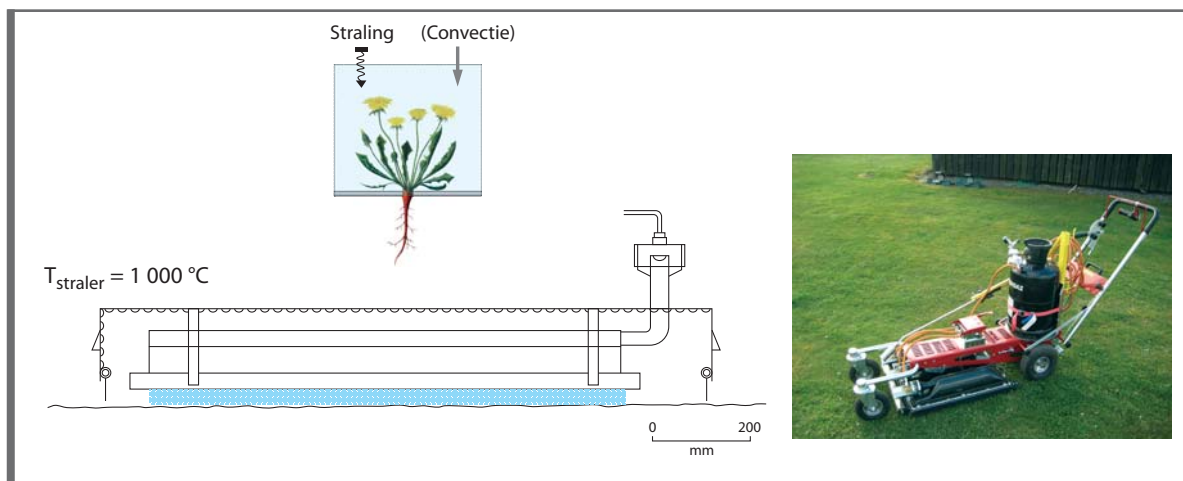
Bij de heteluchttechniek is het temperatuurverschil eerder beperkt (rond 90 °C), maar de hete luchtstroom is zeer *wervelend* doordat een krachtige ventilator de verhitte lucht doorheen een wervelplaat stuurt. Deze turbulente luchtstroom is onmisbaar voor een goede warmteoverdracht.



Figuur 4.6 Werkingsprincipe van een heteluchtschroeier. Links: de wervelplaat. Midden: schroeier met een krachtige, opgebouwde ventilator.

■ Infraroodstraling

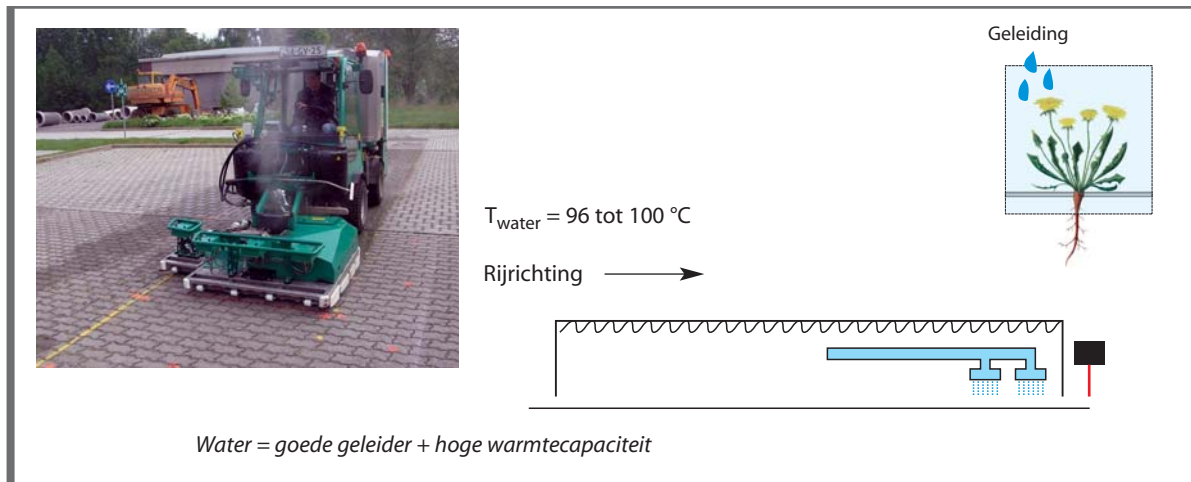
Bij een zuivere infraroodbrander vindt de warmteoverdracht plaats door middel van een (verhitte) straler. De uitgezonden hoogenergetische golven worden door de planten maximaal geabsorbeerd en in warmte omgezet.



Figuur 4.7 Werkingsprincipe van een infraroodbrander

■ Heetwatertechniek

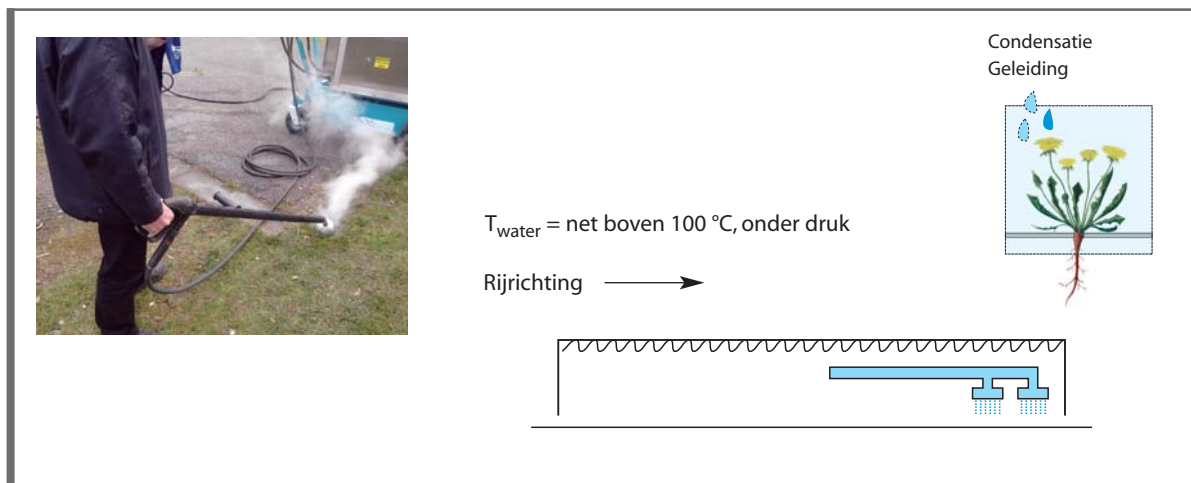
Bij de heetwatertechniek (en bij stoom – zie blz. 58) is het temperatuurverschil klein; de uitstroomtemperatuur van heet water bedraagt ongeveer 98 °C. De intrinsieke warmte-inhoud heeft een aanhoudend effect op de warmteoverdracht. Bovendien is water een goede warmtegeleider. Hierdoor worden de plantenweefsels meestal dieper getroffen. Er bestaan sensor-gestuurde systemen, die een gerichte behandeling mogelijk maken en zo drastisch op energie- en waterverbruik helpen besparen. Onkruiden zijn immers vaak verspreid over een verharding. Met onkruiddetectiesensoren worden enkel de plaatsen met onkruidgroei behandeld.



Figuur 4.8 Werkingsprincipe van een sensor-gestuurde heetwatermachine. De warmteoverdracht geschiedt door geleiding.

■ **Stomen**

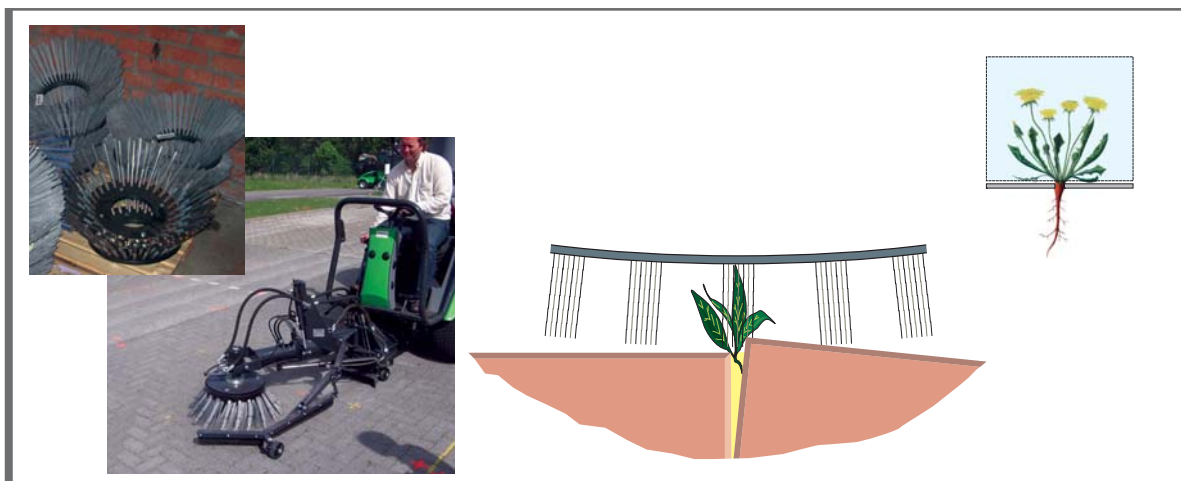
Bij stomen geschiedt de warmteoverdracht door condensatie, gevolgd door geleiding. In vergelijking met hete lucht en heet water heeft stoom de hoogste warmte-inhoud (zie tabel 4.1). Bij condensatie van stoom op het blad wordt bovenop de warmte in het gecondenseerde water een extra hoeveelheid latente condensatiewarmte vrijgesteld. Door deze hoge energie-inhoud worden plantenweefsels doorgaans dieper getroffen.



Figuur 4.9 Werkingsprincipe van een stoommachine. De warmte wordt overgedragen door condensatie en geleiding.

■ **4.1.2 Mechanische technieken**

Mechanische onkruidbestrijdingstechnieken zijn methoden waarbij de planten met behulp van waterstraalsnijders, bosmaaiers en onkruidborstels bovengronds worden losgerukt, afgesneden of geraakt. Onkruidborstels zijn het bekendst en worden het meest gebruikt. Ze bestaan in tal van varianten – van staaldraden over staallamellen en getorste staaldradbundels tot combinaties ervan. De agressiviteit van de behandeling hangt af van de borstelsoort en de ingestelde werkdruk, rotatiesnelheid en instelhoek. De borstelarmen kunnen met een watersproeisysteem worden uitgerust, om stofvorming tegen te gaan. Met veeg- en zuig- of borstel- en zuigcombinaties kan het borstelafval in een enkele overgang worden verwijderd. Hoewel vegen met een zachte borstel eigenlijk een preventieve techniek is, kan intensief gebruik ervan (bijvoorbeeld intensief vegen) als een curatieve techniek worden beschouwd.



Figuur 4.10 Werkingsprincipe van onkruidborstels. Zij snijden onkruiden in de voeg af of rukken ze eruit los.

4.2 Factoren die de effectiviteit beïnvloeden

De door convectie, geleiding, condensatie of straling (zie figuur 4.4) aan het bladoppervlak overgedragen warmte wordt in de plant door geleiding getransporteerd. Dit transport verloopt veel trager dan de warmteoverdracht aan het bladoppervlak. De temperatuurverschillen tussen het bladoppervlak en de dieper gelegen weefsels zijn immers kleiner dan de temperatuurverschillen tussen het warmtedragend medium en het bladoppervlak. Dit betekent dat planten lang genoeg moeten worden verhit, om ook dieper gelegen weefsels of groeipunten te kunnen doden. Doorgaans is de contactduur echter onvoldoende om diepgelegen, goed beschermde groeipunten te raken. Dit verklaart waarom soorten met niet-beschermde groeipunten zoals klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*) wel thermisch bestreden worden, terwijl soorten met diepe of ondergrondse groeipunten (rhizoomvormers zoals paardenstaarten (*Equisetum* sp.)) of beschermde groeipunten (rozetvormers zoals paardenbloem (*Taraxacum officinale*) of grassen zoals straatgras (*Poa annua*)) hergroeit uit beschermde, dieper gelegen meristemen⁽³⁾ vertonen. Dat is ook het geval bij mechanische bestrijding.

De effectiviteit van thermische onkruidbestrijdingstechnieken laat vaak te wensen over. De *effectiviteit* (dit is de mate waarin het onkruid bestreden is) is afhankelijk van omgevings-, technologische en biologische factoren.

■ Omgevingsfactoren

De bestrijding is minder effectief bij toepassing op ruwe ondergrond (verstoring van de turbulente warmtestroom), bij veel wind (verstoring van het warmteverdelingspatroon), en bij regen en dauw. Een nat bladoppervlak beschermt het bladweefsel tegen verhitting, waardoor extra energie nodig is om het bladeigen water te verhitten.

■ Technologische factoren

Naast de goede afstelling van het toestel (bijvoorbeeld de juiste hoek en hoogte van de branders) is vooral de ingezette energiedosis erg bepalend. De energiedosis hangt af van de energie-intensiteit (de temperatuur van het warmtedragend medium of van de warmtestraler) en van de blootstellingsduur (of de rijnsnelheid). Naarmate de energie-intensiteit hoger is, kan voor eenzelfde bestrijdingsresultaat de blootstellingsduur korter zijn (hogere rijnsnelheid). De dosis



Figuur 4.11 Bladrandnecrose bij Jakobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*) na toepassing van een te lage energiedosis met een thermische techniek

(3) Meristemen zijn groeizones die uit zeer veel cellen kunnen bestaan waarin groepjes van delende cellen voorkomen. Meristemen bestaan uit ongedifferentieerde cellen die het vermogen hebben om te delen en daarna te differentiëren (naar verschillende organen). Uit dergelijke meristemen kunnen bv. nieuwe spruiten ontstaan bij grassen of bladrozetten bij tweezaadlobbigen.

wordt meestal geregeld door aanpassing van de rijsnelheid, aangezien de energie-intensiteit van een toestel slechts beperkt kan worden verhoogd. De rijsnelheid dient zo te worden ingesteld dat een aanvaardbaar bestrijdingseffect (dit is ten minste 80 tot 90 % doding van de bovengrondse plantendelen) wordt verkregen. Bij suboptimale dosering zijn enkel de bladrand of dunnere gedeelten van het blad necrotisch (zie figuur 4.11).

■ *Biologische factoren*

Biologische factoren zoals onkruidsoort, -stadium en -dichtheid zijn van primordiaal belang bij de keuze van de geschikte energiedosis. Plantensoorten verschillen aanzienlijk op het vlak van hittetolerantie. Soorten met een dikke waslaag en/of dichte bladbehang (bij warmteoverdracht door convectie) vereisen een hogere energiedosis dan soorten met een dunne waslaag en/of onbehaarde bladeren. Beharing verdikt de laminaire grenslaag, waardoor de warmteoverdracht door convectie vermindert. Ook het fenologisch stadium (fase in de ontwikkeling van de plant) is van belang: hoe ouder het onkruid, des te hoger de vereiste energiedosis om hetzelfde bestrijdingseffect te bereiken. Ouder wordende onkruiden zetten immers meer was af of verhouten (lignificeren). Bij de heetwatertechniek zijn ook de bladbreedte en -stand belangrijk. Een steile bladstand en smalle bladeren verminderen de waterretentie op het blad. Waterrijke plantensoorten zijn vaak lastiger te verhitten door de hoge warmtecapaciteit van water. Ook het moment van de dag speelt hierbij een rol. Plantenweefsels zijn wellicht het gevoeligst voor hitte wanneer ze het minst water bevatten, namelijk kort na de middag. Soorten met beschermde (rozetplanten, grassen) of ondergrondse groeipunten (bijvoorbeeld rhizoomvormers) vertonen hergroei na behandeling. Bij hoge onkruid-dichtheid ontsnappen sommige planten(delen) door afscherming aan de (turbulente) hittestroom. Ook de groeiomstandigheden spelen mee. Soorten die onder droogtestress groeien, vormen een dikkere waslaag en zijn behaarder. Dit bemoeilijkt de warmteoverdracht door convectie (zie figuur 4.12).



Figuur 4.12

Behaarde rozetplant met beperkte schade na behandeling met een convectieve techniek

4.3 Toepasbaarheid van niet-chemische curatieve bestrijdingstechnieken

De voornoemde bestrijdingstechnieken kunnen niet altijd en overal worden toegepast. De inzetbaarheid van de technieken hangt af van de heersende weersomstandigheden, de aard van de aanwezige onkruidflora, de soort van verharding en de obstakels op de verharding (zie tabel 4.2).

■ *Weersomstandigheden*

Thermische technieken zijn zeer weersafhankelijk. Ze zijn weinig effectief (zie 4.2) bij nat weer en zeer lage temperatuur, omdat het bladweefsel dan lastiger te verhitten is. Stoom- en heteluchttechnieken zijn driftgevoelige technieken die bij voorkeur bij windstil weer worden toegepast (tenzij driftmaatregelen worden genomen zoals de aanbrenging van een driftwerend scherm). Een goede warmteverdeling over het verhardingsoppervlak vereist windstil weer (dit geldt voor convectieve technieken). Mechanische technieken zijn weersonafhankelijk. Het losrukken of afsnijden van onkruid verloopt zelfs beter en met minder stofvorming bij vochtige weersomstandigheden.

■ *Aanwezige onkruidflora*

Bij thermische technieken worden de warmteoverdracht en -penetratie door het plantendek bemoeilijkt bij een hoog opgroeiende, dichte vegetatie. Borstelen is in dergelijke omstandigheden te verkiezen boven thermische technieken. Thermische technieken met warmteoverdracht door middel van convectie of straling zijn niet zonder brandrisico in te zetten op droogstaande, dorre onkruiden. De bestrijding van behaarde flora verloopt gemakkelijker met niet-convectieve dan met convectieve technieken.

■ *Soort van de verharding*

Borstelen is niet aangewezen op verhardingen met brede, ongebonden voegen, gezien het risico op uitborstelen van de ongebonden voegvulling. Deze techniek is evenmin inzetbaar op krasgevoelige

verhardingen. Wegens het risico op kleurverbleking is stootbranden op geslepen verhardingen van natuursteen af te raden. De schokgevoeligheid van het stralingsrooster bij de infraroodtechniek vereist een vlakke ondergrond. Niet-conductieve thermische technieken zijn ook niet geschikt voor onkruidbestrijding op bitumineuze verhardingen.

■ *Niet-verplaatsbare obstakels (in de ruime zin) op de verharding of aanliggende oppervlakken*

Thermische technieken (uitgezonderd stomen en behandelen met heet water) zijn niet inzetbaar op of nabij terreinen met brand- en explosiegevaar. Toepassing nabij aanliggende groenzones en op verhardingen met smeltbare of brandbare obstakels is evenmin zonder risico. Voorts wordt stomen nabij een aanliggende groenstrook afgeraden, om schade door drift te voorkomen.

	Mechanisch		Thermisch				
	Afsnijden of losrukken		Geleiding	Condensatie	Convectie		Straling
	VE	BO	HW	ST	BR	HL	IR
<i>Weersomstandigheden</i>							
Nat weer (neerslag, dauw)							
Lage temperaturen							
Erg winderig weer							
<i>Aanwezige onkruidflora</i>							
Hoge, dichte vegetatie							
Behaarde flora							
Hoge onkruidbedekking							
Dorre vegetatie							
<i>Soort van de verharding</i>							
Verharding met brede, ongebonden voegen (hoog voegenaandeel)							
Krasgevoelige verhardingen (kleiklinkers, natuursteen)							
Geslepen natuursteen							
Oneffen verharding							
<i>Niet-verplaatsbare obstakels (op de verharding of aanliggende oppervlakken)</i>							
Aanliggend groen							
Zones met brand- en explosiegevaar							
Brandbare en smeltbare elementen							

VE: vegen met afzuiging
 BO: borstelen met afzuiging
 HW: selectieve heetwatertechniek
 ST: stomen
 BR: stootbranden
 HL: heteluchttechniek
 IR: branden met infraroodstralen

Perfect mogelijk
 Niet zonder risico
 Niet aanbevolen

Tabel 4.2 Toepasbaarheid van de verschillende onkruidbestrijdingstechnieken

Voor de gangbare bestrijdingstechnieken bestaat een brede waaier van machines, van handgedreven of handbediende over getrokken tot zelfrijdende toestellen. De **inzetbaarheid** van deze toestellen hangt naast de voornoemde factoren ook af van het draagvermogen van de verharding en de wendbaarheid van de machines (dit laatste in verband met de aanwezigheid van obstakels). Bij zelfrijdende machines speelt het machinegewicht een cruciale rol. Zo zijn zelfrijdende heetwatermachines (omwille van de meege dragen hoeveelheid water) en borstelmachines (omwille van de stabiliteitseisen) redelijk zwaar. Dit vereist een voldoende draagkrachtige verharding.

4.4 Systemen voor geïntegreerde onkruidbestrijding

Curatieve bestrijdingsstrategieën dienen geïntegreerd en duurzaam te worden toegepast. *Geïntegreerd* betekent met inzet van preventieve en curatieve maatregelen volgens de onkruidgroei (hoeveelheid en soortensamenstelling), de verhardingssoort en het gewenste straatbeeld. Daartoe dienen bestrijdingssystemen te worden opgezet, die de bestrijdingsmethoden (met een verschillende werking) op elkaar afstemmen en elkaar laten opvolgen. Dergelijke oordeelkundig opgestelde bestrijdingssystemen zijn ook *duurzaam*, omdat ze onkruidbeheer(sing) nastreven met zo weinig mogelijk kosten (vooral afhankelijk van de vereiste bestrijdingsfrequentie), nadelige milieueffecten en schade aan de functionaliteit van de verharding. Onder § 4.5 wordt nader ingegaan op de milieueffecten en kosten van onkruidbestrijding.

4.4.1 Geïntegreerde onkruidbestrijding, een noodzaak!

Aan de hand van concrete vragen wordt hierna de noodzaak van een geïntegreerde onkruidbestrijdingsaanpak aangetoond.

■ Welke techniek?

De effectiviteit van curatieve technieken hangt af van de juiste dosering (zie § 4.2). Dit betekent dat eigenlijk met elke techniek een goede onkruidbestrijding mogelijk is.

Curatieve technieken mogen niet eenzijdig worden toegepast, om onkruidverschuivingen te voorkomen. Bij eenzijdige toepassing van een bepaalde techniek breiden keer op keer die soorten uit die minder gevoelig zijn voor de betreffende techniek. Dit maakt onkruidbestrijding steeds lastiger en duurder.

De uitgebreide inventarisatie door de UGent (zie hoofdstuk 2) van de aanwezige onkruidflora en toegepaste bestrijdingsstrategieën op verhardingen in Vlaanderen heeft aangetoond dat het eenzijdig of herhaald toepassen van dezelfde curatieve bestrijdingstechniek (mechanisch, thermisch, chemisch) belangrijke verschuivingen in de onkruidflora veroorzaakt (de zogenaamde floraverschuivingen). Een- en tweejarige grassen (vooral straatgras of *Poa annua*) en liggende vetmuur (*Sagina procumbens*) waren bijvoorbeeld significant meer aanwezig op verhardingen met uitsluitend thermisch beheer. Straatgras is een sterk uitstoelend een- of tweejarig gras met beschermde groeipunten. Liggende vetmuur is een laag groeiende, eenjarige soort. Deze soort vertoont smalle, dikke bladeren en een verscholen groei in de voegen waardoor zij moeilijk te verhitten is. Bij eenzijdig mechanisch beheer viel het hoge aandeel grote weegbree (*Plantago major*), paardenbloem (*Taraxacum officinale*) en varkensgras (*Polygonum aviculare*) op. De taaiheid (bijvoorbeeld van varkensgras) maakt dergelijke soorten moeilijk te ontbladeren. Ze beschikken over grote ondergrondse reserveorganen of zijn sterk verankerd in de voegen, zodat ze moeilijk volledig kunnen worden verwijderd.



Figuur 4.13

Varkensgras (*Polygonum aviculare*) is een voorbeeld van een lastig te ontbladeren en te ontwortelen plantensoort

Voor het onderzoek naar de bestrijdingsfrequentie (dit is het aantal bestrijdingsbeurten per jaar), de kostprijs en de milieueffecten zijn verschillende bestrijdingsscenario's vergeleken. Daartoe zijn op de OCW-proefparking in Sterrebeek (zie § 3.2) [22, 23] vier eenzijdige toepassingen (borstelen, hete lucht, selectief heet water, hete vlam) en twee scenario's met alternerend borstelen en hete lucht vergeleken. Het blijkt dat

eenzijdige toepassingen floraverschuivingen veroorzaken, met een toename van de bestrijdingsfrequentie als gevolg. Bij eenzijdige toepassing van heet water ging paardenbloem (*Taraxacum officinale*) domineren, terwijl bij de continue inzet van convectieve technieken (hete lucht, stootbranden) de gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*) (zie figuur 4.14) ging overheersen. In tabel 4.3 is voor een verharding met verbrede voegen de bestrijdingsfrequentie weergegeven die nodig is om gedurende twee opeenvolgende jaren een beeldscore 7-8 (beeldklasse B – zie tabel 2.3) te behouden.

Bestrijdingsscenario	2010	2011	2010-2011
Eenzijdig borstelen	4	6	10
Eenzijdig hete lucht	4	5	9
Eenzijdig heet water selectief	2	5	7
Alternerend borstelen/hete lucht	4	5	9

Tabel 4.3

Vereiste bestrijdingsfrequentie (aantal beurten/periode) voor vier bestrijdingsscenario's om op een betonstraatsteenverharding met verbrede voegen (met klassieke, ongebonden voegvulling) een beeldscore 7-8 (beeldklasse B – zie tabel 2.3) te behouden

Voor de geteste, eenzijdig toegepaste thermische bestrijdingsmethoden was de vereiste bestrijdingsfrequentie in het eerste screeningsjaar (2010) het laagst voor de heetwatertechniek. Tijdens het tweede proefjaar zijn de verschillen tussen de technieken echter duidelijk vervaagd en hebben zij, bij eenzijdige toepassing, hetzelfde aantal behandelingen nodig om het onkruid op een aanvaardbaar niveau te houden. De grote toename van de bestrijdingsfrequentie voor de heetwatertechniek in vergelijking met andere thermische technieken kan grotendeels worden verklaard door de toename van het aandeel aan paardenbloem in de tijd. Dit is een gevolg van de voor paardenbloem suboptimale bestrijdingsfrequentie in 2010.

Tabel 4.3 toont ook aan dat het alternerend inzetten van de onkruidborstel en de heteluchttechniek al na twee jaar tot een lager aantal behandelingen leidt. Het alternerend inzetten van de onkruidborstel en heteluchttechniek gedurende twee opeenvolgende jaren resulteerde in een lager aandeel aan hogere planten in de totale onkruidflora in vergelijking met eenzijdig borstelen of eenzijdige toepassing van hete lucht. Het een en ander lijkt erop te wijzen dat scenario's met afwisselende technieken de probleemsoorten beter zouden aanpakken dan scenario's met eenzijdige toepassing van een bepaalde techniek. Ze zouden ook minder floraverschuiving vertonen. Door het lagere aandeel hogere planten in de onkruidflora zal het straatbeeld veel schoner ogen en zijn minder behandelingen vereist voor een aanvaardbaar straatbeeld. In vergelijking met continu borstelen heeft de afwisseling met hete lucht aldus geleid tot een besparing van één beurt over de twee proefjaren. De verschillen in bestrijdingsfrequentie kunnen op langere termijn toenemen. Bij continu borstelen worden de voegen gestaag (weliswaar in afnemende mate, zie § 4.6.3) uitgeborsteld, waardoor de in de voegen verankerde planten steeds lastiger te ontwortelen of ontbladeren zijn.



Figuur 4.14

Bij eenzijdige toepassing van convectieve thermische technieken neemt het aandeel behaarde plantensoorten toe (hier: gewone hoornbloem of *Cerastium fontanum*)

■ Welke energiedosis?

De energiedosis (of rijpsnelheid) dient juist te worden gekozen! Het is niet de bedoeling onkruid te "verbranden" of te "roosteren", maar enkel te "blancheren". Overdosering leidt helemaal niet tot betere onkruidbestrijding, maar heeft wel negatievere milieueffecten en hogere bestrijdingskosten als gevolg. Te lage dosering leidt dan weer tot hogere bestrijdingsfrequenties. Gezien het grote aandeel van de arbeidskosten in de totale behandelingskosten (zie § 4.5) verdienen optimalere, hogere energiedosissen (lagere werksnelheden) en dus lagere bestrijdingsfrequenties de voorkeur.

De rijsnelheid van de machines kan worden verhoogd, om de capaciteit ervan te vergroten. Op die manier wordt echter de hoeveelheid toegediende energie aan de plant verlaagd, waardoor onkruiden (en vooral minder gevoelige soorten) onvoldoende worden bestreden. Op langere termijn leidt dit tot hogere bestrijdingsfrequenties en -kosten. Hittetolerantere soorten overleven immers in grote mate en worden selectief bevoordeeld.

In het proefproject is geconstateerd dat stootbranden met een lage energiedosis (ED60, dit is een energiedosis die 60 % van de bovengrondse biomassa doodt ten opzichte van onbehandelde controlestroken) gedurende twee opeenvolgende jaren aanleiding geeft tot een hogere bestrijdingsfrequentie dan eenzijdig branden met hogere dosis (ED80-dosis) (één extra beurt). In vergelijking met de onkruidflora die met de ED80-dosis (dit is een lagere rijsnelheid) werd behandeld, vertoonde de flora een hoger aandeel aan hogere planten, die lastiger te bestrijden zijn dan lagere onkruiden (bijvoorbeeld mossen). Op langere termijn zullen de verschillen in bestrijdingsfrequentie wellicht nog toenemen.

■ *Welke timing voor curatieve behandeling? Welke veronkruidingslimiet?*

Wegens de optredende hergroei na elke bestrijdingsbeurt zijn meerdere behandelingsbeurten noodzakelijk om meerjarige en sommige eenjarige onkruiden doelmatig met mechanische en thermische technieken te bestrijden. Hierbij is het belangrijk dat de vervolgbehandeling plaatsvindt vooraleer nieuw gevormde suikers ondergronds worden opgeslagen, zodat de planten maximaal worden uitgeput.

Onderzoek op de proefparking in Sterrebeek heeft aangetoond dat het nastreven van een strengere beeldscorecriterium of een strengere beeldklasse doorgaans geen aanleiding geeft tot verhoging van de bestrijdingsfrequentie. Voor een strengere veronkruidingslimiet (beeldscore 9-10, beeldklasse A – zie tabel 2.3) was in vergelijking met een matige veronkruidingslimiet (beeldscore 7-8 of beeldklasse B) in het eerste screeningsjaar één extra thermische behandeling nodig. In het tweede proefjaar was echter geen extra bestrijdingsinspanning meer nodig en zorgde de strengere eis voor een veel netter aanzien van de verharding gedurende het hele jaar. Dit lijkt erop te wijzen dat de eis van een vrij strenge veronkruidingslimiet loont. Op korte termijn wordt met dezelfde bestrijdingsfrequentie een beter straatbeeld verkregen dan bij een mildere veronkruidingslimiet. Onkruiden die minder lang doorgroeien alvorens ze worden bestreden, zijn immers hittegevoeliger. Zeer jong plantenweefsel (jong hergroeiweefsel) is gemakkelijker thermisch te bestrijden dan ouder plantenweefsel.

■ *Wat is de bijdrage van preventie in bestrijding?*

Onderzoek op de proefparking in Sterrebeek geeft ook aan dat de invloed van de straatsteen- of verhardingssoort (inclusief straatlaag en voegvulling) vaak belangrijker is dan de keuze van het bestrijdingsscenario.

Bij klassieke betonstraatstenen, betonstraatstenen met verbrede voegen en betonstraatstenen met drainageopeningen waren in de twee proefjaren zeven tot elf meer behandelingsbeurten nodig dan voor poreuze betonstraatstenen om een beeldscore 7-8 (beeldklasse B) te behouden (zie tabel 4.4). Vooral het

Bestrijdingsscenario	Betonstraatsteensoort			
	Poreus	Verbrede voegen	Drainageopeningen	Klassiek
Eenzijdig borstelen	1	10		9
Eenzijdig hete lucht	1	9	11	9
Eenzijdig heet water selectief	1	7	9	
Alternerend borstelen/hete lucht	1	9		

Noot:

Grijs gearceerde vakken wijzen op combinaties die niet werden onderzocht

■ **Tabel 4.4** Vereiste bestrijdingsfrequentie (aantal beurten/twee groeiseizoenen) voor de verschillende straatsteensoorten en bestrijdingsscenario's om een beeldscore 7-8 (beeldklasse B – zie tabel 2.3) te behouden

verschil tussen een poreuze betonstraatsteen en een klassieke betonstraatsteen valt op, omdat verhardingen met deze twee soorten een vergelijkbaar voegenaandeel (ongeveer 6 %) hebben. De verschillen in de bestrijdingsfrequenties tussen bestrijdingsscenario's zijn doorgaans geringer dan de verschillen in bestrijdingsfrequenties tussen straatsteensoorten!

Het voormelde voorbeeld toont aan dat een geïntegreerd onkruidbestrijdingsplan heel wat mogelijkheden voor een geslaagde toepassing van preventieve strategieën biedt. De keuze van een ontwerp dat (voor een bepaald straatbeeld) minder curatieve behandelingsbeurten vereist, kan de nadelige milieueffecten van onkruidbestrijding terugdringen (zie hoofdstuk 3 en § 4.5).

4.4.2 Algemene regels voor een geïntegreerde aanpak

Hierna worden enkele vuistregels voor duurzame bestrijdingssystemen gegeven.

- **Wissel onkruidbestrijdingstechnieken (hete lucht, stootbranden, infraroodstraling, heet water, stomen, borstelen, enz.) en in het bijzonder werkingswijzen (afsnijden/losrukken, convectieve warmteoverdracht, conductieve warmteoverdracht, radiatieve warmteoverdracht) geregeld af.**
Bij eenzijdige toepassing van dezelfde curatieve techniek treden immers floraverschuivingen op. Keer op keer breiden die soorten uit die minder gevoelig zijn voor de betreffende techniek, wat onkruidbestrijding uiteindelijk lastiger en duurder maakt. Soorten met sterke beharing worden selectief bevoordeeld door thermische technieken met convectieve warmteoverdracht (hete lucht, stootbranden of hete vlam). Bij eenzijdige toepassing van de heetwatertechniek gaat paardenbloem overheersen. Bij eenzijdig borstelen worden de voegen steeds verder geleegd en ontsnappen laag groeiende soorten met liggende groeiwijze aan de behandeling. Enkel eenzijdig intensief vegen lijkt geen nadelig effect te hebben.
- **Voer regelmatig (ook tussen thermische behandelingen in) dood organisch materiaal en achtergebleven grond af.**
Frequente veeg- of borstelbeurten mét afzuiging maken thermische bestrijdingstechnieken efficiënter en voorkomen de vorming van een ideaal kiembed (voldoende vocht, nutriënten).
- **Laat onkruid nooit te oud of te hoog worden.**
Thermische onkruidbestrijding werkt immers beter op jonge, droogstaande plantenweefsels. Hoe ouder het onkruid, des te hoger de vereiste energiedosis moet zijn om hetzelfde effect te verkrijgen. Oudere onkruiden zetten meer was af of verhouten (lignificeren). Bovendien kunnen hoog opgegroeide vegetatie of dichte onkruidmatten een paraplu-effect veroorzaken. De toegepaste energie kan niet alle weefsels in voldoende mate bereiken om ze tot boven de letale weefseltemperatuur te verhitten. Dit betekent ook dat een streng beeldscorecriterium (voor zover haalbaar bij het veronkruidingsrisico – zie de beslisboom in hoofdstuk 5) niet noodzakelijk tot een hogere kostprijs leidt of een groter nadelig milieueffect heeft dan een minder streng beeldscorecriterium. Sterk veronkruidde verhardingen (beeldscore 2-6) vereisen een initiële borstelbeurt met afzuiging.
- **Werk met onkruidtolerantielimieten (beeldscorecriteria).**
Laat het tijdstip van een vervolgbehandeling niet bepalen door de agenda van de beheerder of uitvoerder maar van de vooraf vastgestelde veronkruidingslimiet. Niet-naleving van onkruiddrempels kan op langere termijn aanleiding geven tot hogere bestrijdings- en milieukosten.
- **Streef steeds naar een optimaal bestrijdingseffect.**
Dit betekent bestrijding van bovengrondse plantendelen > 80 %. Elke techniek dient steeds in optimale toepassingsomstandigheden (zie tabel 4.2) en met een aangepaste werksnelheid te worden uitgevoerd.

4.5 Milieueffecten en kostenanalyse van niet-chemische onkruidbestrijding

4.5.1 Milieueffecten

Alle bestrijdingsmethoden en -scenario's zijn belastend voor het milieu. Om de effecten op het milieu in te schatten, kan een zogenoemde levenscyclusanalyse (LCA) worden uitgevoerd. Daarbij worden de milieueffecten van de bestrijdingsmethoden tijdens de gehele levensduur (van wieg tot graf, dit wil zeggen van de productie van de grondstoffen tot de afvalverwerking) onderzocht. Het totale milieueffect wordt uitgedrukt in een LCA-score (bijvoorbeeld op basis van de ReCiPe-methode⁽⁴⁾). De totaalscore is de som van zeventien milieueffecten die naar schadecategorieën omgerekend en gewogen worden. Hoe hoger de LCA-score, des te groter het negatieve milieueffect. De functionele eenheid (vergelijkingseenheid) wordt omschreven als "onkruidbestrijding op 1 ha verharding gedurende één jaar om een aanvaardbaar straatbeeld (beeldscore 7-8) te behouden". Een LCA-score geeft duidelijk aan welke milieueffecten significant bijdragen tot het totale negatieve milieueffect. Door op die effecten in te spelen, kan het totale milieueffect verbeterd (dit wil zeggen verminderd) worden.

Voor niet-chemische curatieve bestrijdingsmethoden hebben *klimaatverandering*, *fossiele uitputting* en *vorming van fijn stof* het grootste aandeel in de totaalscore. In de eerste plaats dient dus het fossiele energieverbruik te worden verminderd. Andere factoren zoals *aantasting van de ozonlaag*, *verzuring van de bodem*, *vermesting*, *humane toxiciteit* en *smogvorming* dragen in mindere mate aan het totale milieueffect bij. Klimaatverandering, fijn-stofvorming en fossiele uitputting hangen samen met het verbruik van fossiele energie (productie en verstoken van diesel en LPG voor de aandrijving van de machine en voortstuwing van de drager). De productie van de borstels, de machine en de werktuigdrager, en de verwerking van veeg- en borstelafval hebben slechts een klein aandeel in de totaalscore.

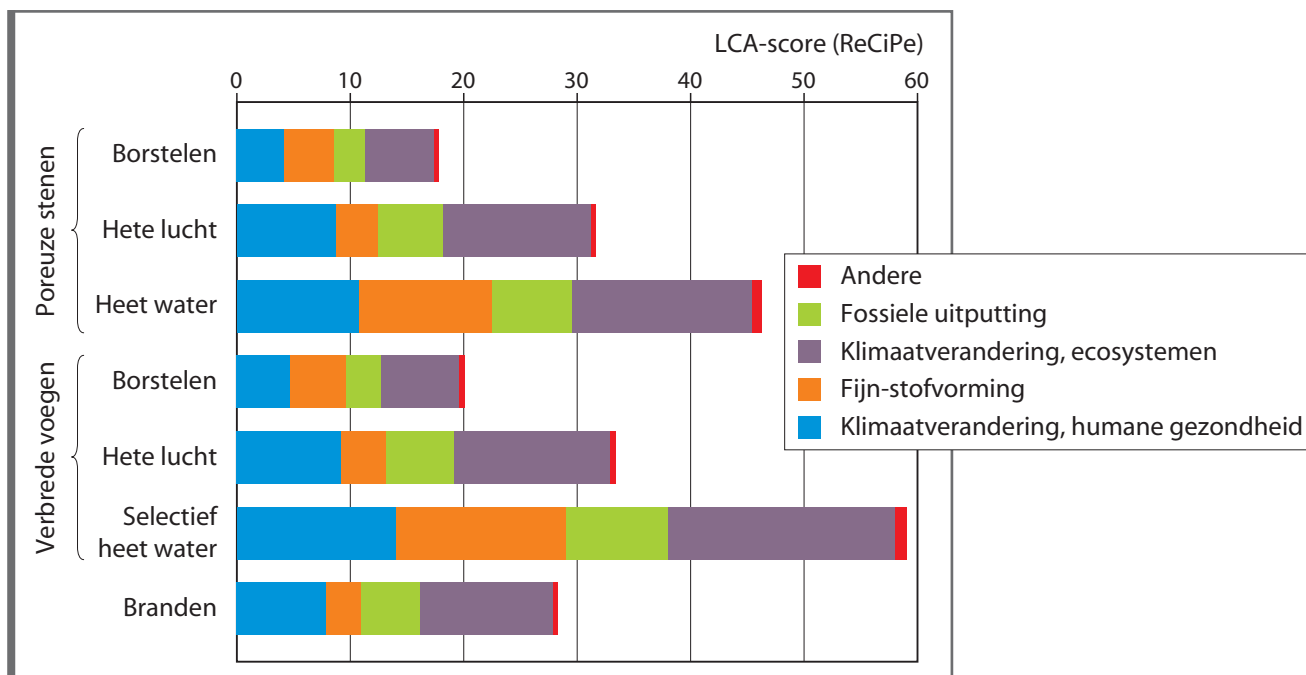
Klimaatverandering (het versterkte broeikaseffect) werkt in op een aantal milieumechanismen, dat de gezondheid van de mens en ecosystemen beïnvloedt. Koolstofdioxide (CO₂) is het bekendste broeikasgas, maar ook stoffen zoals methaan en lachgas (N₂O) dragen aan dit milieueffect bij. Tot fijn stof worden in de lucht zwevende deeltjes kleiner dan 10 micrometer gerekend. Fijn stof bestaat uit deeltjes van verschillende grootte, herkomst en chemische samenstelling. Deze zijn bij inademing schadelijk voor de gezondheid. Chronische blootstelling aan fijn stof verergert de symptomen bij mensen met luchtwegaandoeningen en hart- en vaatziekten, en belemmert de longontwikkeling bij jonge kinderen. Fossiele uitputting heeft betrekking op het gebruik van fossiele brandstoffen en wordt gewogen met een factor die hoger is naarmate het voorkomen op aarde beperkter en de concentratie van de brandstoffen lager zijn.

4.5.1.1 Milieueffect van bestrijdingstechnieken (per behandelingsbeurt)

Per beurt heeft de borsteltechniek met afzuiging het laagste milieueffect, gevolgd door hete lucht en branden (die een vergelijkbaar effect hebben). Selectieve behandeling met heet water heeft het hoogste milieueffect (zie figuur 4.15). De hogere score voor de sensor-gestuurde heetwatertechniek⁽⁵⁾ houdt verband met het relatief hoge dieselverbruik (om water te verhitten) en de relatief hoge emissiewaarden aan fijn stof bij dieselverbranding. Technologische verbeteringen aan het onkruiddetectiesysteem en nog gerichtere toepassing van heet water nabij de plant kan het milieueffect sterk terugdringen. Bij deze techniek vergt vooral de verhitte van het water veel energie. Een vermindering van dat verbruik zorgt dan ook voor een lager negatief milieueffect: bij 50 % minder waterverbruik daalt de score met 42 tot 44 %. Bovendien verloopt de score haast lineair met het waterverbruik. Voorts kunnen technologische verbeteringen het negatieve milieueffect voor convectief-thermische of mechanische technieken verminderen. LCA-analyses voor de proefparking in Sterrebeek hebben aangetoond dat het aandeel van de werktuigdrager in de totale milieuscore sterk kan verschillen (van 10 % tot 70 %) naargelang van de gebruikte methode. Het is dus nuttig de bijdrage van deze werktuigdrager aan de totaalscore te kennen, ook omdat het type van werktuigdrager in sommige gevallen inwisselbaar is. Het milieueffect van het brandstofverbruik van de werktuigdrager is daarbij van veel groter belang dan de productie van de werktuigdrager.

(4) De ReCiPe-methode (versie 1.6) is één van de bestaande rekenmethodes waarmee ingrepen in het milieu (zoals landgebruik of de emissie van schadelijke stoffen) worden omgerekend naar milieueffecten. Wetenschappelijke achtergronden en berekeningswijzen voor elk van de milieueffecten staan beschreven in het ReCiPe-rapport van het Nederlandse Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) [24].

(5) WAVE®-machine met de Sensor Series 1.0 zonder software update 2011.



Figuur 4.15 Milieueffect (LCA-score op basis van de ReCiPe-methode) per behandelingsbeurt van vier bestrijdingstechnieken op twee soorten van betonstraatsteenverhardingen. (Over het algemeen worden in een LCA-quickscan vergelijking verschillen tussen scenarioscores kleiner dan 25 % niet als significant beschouwd).

De verhardingssoort heeft nauwelijks invloed op het milieueffect per behandelingsbeurt, uitgezonderd voor de sensor-gestuurde heetwatertechniek. Die laatste haalt bij betonstraatstenen met een hoog voegpercentage (stenen met verbrede voegen [15 % voegen] en stenen met drainageopeningen [12,5 % voegen]) een aanzienlijk hogere milieuscore dan bij straatstenen met een laag voegpercentage (bijvoorbeeld poreuze betonstraatstenen met een voegpercentage van 6 % – zie figuur 4.15). Op dergelijke verhardingen komt een hevigere en omvangrijkere plantengroei voor, waardoor meer heet water per oppervlakte-eenheid wordt verbruikt.

Om het milieueffect per behandelingsbeurt te verminderen, dient vooral te worden ingezet op technologische ontwikkelingen die het fossiele energieverbruik verlagen. Dit impliceert een verhoging van het energie-overdrachtsrendement (momenteel slechts 5 tot 10 %) van de brandstofdrager naar de plant. Het *energie-overdrachtsrendement* is het product van het *energie-conversierendement* (rendement van de omzetting van brandstof naar bruikbare energie voor onkruidbestrijding) en het *warmteoverdrachtsrendement* (warmte-aandeel dat effectief door het onkruid wordt opgenomen):

$$\text{energie-overdrachtsrendement} = \text{energie-conversierendement} \times \text{warmteoverdrachtsrendement}.$$

Het energie-conversierendement bedraagt 9 tot 85 %. Het is het hoogst bij technieken die energie uit een fossiele brandstof rechtstreeks in warmte omzetten (bijvoorbeeld heteluchttechniek). Het neemt af naarmate verdere conversiestappen noodzakelijk zijn (bijvoorbeeld infraroodstraling vereist omzetting van brandstof naar warmte en van warmte naar straling). De energie in bruikbare vorm (warmte, straling, enz.) wordt niet volledig door de onkruiden opgenomen, maar gaat verloren in de bodem (bijvoorbeeld door absorptie) en de lucht. Dergelijke warmteverliezen kunnen worden gereduceerd door een *betere isolatie* van de warmtebron (bijvoorbeeld toepassing van een schuimdeken, isolatie van de branderkap), *hergebruik van energie* (door lucht(re)circulatie, aanbrenging van stralingsroosters, enz.) en *gerichte behandeling*. Een gerichte behandeling kan erin bestaan enkel voegen te behandelen, of enkel onkruiden (door visuele of sensor-gestuurde onkruiddetectie). Bij dichtheidsdetectie wordt bijvoorbeeld de vlam of de rijnsnelheid aan de onkruidichtheid aangepast.

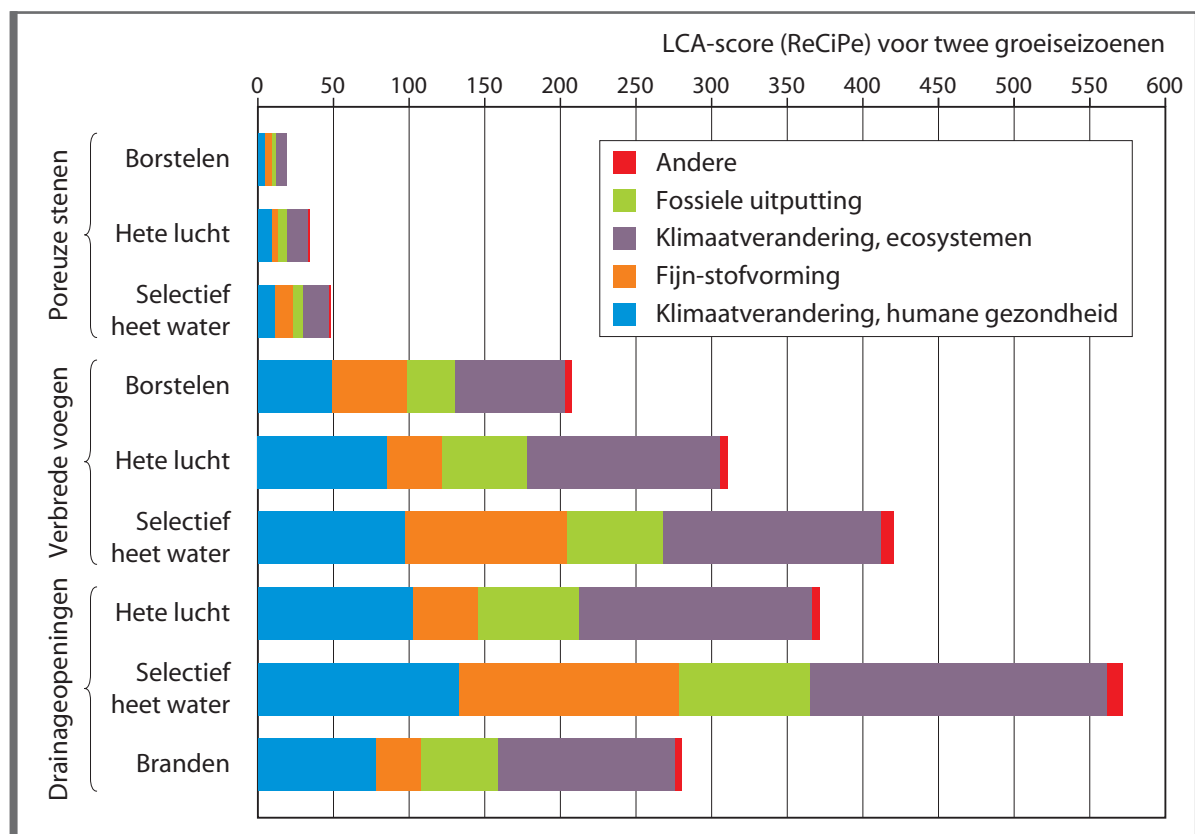
4.5.1.2 Totaal milieueffect van een groeiseizoen

Het totale milieueffect van een groeiseizoen (jaarscore) hangt af van het aantal behandlungsbeurten dat nodig is om een bepaald straatbeeld te behouden. Bij curatieve onkruidbestrijding zijn vooral het bestrijdingsscenario, de aard en samenstelling van de onkruidflora en de preventieve maatregelen (belang van een goed ontwerp, een zorgvuldige uitvoering en gepast onderhoud) bepalend voor de totaalscore.

■ Invloed van het ontwerp

Een groter aantal obstakels op de verharding zal het negatieve milieueffect versterken. Een goede afwerking rond obstakels en/of gepaste inplanting in de verharding (zie hoofdstuk 3) zal de negatieve invloed op het milieu terugdringen.

Het blijkt dat de jaarscore in grotere mate afhangt van de toegepaste straatsteensoort dan van het bestrijdingsscenario (zie figuur 4.16). Op poreuze betonstraatstenen zijn voor een aanvaardbaar straatbeeld veel minder bestrijdingsbeurten nodig dan bij betonstraatstenen met verbrede voegen of drainageopeningen en klassieke betonstraatstenen (zie tabel 4.4).



Figuur 4.16 Milieueffect (LCA-score op basis van de ReCiPe-methode) voor twee groeiseizoenen van verschillende bestrijdingsscenario's op drie soorten van betonstraatsteenverhardingen (beeldscorecriterium = 7-8)

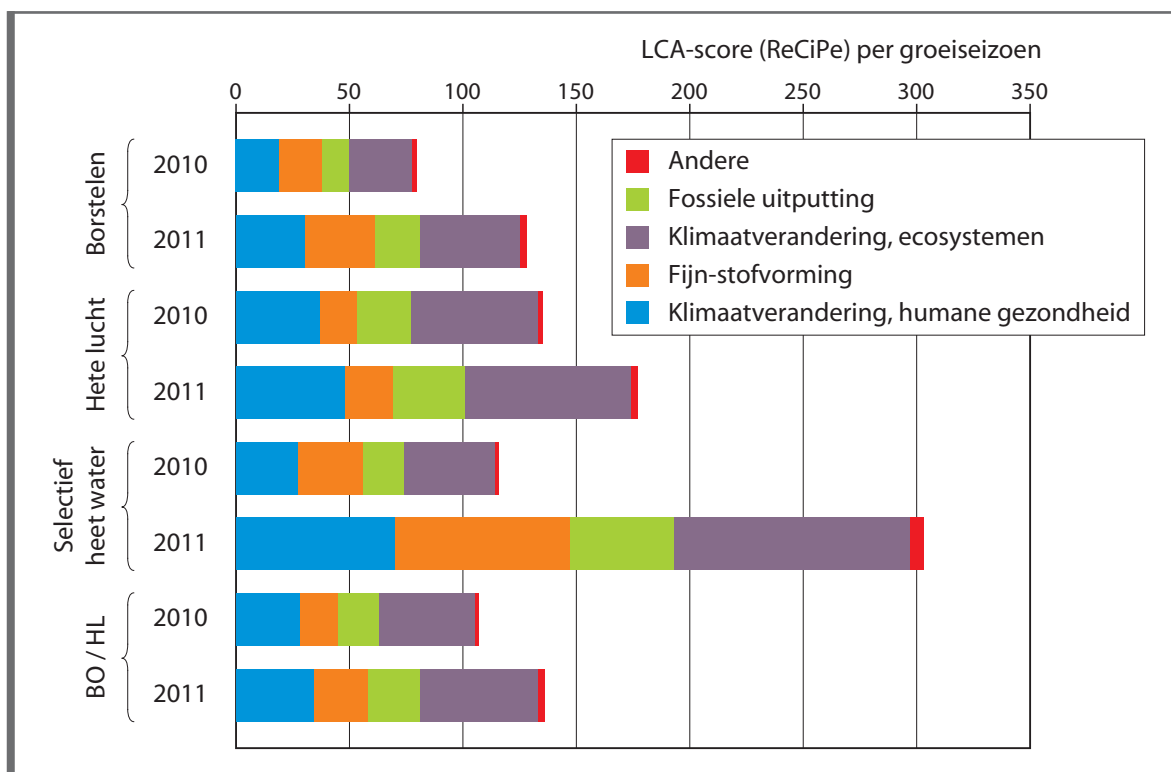
■ Invloed van seizoensverschillen

Het totale milieueffect kan ook van jaar tot jaar verschillen (zie figuur 4.17). Dit valt deels te verklaren door de wisselende weersomstandigheden en deels door de optredende floraverschuivingen (zie hieronder). In figuur 4.17 is de jaarscore voor verschillende bestrijdingsscenario's op betonstraatstenen met verbrede voegen weergegeven. In 2011 was het milieueffect voor alle scenario's hoger dan in 2010. Een neerslagrijk, warm jaar (2011) is erg bevorderlijk voor de plantengroei, in tegenstelling tot een koud en droog jaar (2010).

■ Invloed van het bestrijdingssysteem

De milieuscores in figuur 4.17 zijn ook beïnvloed door floraverschuivingen als gevolg van de eenzijdige toepassing van een bestrijdingstechniek. Dit komt duidelijk tot uiting bij de eenzijdige toepassing van de

heetwatertechniek, waarbij het aandeel paardenbloem in de totale flora met het aantal behandelingenbeurten toenam. In 2010 was het milieueffect van de selectieve heetwatertechniek in vergelijking met andere thermische technieken het laagst op betonstraatstenen met verbrede voegen. Een jaar later was het effect echter het hoogst. Dit toont opnieuw aan dat de eenzijdige toepassing van een bestrijdingstechniek uiteindelijk een groter negatief milieueffect heeft dan afwisseling van verschillende bestrijdingstechnieken. Niet zozeer de bestrijdingstechniek dan wel de aanwending ervan is doorslaggevend voor het uiteindelijke milieueffect.



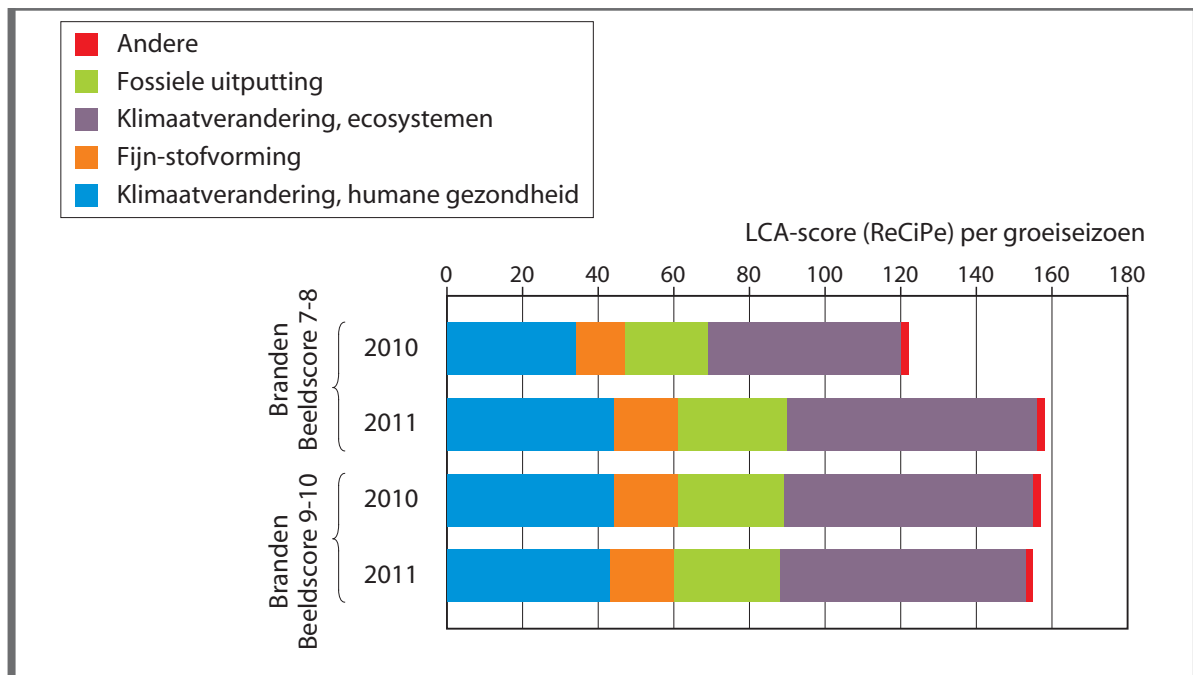
Figuur 4.17 Jaarlijks milieueffect (LCA-score op basis van de ReCiPe-methode) van verschillende bestrijdingsscenario's (drie scenario's met eenzijdige toepassing van de borstel-, hetelucht- en heetwatertechniek en een scenario met alternerend borstelen en hete lucht) op betonstraatstenen met verbrede voegen (beeldscorecriterium 7-8)

■ Invloed van de toegediende energiedosis

Bij toepassing van een lagere, suboptimale energiedosis (of hogere werksnelheid) is het milieueffect per beurt lager dan bij een hogere, optimale energiedosis. Voor een volledig groeiseizoen levert dit echter geen lager milieueffect op. Als de onkruiden onvoldoende bestreden zijn, is sneller een vervolgbehandeling nodig. Dat verhoogt de vereiste bestrijdingsfrequentie. Bij de bepaling van de optimale energiedosis dient de onkruidsoort centraal te staan. Niet alle plantensoorten zijn immers even gevoelig voor thermische of mechanische technieken (zie § 4.4.1).

■ Invloed van het beeldscorecriterium

Een minder strenge veronkruidingslimiet (lagere streefbeeldscore) zorgt op termijn niet voor een lager milieueffect (zie figuur 4.18). Zoals al vermeld onder § 4.4.1 vereist een strenger beeldscorecriterium geen hogere bestrijdingsfrequentie dan een milder beeldscorecriterium, omdat bestrijding van jong plantenweefsel effectiever is.



Figuur 4.18 Invloed van de veronkruidingslimiet (beeldscorecriterium) op het jaarlijks milieueffect van eenzijdig branden voor twee beeldscores (beeldscore 9-10 = beeldklasse A en beeldscore 7-8 = beeldklasse B)

4.5.2 Kostenanalyse

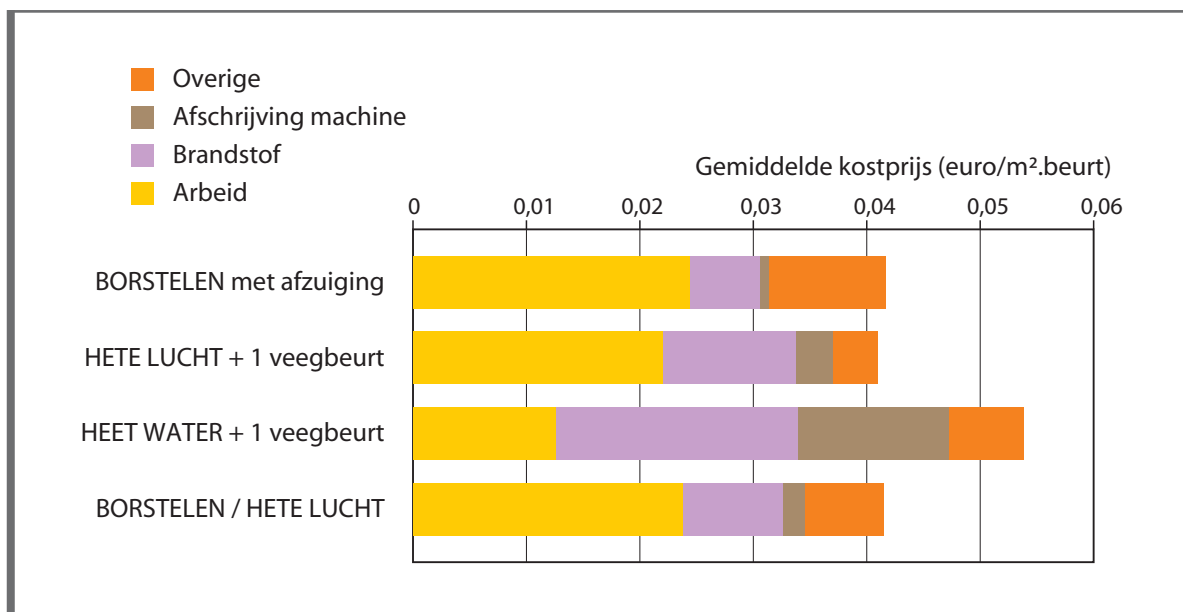
Voor de ingezette bestrijdingsscenario's op de proefparking in Sterrebeek [22, 23] is een kostenanalyse voor alternatieve, niet-chemische onkruidbestrijding gemaakt. Daarbij werden de kosten voor *arbeid* (vast uurloon), *energieverbruik* (verbranding van diesel en/of LPG), *afschrijving* van de machine (dit is de vervangingswaarde zonder drager), *onderhoud en verzekering* (als een vast percentage van de vervangingswaarde), en *verwerking van het veeg- en/of borstelafval* op basis van verrichte metingen of ingezamelde informatie in rekening gebracht. Het verbruik van de werktuigdrager is in die berekening meegenomen, maar niet de investering zelf. De drager is immers inwisselbaar en kan meestal ook voor andere doeleinden worden gebruikt. Voor de scenario's en straatsteensoorten waarbij niet intensief werd geborsteld (met opzuiging), is rekening gehouden met de arbeidskosten en het energieverbruik voor de jaarlijkse veegronde (aan het einde van het groeiseizoen om 'schoon' de winter in te gaan), om de vergelijking eerlijk te houden.

Het betreft hier de kosten voor de uitvoerder die over de machines beschikt. Ze hebben slechts een *indicatieve waarde*, omdat de kostprijs van onkruidbestrijding in de praktijk ook door andere factoren (aanwezigheid van obstakels, administratieve kosten, uitbesteding, enz.) wordt beïnvloed. Deze analyse maakt een relatieve vergelijking van de bestrijdingsscenario's mogelijk en geeft aan waar het meest kan worden bespaard.

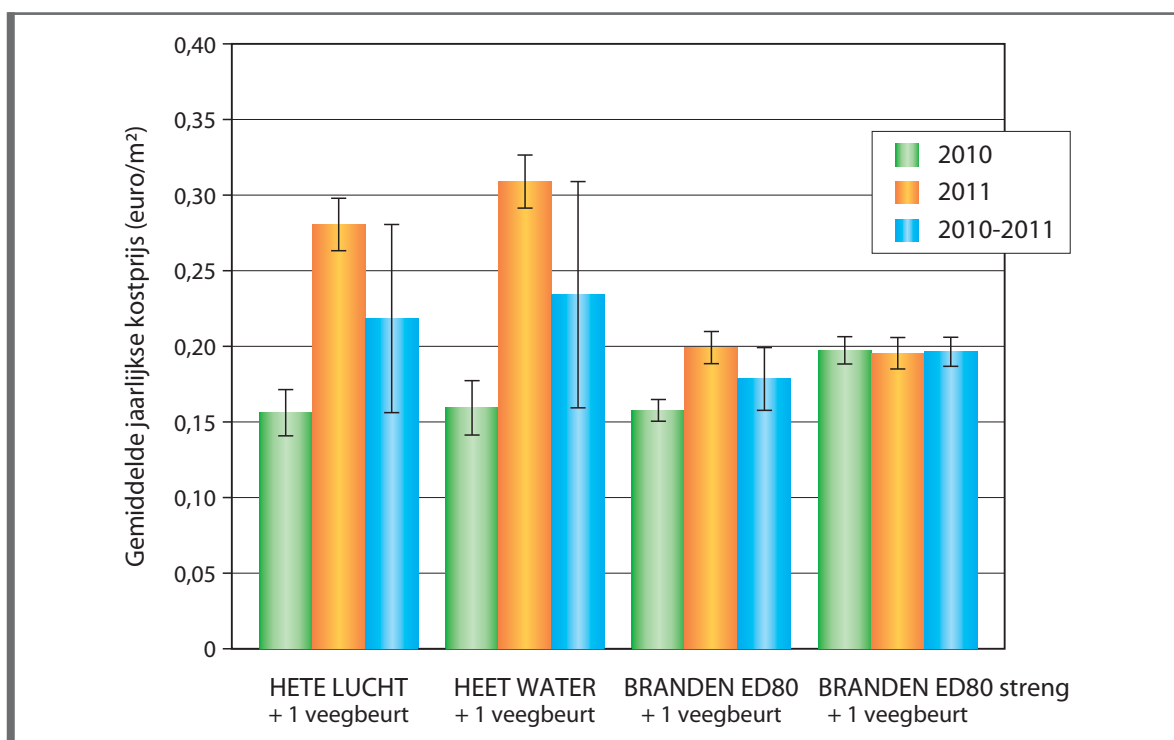
Figuur 4.19 toont aan dat de gemiddelde kostprijs per behandelingsbeurt voor borstelen met afzuiging, hete lucht⁽⁶⁾ (met één veegbeurt) en alternerend borstelen/hete lucht met een orde van grootte van 4 eurocent per vierkante meter zeer vergelijkbaar is en voornamelijk wordt beheerst door de kosten voor de arbeid en het energieverbruik, ongeacht de straatsteensoort. De kostprijs per behandeling van de selectieve heetwatertechniek (met één veegbeurt) ligt met een orde van grootte van 5 eurocent per vierkante meter ongeveer 25 % hoger. Die hogere kostprijs valt voornamelijk te verklaren door de grotere brandstofkosten en de hogere investeringswaarde. Door het verschil in waterverbruik speelt de straatsteensoort hier wel een rol (net zoals bij het milieueffect – zie § 4.5.1).

Figuur 4.20 illustreert dat de totale kostprijs per jaar afhangt van de bestrijdingsfrequentie. Die is zeer verschillend voor 2010 en 2011, als gevolg van de seizoeneffecten en floraverschuivingen (zie § 4.5.1). Voor de twee proefjaren (2010 en 2011) is de gemiddelde totale kostprijs per jaar vergelijkbaar voor alle scenario's

⁽⁶⁾ De gemiddelde kostprijs per behandeling voor branden was ook vergelijkbaar met deze voor hete lucht in geval van stenen met drainageopeningen en toepassing bij een vergelijkbare energiedosis (ED80).

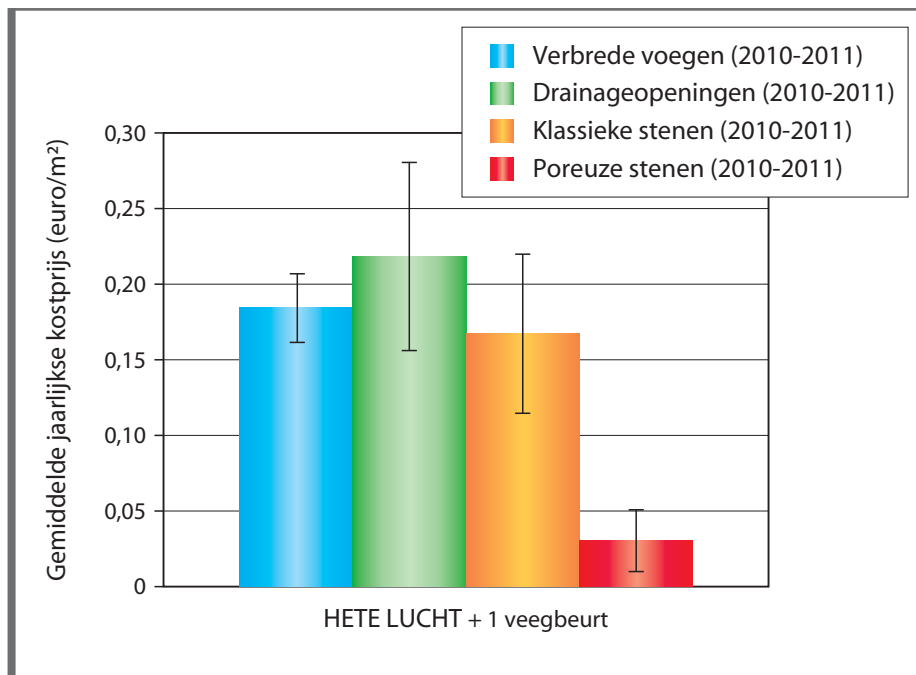


Figuur 4.19 Gemiddelde kostprijs per behandelingsbeurt (euro/m²) voor verschillende bestrijdingsscenario's op een betonstraatsteenverharding met verbrede voegen, uitgesplitst in verschillende kostensoorten (arbeid, brandstof, afschrijving machine en overige). De technieken werden toegepast bij een vergelijkbare energiedosis (ED80).



Figuur 4.20 Gemiddelde totale jaarlijkse kostprijs (euro/m²) voor verschillende bestrijdingsscenario's op betonstraatstenen met drainageopeningen (streng criterium = beeldscore 9-10, overige = beeldscore 7-8)

waarbij de technieken met een aanvaardbare energiedosis (ED80) werden ingezet. De vergelijkbare kostprijs voor de heetwatertechniek valt te verklaren door een lagere totale bestrijdingsfrequentie over de twee proefjaren (ongeveer 20 %). De laagste jaarkosten worden bereikt bij branden met een lagere energiedosering, mede omdat de bestrijdingsfrequentie hierbij (nog) niet sterk is verhoogd. Op langere termijn zullen de kosten in dit geval wellicht zeer sterk toenemen (zie de evolutie 2010-2011), omdat de bestrijdingseffectiviteit afneemt en de behandelingsfrequentie zal moeten worden opgedreven om



Figuur 4.21 Vergelijking van de gemiddelde jaarlijkse kostprijs (euro/m².jaar) voor verschillende straatsteensoorten met eenzijdige behandeling met hete lucht

hetzelfde straatbeeld te behouden (zie § 4.4.1). Bij toepassing van een strengere veronkruidingslimiet (beeldscore 9-10 of beeldklasse A) is de gemiddelde jaarlijkse kostprijs het constantst over de twee proefjaren omdat de behandelingsfrequentie slechts zeer licht wijzigt. Deze bevindingen bevestigen de conclusie bij de bespreking van het milieueffect: voor *duurzame en kosteneffectieve* curatieve onkruidbestrijding op lange termijn is het raadzaam bestrijdingstechnieken af te wisselen en een streng beeldscorecriterium vast te stellen, voor zover het veronkruidingsrisico het toelaat.

De grootste verschillen in jaarkosten doen zich voor bij de vergelijking van hetzelfde bestrijdingsscenario voor verschillende straatsteensoorten (zie voorbeeld voor hete lucht in figuur 4.21). Dit valt te verklaren door de hogere bestrijdingsfrequentie bij stenen met drainageopeningen of verbrede voegen en klassieke stenen (met klassieke, ongebonden voegvulling – zie tabel 4.4). De grootste kostenbesparingen kunnen dus worden gerealiseerd door *preventieve* maatregelen (bijvoorbeeld de keuze van de straatsteensoort, straatlaag en/of voegvulling) en *curatieve* onkruidbestrijdingsscenario's te combineren, en deze op elkaar af te stemmen, om de vereiste bestrijdingsfrequentie voor een aanvaardbaar straatbeeld terug te dringen.

4.6 Andere aspecten

Naast de effectiviteit, het milieueffect en de kostprijs kunnen een aantal andere aspecten een rol spelen bij de keuze van onkruidbestrijdingstechnieken in een welbepaald bestrijdingssysteem. Deze aspecten worden hierna kort beschreven.

4.6.1 Esthetische overwegingen

Toepassing van bestrijdingstechnieken (bijvoorbeeld borstelen en branden) mag uiteraard geen schade aan de verharding veroorzaken (bijvoorbeeld kleurveranderingen of krassen bij gevoelige verhardingen van natuursteen). Om die reden is de toepasbaarheid van technieken soms beperkt (zie tabel 4.2).

Onderzoek op de proefparking met *betonstraatsteen*verhardingen in Sterrebeek heeft aangetoond dat twee jaar onkruidbestrijding met de verschillende bestrijdingsscenario's [23] geen significant slijtage-effect heeft. Na negentig beurten van intensief en continu borstelen is slechts een gemiddeld dikteverlies van 0,2 mm per steen gemeten. Als van een standaardlevensduur van twintig jaar wordt uitgegaan, is de slijtage verwaarloosbaar.

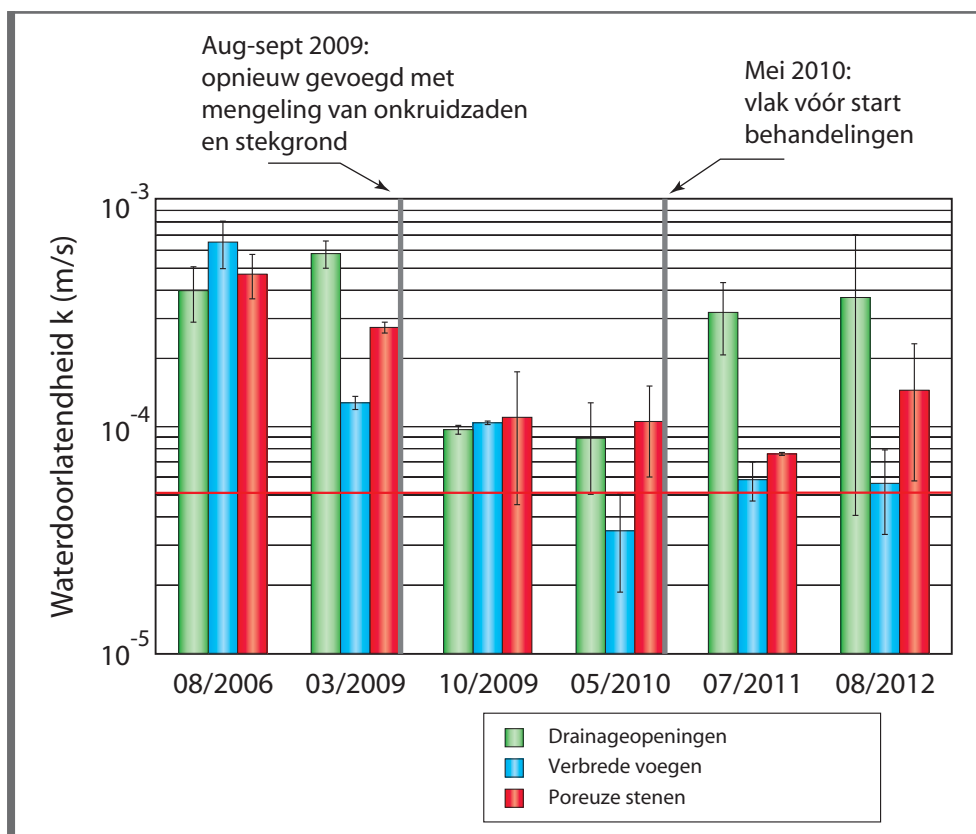
Kleurmetingen wijzen echter wel op een aantal interessante verschuivingen. Zo vertonen de met heet water behandelde zones een licht stijgende trend voor de helderheid van de stenen. Dit wijst op het "reinigende" effect bij continue toepassing van de heetwatertechniek, dat ook visueel duidelijk zichtbaar is (zie figuur 4.22). Opmerkelijk is ook de vergroening in het najaar voor de zones met poreuze stenen. Dit heeft wellicht te maken met verhoogde mosgroei op het oppervlak van deze stenen in die periode van het jaar.



Figuur 4.22 Effect van heetwaterbehandelingen op de helderheid van straatstenen. Visuele vergelijking met foto, genomen op 4 augustus 2011.

4.6.2 Waterdoorlatendheid en onkruidbestrijding in de tijd

Om de mogelijke invloed van veronkruiding en de bijbehorende onkruidbestrijding op de waterdoorlatendheid na te gaan, is op de proefparking in Sterrebeek ook het verloop van deze parameter (k , in m/s) in de tijd gevolgd. Figuur 4.23 geeft de resultaten voor de waterdoorlatendheid van de verschillende proefzones weer. De waarden voor 2012 lijken op hetzelfde niveau gestabiliseerd te zijn als net voor de start van de onkruidbestrijding op de proefparking (mei 2010).

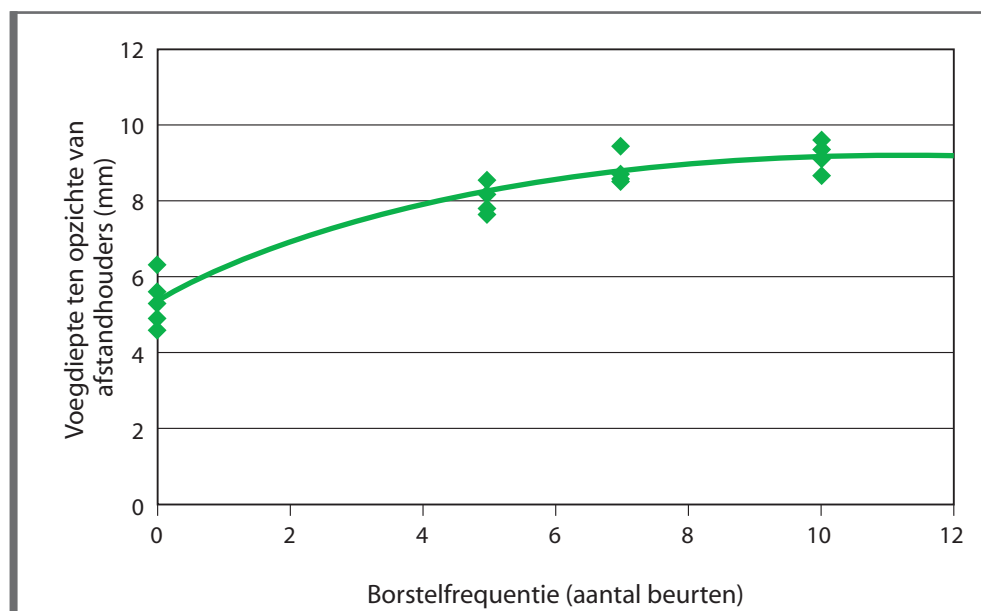


Figuur 4.23 Waterdoorlatendheidsmetingen op de proefparking van het OCW in Sterrebeek

In vergelijking met metingen vóór het hervoegen van de parking (oktober 2009) waarbij de voegvulling met organisch materiaal en onkruidzaden werd gemengd, is gemiddeld een dalende trend merkbaar (ondanks de soms grote spreiding van metingen voor dezelfde steensoort). Die daling kan deels zijn veroorzaakt door het *inbrengen van de vervuiling* (zie metingen in oktober 2009), wat doorgaans ook in de praktijk zal voorkomen, en deels door de zich ontwikkelende onkruidgroei (zie metingen in mei 2010). Na iets meer dan twee jaar van onkruidbestrijding (2010-2012) lijkt de waterdoorlatendheid zich wel min of meer te hebben gestabiliseerd. Sommige individuele waarden vallen weliswaar onder de ontwerpwaarde voor waterdoorlatende bestratingen ($5,4 \times 10^{-5}$ m/s [10]), maar in het algemeen blijft de doorlatendheid ondanks de onkruidgroei toch nog op een zeer aanvaardbaar niveau ($> 3 \times 10^{-5}$ m/s).

4.6.3 Verlies van voegvulling

Zoals al vermeld onder § 4.3 is borstelen niet aangewezen op verhardingen met zeer brede, ongebonden voegen, omdat daarbij voegvulling kan worden uitgeborsteld. Ook bij andere verhardingssoorten kan continu en eenzijdig borstelen tot het gestaag ledigen van de voegen leiden. Om dit effect na te gaan, is op de proefparking in Sterrebeek de voegdiepte voor alle zones met verbrede voegen na de twee proefjaren gemeten (zie figuur 4.24).



Figuur 4.24 Invloed van de borstelfrequentie op de gemeten voegdiepte bij stenen met verbrede voegen

De gemeten voegdiepten (ten opzichte van de afstandhouder) zijn een maat voor de uitgeborstelde voegvulling bij stenen met verbrede voegen. Het blijkt dat bij continu borstelen heel wat voegvulling verdwijnt: 2 tot 3 mm extra na negen tot tien borstelbeurten. Deze trend vlakkt wel uit in de tijd, naarmate de hoeveelheid uitgehaalde voegvulling toeneemt. Dieper gelegen voegvulling wordt dan immers onbereikbaar voor de borstelharen. Dit betekent echter ook dat het onkruidbestrijdende effect van eenzijdig borstelen wellicht afneemt met de tijd. Dat pleit opnieuw voor een gecombineerde toepassing van verschillende curatieve technieken om op lange termijn een duurzame onkruidbeheersing te garanderen.

Hoofdstuk 5

Beslisboom voor onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen

In dit hoofdstuk wordt de beslisboom toegelicht die voor het proces van onkruidbeheer(sing) op halfopen verhardingen is opgesteld. Bij de opstelling is gesteund op de informatie uit de vorige hoofdstukken en de onderzoeksresultaten van het VISCO-project 070670 *Onkruidbeheer: preventieve en curatieve methodes voor een optimaal straatbeeld*. Deze beslisboom volgt de probleemstelling in situ zo goed mogelijk, zodat de gebruiker snel en eenvoudig zijn keuzen van preventieve en curatieve maatregelen voor onkruidbeheer(sing) kan maken zonder de hele handleiding na te lezen. Hoofdstuk 5 kan volledig los van de andere hoofdstukken (waarin diepgaander informatie wordt gegeven) worden gelezen en gebruikt.

5.1 Kenmerkende parameters

De stappen voor de te maken keuzen in de beslisboom steunen op een aantal kenmerkende parameters: *straatsteensoort*, *ontwerpscore*, *beeldscore* en *veronkruidingsrisico*.

5.1.1 Straatsteensoort

De straatsteensoort wordt voornamelijk gekenmerkt door voegbreedte en -percentage en/of de waterdoorlatendheid (zie verder in § 5.4.1) en is zowel bij bestaande als nieuwe verhardingen een belangrijke parameter voor onkruidbestrijdingsmaatregelen.

5.1.2 Ontwerpscore

De ontwerpscore is een maat voor de kwaliteit van het ontwerp en de uitvoering van de verharding (zie § 2.1.5). Voor de berekening wordt gesteund op de beoordeling van zes welbepaalde ontwerpkenmerken. Dat gebeurt door toekenning van een score 0 of 1 in antwoord op een eenvoudige ja/nee-vraag (JA = score 0; NEEN = score 1).

	<p>Categorie A Aanliggend groen</p>		<p>Categorie D Obstakels</p>	
				
	<p>Categorie B Randafwerking</p>		<p>Categorie E Kantopsluiting</p>	
				
	<p>Categorie C Verzakkingen / Onvlakheid</p>		<p>Categorie F Goot van kleinschalige elementen</p>	
				

Ontwerpkennmerken A tot F

Vraag		Antwoord (JA = 0; NEEN = 1) (I)	Gewicht (II)	Gewogen deelscore (I)x(II)
A	Is er aanliggend groen aanwezig?	_____	x 0,21 =	_____
B	Vertoont de randafwerking gebreken (passtukken kleiner dan een halve steen, geen streklaag, overmatige voegbreedte)?	_____	x 0,19 =	_____
C	Vertoont de verharding verzakkingen of oneffenheden?	_____	x 0,17 =	_____
D	Zijn er obstakels in de verharding aanwezig?	_____	x 0,17 =	_____
E	Ontbreekt een degelijke kantopsluiting?	_____	x 0,14 =	_____
F	Is er een aanliggende goot van kleinschalige elementen aanwezig?	_____	x 0,12 =	_____
Totale ontwerpscore				_____

Tabel 5.1 Berekeningswijze van de totale ontwerpscore op basis van de gewogen scores voor de ontwerpkenmerken A tot F

De som van de gewogen deelscores voor de zes ontwerpkenmerken geeft de totale ontwerpscore (tussen 0 en 1). Hogere scores komen overeen met een beter ontwerp en/of een betere uitvoering. Voor een nieuwe, te ontwerpen verharding ligt de ontwerpscore doorgaans zeer hoog. Voor bestaande verhardingen dient deze jaarlijks te worden geëvalueerd op basis van de actuele staat van de verharding.

5.1.3 Beeldscore

De beeldscore (zie § 2.1.2) is een maat voor de beeldkwaliteit van onkruidgroei op een verharding. Voor de bepaling ervan wordt gesteund op de gemiddelde voegbedekking en de hoogte van de vegetatie. Een beeldscore kan enkel voor een bestaande verharding worden berekend en dient jaarlijks in het voorjaar te worden geëvalueerd op basis van de actuele veronkruidingstoestand.

Voegbedekking	Vegetatiehoogte				
	< 1 cm	1 - 3 cm	4 - 6 cm	7 - 10 cm	> 10 cm
1 - 6 %	10	9	8	7	6
6 - 16 %	10	8	7	6	5
16 - 26 %	10	7	6	5	4
26 - 51 %	10	6	5	4	3
51 - 100 %	10	5	4	3	2

Tabel 5.2 Bepaling van de beeldscore voor onkruidgroei op verhardingen

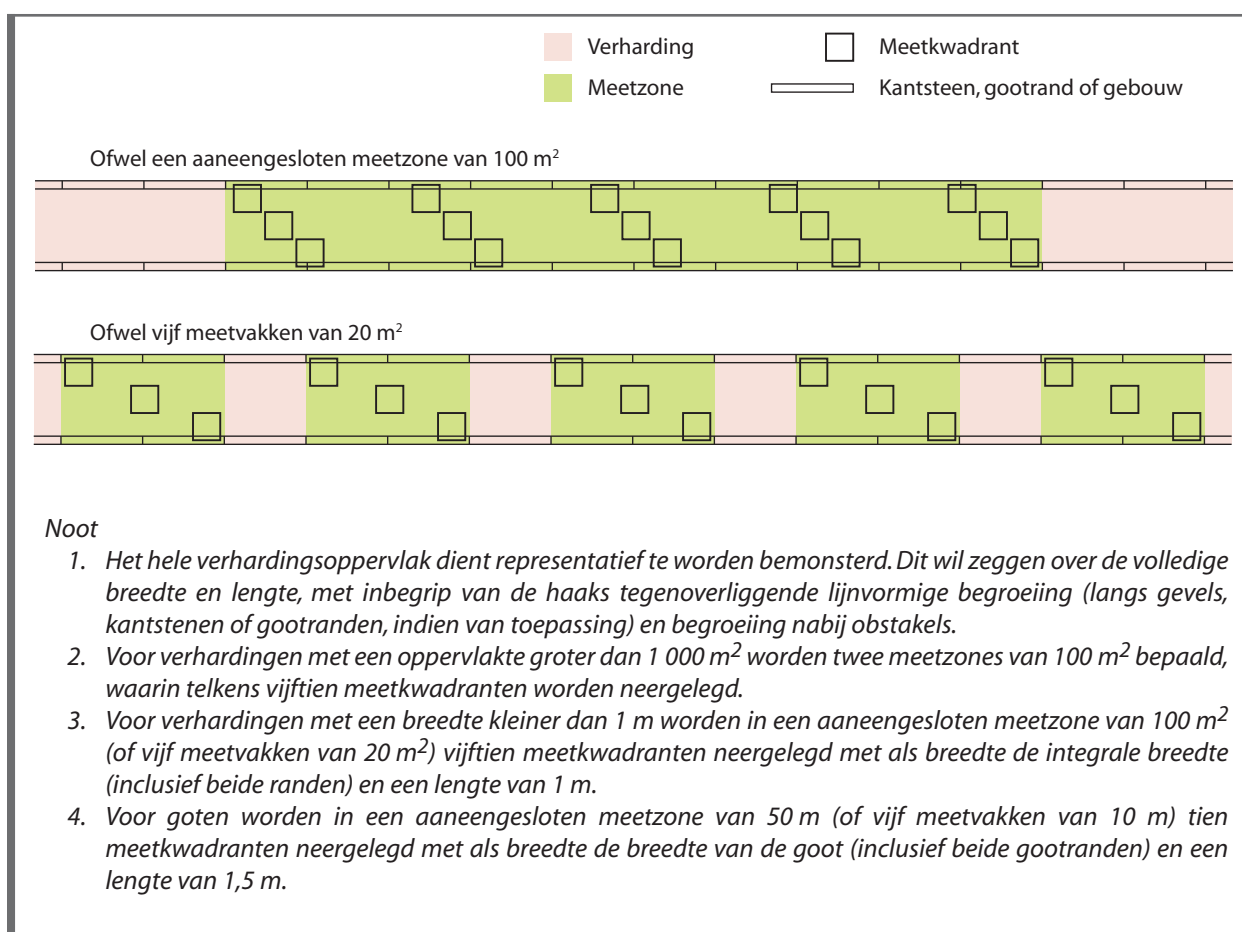
5.1.3.1 Meetmethode

Vertrekkend van de gemiddelde vegetatiehoogte en voegbedekking (percentage van het voegoppervlak bedekt door onkruid, volgens verticale projectie) in tabel 5.2 kan de beeldscore voor een verharding worden bepaald. Als waarden voor de vegetatiehoogte en voegbedekking wordt het rekenkundig gemiddelde genomen van de geschatte of gemeten vegetatiehoogten en voegbedekkingspercentages bepaald aan vijftien ad random neergelegde meetkwadranten van 1 m x 1 m in een aaneengesloten meetzone van 100 m² of in vijf meetvakken van 20 m² (zie figuur 5.1).

Een verharding dient goed in de breedte en de lengte te worden bemonsterd:

1. voetpad of fietspad: langs beide kanten (inclusief de lijnvormige begroeiing) en in het midden van de verharding een evenredig aantal kwadranten neerleggen;
2. parking: het totale oppervlak binnen de meetzone representatief bemonsteren (dus ook een evenredig aantal kwadranten nabij de randen en in het midden neerleggen).

De meetzone is bij voorkeur de meest veronkruidde zone van de verharding. Opeenvolgende bepalingen van de beeldscore tijdens hetzelfde groeiseizoen dienen in dezelfde meetzone te worden uitgevoerd.



Figuur 5.1 Meetmethode voor de bepaling van de beeldscore

De beeldscore wordt uitgedrukt op een schaal van 2 tot 10, waarbij 10 de minst veronkruidde situatie is. In principe kan een extra beeldscore worden toegevoegd, namelijk 10+ = geen onkruid. Hogere beeldscores stemmen dus overeen met een betere kwaliteit van het straatbeeld.

5.1.4 Veronkruidingsrisico

Het risico op veronkruiding hangt van diverse factoren af (zie hoofdstuk 2). Op basis van drie sleutelparameters (ontwerpscore, voegbreedte en gebruiksintensiteit) kan dan ook het *risico op veronkruiding* voor een nieuwe of bestaande verharding worden ingeschat (zie § 2.2).

■ **Ontwerpscore** (zie § 5.1.2)

De ontwerpscore wordt berekend op basis van de scores voor zes ontwerpkenmerken (zie tabel 5.1) en wordt uitgedrukt in een totaalscore tussen **0 en 1**.

Deze score is een maat voor de ontwerptechnische kwaliteit (waaronder de aanwezigheid van obstakels, kantopsluiting, enz.) en houdt rekening met de aanwezigheid van aanliggend groen zoals een groen- of grasstrook, bermen, een bos of een bomenrij. Aanliggende groenvoorzieningen kunnen vervuiling van de verharding met onkruidzaden of organisch materiaal veroorzaken. Organische vervuiling kan *rechtstreeks* optreden door ingroei van rhizoomvormende onkruiden (soorten met een ondergronds netwerk van wortelstokken) of overgroeien van randvegetatie (bijvoorbeeld varkensgras en witte klaver), of *onrechtstreeks* als gevolg van bladval, wegvliegend maaisel, enz.

Hogere scores komen overeen met een betere staat van de verharding en dus een *lager risico* op onkruidgroei. Voor een nieuwe, te ontwerpen verharding ligt de ontwerpscore a priori doorgaans zeer hoog. Voor bestaande verhardingen dient deze jaarlijks te worden geëvalueerd op basis van de actuele staat van de verharding.

■ **Voegbreedte** (voor bestaande en nieuwe, te ontwerpen verhardingen)

Het veronkruidingsrisico is ongeveer omgekeerd evenredig met de inverse van de voegbreedte. De deelscore kan worden uitgedrukt als **1/voegbreedte** (1/mm), wat voor voegbreedten tussen 1 en 15 mm overeenkomt met een score tussen **1 en 0**. Voor kleinschalige elementen met (rechthoekige of cirkel-

Oppervlakte zone S	Aantal meetpunten	Aantal stenen per meetpunt	Aantal metingen van langsvoeg/dwarsvoeg per steen
$S < 250 \text{ m}^2$	3 per 10 m lengte	3 per m breedte	4/2
$250 < S < 750 \text{ m}^2$	5 per 30 m lengte	3 per m breedte	4/2
$S > 750 \text{ m}^2$	9 per 50 m lengte	3 per m breedte	4/2

Tabel 5.3 Bepalingswijze van de gemiddelde voegbreedte van een bestaande verharding.

Groene stenen stellen bijvoorbeeld de meetpunten voor.

Het gaat om aanbevolen drempelwaarden voor een goede schatting van de voegbreedte. Voor oppervlakten groter dan 750 m^2 dient deze berekeningswijze niet tot in het "oneindige" te worden toegepast maar kan op basis van het gezonde verstand het maximaal aantal te meten stenen worden bepaald dat een representatief beeld van de voegbreedte geeft.

vormige) drainageopeningen wordt de deelscore berekend als de inverse van de maximumbreedte (mm) van de opening (bijvoorbeeld, de diameter bij cirkelvormige openingen). Voor stenen met bredere voegen of stenen met ronde of rechthoekige drainageopeningen met een maximumbreedte groter dan 15 mm wordt een score = 0 aangenomen. Voor nieuwe, te ontwerpen verhardingen wordt met de ontwerpwaarde gerekend. Voor een bestaande verharding wordt de gemiddelde voegbreedte berekend met behulp van tabel 5.3.

■ **Gebruiksintensiteit**

Op grond van de grenswaarden voor de passage en de voornaamste functie van de verharding worden drie klassen van gebruiksintensiteit onderscheiden: *hoog, matig* en *laag*.

Klasse van gebruiksintensiteit	Voetpad (passages/ m breedte/dag)	Fietspad (passages/ m breedte/dag)	Parkeervoorziening (aan- en afrijdende voertuigen/200 m ² /dag)	Deelscore voor gebruiksintensiteit
HOOG	> 1 200	> 2 000	> 20	1
MATIG	600 tot 1 200	1 000 tot 2 000	10 tot 20	0,5
LAAG	< 600	< 1 000	< 10	0

Tabel 5.4 Grenswaarden voor de gebruiksintensiteit als functie van de toepassing en de bijbehorende deelscore voor risico op veronkruiding (enkel geldig voor verhardingen van de verkeersklassen III en IV)

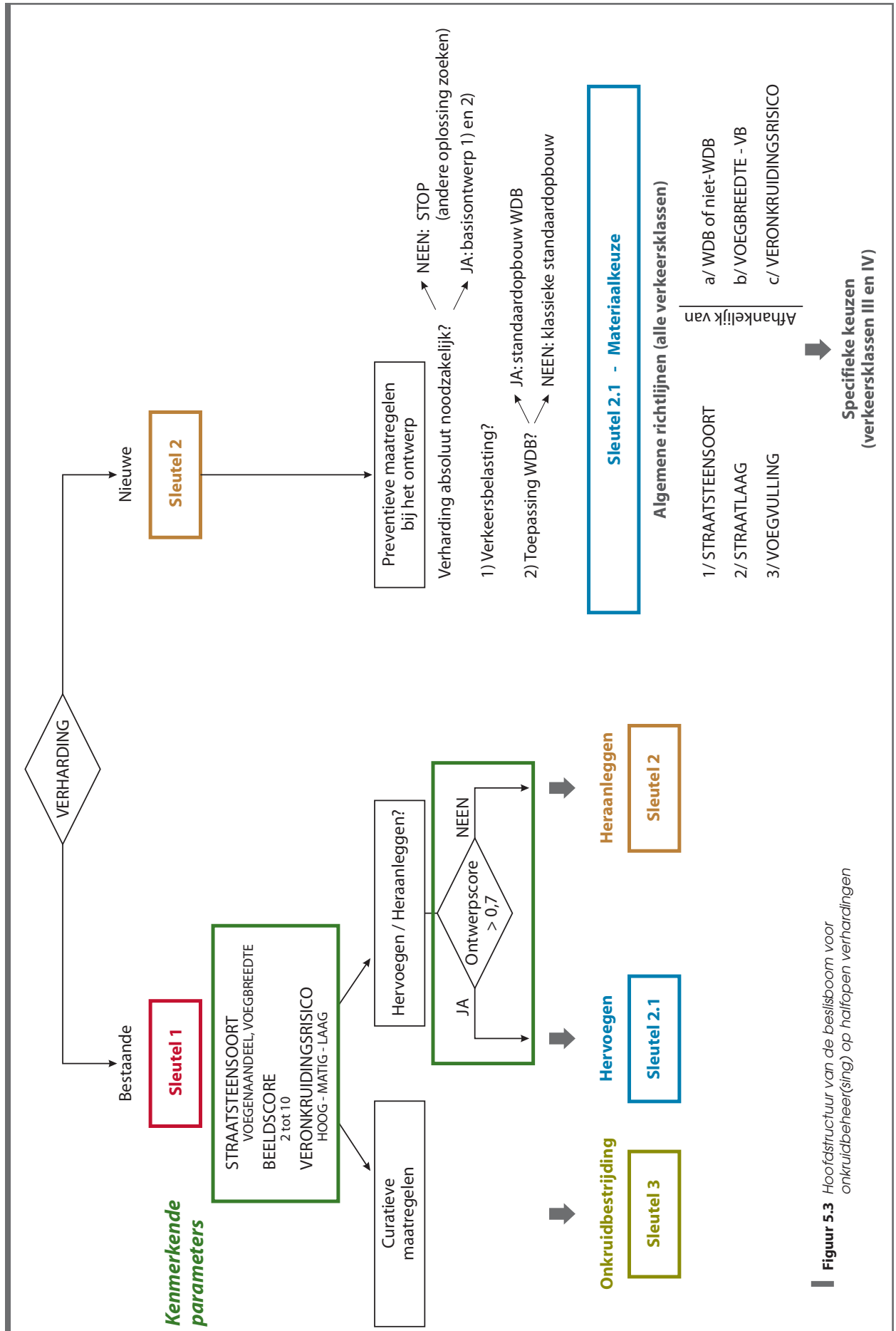
Deze indeling geldt enkel voor verhardingen van de verkeersklassen III en IV (zie tabel 1.1), waarbij een deelscore 1 - 0,5 - 0 wordt toegekend, naargelang van de klasse van gebruiksintensiteit (zie tabel 5.4). Hogere scores (= hogere gebruiksintensiteit) komen dus overeen met een lager risico op veronkruiding.

Voor de bepaling van de gebruiksintensiteit wordt uitgegaan van de verwachte (voor nieuwe verhardingen) of de actuele (voor bestaande verhardingen) gebruiksintensiteit.

Een lage ontwerp-score, brede(re) voegen en een lage gebruiksintensiteit correleren dus sterk met de veronkruiding. Op grond van de deelscores voor de sleutelparameters *ontwerp*, *voegbreedte* en *gebruiksintensiteit* kan een gewogen som worden gemaakt, om een **totale risicoscore** te verkrijgen (zie figuur 5.2). De gewichten (0,4 voor het ontwerp, 0,4 voor de voegbreedte en 0,2 voor de gebruiksintensiteit) drukken het belang van de drie sleutelparameters voor het totale veronkruidingsrisico uit. Dit geldt echter **enkel voor** verhardingen van de **verkeersklassen III en IV**. Voor verhardingen van de verkeersklassen I en II (bijvoorbeeld *rijbaan*) wordt aangenomen dat de gebruiksintensiteit zo hoog is dat het veronkruidingsrisico zeer laag blijft.

Hoe hoger de totale risicoscore, des te lager het veronkruidingsrisico voor de beschouwde verharding. Voorts worden een aantal drempelwaarden voor de inschatting van het totale risiconiveau vastgelegd:

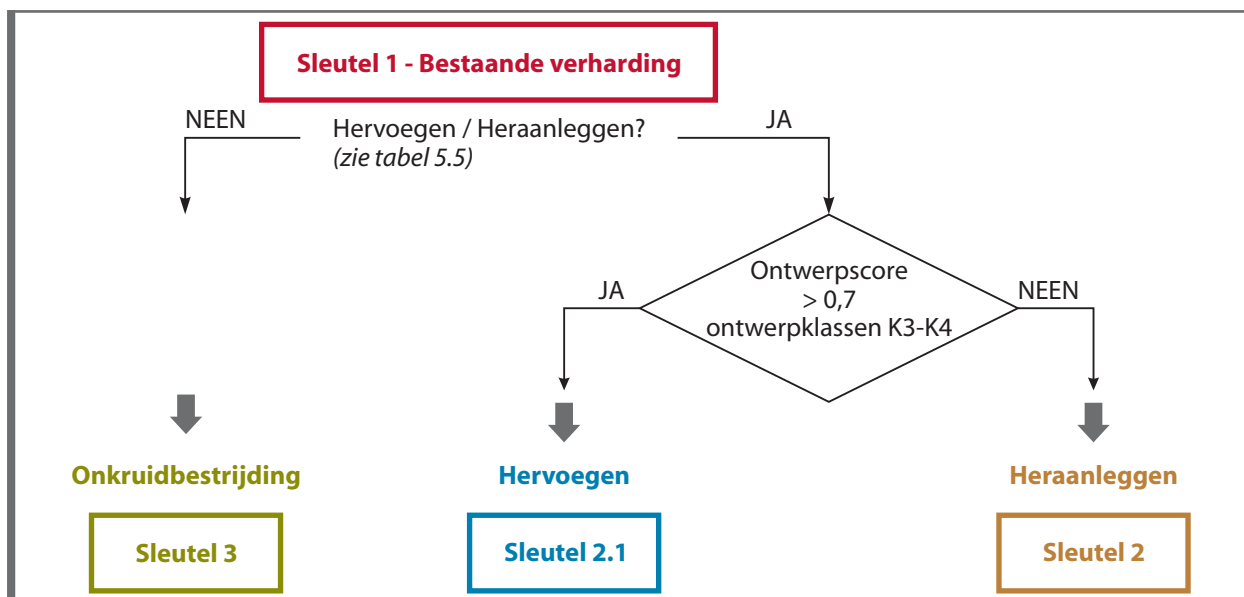
Drempelwaarde	Risiconiveau
Totale risicoscore < 0,3 0,3 ≤ totale risicoscore ≤ 0,6 Totale risicoscore > 0,6	HOOG MATIG LAAG



Figuur 5.3 Hoofstructuur van de beslissboom voor onkruidbeheer(sing) op halfopen verhardingen

5.3 Sleutel 1 – Bestaande verharding

Bij een bestaande verharding is geen nieuw ontwerp nodig, maar dient wel de vraag te worden gesteld (zie figuur 5.4): *curatief behandelen of hervoegen/heraanleggen?*



Figuur 5.4 Sleutel 1 in de beslissboom is van toepassing voor een bestaande verharding

Daartoe dienen de volgende aspecten te worden onderzocht:

- vertoont de verharding (te) veel verzakkingen en oneffenheden? Dergelijke gebreken brengen niet alleen het comfort voor de gebruikers en de stabiliteit van de verharding in gevaar, maar bevorderen ook de onkruidgroei. Andere risicovolle schadebeelden kunnen zijn functionaliteitsverlies, te grote openstaande voegen, weinig betreding, enz.;
 - *hoog risico op veronkruiding (bijvoorbeeld risicoscore < 0,3?)*
- doen zich veel problemen met onkruidgroei voor of is het gewenste straatbeeld moeilijk in stand te houden;
 - *slechte beeldkwaliteit (bijvoorbeeld beeldscore < 5?)*
- de straatsteensoort (klassieke stenen, poreuze stenen, stenen met verbrede voegen of drainageopeningen);
- zijn de kosten voor onkruidbestrijding onevenredig hoog? Het kan dan nuttig zijn de kosten voor het hervoegen of heraanleggen met de huidige bestrijdingskosten te vergelijken.

De keuze voor hervoegen of heraanleggen (zie ook tabel 5.5) hangt af van het huidige veronkruidingsrisico (RISICONIVEAU: *hoog, matig of laag* – zie figuur 5.2), de graad van veronkruiding (BEELDSCORE: 2-10 – zie tabel 5.2), en deels ook van de straatsteensoort, het bijbehorende voegpercentage en de bijbehorende voegbreedte (voor klassieke, ongebonden voegvullingen!) en de aanwezige onkruidflora.

Straatsteensoort	Veronkruidingsrisico	Aanvangsbeeldscore	Aanwezige onkruidflora
Klassieke of poreuze stenen Ontwerpvoegbreedte < 6 mm Voegenaandeel < 10 %	HOOG	< 5	Niet-eenjarig
	MATIG	< 5	Extreem hardnekkige flora
Stenen met (ver)brede voegen of drainageopeningen Ontwerpvoegbreedte > 6 mm Voegenaandeel > 10 %	HOOG	< 7	Niet-eenjarig bij (ver)brede voegen Alle flora bij drainageopeningen
		< 5	Alle flora
	MATIG	< 5	Niet-eenjarig

Tabel 5.5 Bepaling van de noodzaak tot hervoeegen/heraanleggen van een bestaande verharding (voor klassieke, ongebonden voegvullingen!)

Als aan de vier voorwaarden (straatsteensoort, veronkruidingsrisico, beeldscore en aanwezige onkruidflora) in de bovenstaande tabel is voldaan, is hervoeegen/heraanleggen aanbevolen.

Is het antwoord **NEEN**? Ga naar **sleutel 3 ONKRUIDBESTRIJDING**.

Is het antwoord **JA**? De huidige **ontwerpscore** (zie tabel 5.1), die een maat voor de kwaliteit van het ontwerp en de uitvoering is, bepaalt de keuze tussen *hervoeegen* en *heraanleggen*:

- ontwerpscore < 0,7: uit het oogpunt van onkruidpreventie kan het ontwerp constructief worden verbeterd. **HERAANLEGGEN** is aanbevolen. Ga naar **sleutel 2 NIEUWE VERHARDING**;
- ontwerpscore > 0,7: in het ontwerp is al in grote mate rekening gehouden met preventieve maatregelen. Een aangepaste voegvulling zou dit nog kunnen versterken. **HERVOEGEN** is aanbevolen. Voor de keuze van een geschikte voegvulling, ga naar sleutel **2.1 MATERIAALKEUZE**.

In tabel 5.15 van sleutel 3 zijn alle mogelijke situaties waarin hervoeegen of heraanleggen van de bestaande verharding is aanbevolen oranje gemarkeerd. Of die aanbeveling effectief door de beheerder wordt gevolgd, hangt van economische (kostprijs van heraanleggen in vergelijking met onkruidbestrijdingskosten – zie § 4.5.2) en/of andere factoren (organisatorische, politieke, enz.) af.

5.4 Sleutel 2 – Nieuwe verharding

Voor een nieuwe verharding dienen de stappen van sleutel 2 (zie figuur 5.3) voor een *preventief onkruidremmend ontwerp* te worden gevolgd. Vooreerst dient het **basisontwerp** aan een aantal sleutelvragen te worden afgetoetst.

0) *Is een (halfopen) verharding absoluut noodzakelijk?*

Hier dienen de mogelijkheden voor andere oplossingen of een andere verhardingssoort (open verhardingen, grasbetontegels, gesloten verhardingen, grindgras, enz.) (zie figuur 3.1) te worden onderzocht. Het kan nuttig zijn deze denkoefening af en toe te maken.

Is het antwoord **NEEN**? **STOP en zoek een andere oplossing** (zie bijvoorbeeld [13] en [25]).

Is het antwoord **JA**? Ga naar de **volgende vraag**.

1) *Welke verkeersbelasting?*

Bepaal met behulp van tabel 5.6 de verkeersklasse van de beschouwde verharding.

Verkeers-klasse	Soort van verkeer			Indicatieve aanduiding van de bouwklasse volgens de "Standaard Wegstructuren" van de Vlaamse Overheid
	Voetgangers, fietsers, bromfietzers	Lichte voertuigen (< 3,5 ton)	Zware voertuigen (> 3,5 ton)	
I	Onbeperkt	Maximaal 5 000 per dag	Maximaal 400 per dag	B6 - B7
II	Onbeperkt	Maximaal 5 000 per dag	Maximaal 100 per dag	B8 - B9
III	Onbeperkt	Maximaal 500 per dag	Maximaal 20 per dag	B10
IV	Onbeperkt	Occasioneel	Geen	BF

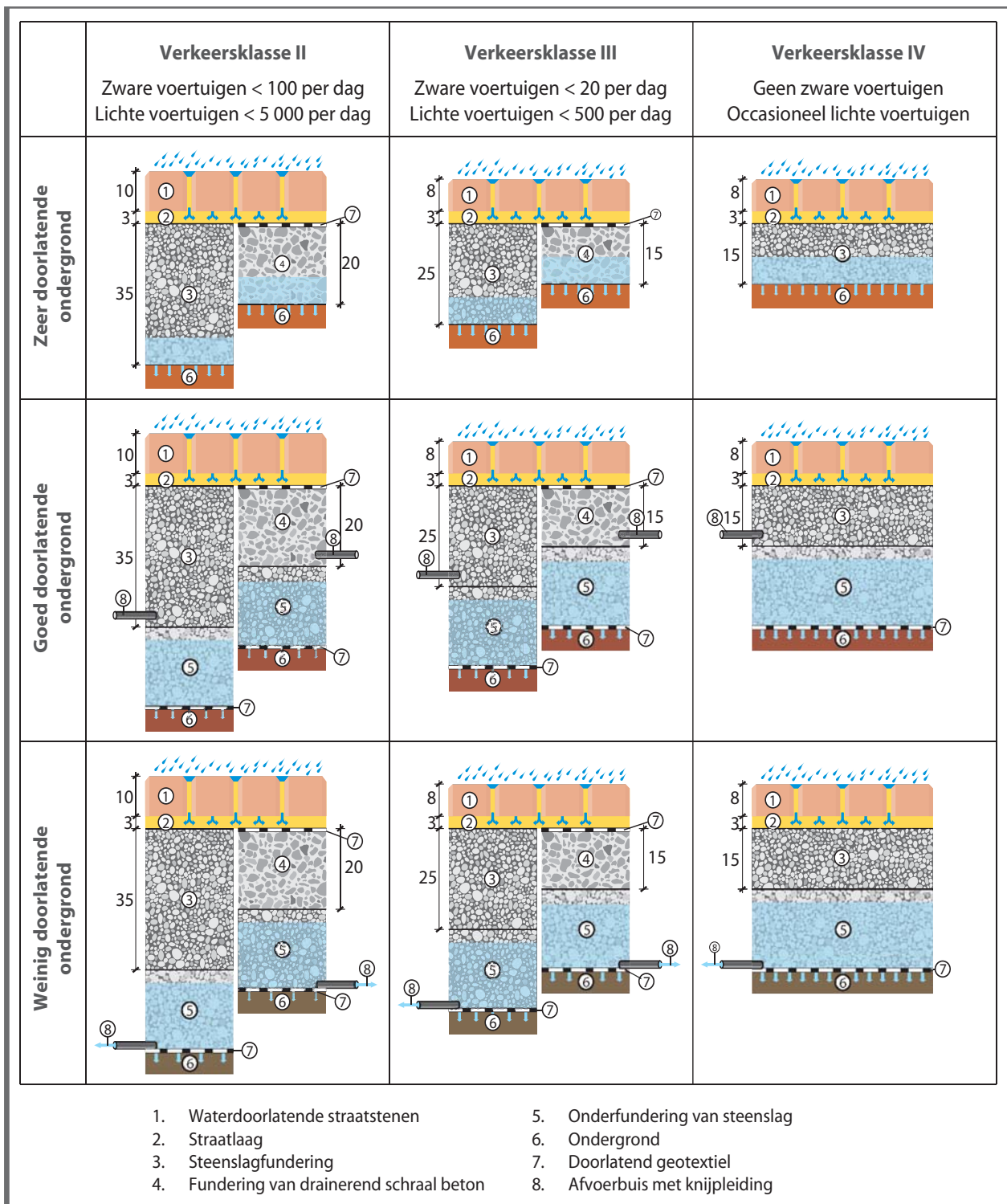
Tabel 5.6 Bepaling van de verkeersklassen

2) *Toepassing van waterdoorlatende bestrating(en) (WDB)?*

Bij de keuze voor WDB dient er mee rekening te worden gehouden dat WDB:

- enkel geschikt zijn voor de verkeersklassen II, III of IV;
- niet geschikt zijn voor toepassing in waterwingebieden (beschermingszones 1 en 2);
- niet geschikt zijn voor locaties waar vaak wegzout wordt gestrooid;
- niet geschikt zijn voor toepassing in verkavelingen, vlak naast woningen (bijvoorbeeld, voetpad langs woningen).

Is het antwoord **JA**? Bepaal de opbouw van de constructie met behulp van de **standaardmodellen voor de opbouw van waterdoorlatende bestratingen** in figuur 5.5 [10], rekening houdend met de verkeersklasse en de doorlatendheid van de ondergrond.

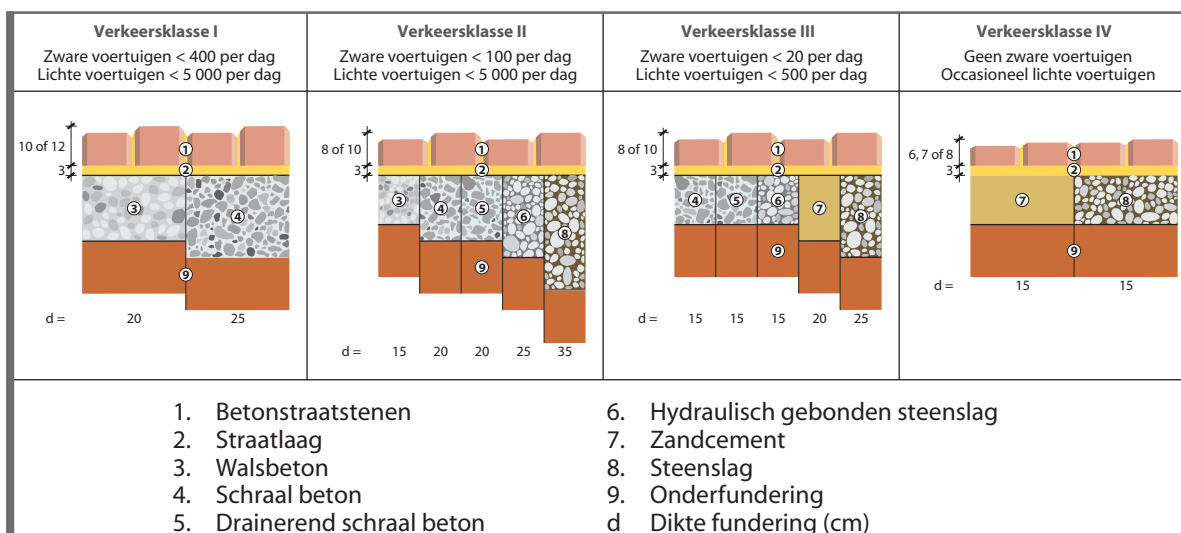


Figuur 5.5 *Standaardmodellen voor de opbouw van waterdoorlatende bestratingen als functie van de verwachte verkeersbelasting en de doorlatendheid van de ondergrond*

Is het antwoord **NEEN**? Bepaal de opbouw van de constructie met behulp van de **standaardmodellen voor de opbouw van verhardingen met klassieke betonstraatstenen** in tabel 5.7 en figuur 5.6 [9].

Verkeersklasse		I	II	III	IV
Dikte straatstenen		10 cm of 12 cm	8 cm of 10 cm	8 cm of 10 cm	6 cm of 7 cm of 8 cm
Dikte straatlaag		3 cm	3 cm	3 cm	3 cm
Aard en dikke fundering	Walsbeton	20 cm	15 cm	-	3 cm
	Schraal beton	25 cm	20 cm	15 cm	-
	Drainerend schraal beton	-	20 cm	15 cm	-
	Hydraulisch gebonden steenslag	-	25 cm	15 cm	-
	Zandcement	-	-	20 cm	15 cm
	Steenslag	-	35 cm	25 cm	15 cm

Tabel 5.7 Standaardmodellen voor de opbouw van verhardingen met klassieke betonstraatstenen voor de verschillende verkeersklassen



Figuur 5.6 Standaardmodellen voor de opbouw van verhardingen met klassieke betonstraatstenen als functie van de verkeersbelasting

Na het aftoetsen van de voornoemde gegevens voor het BASISONTWERP (zie figuur 5.7), zijn de volledige onderbouw (baanbed, onderfundering, fundering en eventuele drainagevoorziening bij WDB) en de steendikte bepaald.

Sleutel 2 - Nieuwe verharding

Verharding absoluut noodzakelijk?

NEEN

STOP

Andere oplossing zoeken
(zie bijvoorbeeld [13] en [25])

1) Verkeersbelasting?

Verkeersklasse I, II, III of IV (zie tabel 5.6)

Verkeers-klasse	Soort van verkeer			Indicatieve aanduiding van de bouwklaas volgens de "Standaard Wegstructuren" van de Vlaamse Overheid
	Voetgangers, fietsers, bromfietzers	Lichte voertuigen (< 3,5 ton)	Zware voertuigen (> 3,5 ton)	
I	Onbepikt	Maximaal 5 000 per dag	Maximaal 400 per dag	B6 - B7
II	Onbepikt	Maximaal 5 000 per dag	Maximaal 100 per dag	B8 - B9
III	Onbepikt	Maximaal 500 per dag	Maximaal 20 per dag	B10
IV	Onbepikt	Occasioneel	Geen	BF

JA

Voer de stappen 1) en 2)
van het basisontwerp uit

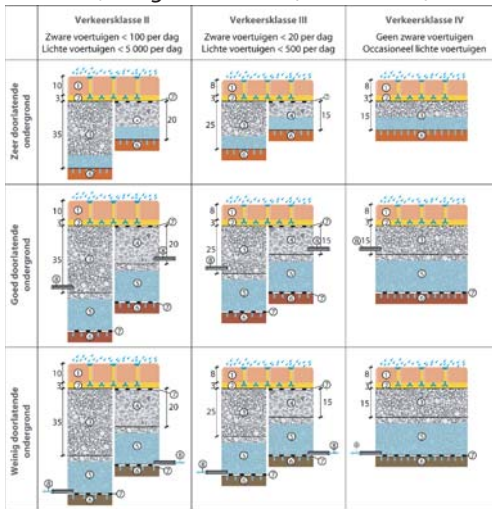
2) Toepassing WDB?

Bijvoorbeeld (zie hoofdstuk 1):

- enkel voor de verkeersklassen II, III of IV;
- niet in waterwingebieden (beschermingszones 1 en 2);
- niet op locaties waar vaak wegenzout wordt gestrooid;
- niet vlak naast woningen.

JA

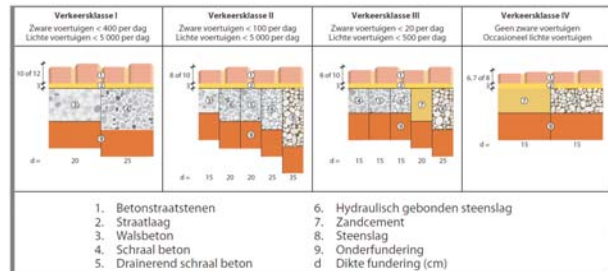
Standaardmodellen WDB
(zie figuur 5.5 en software WDB)



1. Waterdoorlatende straatstenen
2. Straatlaag
3. Steenslagfundering
4. Fundering van drainerend schraal beton
5. Onderfundering van steenslag
6. Ondergrond
7. Doorlatend geotextiel
8. Afvoerbus met knijplending

NEEN

Standaardmodellen klassieke constructies
(zie figuur 5.6 en tabel 5.7)



1. Betonstraatstenen
2. Straatlaag
3. Walsbeton
4. Schraal beton
5. Drainerend schraal beton
6. Hydraulisch gebonden steenslag
7. Zandcement
8. Steenslag
9. Onderfundering
- d Dikte fundering (cm)

**Baanbed, onderfundering, fundering, steendikte
(en eventuele drainagevoorzieningen voor WDB)
zijn bepaald!**

Figuur 5.7 Basisontwerp voor sleutel 2 Nieuwe verharding

Vervolgens worden de eigenlijke preventieve onkruidremmende ontwerpmaatregelen zoals *materiaalkeuzen* in de opbouw (zie figuur 5.3) behandeld en worden een aantal voorbeelden van opbouw gegeven.

5.4.1 Sleutel 2.1 – Materiaalkeuze

Voor een gegeven basisontwerp kunnen als preventieve onkruidremmende maatregel bepaalde materiaalkeuzen voor de straatsteensoort, de straatlaag en de voegvulling worden gemaakt. Daarbij wordt uitgegaan van vier belangrijke kenmerken van de verharding:

- 1) WDB of niet-WDB (zie basisontwerp);
- 2) STRAATSTEENSOORT. In geval van WDB, keuze uit poreuze stenen en stenen met verbrede voegen of drainageopeningen;
- 3) VOEGBREEDTE. In geval van niet-WDB, keuze uit 0-5 mm, 6-10 mm en > 10 mm;
- 4) VERONKRUIDINGSRISICO (te bepalen met behulp van figuur 5.2). Keuze uit HOOG, MATIG en LAAG. *Hoe hoger het risico, des te strengere preventieve maatregelen.* Bijvoorbeeld:
 - innovatieve, onkruidwerende en/of gebonden voegvulling;
 - beperkt gehalte aan fijne bestanddelen (< 0,063 mm, klasse f volgens de PTV 411 [15] voor voegvulling en/of straatlaag);
 - specificatie van de korrelgrootteverdeling voor voegvulling en/of straatlaag: open(2/D) of gesloten (0/D), fijnheidsmodulus f_m (klasse MF volgens de PTV 411), gehalte tussen 0,2-2 of 0,2-4 mm.

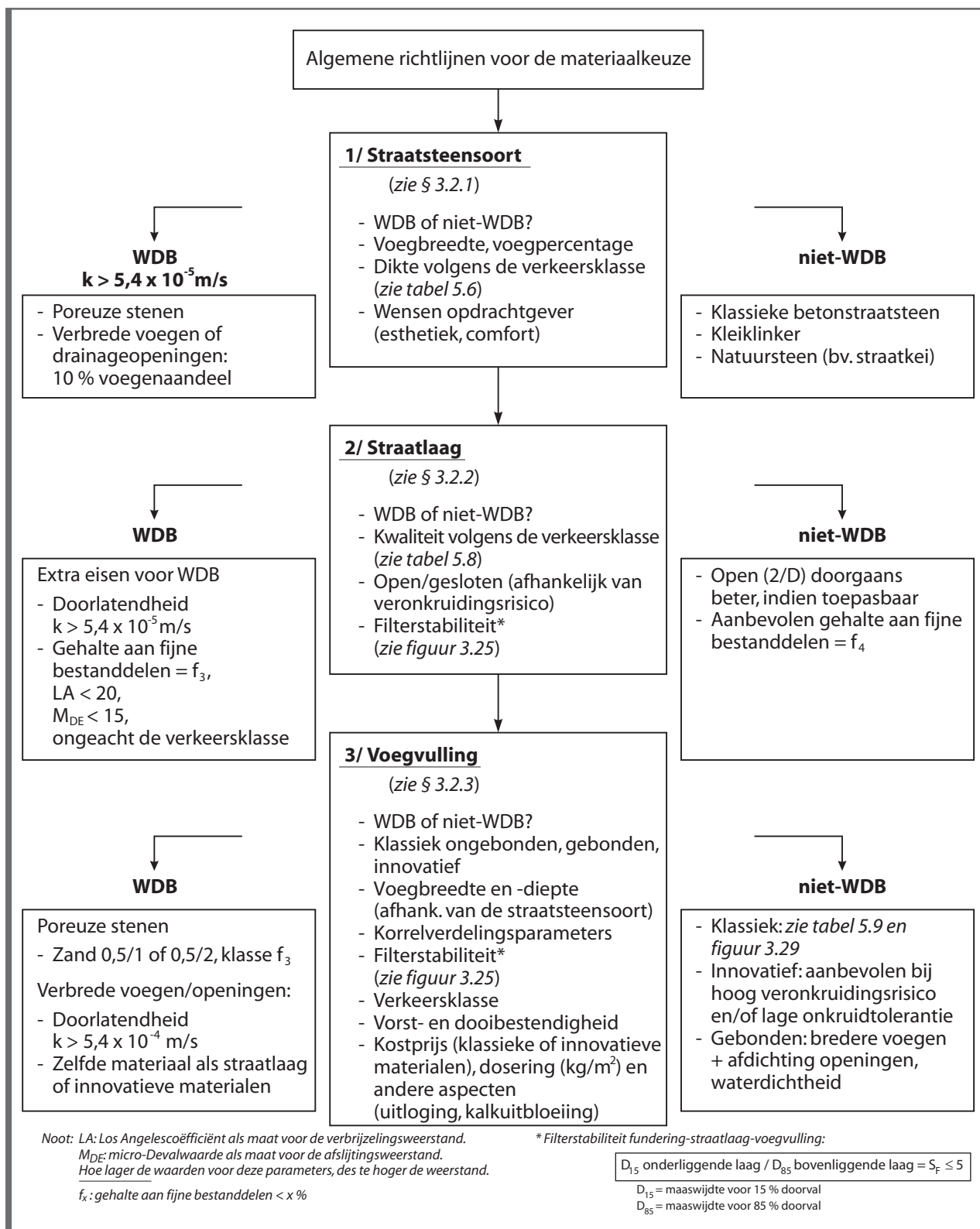
In figuur 5.8 zijn algemene richtlijnen voor de materiaalkeuzen (voor alle verkeersklassen) weergegeven. In de figuren 5.9 en 5.10 zijn specifieke keuzeschema's voor WDB en niet-WDB (enkel voor de verkeersklassen III en IV!) weergegeven.

Uit het oogpunt van onkruidbeheersing dient bij de keuze van de straatsteensoort, straatlaag en voegvulling met de hiernavolgende factoren rekening te worden gehouden (voor alle verkeersklassen).

- 1) ***Straatsteensoort (betonstraatsteen, kleiklinker, straatkei, enz.):***
 - hangt af van de keuze voor al of niet WDB;
 - bepaalt de voegbreedte en het voegpercentage;
 - de steendikte hangt af van de verkeersklasse (zie tabel 5.6);
 - hangt af van de wensen van de opdrachtgever (esthetische overwegingen, gebruikscomfort).
- 2) ***Straatlaag (open, gesloten, kenmerken):***
 - hangt af van de keuze voor al of niet WDB. Bij toepassing van WDB dient met extra eisen op het gebied van waterdoorlatendheid, gehalte aan fijne bestanddelen (< 0,063 mm) en weerstand tegen vergruizing onder verkeersbelasting (maximale LA- en M_{DE} -waarden) rekening te worden gehouden (zie figuur 5.8);
 - de kwaliteit hangt af van de verkeersklasse (zie tabel 5.8);
 - de keuze voor open (2/D) of gesloten (0/D) materiaal hangt af van het veronkruidingsrisico (zie verder);
 - filterstabiliteit met funderingsmateriaal én voegvulling garanderen (zie figuur 3.25):

$$D_{15} \text{ onderliggende laag} / D_{85} \text{ bovenliggende laag} = S_F \leq 5$$

D_{15} = maaswijdte voor 15 % doorval;
 D_{85} = maaswijdte voor 85 % doorval.



Figuur 5.8 Algemene richtlijnen voor de materiaalkeuze voor sleutel 2 Nieuwe verharding

Verkeers-klasse	Doorval door 0,063 mm-zeef	Doorval door 0,500 mm-zeef	Aggregaat	Korrelgrootteverdeling
I	< 4,0 %	< 60 %	Steenslag categorie Ab of 3 volgens PTV 411	0/2 + 2/6,3
II	< 4,0 %	< 60 %	Steenslag categorie Ab of 3 volgens PTV 411	0/2 + 2/6,3
III	< 4,0 %	< 70 %	Steenslag categorie Bc of 4 volgens PTV 411	0/2 + 2/6,3 0/5
IV	< 7,0 %	< 70 %	Alle soorten natuurzand/ steenslag/zandcement	

Tabel 5.8 Keuze van het straatlaagmateriaal als functie van de verkeersklasse

3) Voegvulling (soort, kenmerken, enz.):

- hangt af van de keuze voor al of niet WDB. Eventueel extra eisen naargelang van de straatsteensoort (zie figuur 5.9);
- keuze uit *klassieke ongebonden* (zand, steenslag), *gebonden* (mortels) en *innovatieve*, onkruidwerende voegmaterialen (zoutverrijkt zand, polymeergebonden zand, dispersie, organische lijmen, enz.);
- hangt af van de voegbreedte en -diepte (straatsteensoort);
- de korrelverdelingsparameters (fractie *fijn*, fractie *grof*, *fijnheidsmodulus*) zijn van belang voor onkruidgroei, vooral bij klassieke (zand)materialen (zie tabel 5.9);

Korrelverdelings-parameter	Minimaal	Aanbevolen	Code volgens PTV 411
Fractie <i>fijn</i> (< 0,063 mm)	< 10 %	< 5 %	f_{10} / f_5
Fractie <i>grof</i> (0,2 tot D mm)	> 60 %	> 70 %	–
Fijnheidsmodulus f_m	> 1,5	> 2,1	MF

Noot:

f_{10} en f_5 = fractie fijne bestanddelen (< 0,063 mm) kleiner dan 10 of 5 %;

MF = Medium Fine = bepaalde klasse voor fijnheidsmodulus f_m van zand.

Tabel 5.9 Richtlijnen voor de korrelverdelingsparameters van voegzand in het kader van onkruidpreventie

- filterstabiliteit garanderen;
- hangt af van de toelaatbare verkeersbelasting (verkeersklasse);
- hangt af van de vorst- en dooibestendigheid;
- hangt af van de kostprijs (klassieke of innovatieve materialen), de dosering (kg/m²) en andere aspecten zoals uitloging, kalkuitbloeiing, enz.

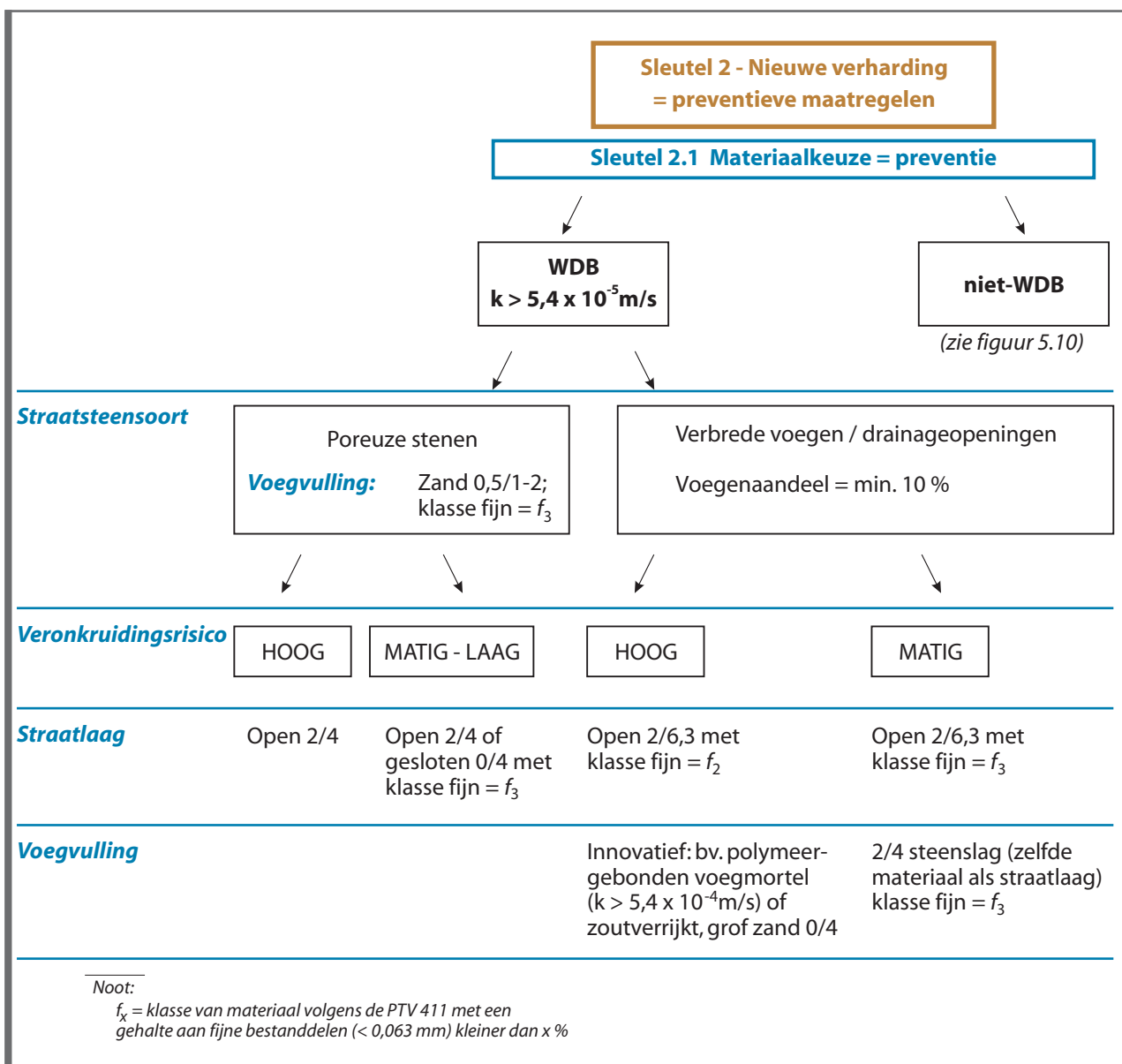
Op grond van de verzamelde informatie en de onderzoeksresultaten worden hierna een aantal suggesties gedaan aan de ontwerper/beheerder voor de keuzen in de opbouw, rekening houdend met:

- WDB of niet-WDB;**
- VOEGBREEDTE** (0 tot 5 mm, 6 tot 10 mm of groter dan 10 mm);
- VERONKRUIDINGSRISICO** (HOOG, MATIG of LAAG).

Deze voorbeelden gelden zowel voor een *bestaande* (bij HERVOEGEN enkel voegvulling – zie **sleutel 1**) als voor een *nieuwe* verharding (volledige bovenbouw), maar uitsluitend voor de verkeersklassen III en IV.

5.4.1.1 Waterdoorlatende bestrating

In figuur 5.9 is een voorbeeld voor de opbouw van een WDB gegeven. Er wordt geen opdeling volgens voegbreedte gemaakt, omdat voor de waterdoorlatende werking vaak net bredere voegen nodig zijn (uitgezonderd bij poreuze stenen). *De doorlatendheid van het volledige systeem moet steeds groter zijn dan $5,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$*



Figuur 5.9 Sleutel 2.1 Materiaalkeuzen in de opbouw van WDB voor de verkeersklassen III en IV, als functie van de straatsteensoort en het veronkruidingsrisico

Bij stenen met verbrede voegen of drainageopeningen en een **hoog veronkruidingsrisico** is toepassing van polymeergebonden (bijvoorbeeld epoxyharsen) voegmortels met een toereikende doorlatendheid ($5,4 \times 10^{-4}$ m/s, bij een voegpercentage van 10 %) of zoutverrijkt, grof zand (0/4) als voegvulling aanbevolen. Bij een hoog veronkruidingsrisico dient een open straatlaag (2/4 of 2/6,3) te worden toegepast, eventueel met sterkere beperking van het gehalte aan fijne bestanddelen (bijvoorbeeld klasse f_2 volgens de PTV 411).

Wegens het hoge percentage aan open ruimten komt een *laag veronkruidingsrisico* in principe niet voor op verhardingen van straatstenen met verbrede voegen of drainageopeningen, en klassieke, ongebonden voegvullingen. Enkel poreuze stenen vallen dus onder deze categorie. Voor poreuze stenen dient steeds een voegvulling van *grof zand* (bijvoorbeeld zandsteen) 0,5/1 of 0,5/2 met een doorval op 0,5 mm kleiner dan 50 % en een beperkt gehalte aan fijne bestanddelen ($< 0,063$ mm) te worden toegepast, om dichtslibbing van het oppervlak tegen te gaan. Naargelang van het veronkruidingsrisico kan voor een open (hoog risico) of een gesloten (matig of laag risico) straatlaag worden gekozen. In het laatste geval dient het gehalte aan fijne bestanddelen beperkt te worden (klasse f_3).

5.4.1.2 Klassieke, niet-waterdoorlatende verhardingen

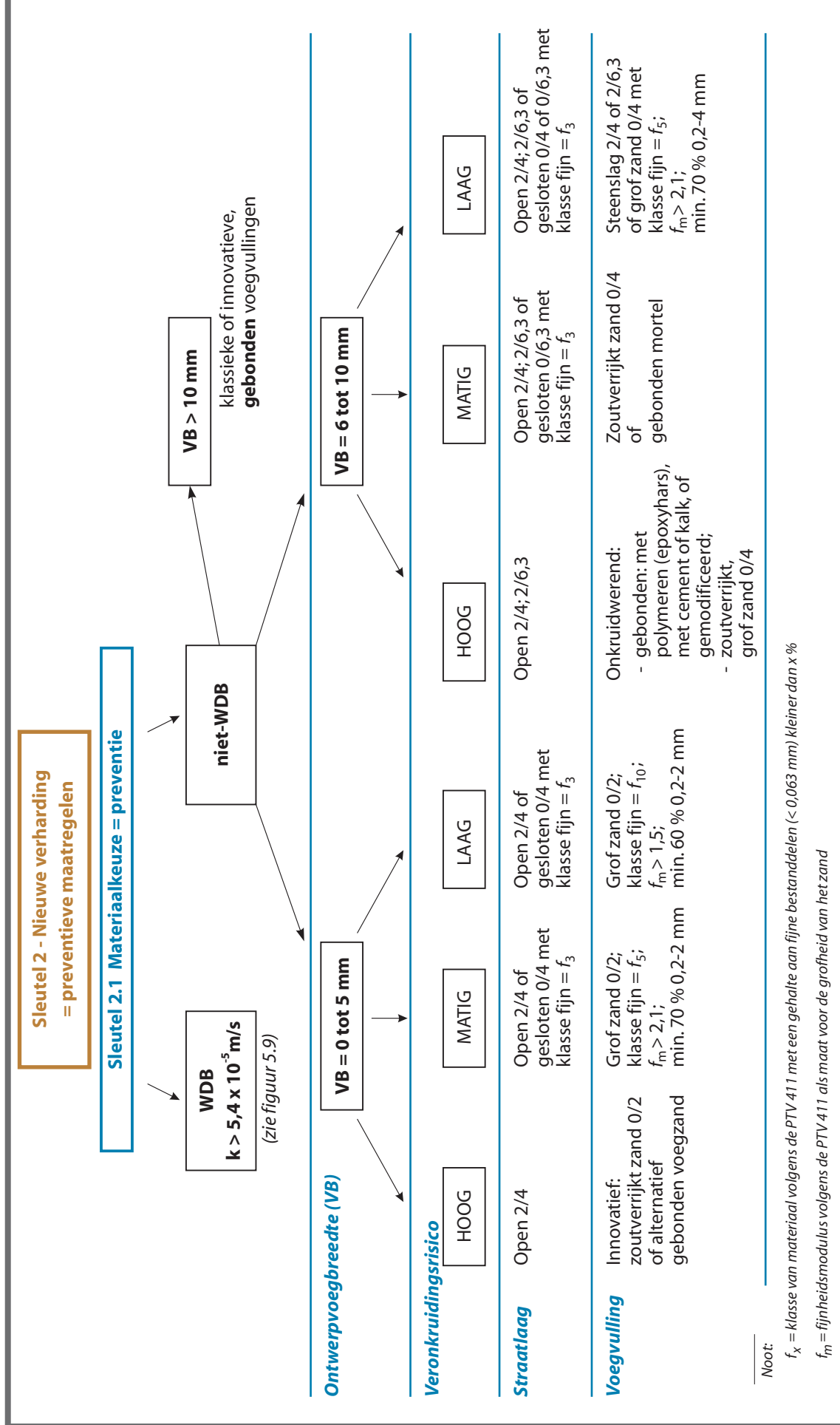
In figuur 5.10 zijn voorbeelden voor de materiaalkeuzen in de opbouw van klassieke, niet-waterdoorlatende verhardingen (niet-WDB) weergegeven, rekening houdend met de voegbreedte en het veronkruidingsrisico.

Bij een *hoger risico* op veronkruiding zijn strengere preventieve maatregelen aanbevolen zoals toepassing van onkruidwerend (bijvoorbeeld zoutverrijkt zand) of gebonden (mortels) voegmateriaal en/of een open straatlaag (vooral bij ongebonden voegvullingen). Voor voegbreedten groter dan 10 mm (bijvoorbeeld aan obstakels in de verharding) is het veronkruidingsrisico zo hoog, dat het best steeds gebonden voegmateriaal wordt aangewend.

Bij *kleinere voegbreedten* (< 5 mm, bijvoorbeeld klassieke betonstraatstenen) en een matig of laag veronkruidingsrisico kunnen ook klassieke materialen (zand, steenslag) worden toegepast, met inachtneming van een aantal beperkingen voor de korrelverdelingsparameters (gehalte aan fijne bestanddelen, fijnheidsmodulus f_m , gehalte tussen 0,2 en 2 mm) volgens de richtlijnen in tabel 5.9.

Voor *grotere voegbreedten* (6 tot 10 mm, bijvoorbeeld straatkeien) zijn iets strengere maatregelen aanbevolen, omdat sneller problemen kunnen ontstaan. Aanbevolen wordt enkel bij een laag veronkruidingsrisico klassieke voegmaterialen en een gesloten straatlaag toe te passen.

Voorts zijn de *voegbreedte* en de maximale *korrelgrootte* van de materialen voor de straatlaag en voegvulling *op elkaar afgestemd*. Zo is voor de voegvulling een maximale korrelgrootte van 0,8 maal de voegbreedte aanbevolen (dit is 4 mm bij voegen van 5 mm breed) en zijn gebonden mortels vaak pas vanaf voegbreedten van 5 of 6 mm toepasbaar. De korrelgrootteverdeling van de straatlaag dient op deze van de voegvulling te worden afgestemd, om de filterstabiliteit te garanderen en wegspoeling van fijner voegmateriaal in de onderliggende, grovere straatlaag tegen te gaan (zie figuur 3.25).

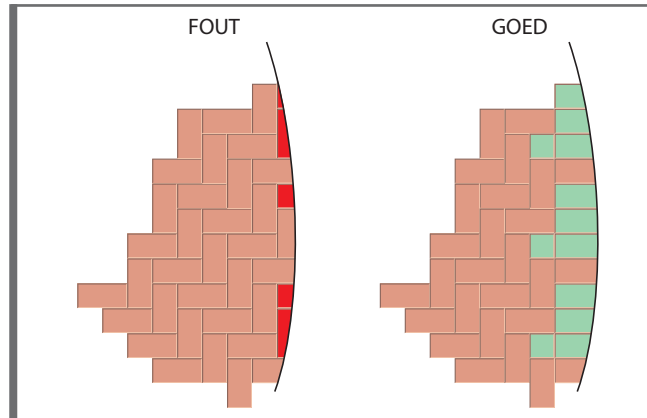


Figuur 5.10 Sleutel 2.1 Materiaalkeuzen in de opbouw van niet-WDB voor de verkeersklassen III en IV, als functie van het veronkruidingsrisico en de voegbreedte

5.4.2 Algemene aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering

Voor een nieuwe verharding dient rekening te worden gehouden met de **algemene aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering van de verharding** (zie § 3.1). Een aantal van deze aandachtspunten komen ook aan bod bij de berekening van de ontwerpscore (zes ontwerpkenmerken – zie tabel 5.1) en de risicobeoordeling voor onkruidgroei (zie figuur 5.2), of hangen samen met het basisontwerp (bijvoorbeeld verzakkingen en oneffenheden als gevolg van een foute dimensionering). De hoofdpunten worden hierna opnieuw aangestipt, met verwijzing naar de overeenkomstige paragrafen in hoofdstuk 3.

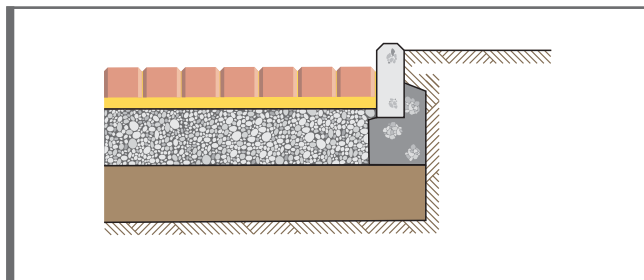
- De verharding correct en zorgvuldig afwerken aan **randen en boorden**, in bochten en aan singuliere punten (zie figuren 3.3, 3.4 en 3.5 onder § 3.1.2).



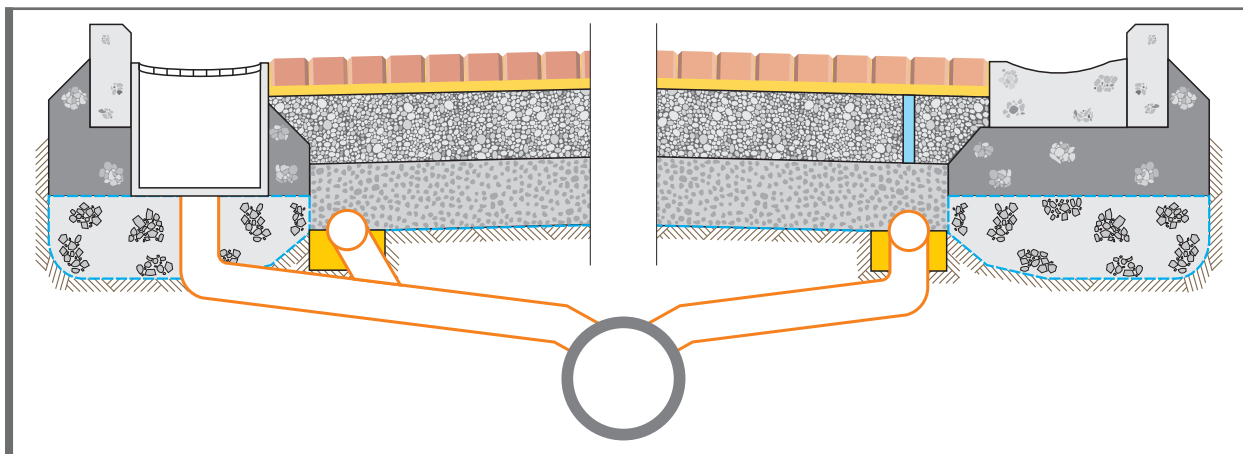
- **Obstakels** zoveel mogelijk beperken (combinatie van functies) en in een aanliggende groenzone aanbrengen. Openingen in de verharding aan obstakels goed afdichten (zie § 3.1.4).



- De verharding goed opsluiten met een gepaste **kantsteen of kantopsluiting** (zie figuur 3.12 onder § 3.1.5).



- Bij niet-WDB voor een goede **waterafvoer en drainage** zorgen (zie figuur 3.18 onder § 3.1.7.2 en § 3.1.6 voor de keuze van de straatgoot).
 - HOOG veronkruidingsrisico: goot van geprefabriceerde betonelementen.
 - LAAG of MATIG veronkruidingsrisico: vrije keuze, maar waterdichte en krimprijke voegmortel toepassen.



- De **voegbreedte** (zie § 3.1.7.1) hangt af van het ontwerp (bijvoorbeeld al of niet WDB) en de straatsteensoort (zie boven), maar ook belangrijk zijn:
 - a/ een gepast straatverband volgens de verkeersklasse (zie figuur 3.16);
 - b/ een goede controle tijdens én na de uitvoering.
- Het **ontwerp afstemmen op het toekomstige onkruidbeheer** (zie § 3.1.7.3), dat wil zeggen rekening houden met de werkbreedte van de machines, een vlotte doorgang garanderen, niveauverschillen vermijden, enz.
- **Preventieve maatregelen tegen vervuiling** nemen (zie § 3.1.7.4):
 - a/ in de ontwerpfase: zie eerder (windstille plaatsen, niveauverschillen, enz.);
 - b/ na de uitvoering: voegen geregeld opnieuw vullen, intensief veegbeheer (zie sleutel 3).

5.5 Sleutel 3 – Onkruidbestrijding

Als hervoegen of heraanleggen van een bestaande verharding (zie sleutel 1 en tabel 5.5) niet noodzakelijk of mogelijk is, dienen de nodige maatregelen voor curatieve onkruidbestrijding te worden genomen. Het betreft **duurzame curatieve, niet-chemische onkruidbeheersing op halfopen verhardingen met ongebonden voegvulling** (zie tabel 5.15, blz. 108 tot 111, voor sleutel 3). Voor gebonden voegvullingen volstaat het de verharding regelmatig te vegen.

5.5.1 Inleiding tot sleutel 3

Op grond van de onderzoeksresultaten is vooropgesteld dat duurzame onkruidbestrijding op verhardingen een **geïntegreerde aanpak** vereist. Hierbij dient te worden uitgegaan van een bestrijdingssysteem waarbij niet-chemische curatieve technieken zoveel mogelijk alternerend worden ingezet, en vuil (afgevalen bladeren, achtergebleven grond, enz.) en dode bovengrondse biomassa geregeld worden afgevoerd (vegen met afzuiging, borstelen met afzuiging) om onkruidgroei preventief aan te pakken. In een dergelijk systeem worden de bestrijdingsmethoden op een op elkaar afgestemde wijze gecombineerd. Dergelijke oordeelkundig opgestelde bestrijdingssystemen zijn ook duurzaam. Onkruid wordt beheerst met zo weinig mogelijk kosten (vooral afhankelijk van de vereiste bestrijdingsfrequentie), een zo laag mogelijke milieubelasting en zonder aantasting van de functionaliteit van de verharding, vandaag en in de komende jaren.

Hierna worden enkele **vuistregels** voor **duurzame bestrijdingssystemen** gegeven.

- Wissel onkruidbestrijdingstechnieken (hete lucht, stootbranden, infraroodstraling, heet water, stomen, borstelen, enz.) en in het bijzonder werkingswijzen (afsnijden/losrukken, convectieve warmteoverdracht, conductieve warmteoverdracht, radiatieve warmteoverdracht) geregeld af. Bij eenzijdige toepassing van dezelfde curatieve techniek treden immers floraverschuivingen op. Keer op keer breiden de soorten die minder gevoelig zijn voor de betreffende techniek uit, wat onkruidbestrijding uiteindelijk lastiger en duurder maakt. Soorten met sterke beharing worden selectief bevoordeeld door thermische technieken met convectieve warmteoverdracht (hete lucht, stootbranden of hete vlam). Bij eenzijdige toepassing van de heetwatertechniek gaat paardenbloem overheersen. Bij eenzijdig borstelen worden de voegen steeds verder geleegd en ontsnappen laag groeiende soorten met liggende groeiwijze (bijvoorbeeld varkensgras of *Polygonum aviculare*) aan de behandeling. Enkel eenzijdig intensief vegen lijkt geen nadelig effect te hebben.
- Verwijder regelmatig dood organisch materiaal. Vegen met afzuiging verhoogt de efficiëntie van thermische bestrijdingstechnieken en voorkomt de vorming van een voedingsbodem (voldoende vocht en nutriënten).
- Sterk veronkruidde verhardingen (bijvoorbeeld beeldscore < 5) vereisen een initiële borstelbeurt met afzuiging. Thermische onkruidbestrijding werkt immers beter op jonge, droogstaande plantenweefsels.
- Herhaal curatieve behandelingen tijdig! Bestrijding van oudere eenjarigen (thermisch) en overblijvende onkruidsoorten (mechanisch, thermisch) vereist herhaling van de thermische en mechanische behandelingen om hergroei tegen te gaan. Hierbij is het belangrijk dat de vervolgbehandeling plaatsvindt vooraleer nieuw gevormde assimilaten (suikers) ondergronds worden opgeslagen, zodat planten maximaal worden uitgeput.
- Behandel jong (hergroei)weefsel! Laat onkruid nooit te oud of te hoog worden. Hoe ouder het onkruid, des te hoger de vereiste energiedosis om hetzelfde effect te verkrijgen. Oudere onkruiden zetten meer was af of verhouten (lignificeren). Bovendien kunnen hoog opgegroeide vegetatie of dichte onkruidmatten een paraplu-effect veroorzaken. De toegepaste energie kan niet alle weefsels in voldoende mate bereiken om ze tot boven de letale weefseltemperatuur te verhitten. Dit betekent ook dat een streng beeldscorecriterium (voor zover haalbaar bij het veronkruidingsrisico – zie verder) en een (bijgevolg) kleiner bestrijdingsinterval niet noodzakelijk tot een hogere kostprijs leiden of een groter negatief milieueffect hebben dan een minder streng beeldscorecriterium.

5.5.2 Interpretatie van sleutel 3

Vertrekkend van de inputparameters **straatsteensoort**, **veronkruidingsrisico**, **werkelijke veronkruiding** (beeldscore bij het begin van de bestrijding) en de **aanwezige onkruidflora** kan de beheerder nagaan welke beeldscore uit het oogpunt van duurzaamheid haalbaar is (de zogenoemde nastreefbare beeldscore of streefbeeldscore) en welke bestrijdingssystemen en -frequenties hiermee overeenstemmen.

Sleutel 3 is enkel van toepassing op verhardingen van de verkeersklassen III en IV. Bij verhardingen van de verkeersklassen I en II is de verkeersintensiteit zo hoog dat plantengroei nauwelijks een probleem vormt. In dergelijke situaties volstaan twee standaardveegbeurten per jaar, ongeacht de straatsteensoort.

Veronkruiding is een dynamisch proces dat door tal van factoren (weersomstandigheden, omgeving, slechte instelling van de machines, verkeerd behandelingstijdstip, enz.) wordt beïnvloed. Verhardingen dienen dan ook jaarlijks en bij voorkeur in het vroege voorjaar te worden geïnspecteerd op onkruidgroei. Met behulp van sleutel 3 kan de beheerder het bestrijdingssysteem volgens de actuele staat bijstellen.

Bij de opmaak van sleutel 3 is op de verworven kennis uit het onderzoeksproject gesteund.

Hierna wordt sleutel 3 **stap voor stap** (in de volgorde van uitvoering) toegelicht.

■ 1) *Straatsteensoort*

Op grond van de specifieke veronkruidingssnelheid en de toepasbare bestrijdingstechnieken worden de volgende soorten van bestratingselementen onderscheiden:

- stenen met een *aanbevolen* voegbreedte kleiner dan 6 mm en een voegenaandeel kleiner dan 10 %:
 - klassieke bestratingselementen (betonstraatstenen, kleiklinkers, betontegels voor voet- en fietspaden, enz.);
 - poreuze (waterdoorlatende) betonstraatstenen;
- stenen met een *aanbevolen* voegbreedte groter dan 6 mm en een voegenaandeel groter dan 10 %:
 - stenen met (ver)brede voegen (betonstraatstenen, straatkeien, enz.);
 - stenen met drainageopeningen.

Hoewel de temperatuur nabij donkergekleurde (natuur)stenen hoog kan oplopen, heeft de kleur van de steen nauwelijks een invloed op de veronkruidingsgraad. De plantensoorten die op verhardingen voorkomen, zijn immers intrinsiek sterk droogte- en hittetolerant.

■ 2) *Veronkruidingsrisico*

Het veronkruidingsrisico is een accurate maat voor de te verwachten veronkruiding op korte en lange termijn (zie § 5.1.4). Het wordt uitgedrukt als een getal tussen 0 en 1, waarbij 1 overeenstemt met het laagst mogelijke veronkruidingsrisico. Het risico wordt bepaald zoals weergegeven in figuur 5.2.


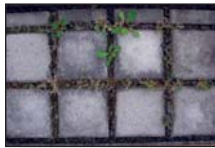
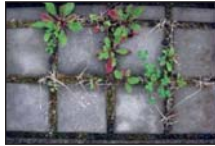

Grote parkeerterreinen met aanliggend groen worden het best in zones opgedeeld. Het veronkruidingsrisico zal immers groter zijn vlakbij het aanliggend groen. Een zonale aanpak maakt het mogelijk de bestrijdingsfrequentie beter "op maat" van het werkelijke veronkruidingsrisico af te stemmen en op energieverbruik te besparen.

In sleutel 3 worden drie niveaus van veronkruidingsrisico onderscheiden: *hoog* (score 0-0,3), *matig* (score 0,3-0,6) en *laag* (score 0,6-1) (zie figuur 5.2). Voor verhardingen met een hoog veronkruidingsrisico (= lage score) en een lage aanvangsbeeldscore (beeldscore 2-4) wordt wegens de hoge bestrijdingskosten, het grotere negatieve milieueffect en het verlies aan functionaliteit op langere termijn doorgaans hervoegen of heraanleggen geadviseerd (zie tabel 5.5 bij sleutel 1).

Bij stenen met (ver)brede voegen of drainageopeningen *en klassieke, ongebonden voegvulling (!)* is een laag veronkruidingsrisico a priori uitgesloten. Wegens het hoge gehalte aan open oppervlak (> 10 % voegen) kunnen ze immers op korte termijn sterk veronkruiden. Bij een hoog veronkruidingsrisico is hervoegen of heraanleggen (bijvoorbeeld met gebonden, waterdoorlatende voegmortel) al aan te raden vanaf een matige aanvangsbeeldscore (score 5-6).

■ 3) *Beeldscore bij de aanvang (aanvangsbeeldscore)*

In het voorjaar (april-mei) dient de beheerder de aanwezige onkruidgroei op de verharding te kwantificeren met behulp van tabel 5.2 (zie § 5.1.3). De beeldscore is een accurate weerspiegeling van de visuele perceptie van de burger met betrekking tot de netheid van de verharding. Voor de sleutel worden vier beeldscorecategorieën onderscheiden: 2-4, 5-6, 7-8 en 9-10. Deze categorieën stemmen overeen met de CROW-sstraatbeeldklassen D, C, B en A (zie tabel 5.10). De CROW-indeling is een in Nederland gangbaar systeem om de kwaliteit van het straatbeeld te karakteriseren. In tabel 5.10 is tevens indicatief aangegeven met welke oppervlaktebedekking (dit is het percentage onkruidbedekking op het verharde oppervlak) en vegetatiehoogte de voornoemde categorieën overeenstemmen. Beeldscore 2-4 wijst op extreme verwaarlozing en/of een totaal gebrek aan aangepast beheer en/of een minderwaardige technische kwaliteit van de verharding.

Beeldscore	Oppervlaktebedekking (%) + vegetatiehoogte (cm)	Indicatieve CROW-beeldklasse	Tolerantiegraad	
10+	0 %	A+	Nultolerantie	
9-10	< 1 % voor hoogte ≥ 3 cm	A		Lage tolerantie
	< 1,5 % voor hoogte = 1 tot 3 cm			
	< 3 % voor hoogte < 1 cm			
7-8	< 2 % voor hoogte ≥ 3 cm	B		Matige tolerantie
	< 3 % voor hoogte = 1 tot 3 cm			
	< 6 % voor hoogte < 1 cm			
5-6	< 4 % voor hoogte ≥ 3 cm	C		Hoge tolerantie
	< 6 % voor hoogte = 1 tot 3 cm			
2-4	> 4 % voor hoogte ≥ 3 cm	D		100 % tolerantie
	> 6 % voor hoogte = 1 tot 3 cm			

Noot: bij beeldscores 5-6 en 2-4 wordt aangenomen dat de hoogte < 1 cm niet voorkomt

Tabel 5.10 Verband tussen beeldscorecategorieën en CROW-sstraatbeeldklassen

Een lage aanvangsbeeldscore hoeft niet noodzakelijk aan een hoog veronkruidingsrisico te worden gekoppeld en omgekeerd. Zonder onkruidbeheer zal een verharding met een goede ontwerp-score immers al snel een slechte beeldklasse vertonen. Omgekeerd kan een intensieve chemische aanpak gebreken in het ontwerp "verbergen". Een hoge beeldscore (9-10) in combinatie met een laag veronkruidingsrisico (score 0,6-1) is doorgaans te verwachten op recent aangelegde verhardingen (bij een aangepast ontwerp en een correcte uitvoering). Lage beeldscores verraden een gebrek aan preventief veegbeleid (vooral zichtbaar bij oudere verhardingen), een onaangepast ontwerp of een onzorgvuldige technische uitvoering van het ontwerp. Deze twee laatste factoren spelen ook een rol bij recente verhardingen.

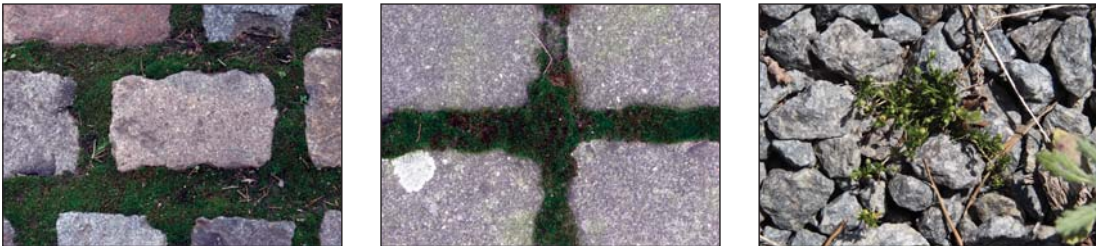

■ 4) Aanwezige onkruidflora

De responsie van de onkruidflora op mechanische en thermische bestrijdingstechnieken hangt af van de gevoeligheid van de aanwezige onkruidsoorten. Daarom is het aangewezen het bestrijdingssysteem op de aanwezige flora af te stemmen. Op grond van de meest voorkomende soorten of soortgroepen (in termen van bedekking) worden in tabel 5.11 vijf floracategorieën onderscheiden:

- mossen en liggende vetmuur;
- eenjarige flora;
- onbehaarde meerjarige flora;
- behaarde meerjarige flora;
- soortenrijke en evenwichtige flora.





Bij lage beeldscores (2-4) wordt nog een extra categorie onderscheiden, namelijk extreem hardnekkige meerjarige flora. In dit laatste geval wordt meestal heraanleggen geadviseerd. Soorten met diepliggende wortelstokken en boomopslag zijn immers lastig tot nauwelijks te bestrijden. Ze domineren vooral bij lage beeldscores. Er is geen bijzondere soortenkennis van de beheerder vereist om de aanwezige flora volgens de voornoemde categorieën te onderscheiden.

Eenjarigen zijn gemakkelijker en met een minder agressief bestrijdingssysteem (onder meer intensief vegen – weliswaar niet op stenen met drainageopeningen of met verbrede voegen – of een combinatie van vegen en thermische technieken) dan meerjarigen te bestrijden. Bij overwegend behaarde plantensoorten is het aanbevolen tijdelijk weinig of geen technieken met convectieve warmteoverdracht toe te passen (zie punt 7, blz. 103, in deze opsomming).

Floracategorieën ⁽¹⁾	Soortengroep
Mossen en liggende vetmuur	Bladmossen (<i>Musci</i>), levermossen (<i>Hepaticae</i>), liggende vetmuur (<i>Sagina procumbens</i>)
	
Eenjarige flora	Straatgras (<i>Poa annua</i>), klein kruiskruid (<i>Senecio vulgaris</i>), Canadese fijnstraal (<i>Conyza canadensis</i>), onkruidgiersten (<i>Panicum</i> , <i>Digitaria</i> , <i>Setaria</i> sp.), enz.
	

(1) Bepaald volgens dominantie van bepaalde soorten(groepen): de specifieke soortengroep is verantwoordelijk voor meer dan 80 % voegbedekking.

(vervolg)

Floracategorieën ⁽¹⁾	Soortengroep
<p>Meerjarige, onbehaarde flora ⁽²⁾</p> 	<p>Paardenbloem (<i>Taraxacum officinale</i>), grote weegbree (<i>Plantago major</i>), Engels raaigras (<i>Lolium perenne</i>), roodzwenkgrassen (<i>Festuca</i> sp.), witte klaver (<i>Trifolium repens</i>), enz.</p>
<p>Meerjarige, behaarde flora</p> 	<p>Gewone hoornbloem (<i>Cerastium fontanum</i>), madeliefje (<i>Bellis perennis</i>), duizendblad (<i>Achillea millefolium</i>), klein hoefblad (<i>Tussilago farfara</i>), zachte ooievaarsbek (<i>Geranium molle</i>), enz.</p>
<p>Soortenrijke en evenwichtige flora</p> 	<p>Geen van de aanwezige soorten of groep van soorten (behaard versus onbehaard, eenjarig versus meerjarig) domineert</p>
<p>Extreem hardnekkige, meerjarige flora</p> 	<p>Rhizoomvormende soorten met diepzittende rhizomen, onder meer paardenstaarten (<i>Equisetum</i> sp.), klein hoefblad (<i>Tussilago farfara</i>), enz. Boomopslag, onder meer wilgopslag (<i>Salix</i> sp.)</p>

(1) Bepaald volgens dominantie van bepaalde soorten(groepen): de specifieke soortengroep is verantwoordelijk voor meer dan 80 % voegbedekking.

(2) Inclusief tweejarigen.

Tabel 5.11 Indeling volgens aard van de aanwezige flora en bijbehorende illustratieve voorbeelden

■ 5) Streefbeeldscore

Aangenomen wordt dat nultolerantie (beeldscore 10+, CROW-beeldklasse A+, 0 % onkruid) uit het oogpunt van duurzaamheid noch verdedigbaar, noch haalbaar is. De gebruiker dient steeds een minimum aan onkruid te tolereren.

De na te streven beeldscore is de maximaal haalbare beeldscore in het kader van duurzame onkruidbeheersing. De haalbaarheid hangt in grote mate af van het veronkruidingsrisico. De beheerder zal er uiteraard naar streven een goede aanvangssituatie op zijn minst status quo te houden. Hij zal zeker geen verslechtering wensen, want op termijn zal dit zowel de functionaliteit en de levensduur van de verharding als de bestrijdingskosten negatief beïnvloeden. Een dichte, hoge onkruidvegetatie is vaak veel lastiger en tegen een hogere kostprijs te bestrijden dan ijle, lage vegetatie. Als de beheerder toch voor een lagere streefbeeldscore kiest, dient voor elke stapsgewijze verlaging de bestrijdingsfrequentie in sleutel 3 eveneens met één trap te worden verlaagd (bijvoorbeeld van frequentie categorie II naar III als voor een beeldscore 5-6 in plaats van een beeldscore 7-8 wordt gekozen – zie tabel 5.12).

Bij stenen met smalle voegen (klassieke stenen met smalle voegen en poreuze stenen) en een laag veronkruidingsrisico kan een gunstige Ausgangssituatie (aanvangsbeeldscore > 5) behouden en zelfs verbeterd (verhoging van de beeldscore met één trap) worden. Een aanvangsbeeldscore 2-4 kan echter bij sommige soorten van onkruidflora alsnog naar een beeldscore 5-6 worden aangepast. Een trapsgewijze aanpak kan behoorlijk veronkruidde verhardingen (aanvangsbeeldscore 2-6) – bij een laag veronkruidingsrisico – op lange termijn toch naar een schonere verharding (beeldscore > 6) doen evolueren. Zo kan een klassieke verharding met smalle voegen en een beeldscore 5-6 in één jaar naar een beeldscore 7-8 evolueren. In het volgende jaar kan, eventueel mits aanpassing van het bestrijdingssysteem (zie sleutel 3), naar een beeldscore 9 worden gestreefd.

Bij een aanvangsbeeldscore > 4 en een matig tot hoog veronkruidingsrisico is het behouden van de Ausgangssituatie het maximaal haalbare, ongeacht de straatsteensoort. Dit geldt niet voor straatstenen met brede voegen en drainageopeningen en een aanvangsbeeldscore 9 (bijvoorbeeld bij een nieuwe aanleg), ongeacht het veronkruidingsrisico. In dergelijke gevallen is om haalbaarheids- en duurzaamheidsredenen een maximale streefbeeldscore van 7-8 vastgelegd.

Beeldscore 2-4 (CROW-klasse D) is in sleutel 3 niet als streefdoel opgenomen. Dergelijke situaties veronderstellen geen beheer en verdienen uit het oogpunt van de functionaliteit geen aanbeveling.

Bij een dergelijk hoge actuele veronkruiding (lage beeldscore 2-4) en een hoog veronkruidingsrisico wordt doorgaans (uitgezonderd voor flora met overwegend eenjarigen) geen bestrijdingssysteem voorgesteld. Uit het oogpunt van de functionaliteit, het milieueffect en de kostprijs (of een combinatie van deze factoren) is hervoegen of heraanleggen de enige duurzame oplossing.

■ 6) Bestrijdingsfrequentie ⁽⁷⁾

Aangenomen wordt dat bij elke overschrijding van de nagestreefde beeldscore tot behandeling wordt overgegaan. Het totale aantal ingrepen (van welke aard dan ook) per jaar wordt de frequentie genoemd. De twee standaardveegbeurten met afzuiging van veegafval die in elk bestrijdingssysteem voorkomt (zie punt 7, blz. 103, in deze opsomming), zijn hierin niet meegeteld. Er worden vier frequentie categorieën (aangeduid met een Romeins cijfer) onderscheiden (zie tabel 5.12):

- categorie I, meer dan 8 beurten per jaar;
- categorie II, 6 tot 8 beurten per jaar;
- categorie III, 3 tot 5 beurten per jaar;
- categorie IV, minder dan 3 beurten per jaar.

Categorie	Frequentie ⁽¹⁾
I	> 8
II	6 tot 8
III	3 tot 5
IV	1 tot 2

⁽¹⁾ Aantal bestrijdingsbeurten per jaar, exclusief standaardveegbeurten

Tabel 5.12

Frequentie categorieën met corresponderend aantal bestrijdingsbeurten per jaar

⁽⁷⁾ Onkruid in de onmiddellijke omgeving van een obstakel vereist doorgaans een strengere curatieve aanpak (met betrekking tot de benodigde bestrijdingsfrequentie) of preventieve aanpak via herontwerp

Voor de vastgestelde frequenties gelden de volgende toepassingsvoorwaarden:

- bij elke behandeling wordt een energiedosis toegepast die ten minste 80 % van de bovengrondse plantendelen afdoodt. Bij lagere energiedosissen is een hogere bestrijdingsfrequentie dan in sleutel 3 vereist;
- voor de individuele methoden wordt optimaal rekening gehouden met de specifieke toepasbaarheid, bijvoorbeeld inzake weersomstandigheden (zie tabel 5.13).

Om dezelfde streefbeeldscore te bereiken, is bij verhardingen met een hoger veronkruidingsrisico een hogere bestrijdingsfrequentie nodig dan bij verhardingen met een lager veronkruidingsrisico en dezelfde aanvangsbeeldscore. Bij een laag veronkruidingsrisico (straatstenen met smalle voegen en poreuze straatstenen) kan zonder aanpassing van de bestrijdingsfrequentie (uitgezonderd poreuze stenen met een streefbeeldscore 10) een hogere beeldklasse dan bij een hoog veronkruidingsrisico worden nagestreefd.

De bestrijdingsfrequentie hangt in grote mate af van de straatsteensoort. Bij dezelfde aanvangsbeeldscore en een gelijk veronkruidingsrisico zijn meer bestrijdingsbeurten nodig op verhardingen met klassieke straatstenen met smalle voegen dan op verhardingen met poreuze straatstenen met smalle voegen. Bij dezelfde aanvangswaarden zullen verhardingen met drainageopeningen frequenter moeten worden behandeld dan verhardingen met (ver)brede voegen.

Voor lagere dan in sleutel 3 vastgelegde beeldscores dienen de frequenties te worden aangepast zoals aangegeven onder punt 5, blz. 102, in deze opsomming.

Bij een niet-homogene onkruidspreading in duidelijke clusters is een gerichte behandeling aanbevolen. Een gerichte behandeling kan erin bestaan enkel voegen te behandelen, of enkel onkruiden (door visueel of sensor-gestuurde onkruiddetectie). Bij dichtheidsdetectie wordt bijvoorbeeld de vlam of de rijnsnelheid aan de onkruidichtheid aangepast. Aangenomen wordt dat dergelijke gerichte behandelingen de in sleutel 3 vastgelegde frequenties niet beïnvloeden. Ze zullen echter het energieverbruik en het negatieve milieueffect aanzienlijk terugdringen.

■ 7) Bestrijdingssystemen

De in sleutel 3 (zie tabel 5.15, blz. 108 tot 111) met een cijfer van 1 tot 7 weergegeven bestrijdingssystemen zijn aanbevolen systemen met duurzaamheid als uitgangspunt. Het spreekt vanzelf dat nog tal van andere bestrijdingsstrategieën mogelijk zijn. Een bestrijdingssysteem is eerder opgevat als een opeenvolging van werkingswijzen dan van technieken. Het heeft immers weinig zin technieken met eenzelfde werkingswijze te combineren. Om floraverschuiving tegen te gaan, is een afwisselende toepassing van verschillende werkingswijzen aanbevolen.

In sleutel 3 zijn de volgende werkingswijzen opgenomen:

- afsnijden/losrukken (mechanische technieken);
- warmteoverdracht door geleiding (heet water),
- warmteoverdracht door condensatie (stomen);
- warmteoverdracht door convectie (hete lucht, stootbranden);
- warmteoverdracht door straling (infraroodstralen).

De volgende methoden worden in aanmerking genomen:

- vegen en afzuigen;
- borstelen en afzuigen;
- selectieve heetwatertechniek (toepassing over het volledige oppervlak is af te raden, gezien het hoge energieverbruik);
- stomen;
- stootbranden;
- heteluchttechniek;
- branden met infraroodstralen.

Betreden en overrijden kunnen ook als mechanische bestrijdingsmethoden worden beschouwd. Ze worden al in rekening gebracht bij de bepaling van het veronkruidingsrisico (gebruiksintensiteit – zie tabel 5.4) en worden dan ook niet meer in het bestrijdingssysteem opgenomen.

De uiteindelijke keuze van een methode binnen een werkingswijze hangt van tal van factoren af zoals:

- de weers- en omgevingsfactoren (zie tabel 5.13);
- de kostprijs;
- de beschikbaarheid;
- de wendbaarheid van de machines (bijvoorbeeld op verhardingen met veel obstakels);
- het milieueffect;
- de toegankelijkheid (bijvoorbeeld vluchtheuvels) en draagkracht van de verharding,
- de veiligheid van de uitvoerder (op of nabij vluchtheuvels, verkeersgeleiders, enz.).

In sleutel 3 zijn zeven bestrijdingssystemen opgenomen (zie tabel 5.14). Elk systeem begint en eindigt met een standaardveegbeurt en afzuiging van veegafval. Voor zover nodig wordt de rood gedrukte opeenvolging herhaald. Met uitzondering van eenzijdig vegen zijn geen eenzijdige toepassingen aanbevolen.

Bestrijdingssysteem 1 (eenzijdig vegen = intensief vegen) is vooral aanbevolen bij hoge aanvangsbeeldscores op verhardingen met smalle voegen. Intensief vegen van stenen met smalle voegen en van poreuze stenen met een eenzijdig mossenkleed en doorweven met liggende vetmuur kan in hoge beeldscores resulteren. Een dergelijk systeem is echter ontoereikend op verhardingen met een rigide, diepgewortelde flora.

Bestrijdingssysteem 2 (alterneren van veegbeurten met afzuiging en vrij te kiezen thermische toepassingen) is aanbevolen voor hoge aanvangsbeeldscores op verhardingen met smalle voegen.

Bestrijdingssysteem 3 (alterneren van borstelbeurten met afzuiging en vrij te kiezen niet-convectieve thermische technieken zoals selectieve heetwatertechniek, stomen, infraroodstraling) is bij uitstek geschikt voor veronkruidde verhardingen met uitgesproken meerjarige, behaarde flora. Beharing vergroot de laminaire grenslaag aan het bladoppervlak, waardoor convectieve warmteoverdracht vermindert. Eens deze scheefgetrokken flora naar een evenwichtiger flora evolueert, kan een minder specifiek gericht, klassiek systeem worden toegepast.

Bestrijdingssysteem 4 (alterneren van borstelen met afzuiging en vrij te kiezen convectieve thermische technieken) is uitermate geschikt voor flora zonder veel behaarde soorten.




Bestrijdingssysteem 5 (alterneren van alle mogelijke thermische technieken) is vooral geschikt voor verhardingen waarop borstelen niet kan, in het bijzonder op stenen met drainageopeningen en krasgevoelige natuursteen.

In de **bestrijdingssystemen 6 en 7** worden alle mogelijke werkingswijzen maximaal gealterneerd. In systeem 6 wordt minder vaak geborsteld (met afzuiging) dan in systeem 7. Het zijn ideale passe-partout-systemen. Systeem 7 is uitermate geschikt voor lage aanvangsbeeldscores (2-6), gezien de vele borstelbeurten met afvoer van borstelafval. Als de vereiste bestrijdingsfrequentie minder dan drie beurten per jaar bedraagt, zijn de systemen 6 en 7 niet in sleutel 3 opgenomen (een volledige bestrijdingscyclus bestaat immers uit drie of vier beurten).

Sommige moderne toestellen combineren meerdere werkingswijzen. Dergelijke toestellen kunnen wel repetitief worden ingezet zonder floraverschuiving te veroorzaken.

	Mechanisch		Thermisch				
	Afsnijden of losrukken		Geleiding	Condensatie	Convectie		Straling
	VE	BO	HW	ST	BR	HL	IR
<i>Weersomstandigheden</i>							
Nat weer (neerslag, dauw)							
Lage temperaturen							
Erg winderig weer							
<i>Aanwezige onkruidflora</i>							
Hoge, dichte vegetatie							
Behaarde flora							
Hoge onkruidbedekking							
Dorre vegetatie							
<i>Soort van de verharding</i>							
Verharding met brede, ongebonden voegen (hoog voegenaandeel)							
Krasgevoelige verhardingen (kleiklinkers, natuursteen)							
Geslepen natuursteen							
Oneffen verharding							
<i>Niet-verplaatsbare obstakels (op de verharding of aanliggende oppervlakken)</i>							
Aanliggend groen							
Zones met brand- en explosiegevaar							
Brandbare en smeltbare elementen							

VE: vegen met afzuiging
 BO: borstelen met afzuiging
 HW: selectieve heetwatertechniek
 ST: stomen
 BR: stootbranden
 HL: heteluchttechniek
 IR: branden met infraroodstralen

 Perfect mogelijk
 Niet zonder risico
 Niet aanbevolen

Tabel 5.13 Toepasbaarheid van de verschillende onkruidbestrijdingstechnieken

Bestrijdings- systeem	Uitvoeringssequentie ¹	Preventieve bestrijding ²				Curatieve bestrijding			
		Mechanisch zacht ^{2,3}	Mechanisch zacht ^{2,3}	Mechanisch hard ⁴	Thermisch convectief ⁵	Thermisch convectief ⁵	Thermisch niet-convectief ⁵		
1	VE-VE-...-VE	VE _{extensief}	VE _{intensief}	BO	HL BR	HW ST IR			
2	VE-HL/BR/HW/ST/IR-VE-...-VE	✓	✓			✓			
3	VE-BO-HW/ST/IR-...-VE	✓		✓		✓			
4	VE-BO-HL/BR-...-VE	✓		✓	✓				
5	VE-HL/BR-HW/ST/IR-...-VE of VE-HW/ST/IR-HL/BR-...-VE	✓			✓	✓			
6	VE-BO-HL/BR-HW/ST/IR-...-VE of VE-BO-HW/ST/IR-HL/BR-...-VE	✓		✓	✓	✓			
7	VE-BO-HL/BR-BO-HW/ST/IR-...-VE of VE-BO-HW/ST/IR-BO-HL/BR-...-VE	✓		✓	✓	✓			

¹ Uitvoeringsvolgorde: de bestrijding start en eindigt met een standaardveegbeurt. Rood gedrukte tekst geeft de te herhalen bestrijdingscyclus aan. Het liggend streepje (-) gaat de volgende behandeling vooraf; een schuine streep (/) geeft de vrije keuze uit de vermelde methoden aan.

² Twee standaardveegbeurten met afzuiging; een in het najaar na bladval en een in het voorjaar voor de aanvang van de curatieve onkruidbestrijding.

³ Vegen steeds met afzuiging van het veegafval.

⁴ Borstelen steeds met afzuiging van het borstelafval.

⁵ Alterneren met mechanische technieken (voor zover mogelijk). Thermische technieken steeds inzetten op jong weefsel, ijlle niet hoog opgegroeide vegetatie, anders vooraf met onkruidborstel behandelen.

VE: vegen met afzuiging
BO: borstelen met afzuiging
HL: heteluchttechniek
BR: stootbranden
HW: selectieve heetwatertechniek
ST: stomen
IR: branden met infraroodstralen

Tabel 5.14 Aanbevolen bestrijdingssystemen

Van bladzijden 108 tot 111 worden de beslisbomen voor curatieve onkruidbeheersing op verhardingen met kleinschalige elementen (klassieke stenen, poreuze stenen, stenen met (ver)brede voegen en stenen met drainageopeningen) weergegeven.

Klassieke stenen Ontwerpvoegbreedte < 6 mm Voegenaandeel < 10 %			Streefbeeldscore (cijfer) / Streefbeeldklasse (letter)															
			10 A				9 A				7 - 8 B				5 - 6 C			
Veronkruidings- risico	Aanvangs- beeldscore	Aanwezige onkruidflora	Bestrijdingsfrequentie															
			I	II	III	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
HOOG	10	mossen + liggende vetmuur				1	2											
	9	eenjarige flora				1	2-7											
		meerjarige, onbehaarde flora					3,4,7											
		meerjarige, behaarde flora					3											
		soortenrijke en evenwichtige flora					6											
	7 - 8	eenjarige flora								1	2-7							
		meerjarige, onbehaarde flora									3,4,7							
		meerjarige, behaarde flora									3							
		soortenrijke en evenwichtige flora									6,7							
	5 - 6	eenjarige flora														3-7		
		meerjarige, onbehaarde flora													3,4,7			
		meerjarige, behaarde flora													3			
		soortenrijke en evenwichtige flora													6,7			
	2 - 4	eenjarige flora													3,4,6,7			
		meerjarige, onbehaarde flora																
		meerjarige, behaarde flora																
soortenrijke en evenwichtige flora																		
extreem hardnekkige meerjarige flora																		
MATIG	10	mossen + liggende vetmuur				1	2											
	9	eenjarige flora				1	2-7											
		meerjarige, onbehaarde flora					3,4,7											
		meerjarige, behaarde flora					3											
		soortenrijke en evenwichtige flora					6											
	7 - 8	eenjarige flora									1	2-7						
		meerjarige, onbehaarde flora										3,4,7						
		meerjarige, behaarde flora										3						
		soortenrijke en evenwichtige flora										6,7						
	5 - 6	eenjarige flora															3,4	
		meerjarige, onbehaarde flora														3,4,7		
		meerjarige, behaarde flora														3		
		soortenrijke en evenwichtige flora														6,7		
	2 - 4	eenjarige flora														3,4,6,7		
		meerjarige, onbehaarde flora													3,4,7			
		meerjarige, behaarde flora													3			
soortenrijke en evenwichtige flora														6,7				
extreem hardnekkige meerjarige flora																		
LAAG	10	mossen + liggende vetmuur	1	2			1	2										
	9	eenjarige flora	1	2-7			1	2-7										
		meerjarige, onbehaarde flora		3,4,7				3,4,7										
		meerjarige, behaarde flora		3				3										
		soortenrijke en evenwichtige flora		6				6										
	7 - 8	eenjarige flora				1	2-7				1	2-7						
		meerjarige, onbehaarde flora					3,4,7					3,4,7						
		meerjarige, behaarde flora					3					3						
		soortenrijke en evenwichtige flora					6					6						
	5 - 6	eenjarige flora										3-7					3,4	
		meerjarige, onbehaarde flora										3,4,7				3,4,7		
		meerjarige, behaarde flora										3				3		
		soortenrijke en evenwichtige flora										6,7				6,7		
	2 - 4	eenjarige flora														3,4,6,7		
		meerjarige, onbehaarde flora													3,4,7			
		meerjarige, behaarde flora													3			
soortenrijke en evenwichtige flora														6,7				
extreem hardnekkige meerjarige flora																		

2 - 7 = bestrijdingssystemen 2 tot en met 7
Kleurcodes: zie bladzijde 113

Tabel 5.15 Sleutel 3
Duurzame curatieve, niet-chemische onkruidbeheersing op halfopen elementverhardingen met ongebonden voegen

Poreuze stenen Ontwerpvoegbreedte < 6 mm Voegenaandeel < 10 %			Streefbeeldscore (cijfer) / Streefbeeldklasse (letter)															
			10 A			9 A				7 - 8 B				5 - 6 C				
Veronkruidings- risico	Aanvangs- beeldscore	Aanwezige onkruidflora	Bestrijdingsfrequentie															
			I	II	III	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
HOOG	10	mossen + liggende vetmuur				1	2											
	9	eenjarige flora				1		2-7										
		meerjarige, onbehaarde flora						3, 4, 7										
		meerjarige, behaarde flora						3										
		soortenrijke en evenwichtige flora						6										
	7 - 8	eenjarige flora								1		2-7						
		meerjarige, onbehaarde flora										3, 4, 7						
		meerjarige, behaarde flora										3						
		soortenrijke en evenwichtige flora										6, 7						
	5 - 6	eenjarige flora															3, 4	
		meerjarige, onbehaarde flora														3, 4, 7		
		meerjarige, behaarde flora														3		
		soortenrijke en evenwichtige flora														6, 7		
	2 - 4	eenjarige flora														3, 4, 6, 7		
		meerjarige, onbehaarde flora																
		meerjarige, behaarde flora																
soortenrijke en evenwichtige flora																		
extreem hardnekkige meerjarige flora																		
MATIG	10	mossen + liggende vetmuur				1	2											
	9	eenjarige flora				1		2-5										
		meerjarige, onbehaarde flora						3, 4										
		meerjarige, behaarde flora						3										
		soortenrijke en evenwichtige flora						3, 4										
	7 - 8	eenjarige flora									1		2-5					
		meerjarige, onbehaarde flora											3, 4					
		meerjarige, behaarde flora											3					
		soortenrijke en evenwichtige flora											3, 4					
	5 - 6	eenjarige flora															2-4	
		meerjarige, onbehaarde flora														3, 4		
		meerjarige, behaarde flora														3		
		soortenrijke en evenwichtige flora														3, 4		
	2 - 4	eenjarige flora														3, 4, 6, 7		
		meerjarige, onbehaarde flora													3, 4, 7			
		meerjarige, behaarde flora													3			
soortenrijke en evenwichtige flora														6, 7				
extreem hardnekkige meerjarige flora																		
LAAG	10	mossen + liggende vetmuur		1	2			1	2									
	9	eenjarige flora		1	2-7			1	2-5									
		meerjarige, onbehaarde flora			3, 4, 7				3, 4									
		meerjarige, behaarde flora			3				3									
		soortenrijke en evenwichtige flora			6				3, 4									
	7 - 8	eenjarige flora					1	2-7				1	2-5					
		meerjarige, onbehaarde flora						3, 4, 7					3, 4					
		meerjarige, behaarde flora						3					3					
		soortenrijke en evenwichtige flora						6					3, 4					
	5 - 6	eenjarige flora											3-7				2-4	
		meerjarige, onbehaarde flora											3, 4, 7				3, 4	
		meerjarige, behaarde flora											3				3	
		soortenrijke en evenwichtige flora											6				3, 4	
	2 - 4	eenjarige flora															3, 4	
		meerjarige, onbehaarde flora														3, 4, 7		
		meerjarige, behaarde flora														3		
soortenrijke en evenwichtige flora															6, 7			
extreem hardnekkige meerjarige flora															7			

2 - 7 = bestrijdingssystemen 2 tot en met 7

Kleurcodes: zie bladzijde 113

Tabel 5.15 Sleutel 3
Duurzame curatieve, niet-chemische onkruidbeheersing op halfopen elementverhardingen met ongebonden voegen

(vervolg)

Stenen met (ver)brede voegen Ontwerpvoegbreedte > 6 mm Voegenaandeel > 10 %			Streefbeeldscore (cijfer) / Streefbeeldklasse (letter)																	
			10 A				9 A				7 - 8 B				5 - 6 C					
Veronkruidings- risico	Aanvangs- beeldscore	Aanwezige onkruidflora	Bestrijdingsfrequentie																	
			I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
HOOG	10	mossen + liggende vetmuur																	3, 4, 7	
	9	eenjarige flora																		3-7
		meerjarige, onbehaarde flora																		3, 4, 7
		meerjarige, behaarde flora																		3
		soortenrijke en evenwichtige flora																		6
	7 - 8	eenjarige flora																		3-7
		meerjarige, onbehaarde flora																		3, 4, 7
		meerjarige, behaarde flora																		3
		soortenrijke en evenwichtige flora																		6, 7
	5 - 6	eenjarige flora																		3-7
		meerjarige, onbehaarde flora																		
		meerjarige, behaarde flora																		
		soortenrijke en evenwichtige flora																		
	2 - 4	eenjarige flora																		
		meerjarige, onbehaarde flora																		
		meerjarige, behaarde flora																		
soortenrijke en evenwichtige flora																				
extreem hardnekkige meerjarige flora																				
MATIG	10	mossen + liggende vetmuur																	3, 4	
	9	eenjarige flora																		3-5
		meerjarige, onbehaarde flora																		3, 4
		meerjarige, behaarde flora																		3
		soortenrijke en evenwichtige flora																		3, 4
	7 - 8	eenjarige flora																		3-7
		meerjarige, onbehaarde flora																		3, 4, 7
		meerjarige, behaarde flora																		3
		soortenrijke en evenwichtige flora																		6, 7
	5 - 6	eenjarige flora																		
		meerjarige, onbehaarde flora																		3-7
		meerjarige, behaarde flora																		3, 4, 7
		soortenrijke en evenwichtige flora																		3
	2 - 4	eenjarige flora																		6, 7
		meerjarige, onbehaarde flora																		3, 4, 6, 7
		meerjarige, behaarde flora																		
soortenrijke en evenwichtige flora																				
extreem hardnekkige meerjarige flora																				

2 - 7 = bestrijdingssystemen 2 tot en met 7
Kleurcodes: zie bladzijde 113

Tabel 5.15 Sleutel 3
Duurzame curatieve, niet-chemische onkruidbeheersing op halfopen elementverhardingen met ongebonden voegen

Korte verklaring (zie hoofdstuk 5 voor meer informatie)

Veronkruidingsrisico

Categorie	Score
HOOG	< 0,3
MATIG	0,3 tot 0,6
LAAG	> 0,6

Aanvangsbeeldscore Streefbeeldscore

Voegbedekking	Vegetatiehoogte				
	< 1 cm	1 - 3 cm	4 - 6 cm	7 - 10 cm	> 10 cm
1 - 6 %	10	9	8	7	6
6 - 16 %	10	8	7	6	5
16 - 26 %	10	7	6	5	4
26 - 51 %	10	6	5	4	3
51 - 100 %	10	5	4	3	2

Aanwezige onkruidflora

Floracategorieën ⁽¹⁾	Soortengroep
Mossen en liggende vetmuur	Bladmossen (<i>Musci</i>), levermossen (<i>Hepaticae</i>), liggende vetmuur (<i>Sagina procumbens</i>)
Eenjarige flora	Straatgras (<i>Poa annua</i>), klein kruiskruid (<i>Senecio vulgaris</i>), Canadese fijnstraal (<i>Conyza canadensis</i>), onkruidgiersten (<i>Panicum</i> , <i>Digitaria</i> , <i>Setaria</i> sp.), enz.
Meerjarige, onbehaarde flora ⁽²⁾	Paardenbloem (<i>Taraxacum officinale</i>), grote weegbree (<i>Plantago major</i>), Engels raaigras (<i>Lolium perenne</i>), roodzwenkgrassen (<i>Festuca</i> sp.), witte klaver (<i>Trifolium repens</i>), enz.
Meerjarige, behaarde flora	Gewone hoornbloem (<i>Cerastium fontanum</i>), madeliefje (<i>Bellis perennis</i>), duizendblad (<i>Achillea millefolium</i>), klein hoefblad (<i>Tussilago farfara</i>), zachte ooievaarsbek (<i>Geranium molle</i>), enz.
Soortenrijke en evenwichtige flora	Geen van de aanwezige soorten of groep van soorten (behaard versus onbehaard, eenjarig versus meerjarig) domineert
Extreem hardnekkige, meerjarige flora	Rhizoomvormende soorten met diepzittende rhizomen, onder meer paardenstaarten (<i>Equisetum</i> sp.), klein hoefblad (<i>Tussilago farfara</i>), enz. Boomopslag, onder meer wilgopslag (<i>Salix</i> sp.)

⁽¹⁾ Bepaald volgens dominantie van bepaalde soorten(groepen): de specifieke soortengroep is verantwoordelijk voor meer dan 80 % voegbedekking

⁽²⁾ Inclusief tweejarigen

Bestrijdingsfrequenties (exclusief standaardveegbeurten)

Categorie	Frequentie
I	> 8
II	6 tot 8
III	3 tot 5
IV	1 tot 2

Bestrijdingssystemen

Bestrijdingssysteem	Uitvoeringssequentie (vrij te kiezen)
1	VE-VE-...-VE
2	VE-HL/BR/HW/ST/IR-VE-...-VE
3	VE-BO-HW/ST/IR-...-VE
4	VE-BO-HL/BR-...-VE
5	VE-HL/BR-HW/ST/IR-...-VE of VE-HW/ST/IR-HL/BR-...-VE
6	VE-BO-HL/BR-HW/ST/IR-...-VE of VE-BO-HW/ST/IR-HL/BR-...-VE
7	VE-BO-HL/BR-BO-HW/ST/IR-...-VE of VE-BO-HW/ST/IR-BO-HL/BR-...-VE

VE: vegen met afzuiging
 BO: borstelen met afzuiging
 HL: heteluchttechniek
 BR: stootbranden
 HW: selectieve heetwatertechniek
 ST: stomen
 IR: branden met infraroodstralen

Rood = te herhalen cyclus

Kleurcodes

cijfer(s)

Gemakkelijk haalbaar maar niet aanbevolen. Bij elke trapsgewijze verlaging van de onkruidtolerantie, ook verlaging van de bestrijdingsfrequentie met een trap.

Preventieve maatregelen in het ontwerp en de uitvoering zijn noodzakelijk: heraanleggen of hervoeegen met onkruidwerende voegvulling.

Aanbevolen bestrijdingssystemen.



Literatuur

1. *Decreet houdende de vermindering van het gebruik van bestrijdingsmiddelen door openbare diensten in het Vlaamse Gewest (21 december 2001).*
Belgisch Staatsblad 171 (2), blz. 3391-3393, 31 januari 2002.
2. *Besluit van de Vlaamse regering houdende nadere regels inzake de reductieprogramma's ter vermindering van het gebruik van bestrijdingsmiddelen door openbare diensten in het Vlaamse Gewest (14 juli 2004 en aanpassing van 19 december 2008).*
Belgisch Staatsblad 179 (3), blz. 4140-4144, 23 januari 2009.
3. **Vlaamse Milieumaatschappij (VMM),**
Evolutie van het pesticidengebruik bij Vlaamse gemeenten 2003-2009.
2011, D/2011/6871/002.
4. **Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,**
Onkruidbeheer – Preventieve en curatieve methoden voor een optimaal straatbeeld.
OCW Mededelingen 81, pp. 3-9, 2009.
5. **Fagot, M., De Cauwer, B., Beeldens, A., Boonen, E., Bulcke, R., Reheul, D.,**
Weed flora in paved areas in relation to environment, pavement characteristics and weed control.
Weed Research 51, pp. 650-660, 2011.
6. *Ordonnantie tot beperking van het gebruik van pesticiden door de beheerders van openbare ruimten in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (1 april 2004).*
Belgisch Staatsblad 174 (143), blz. 34276-34280, 26 april 2004.
7. **Région wallonne**
Programme wallon de réduction des pesticides
www.wallonie-reductionpesticides.be/nl
8. *Voorstel van resolutie – van de dames Hilde Crevits, Tinne Rombouts en Stern Demeulenaere en de heren Patrick Lachaert, Bart Martens en Mark Demesmaecker – betreffende het wegwerken van knelpunten inzake de reductie van bestrijdingsmiddelen.*
Stuk 808 (2005-2006)– Nr. 1, 20 april 2006.
9. **Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,**
Handleiding voor het ontwerp en de uitvoering van verhardingen in betonstraatstenen.
Aanbevelingen OCW A 80/09, 2009.
10. **Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,**
Waterdoorlatende verhardingen met betonstraatstenen.
Dossier 5 bij OCW Mededelingen 77, 2008.
11. **CROW,**
Onkruidbeheer op verharding - van beleid tot uitvoering.
CROW publicatie 258, 2008.
12. **CROW,**
Ontwerpvoorbeelden onkruidwerende verhardingen.
CROW publicatie 119, 1997.
13. **Vlaamse Milieumaatschappij,**
Leidraad Pesticidentoets
2009.
<http://www.zonderisgezonder.be>

14. **Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,**
Preventief onkruidbeheer op verhardingen.
Dossier 10 bij OCW Mededelingen 86, 2011.
15. **OCCN,**
PTV 411, Codificatie van de granulaten.
2008.
16. **Vlaamse overheid,**
Compendium voor monsterneming, meting en analyse in het kader van bodembescherming (CMA).
CMA/2/II/A.9.5., 2009.
<http://www.emis.vito.be/referentielabo-ovam>
17. **COPRO,**
Waterdoorlatende bestratingen: Systeem-, product- en plaatsingseisen.
PTV 827, 2010.
18. **PROBETON,**
Waterdoorlatende betonstraatstenen en -tegels.
PTV 122, 2009.
19. **PROBETON,**
Grasbetontegels.
PTV 121, 2009.
20. **Beeldens, A., De Myttenaere, O., Perez, S.,**
Water permeable pavements in Belgium – From research to real application.
9th International Conference on Concrete Block Paving (ICCB 2009), Buenos Aires, Argentina, October 18-21 2009,
pp. 13.
21. *Richtlijn 2000/60/EG van het Europees Parlement en de Raad van 23 oktober 2000 tot vaststelling van een kader voor communautaire maatregelen betreffende het waterbeleid*
Publicatieblad L 327/1, 22 december 2000.
22. **Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,**
Onkruidbeheer – Onderzoek op de proefparking van het OCW.
OCW Mededelingen 85, pp. 20-24, 2010.
23. **Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw,**
Onkruidbestrijding op verhardingen – Gevalsstudie op de proefparking van het OCW in Sterrebeek.
OCW Mededelingen 92, pp. 6-10, 2012.
24. **Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., Van Zelm, R.**
ReCiPe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition (revised).
Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM), 2012.
<http://www.lcia-recipe.net/>
25. **Agentschap voor Natuur en Bos (ANB)**
Technisch Vademecum Paden en Verhardingen.
Harmonisch Park- en Groenbeheer.
2011.

Lijst van de figuren

1.1	Standaardopbouw van steenbestrating	4
1.2	Standaardopbouw als functie van de verkeersbelasting	5
1.3	Waterdoorlatende bestrating op een parkeerterrein	6
2.1	Omgevingsfactoren (aanliggende groenzones, betreding, functie) bepalen het risico op én de tolerantie voor onkruidgroei	7
2.2	Frequentie (%) van de twintig meest voorkomende onkruidsoorten op halfopen verhardingen	8
2.3	Beeldscore en overeenkomstige straatbeelden	10
2.4	Effect van een aanliggende groenzone op de onkruidgroei in de verharding (foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse)	11
2.5	Verband tussen het gloeiverlies (indirecte maat voor het OM-gehalte) na verassing in een oven en de beeldscore voor onkruidgroei op een verharding (punten zijn gemiddelden met hun standaardafwijking)	12
2.6	Meer vervuiling (organisch materiaal) houdt een groter risico op onkruidgroei in	12
2.7	Invloed van de gebruikintensiteit op onkruidgroei	13
2.8	Verband tussen ontwerp/uitvoering en onkruidgroei (beeldscore, voegbedekking) (foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse)	15
2.9	Invloed van de voegbreedte op de beeldscore, de voegbedekking door onkruiden en het aantal voorkomende plantensoorten	16
2.10	Risicoscore [= 1/voegbreedte (mm)] als functie van de voegbreedte. Het veronkruidingsrisico neemt evenredig af met de inverse van de voegbreedte.	17
3.1	Omschakeling van verharde op begroeide paden voor onkruidbeheer zonder pesticiden	21
3.2	Afwerking van randen	22
3.3	Beschikbare hulpstukken voor een zorgvuldige afwerking van randen en boorden	23
3.4	Foutieve en goede randafwerking in een bocht	23
3.5	Randafwerking aan singuliere punten	23
3.6	Verzakkingen zijn een ideale voedingsbodem voor onkruidgroei	24
3.7	Aanwezigheid van obstakels	24
3.8	Halfopen verharding onder straatmeubilair vermijden en/of afstemming van het meubilair op toekomstig onderhoud (verwijderbare obstakels, zwevend meubilair)	25
3.9	Goede afwerking van de verharding rond obstakels gaat onkruidgroei tegen	25
3.10	Op bijzondere weginrichtingen met een elementen - verharding of een speciale vormgeving waar geen aangepaste voegvulling is toegepast, is onkruidbeheersing vaak een probleem	26
3.11	Invloed van de kantsteen op de voegbreedte van de verharding, gemeten aan de rand en in het centrale gedeelte. De gegevens hebben betrekking op locaties uit de inventarisatiecampagne van UGent (zie hoofdstuk 2). De foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse.	26
3.12	Kantopsluiting naargelang van de verkeersklasse	27
3.13	Door de opeenhoping van water, grond en organische materialen vormen aanliggende straatgoten van kleinschalige elementen vaak een voedingsbodem voor onkruidgroei	27
3.14	Geprefabriceerde betonnen gootbanden en/of geschikte, waterdichte voegvulling om onkruidgroei tegen te gaan	27
3.15	Mogelijke straatverbanden	28

3.16	Invloed van het straatverband op de voegbreedte van verhardingen in de praktijk. De gegevens hebben betrekking op locaties uit de inventarisatiecampagne van UGent (zie hoofdstuk 2). De foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse.	28
3.17	Pompeffect bij waterophoping in de straatlaag en daaruit voortvloeiend schadebeeld	29
3.18	Afvoer van oppervlaktewater via straatgoten en kolken, en van infiltratiewater in de fundering via geboorde drainageopeningen en aansluitende drainagebuis	30
3.19	Voorbeeld van onvoldoende afstemming op toekomstig (alternatief) onkruidbeheer: probleemzone tussen de parkeerplaatsen en de muur die weinig gebruikt (betreden) wordt en wegens de vele obstakels (fietsstalling, elektriciteitskasten, verkeersbordpalen) moeilijk machinaal te onderhouden is	30
3.20	Aandacht in het ontwerp voor machinaal onderhoud bij toekomstig curatief onkruidbeheer: voldoende afstand tussen obstakels, verwijderbare obstakels, vloeiende overgangen tussen de rijbaan en het fiets- of voetpad, kantstenen met afgeschuinde hoeken, straatgoot tussen de parkeervoorziening en de rijbaan	31
3.21	Invloed van de materiaalsoort (beton, klei) op onkruidgroei bij vergelijkbare voegbreedte (tot 5 mm)	32
3.22	Onkruidbedekking (\pm standaardfout) op de OCW-proefparking als functie van de straatsteensoort (mei 2010)	33
3.23	Aanbrenging van de straatlaag	34
3.24	Invloed van het straatlaagmateriaal op veronkruiding	35
3.25	Voorbeeld van filterstabiliteit tussen de straatlaag (BL) en de onderliggende fundering (OL)	36
3.26	Lastoverdracht tussen de stenen van een verharding door middel van volledig gevulde voegen. De kracht die onder invloed van het verkeer in een steen optreedt, wordt door de voegvulling gedeeltelijk op de nevenliggende steen overgedragen.	37
3.27	Klassieke voegvulling van ongebonden materiaal	37
3.28	Invloed van de voegbreedte en organische vervuiling op het onkruidwerende vermogen van de voegvulling	38
3.29	Verband tussen de korrelgrootteverdeling van in situ-voegvullingen en onkruidgroei. De gegevens hebben betrekking op locaties met voegbreedte > 5 mm uit de inventarisatiecampagne van UGent. Foutenbalken stemmen overeen met de standaardfout op het steekproefgemiddelde van elke klasse.	39
3.30	Kenmerkende zeefkrommen voor de voegvullingsklassen op basis van de parameters μ en σ . Het betreft voegzand uit voegen op geïnventariseerde locaties.	40
3.31	Inter- en intraspecifieke verschillen in groeiresponsie van onkruiden naargelang van de voegvulling. Het onkruidwerende vermogen werd bepaald met potproeven waarbij voegvullingen bij oplopende vervuilingsgraden (door inmenging van 0, 5, 10, 20, 40, 80 vol.-% organisch materiaal) werden beproefd. Het onkruidwerende vermogen bij 10 vol.-% OM is uitgedrukt als vermindering van de hoeveelheid biomassa (in %) ten opzichte van het referentiemateriaal wit zand (= nulwaarde). Dit betekent dat bij 100 % geen onkruid voorkomt, bij negatieve waarden groeit meer onkruid dan bij wit zand!	41
3.32	Voorbeelden van innovatieve onkruidremmende voegmaterialen	41
3.33	Groeiresponsie als functie van de vervuilingsgraad (vol.-% OM) voor grote weegbree (<i>Plantago major</i>) in verschillende voegvullingen, getest met de potproef.	42
3.34	Indicatieve prijsvergelijking (relatieve prijs ten opzichte van de prijs per ton voor wit zand in 2010) van verschillende voegvullingen, op basis van navraag bij leveranciers.	44

3.35	Voorbeeld van met gemodificeerde mortel gevoegde verharding	44
3.36	Waterdoorlatendheid (k) en onkruidgroei (metingen uit 2009)	45
3.37	Werkingsprincipe van waterdoorlatende bestratingen	46
3.38	Aanbrenging van een drainagevoorziening bij waterdoorlatende bestratingen naargelang van de soort van ondergrond of indien geen infiltratie is toegestaan	46
3.39	Standaardmodellen voor de opbouw van waterdoorlatende bestratingen als functie van de verwachte verkeersbelasting en de doorlatendheid van de ondergrond	47
3.40	Betonstraatstenen met verbrede voegen	48
3.41	Betonstraatstenen (links) en kleiklinkers (rechts) met drainageopeningen	48
3.42	Poreuze betonstraatstenen	48
3.43	Grasbetontegels met steenslagvulling	49
3.44	Voegvulling 0,5/2 voor een verharding van poreuze betonstraatstenen	50
3.45	Polymeergebonden, onkruidwerende én doorlatende voegvulling in stenen met drainageopeningen (2008)	51
4.1	Onkruidbestrijding op een verharding van betonstraatstenen	53
4.2	Overzicht en werkingwijze van de beschikbare onkruidbestrijdingstechnieken	54
4.3	Visueel waarneembare schade aan de rozet van paardenbloem (<i>Taraxacum officinale</i>) na toepassing van een thermische techniek. De dikste nerven en het centrale groeipunt blijven intact.	55
4.4	Verschillende wijzen van warmteoverdracht naar de plant naargelang van de toegepaste thermische techniek. In de plant gebeurt het warmtetransport via geleiding. Rode bollen zijn groeipunten van waaruit hergroei onmogelijk is indien ze tot boven 58 °C worden verhit. Een plant koelt af door transpiratie en straling.	55
4.5	Werkingsprincipe van een stootbrander (open vlam). De hete gasstroom wordt zo dicht mogelijk en lang genoeg bij de onkruiden gehouden. Een goede isolatie van de branderkap is noodzakelijk.	56
4.6	Werkingsprincipe van een heteluchtschroeier	57
4.7	Werkingsprincipe van een infraroodbrander	57
4.8	Werkingsprincipe van een sensor-gestuurde heetwatermachine. De warmteoverdracht geschiedt door geleiding.	58
4.9	Werkingsprincipe van een stoommachine. De warmte wordt overgedragen door condensatie en geleiding.	58
4.10	Werkingsprincipe van onkruidborstels. Zij snijden onkruiden in de voeg af of rukken ze eruit los.	59
4.11	Bladrandnecrose bij Jakobskruid (<i>Jacobaea vulgaris</i>) na toepassing van een te lage energiedosis met een thermische techniek	59
4.12	Behaarde rozetplant met beperkte schade na behandeling met een convectieve techniek	60
4.13	Varkensgras (<i>Polygonum aviculare</i>) is een voorbeeld van een lastig te ontbladeren en te ontwortelen plantensoort	62
4.14	Bij eenzijdige toepassing van convectieve thermische technieken neemt het aandeel behaarde plantensoorten toe (hier: gewone hoornbloem of <i>Cerastium fontanum</i>)	63

4.15	Milieu-effect (LCA-score op basis van de ReCiPe-methode) per behandelingsbeurt van vier bestrijdingstechnieken op twee soorten van betonstraatsteenverhardingen	67
4.16	Milieu-effect (LCA-score op basis van de ReCiPe-methode) voor twee groeiseizoenen van verschillende bestrijdingsscenario's op drie soorten van betonstraatsteenverhardingen (beeldscorecriterium = 7-8)	68
4.17	Jaarlijks milieu-effect (LCA-score op basis van de ReCiPe-methode) van verschillende bestrijdingsscenario's (drie scenario's met eenzijdige toepassing van de borstel-, hetelucht- en heetwatertechniek en een scenario met alternerend borstelen en hete lucht) op betonstraatstenen met verbrede voegen (beeldscorecriterium 7-8)	69
4.18	Invloed van de veronkruidingslimiet (beeldscorecriterium) op het jaarlijks milieu-effect van eenzijdig branden voor twee beeldscores (beeldscore 9-10 = beeldklasse A en beeldscore 7-8 = beeldklasse B)	70
4.19	Gemiddelde kostprijs per behandelingsbeurt (euro/m ²) voor verschillende bestrijdingsscenario's op een betonstraatsteenverharding met verbrede voegen, uitgesplitst in verschillende kostensoorten (arbeid, brandstof, afschrijving machine en overige). De technieken werden toegepast bij een vergelijkbare energiedosis (ED80).	71
4.20	Gemiddelde totale jaarlijkse kostprijs (euro/m ²) voor verschillende bestrijdingsscenario's op betonstraatstenen met drainageopeningen (streng criterium = beeldscore 9-10, overige = beeldscore 7-8)	71
4.21	Vergelijking van de gemiddelde jaarlijkse kostprijs (euro/m ² .jaar) voor verschillende straatsteensoorten met eenzijdige behandeling met hete lucht	72
4.22	Effect van heetwaterbehandelingen op de helderheid van straatstenen. Visuele vergelijking met foto, genomen op 4 augustus 2011.	73
4.23	Waterdoorlatendheidsmetingen op de proefparking van het OCW in Sterrebeek	73
4.24	Invloed van de borstelfrequentie op de gemeten voegdiepte bij stenen met verbrede voegen	74
5.1	Meetmethode voor de bepaling van de beeldscore	78
5.2	Berekening van het veronkruidingsrisico (enkel voor de verkeersklassen III en IV)	81
5.3	Hoofdstructuur van de beslisboom voor onkruidbeheer(sing) op halfopen verhardingen	82
5.4	Sleutel 1 in de beslisboom is van toepassing voor een bestaande verharding	83
5.5	Standaardmodellen voor de opbouw van waterdoorlatende bestratingen als functie van de verwachte verkeersbelasting en de doorlatendheid van de ondergrond	86
5.6	Standaardmodellen voor de opbouw van verhardingen met klassieke betonstraatstenen als functie van de verkeersbelasting	87
5.7	Basisontwerp voor sleutel 2 Nieuwe verharding	88
5.8	Algemene richtlijnen voor de materiaalkeuze voor sleutel 2 Nieuwe verharding	90
5.9	Sleutel 2.1 Materiaalkeuzen in de opbouw van WDB voor de verkeersklassen III en IV, als functie van de straatsteensoort en het veronkruidingsrisico	92
5.10	Sleutel 2.1 Materiaalkeuzen in de opbouw van niet-WDB voor de verkeersklassen III en IV, als functie van het veronkruidingsrisico en de voegbreedte	94

Lijst van de tabellen

1.1	Verkeersklassen	4
1.2	Standaardmodellen voor de opbouw voor de verschillende verkeersklassen	5
2.1	CROW-indeling van beeldklassen voor onkruidgroei	9
2.2	Bepaling van de beeldscore voor onkruidgroei op verhardingen	10
2.3	Verband tussen beeldscorecategorieën en CROW-straatbeeldklassen	10
2.4	Verband tussen ontwerpkenmerken en onkruidgroei	14
2.5	Berekeningswijze van de totale ontwerpsscore op basis van de gewogen scores voor de ontwerpkenmerken A tot F uit tabel 2.4	15
2.6	Bepalingswijze van de gemiddelde voegbreedte van een bestaande verharding. Groene stenen stellen bijvoorbeeld de meetpunten voor.	17
2.7	Grenswaarden voor de gebruiksintensiteit als functie van de toepassing en de bijbehorende risicoscore voor veronkruiding (enkel geldig voor verhardingen van de verkeersklassen III en IV)	18
2.8	Voorbeeld van berekening van de totale risicoscore op basis van de risicoscores voor het ontwerp, de voegbreedte en de gebruiksintensiteit (enkel van toepassing voor de verkeersklassen III en IV)	19
3.1	Keuze van het straatlaagmateriaal als functie van de verkeersklasse	35
3.2	Richtlijnen voor de korrelverdelingsparameters van voegzand in het kader van onkruidpreventie	38
3.3	Kenmerkende waarden voor de uitloging van zouten uit enkele voegmaterialen volgens CMA/2/II/A.9.5 [16] van het Compendium voor monsterneming, meting en analyse in het kader van bodembescherming van de Vlaamse Overheid	43
3.4	Keuze van de soort van waterdoorlatende steen als functie van de toepassing	49
4.1	Soortelijke warmte, warmtegeleidingscoëfficiënt en warmte-inhoud van media voor thermische technieken	56
4.2	Toepasbaarheid van de verschillende onkruidbestrijdingstechnieken	61
4.3	Vereiste bestrijdingsfrequentie (aantal beurten/periode) voor vier bestrijdingsscenario's om op een betonstraatsteenverharding met verbrede voegen (met klassieke, ongebonden voegvulling) een beeldscore 7-8 (beeldklasse B – zie 2.3) te behouden	63
4.4	Vereiste bestrijdingsfrequentie (aantal beurten/twee groeiseizoenen) voor de verschillende straatsteensoorten en bestrijdingsscenario's om een beeldscore 7-8 (beeldklasse B – zie tabel 2.3) te behouden	64

5.1	Berekeningswijze van de totale ontwerp-score op basis van de gewogen scores voor de ontwerpkenmerken A tot F	77
5.2	Bepaling van de beeldscore voor onkruidgroei op verhardingen	77
5.3	Bepalingswijze van de gemiddelde voegbreedte van een bestaande verharding. Groene stenen stellen bijvoorbeeld de meetpunten voor.	79
5.4	Grenswaarden voor de gebruiksintensiteit als functie van de toepassing en de bijbehorende risicoscore voor veronkruiding (enkel geldig voor verhardingen van de verkeersklassen III en IV)	80
5.5	Bepaling van de noodzaak tot hervoegen/heraanleggen van een bestaande verharding (voor klassieke, ongebonden voegvullingen!). Als aan de vier voorwaarden (straatsteensoort, veronkruidingsrisico, beeldscore en soort van onkruidflora) is voldaan, is hervoegen/heraanleggen aanbevolen.	84
5.6	Bepaling van de verkeersklassen	85
5.7	Standaardmodellen voor de opbouw van verhardingen met klassieke betonstraatstenen voor de verschillende verkeersklassen	87
5.8	Keuze van het straatlaagmateriaal als functie van de verkeersklasse	91
5.9	Richtlijnen voor de korrelverdelingsparameters van voegzand in het kader van onkruidpreventie	92
5.10	Verband tussen beeldscorecategorieën en CROW-straatbeeldklassen	99
5.11	Indeling volgens aard van de aanwezige flora en bijbehorende illustratieve voorbeelden	100-101
5.12	Frequentie categorieën met corresponderend aantal bestrijdingsbeurten per jaar	102
5.13	Toepasbaarheid van de verschillende onkruidbestrijdingstechnieken	105
5.14	Aanbevolen bestrijdingssystemen	106
5.15	Sleutel 3 – Duurzame curatieve, niet-chemische onkruidbeheersing op halfopen elementverhardingen met ongebonden voegen	108-111

Handleiding voor niet-chemisch(e) onkruidbeheer(sing) op verhardingen met kleinschalige elementen / Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw – E. Boonen (OCW), B. De Cauwer (UGent), M. Fagot (UGent), A. Beeldens (OCW) en D. Reheul (UGent).

- Brussel : OCW, 2013.

- 128 blz. + bijlage

- (Aanbevelingen, ISSN 1376-9332; 84).

Om het oppervlakte- en grondwater en de volksgezondheid te beschermen, mogen openbare diensten in Vlaanderen (behoudens uitzonderlijke gevallen) vanaf 1 januari 2015 geen herbiciden meer toepassen om onkruidgroei op verhardingen te bestrijden. Ook in het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest en in Wallonië volgt de wetgeving deze trend of wordt alleszins in die richting gedacht.

De kennis over de doeltreffendheid, de toepassingsfrequentie en het milieueffect van alternatieve, niet-chemische onkruidbestrijdingstechnieken is nog beperkt. Bovendien kunnen een gepast ontwerp en een correcte uitvoering van de verharding onkruidgroei preventief helpen verminderen of zelfs voorkomen.

Deze handleiding heeft dan ook een tweevoudig doel. Ze wil de spelers in het veld (ontwerpers, architecten, openbare en private beheerders, straatsteenfabrikanten, leveranciers, uitvoerders en zelfs gewone burgers) informeren over de belangrijkste invloedfactoren voor onkruidgroei op verhardingen, mogelijke preventieve onkruidbestrijdingsmaatregelen en curatieve, niet-chemische onkruidbestrijding. Voorts wil ze hen helpen bij het maken van de juiste keuzen, om door middel van een duurzaam, geïntegreerd en niet-chemisch onkruidbeheersysteem te komen tot een aanvaardbare onkruidgroei in relatie tot het algemene straatbeeld. Daartoe worden een aantal belangrijke aanbevelingen voor ecologisch en economisch verantwoord onkruidbeheer op verhardingen gedaan. Voor de uitwerking van deze aanbevelingen is gesteund op de onderzoeksresultaten van het vierjarige VISCO-project 07670 *Onkruidbeheer: preventieve en curatieve methodes voor een optimaal straatbeeld* dat met steun van IWT-Vlaanderen door het OCW en de vakgroep Plantaardige productie van de UGent is uitgevoerd. Ten slotte is voor het proces van onkruidbeheersing op verhardingen een beslisboom opgesteld, die in hoofdstuk 5 van de handleiding uitvoerig is beschreven. In een handige bijlage is de informatie uit hoofdstuk 5 synthetisch en schematisch weergegeven als praktisch hulpmiddel voor vakmensen op het terrein.

ITRD-classificatie

15 – Leefmilieu ; 20 – Ontwerp van wegen en verkeersstructuren ; 30 – Materialen

ITRD-trefwoorden

1556 – WETGEVING ; 2435 – MILIEUMANAGEMENTSYSTEEM ; 2444 – MILIEUBESCHERMING ;
2453 – VERONTREINIGING ; 2488 – PLANTENGROEI ; 2489 – GRASDODEND ; 2972 – VERHARDING ;
4383 – GRONDWATER ; 8008 – BELGIE ; 9000 – AFWISSELEND ; 9149 – VOORKOMING

Bestellen

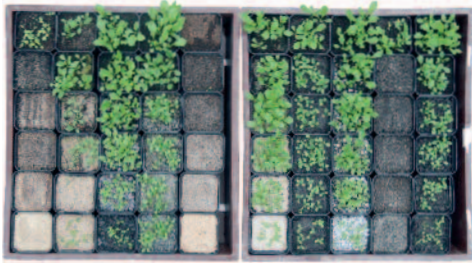
Kenm.: A 84/12
(incl. bijlage)

Prijs: 20,00 € (excl. 6 % btw)

Fax: +32 2 766 17 80
publication@brrc.be

Bijlage bij A 84/12
(excl. A 84/12)

Prijs: 7,50 € (excl. 6 % btw)



Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw

Uw partner voor duurzame wegen

Instelling erkend bij toepassing van de besluitwet van 30 januari 1947
Woluwedal 42
1200 Brussel
Tel. : 02 775 82 20 - fax : 02 772 33 74
www.ocw.be