



Keuzemodel wegconstructies

Uitgangspunten Software KMW 1.0

C.A.P.M. van Gulp
april 2005

CROW, Postbus 37, 6710 BA EDE

CROW en degenen die aan dit rapport hebben gewerkt, hebben de hierin opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand der techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in dit rapport voorkomen. Gebruikers aanvaarden het risico daarvan.

CROW sluit, mede ten behoeve van degenen die aan dit rapport hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die mocht voortvloeien uit het gebruik van de gegevens.

Auteursrechten

De inhoud van dit rapport valt onder bescherming van de auteurswet. De auteursrechten berusten bij CROW.

Woord vooraf

Wegbeheerders, ontwerpers, adviseurs, aannemers en anderen willen soms snel en eenvoudig een indicatie krijgen van de beste wegverhardingsconstructie in een gegeven situatie van verkeersbelasting, soort ondergrond en type fundering. Jarenlang heeft CROW-publicatie 81, 'Gefundeerd op weg' in die behoefte voorzien. Met de jaren raakte de informatie gedateerd, omdat de systematiek geen ruimte bood voor nieuwe materialen. Het grootste manco was dat er geen aandacht werd besteed aan zettings- en stabiliteitsaspecten, terwijl een groot deel van Nederland uit een ondergrond bestaat die min of meer zettingsgevoelig is. Daarom heeft de CROW werkgroep Keuzemodel Wegconstructies een instrument ontwikkeld waarmee in de beginfase van een project op snelle en simpele wijze diverse wegconstructies door te rekenen zijn op constructieve gelijkwaardigheid. Het uiteindelijke product bestaat uit een publicatie met een beknopte beschrijving van de mogelijkheden van het keuzemodel en het softwarepakket KMW 1.0. In deze publicatie worden in het kort alle uitgangspunten en randvoorwaarden samengevat die in KMW 1.0 zijn gehanteerd.

CROW

dr. ir. I.W. Koster, directeur

Bij de totstandkoming van deze publicatie was de werkgroep Keuzemodel Wegconstructies als volgt samengesteld:

- ir. A.A.M. Venmans, *Rijkswaterstaat DWW, voorzitter*
- ir. S. R. Bouman, *Gemeentewerken Rotterdam*
- ing. H.T.J. de Bruijn, *GeoDelft*
- ir. H.L. Jansen, *Fugro Ingenieursbureau BV*
- ir. J. Kruizinga, *KOAC•NPC*
- ing. C. Kuijper, *provincie Gelderland*
- W.N. Noordhoff, *gemeente Amersfoort*
- ir. B.W. Sluer, *BAM Wegen BV*
- ing. J. Stigter, *Grontmij*
- ir. H.P.M. Thewessen, *Witteveen+Bos Raadgevende Ingenieurs BV*

Vanuit CROW is de werkgroep begeleid door ir. A.J. van Leest. Ing. H.C. Bakker van Adviesbureau Bakker verzorgde de notulen van de werkgroepvergaderingen. Deze rapportage is vervaardigd door de heren dr. ir. C.A.P.M. van Gorp van KOAC•NPC en ir. H.P.M. Thewessen van Witteveen+Bos. De inhoud is tot stand gekomen in samenspraak met de werkgroep.

Inhoud

1	Inleiding	4
2	Lay-out weg.....	5
3	Verkeer.....	7
3.1	Levensduur.....	7
3.2	Verkeersbelasting.....	7
3.3	Toepassing van betrouwbaarheids- en correctiefactoren.....	9
4	Materialen	10
4.1	Asfalt	10
4.2	Fundering.....	10
4.3	Cementbeton.....	12
4.4	Straatstenen.....	13
5	Diverse aspecten	14
5.1	Drainage.....	14
5.2	Vorstindringing.....	17
5.3	Geluid.....	18
6	Geotechniek.....	20
6.1	Algemeen.....	20
6.2	Aanvullende berekeningen.....	20
6.3	Nadere analyse geotechnische resultaten.....	21
6.4	Informatie aan de gebruiker.....	23
7	Literatuur.....	24

1 Inleiding

In CROW publicatie 189 'Keuzemodel wegconstructies' [1] wordt de werkwijze van een nieuw instrument voor het selecteren van wegconstructies op basis van grond-, materiaal- en verkeersgegevens gepresenteerd. De publicatie biedt de gebruiker handvatten om op basis van invullen en variëren van verschillende geotechnische en wegbouwkundige ontwerpparameters mogelijke wegconstructies en aanlegvarianten te kiezen en met elkaar te vergelijken. Omdat de hoeveelheid ontwerpvariabelen erg groot is, was het ondoenlijk geworden om een schriftelijk overzicht van alle mogelijke constructievarianten te maken. Daarom is een gemakkelijk toepasbaar softwarepakket ontworpen dat de gebruiker door de diversiteit van benodigde invoergegevens leidt. De software is bij uitstek geschikt om snel varianten met elkaar te vergelijken en om de invloed van spreiding en onzekerheid in ontwerpgrontheden vast te stellen.

Publicatie 189 [1] beschrijft in het kort de werkwijze van de werkgroep en geeft een beknopte toelichting op het ontwikkelde model. Voor meer informatie over de berekeningen die ten grondslag hebben gelegen aan het model is het achtergrondrapport [2] geschreven. Dit rapport geeft een overzicht van de voornaamste uitgangspunten en randvoorwaarden die in de software KMW 1.0 zijn gehanteerd, voor zover deze niet in [1, 2] zijn belicht.

In de hoofdstukken 2 t/m 5 zijn de voornaamste randvoorwaarden en uitgangspunten opgenomen. Hoofdstuk 6 behandelt details van de geotechnische berekeningen.

2 Lay-out weg

In het keuzemodel zijn geotechnische en wegbouwkundige basisberekeningen gemaakt voor diverse wegtypen en dwarsprofielen. Voor het gemak van de gebruiker is bij de karakterisering van de diverse wegtypen aangesloten bij de classificatie zoals die in het kader van wegbeheer [3] wordt gehanteerd:

- hoofdwegenet
- zwaar belaste weg
- gemiddeld belaste weg
- licht belaste weg
- weg in woongebied
- weg in verblijfsgebied
- fietspaden

Omdat sommige gebruikers meer gewend zijn aan classificatie naar gebruiksfunctie is per type weg een koppeling gemaakt met de voornaamste gebruiksfuncties, zoals busbaan, stadsautoweg, buurtontsluitingsweg, woonerf, enzovoort om de selectie van het te hanteren type weg te vereenvoudigen. Tabel 1 geeft de relatie tussen wegtype, de gebruiksfunctie en de dwarsprofielen waaruit een keuze kan worden gemaakt. Voor de maten van de dwarsprofielen, zie [2].

Tabel 1 Wegtype, gebruiksfuncties en dwarsprofielen

Wegtype	Wegcategorie KMW (wegbeheer)	Gebruiksfuncties	Mogelijke dwarsprofielen
1	Hoofdwegenet	Auto(snel)weg Stadsautoweg	Hogere orde
2	Zwaar belaste weg	Stadsautoweg Provinciale weg	Hogere orde Tussenorde
3	Gemiddeld belaste weg	Waterschapsweg (druk) Stadsontsluitingsweg Busbaan Industrieweg	Tussenorde Wijk
4	Licht belaste weg	Waterschapsweg (rustig) Buurtontsluitingsweg Parallelweg Landbouwweg	Tussenorde Wijk Lagere orde
5	Weg in woongebied	Woonstraat Woonerf Parkeerterrein Wijkstraat	Wijk Lagere orde
6	Weg in verblijfsgebied	Winkelerf Plein	Wijk Lagere orde
7	Fietspaden	N.v.t.	Lagere orde

Per wegtype zijn ranges gedefinieerd voor de rijnsnelheid en het aantal motorvoertuigen per dag. In KMW 1.0 kan worden ingevuld of de intensiteit betrekking heeft op één rijrichting of op twee rijrichtingen. De te kiezen wegverhardingen zijn niet per wegtype gelijk. Tabel 2 geeft aan welke invoermogelijkheden de gebruiker heeft. De tabel toont ook aan dat voor een nieuw aan te leggen weg conform type 1 geen trillingshinderresultaten worden gegeven, omdat ervan wordt uitgegaan dat een hoofdweg voldoende ver van de bebouwing zal liggen. Ook in geval van reconstructie van bestaande wegen van type 1 worden geen trillingshinderproblemen verwacht.

Tabel 2 Algemene gegevens per wegtype

Weg- type	Motor- voertuigen per dag	Snelheid (km/h)	Mogelijke verhardingen	Trillings- hinder
1	5.000-500.000	80-120	Asfalt conventioneel Asfalt betere vermoeiing Asfalt hogere E en betere vermoeiing Ongewapend beton Doorgaand-gewapend beton	Nee
2	5.000-100.000	60-100	Asfalt conventioneel Asfalt betere vermoeiing Asfalt hogere E en betere vermoeiing Ongewapend beton Doorgaand-gewapend beton	Ja
3	500-50.000	30-80	Asfalt conventioneel Asfalt betere vermoeiing Koudasfalt Ongewapend beton Doorgaand-gewapend beton Straatstenen	Ja
4	100-10.000	30-80	Asfalt conventioneel Asfalt betere vermoeiing Koudasfalt Ongewapend beton Straatstenen	Ja
5	50-5.000	30-50	Asfalt conventioneel Koudasfalt Ongewapend beton Straatstenen	Ja
6	10-100	30	Asfalt conventioneel Koudasfalt Ongewapend beton Straatstenen	Ja
7	1-10	30	Asfalt conventioneel Ongewapend beton Straatstenen of tegels	N.v.t.

3.1 Levensduur

Voor de verhardingssoorten asfalt, beton en straatstenen worden in KMW 1.0 de volgende minimum en maximum levensduren gehanteerd (zie Tabel 3). In principe wordt er van uitgegaan dat na einde levensduur de weg gereconstrueerd moet worden zonder dat de fundering en/of onderliggende lagen vervangen worden. Voor de straatsteenverharding moet levensduur worden beschouwd als de herstraatcyclus.

Tabel 3 Levensduur

Verharding	Minimum	Stapgrootte	Maximum
Asfalt	5 jaar	5 jaar	40 jaar
Beton	5 jaar	5 jaar	50 jaar
Straatstenen	5 jaar	5 jaar	15 jaar

3.2 Verkeersbelasting

De verkeersbelasting is het product van:

$$N_{eq} = V \cdot W \cdot F_r \cdot F_s \cdot F_{nb} \cdot F_v \cdot F_B \cdot F_H \cdot VSF \cdot G$$

waarbij N_{eq}	=	herhalingen van equivalente standaardaslast
V	=	aantal vrachtwagens per werkdag per rijrichting
W	=	aantal werkdagen
F_r	=	correctiefactor voor het aantal rijstroken per rijrichting (-)
F_s	=	correctiefactor voor de rijstrookbreedte (-)
F_{nb}	=	correctiefactor voor het aandeel breedbanden (-)
F_v	=	correctiefactor voor de snelheid van het vrachtverkeer (-)
F_H	=	correctiefactor voor healing (-)
VSF	=	vrachtwagenschadefactor (-)
G	=	groefactor (-)

Voor de correctiefactor voor healing en de vrachtwagenschadefactoren, zie hoofdstuk 4.

3.2.1 Vrachtwagens per werkdag

Het aantal vrachtwagens dat ingevuld kan worden is het product van de dagintensiteit aan motorvoertuigen en het percentage vrachtverkeer

3.2.2 Aantal werkdagen

Het aantal werkdagen staat voor alle wegtypen op een vaste waarde van 250.

3.2.3 Correctiefactor voor aantal rijstroken

Tabel 21 uit [2] geeft aan welke correctiefactor voor welk wegtype en aantal rijstroken moet worden gebruikt. Omdat in KMW 1.0 het aantal rijstroken geen variabele is, maar onderscheid in vier dwarsprofielen kan worden gemaakt zijn voor de vier dwarsprofielen de correctiefactoren op een vaste waarde gefixeerd die de gebruiker niet kan veranderen. Tabel 4 presenteert de gebruikte waarden. Bij de vaststelling van de correctiefactor wordt rekening gehouden met of de verkeersintensiteit over de hele wegbreedte of per rijrichting wordt ingevoerd.

Tabel 4 Factoren op verkeer per rijrichting

Dwarsprofiel	Code	Profiel	Breedte rijbaan/rijstrook (m)	F _{corr} Nrijstroken
Lagere-orde	LO	1x1	4,50/3,50	2 ¹
Tussen orde	TO	1x2	8,00/3,20	1
Wijk	WK	1x1	4,50/3,50	2 ¹
Hogere-orde	HO	2x2	12,00+3,00/3,50	0,95

¹ verkeer in beide richtingen rijdt op dezelfde rijstrook

3.2.4 Correctiefactor voor rijstrookbreedte

Voor de bepaling van de correctiefactor voor de rijstrookbreedte wordt in principe uitgegaan van tabel 22 en 23 uit [2]. Per dwarsprofiel staat de rijstrookbreedte echter vast. De correctiefactor rijstrookbreedte is feitelijk aan het dwarsprofiel gekoppeld, maar is ook afhankelijk van de asfaltdikte. Uiteindelijk wordt in KMW 1.0 uitgegaan van de factoren uit tabel 23 [2] gebaseerd op een rijstrookbreedte 3,50 m voor dwarsprofiel HO, LO en WK en 3,25 m voor dwarsprofiel TO. Dit alles leidt tot waarden vermeld in Tabel 5. Voor betonverhardingen en straatsteenverhardingen gelden andere correctiefactoren.

Tabel 5 Correctiefactoren en betrouwbaarheid

Weg-type	F _{corr} veiligheid/ betrouwbaarheid			F _{as,max} geb. fund. (kN)	F _{corr} rijstrookbreedte		F _{corr} breedbanden	
	Betrouwbaarheid Asphalt (Miner=0,6) (%)	Betrouwbaarheid Ondergrond, fundering (Miner=1,0) (%)	Veiligheidsfactor (-)		HO/LO/WK	TO	Type fundering	
					Aandeel breedbanden		geb.	anders
1	85	95	5,5	250		0,70	0,73 40%	1,8
2	80	90	4,6	250	0,70	0,73 40%	1,8	2,17-0,14log(V)
3	75	85	3,7	225	0,64	0,67 30%		1,6
4	70	80	3,0	200	0,52	0,56 20%		1,4
5	60	70	1,8	200	0,52	0,56 10%		1,2
6	60	70	1,8	200	0,38	0,42 n.v.t.		1,0
7	50	60	1,0	150	0,38	0,42 n.v.t.		1,0

Met opmaak: Engels (Groot-Brittannie)

cijfers wit op zwart: deze combinatie komt niet voor.

3.2.5 Correctiefactor voor aandeel breedbanden

De correctiefactor voor het aandeel breedbanden staat vermeld in de laatste kolom van Tabel 5. Voor de wegtypes 1 en 2 geldt een aanvullend effect van het aantal vrachtwagens per rijrichting per werkdag (= V). De correctiefactor is direct gekoppeld aan het aandeel breedbanden. Dit aandeel kan niet worden gevarieerd in KMW 1.0.

3.2.6 Correctiefactor voor rijnsnelheid

Tabel 26 uit [2] presenteert de correctiefactor F_v voor de rijnsnelheid.

3.2.7 Verkeersgroei

De jaarlijkse verkeersgroei kan worden gevarieerd tussen -50% en +50%.

3.2.8 Randeffect

Voor de bepaling van de correctiefactor voor het randeffect (F_{rand}) is de volgende vergelijking gebruikt:

$$F_{rand} = 1,15 - 0,71 \cdot b_{rand}$$

waarbij b_{rand} = afstand tussen bandrand en wegrand (m)

De correctiefactor moet worden toegepast op de rek onderin het asfalt. Voor de bepaling van de parameter b_{rand} wordt verwezen naar de vergelijkingen (12) en (13) uit [2].

3.3 Toepassing van betrouwbaarheids- en correctiefactoren

Tabel 6 geeft aan welke aspecten per ontwerpcriterium zijn gehanteerd en in welke situatie betrouwbaarheidsfactoren en correctiefactoren zijn toegepast.

Tabel 6 Toepassing betrouwbaarheids- en correctiefactoren per ontwerpcriterium

	Veiligheid / betrouwbaarheid	Maximale aslast	Correctiefactor								
			Aantal rijstroken	Breedte rijstrook	Breedband	Randeffect	Rijsnelheid	VSF Asfalt	VSF Geb. fundering	Healing	
Ontwerpingsasfalt onder	JA	NEE	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEE	JA
Verbrijzeling geb. fund. boven	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Rek fundering onder	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE
Vermoeing fundering onder	JA	NEE	JA	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE
Stuik onderfundering boven	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	NEE
Stuik ondergrond boven	NEE	NEE	JA	NEE	NEE	NEE	NEE	NEE	JA	NEE	NEE

Voor vermoeiing asfalt ondering en vermoeiing (gebonden) fundering onderin zijn verschillende niveaus van betrouwbaarheid gebruikt. Voor het asfalt is gebruik gemaakt van een maximaal Mingergetal van 0,6 terwijl voor de fundering een waarde van 1,0 is toegepast.

4 Materialen

4.1 Asfalt

4.1.1 Vrachtwagenschadefactor

Op basis van de aslastspectra voor diverse betonwegen en elementenverhardingen zijn met gebruikmaking van de viermachtsrelatie de gewogen vrachtwagenschadefactoren (VSF) voor asfaltverhardingen afgeleid (zie Tabel 7). Deze factor is ook gebruikt voor de lagen onder de fundering. De VSF is uitgedrukt in herhalingen van een equivalente 100 kN aslast.

Tabel 7 Vrachtwagenschadefactor asfalt en ondergrond

Wegtype	VSF
	Asfalt
1	1,60
2	1,35
3	1,20
4	1,10
5	1,00
6	1,00
7	n.v.t.

Tabel 8 toont de stijfheids- en vermoeiingskarakteristieken van alle asfaltmengsels in KMW 1.0.

Tabel 8 Eigenschappen asfalt

Materiaal	Stijfheidsmodulus (MPa)	Vermoeiing		
		Type	c_0	c_1
Koudasfalt	3750	Ln-Ln	21,41	2,0000
Conventioneel asfalt	7500	Ln-Ln	38,34	5,2438
Asfalt met betere vermoeiing	7500	Ln-Ln	40,85	5,0400
Asfalt met verhoogde modulus en betere vermoeiing ¹	12500	Ln-Ln	40,85	5,0400

¹ Voor asfalt met verhoogde modulus geldt dat de stijfheidsmodulus ten minste 14.000 MPa (8 Hz; 20°C) moet bedragen

Voor alle mengsels wordt gerekend met een healingfactor $F_H = 4$.

4.2 Fundering

4.2.1 Vrachtwagenschadefactor

Voor de vrachtwagenschadefactoren voor AGRAC (3,5% cement) en zandcement (>8% cement) is dezelfde methodiek gebruikt als voor asfalt. In de berekening is echter niet de vierde macht gebruikt maar zijn de exponenten 7,72 en 9 toegepast. De VSF is uitgedrukt in herhalingen van een equivalente 100 kN aslast (zie Tabel 9).

De voornaamste structurele eigenschappen van de funderingen en funderingsmaterialen zijn opgenomen in Tabel 10. In deze tabel is ook aangegeven de vorm van de vergelijking van de vermoeiingslijn (indien van toepassing en beschikbaar).

Tabel 9 Vrachtwagenschadefactor gebonden fundering

Wegtype	VSF	
	AGRAC	Zandcement
1	3,8	6,6
2	2,6	3,7
3	2,6	4,0
4	0,6	0,9
5	2,5	3,8
6	2,5	3,8
7	n.v.t.	n.v.t.

Tabel 10 Eigenschappen fundering

Materiaal	Type	Stijfheidsmodulus (MPa)	Druksterkte ¹ (MPa)	Breukrek (µm/m)	Vermoeiing			Minimale asfalt-dekking (mm)	Fictieve lastoverdracht beton
					Type	c ₀	c ₁		
Menggranulaat	ongebonden	400	n.v.t.	n.v.t.	-	-	-	80	20%
Hydraulisch menggranulaat	licht gebonden	600	0,5	n.v.t.	-	-	-	120	20%
Hoogovenslakken	licht gebonden	1000	2,0	240	-	-	-	130	35%
AGRAC (3,5% cement)	gebonden	3500	3,0	140	Log-Log	21,37	7,7200	145	35%
Zandcement (>8% cement)	gebonden	5000	5,0	125	Log-Lin	11,25	0,0725	150	35%

¹ Met druksterkte wordt de druksterkte na 28 dagen bedoeld

Tabel 10 maakt duidelijk dat de materialen menggranulaat, hydraulisch menggranulaat en hoogovenslakken niet op vermoeiing worden gedimensioneerd. De materialen AGRAC en zandcement worden zowel op vermoeiing als breukrek gedimensioneerd.

4.2.2 Dikte fundering

De dikte van de fundering onder een asfalt- of betonconstructie kan worden gevarieerd in stapgroottes van 50 mm. De minimum laagdikte bedraagt voor alle typen fundering 200 mm; de maximum dikte is 400 mm. De funderingsdiktes van de straatsteenverharding kan niet worden ingevuld omdat deze door KMW 1.0 wordt berekend. Als oplossing kan ook 'geen fundering' gepresenteerd worden.

4.2.3 Funderingswapening

In ongebonden funderingen onder een asfalt- of cementbetonverharding kan in KMW 1.0 funderingswapening worden toegepast. Het wapenend effect wordt bepaald door de werkelijke funderingsdikte met funderingswapening rekenkundig op te waarden naar een equivalente ongewapende funderingsdikte met dezelfde gedragskarakteristieken. Met deze dikte worden de dimensioneringsberekeningen gemaakt. De equivalente ongewapende funderingsdikte (= h_{ongew}) wordt als volgt berekend:

$$h_{ongew} = h_{fund} / (1 - FRF)$$

Met opmaak: Nederlands (standaard)

Als extra eis geldt dat:

$$h_{ongew} = h_{fund} + 150 \text{ (eenheden in mm)}$$

De funderingsdiktereductiefactor FRF wordt als volgt berekend:
 Als stijfheidsmodulus ondergrond $E_{ond} > 50$ MPa dan: $FRF = 0$
 Als stijfheidsmodulus $E_{ond} = 5$ dan: $FRF = c_0 + c_1 E_{ond} + c_2 E_{ond}^2 + c_3 E_{ond}^3$

De coëfficiënten van de vergelijking staan in Tabel 11.

Tabel 11 Wapenend effect funderingswapening

Wapening	c_0	$c_1 \times 10^{-3}$	$c_2 \times 10^{-5}$	$c_3 \times 10^{-6}$
metalen geogrid	0,5	-1,2593	-0,023334	1,7487
gestrekt geogrid uit geponste plaat	0,5	-1,2593	-0,023334	1,7487
gestrekt geëxtrudeerd geogrid	0,4	-1,4939	-0,010569	-7,6812
geweven geogrid	0,3	-1,7035	-0,038308	-6,0720
weefsel	0,2	-5,1350	-0,067676	4,6534

Als FRF kleiner is dan 0 dan wordt $FRF = 0$ gehanteerd, ofwel de gekozen funderingswapening heeft geen wapenend effect. Als FRF groter is dan 0,5 dan wordt FRF gemaximaliseerd op 0,5.

4.3 Cementbeton

Voor de dimensionering van de cementbetonverhardingen zijn de wegtypen conform VENCON 2.0 [4] gebruikt. Via een conversietabel zijn deze wegtypen gekoppeld aan het classificatiesysteem van wegbeheer (zie Tabel 12)

Tabel 12 Koppeling wegtype wegbeheer en VENCON 2.0

Wegtype	Wegcategorie KMW (wegbeheer)	Wegcategorie VENCON 2
1	Hoofdwegennet	Autosnelweg zwaar belast
2	Zwaar belaste weg	Autosnelweg normaal belast
3	Gemiddeld belaste weg	Provinciale weg
4	Licht belaste weg	Plattelandsweg
5	Weg in woongebied	Gemeenteweg
6	Weg in verblijfsgebied	Gemeenteweg
7	Fietspaden	n.v.t.

Tabel 13 toont de waarden van de voornaamste ontwerpvariabelen in de dimensionering van een cementbetonverharding.

Tabel 13 Rekenparameters voor cementbetonverharding

Wegtype	Vrw/bus/dag/ rijbaan	Correctiefactor rijstroken			Correctie- factor versporing (%)	NeqAs	Nas/vrw
		Breedte (rij)stroken (m)	Breedte rechter rijstrook (m)	%			
1	8500	3,60+ 2x3,65+ 1,20	3,65	93	92	0,43	3,5
2	4250	3,60+ 2x3,65+ 1,20	3,65	93	92	0,43	3,5
3	2500	0,40+ 2x3,25+ 0,40	3,25	50	98	0,38	3,5
4	32	1x3,50m	3,50	100	95	0,41	3,1
5	680	2x3,25m	3,25	50	98	0,41	3,1
6	680	2x3,25m	3,25	50	98	0,41	3,1
7		n.v.t.					

4.4 Straatstenen

Voor de dimensionering van de straatsteenverhardingen zijn de wegtypen conform BESCON 1.0 [5] gebruikt. Via een conversietabel zijn deze wegtypen gekoppeld aan het classificatiesysteem van wegbeheer (zie Tabel 14). Tabel 15 presenteert de voornaamste rekenparameters.

Tabel 14 Koppeling wegtype wegbeheer en BESCON 1.0

Wegtype	Wegcategorie KMW (wegbeheer)	Wegcategorie BESCON 1.0
1	Hoofdwegennet	n.v.t.
2	Zwaar belaste weg	n.v.t.
3	Gemiddeld belaste weg	Gemeentelijke weg (normaal belast)
4	Licht belaste weg	Plattelandsweg (normaal belast)
5	Weg in woongebied	Woonstraat (zwaar belast)
6	Weg in verblijfsgebied	Woonstraat (normaal belast)
7	Fietspaden	n.v.t.

Tabel 15 Rekenparameters voor straatsteenverharding

Wegtype	Spoordiepte (mm)	Betrouwbaarheid (%)	pa's/vrw/bus week	Correctiefactor aantal rijstroken	Versporing		Correctiefactor breed banden
					(mm)	Breedte rijstrook (m)	
1	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	Zie asfalt	n.v.t.		n.v.t.
2	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.
3	35	85	-/3268/-		250	3,12	1,00
4	35	85	-/153/-		300	3,60	1,00
5	35	85	1000/20/400		240	3,03	1,00
6	30	85	1000/20/-		240	3,03	1,00
7	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.		n.v.t.		n.v.t.

5.1 Drainage

Volgens de methode van De Jager zijn deze factoren samengevoegd tot één systeemp parameter. In KMW 1.0 zijn regenbuien die tienmaal per jaar voorkomen als maat genomen voor het evalueren van de afwatering. De frequentie en hoeveelheid neerslag zijn samengevat in een enkele factor conform de methode van De Jager. Voor details wordt verwezen naar het achtergrondrapport [2]. Voor de betere ondergrond (Basisgrondprofiel 4A en 4B) is aangenomen dat een pakket van 8 m onder de fundering beschikbaar is als watervoerende laag. Voor de andere situaties is deze laagdikte beperkt tot 1 m.

De drainageberekeningen zijn uitgevoerd conform paragraaf 15.2.2 van [2]. Tabel 16 toont de waterdoorlatendheid per basisgrondprofiel, type ondergrond en ophoogzand.

Tabel 16 Waterdoorlatendheid

Profielenreeks	Nummer	Beschrijving	Waterdoorlatendheid (10^{-8} m/s)
Basisgrondprofielen	1A	5 m veen	1
	1B	10 m veen	1
	2A	6 m zeeklei	5
	2B	11 m zeeklei	5
	2C	16 m zeeklei	5
	3A	9 m rivierklei	0,5
	3B	12 m rivierklei	0,5
	3C	15 m rivierklei	0,5
	3D	3 m siltige en zandige klei	10
	4A	3 m zandige leem	100
	4B	3 m matig vast zand	5000
Wegbouwkundige classificatie	-	veen of slappe klei	1
	-	vaste klei	5
	-	zand	5000
	-	goed gegradeerd zand	1000
	-	lemig fijn zand	100
Cunet	-	cunetzand	300

Bij de berekeningen is uitgegaan van een grondwaterstand van MV -0,50 m. Voor de bergingsfactor van het ophoogzand is een waarde van 0,05 gehanteerd.

Voor de dwarsprofielen van de lagere-ordeweg, tussenordeweg en hogere-ordeweg zijn bermsloten aangenomen (zie [2]). Voor de wijkweg is aangenomen dat langsdrains aanwezig zijn op een h.o.h. afstand gelijk aan die van de bermsloten langs de tussenordeweg (zie Tabel 17).

Tabel 17 Rekenparameters voor drainage

Dwarsprofiel	Code	Ontwerphoogte (m boven MV)	h.o.h-afstand berm-sloot L (m)	Natte omtrek sloot (m)	Hydraulische straal sloot r_c (m)	E uit formule van Hooghoudt
Lagere-ordeweg	L00	0,00	10,5	2,5	0,80	-5,17
	L01	0,10	10,8			-5,10
	L04	0,40	11,7			-4,89
	L07	0,70	12,6			-4,70
Tussenordeweg	T00	0,00	23,0	2,5	0,80	-3,17
	T05	0,50	25,0			-2,95
	T10	1,00	27,0			-2,76
	T30	3,00	35,0			-2,10
Wijkweg	W05	0,50	23,0			-3,17
Hogere-ordeweg	H00	0,00	58,0	5,0	1,59	-2,58
	H10	1,00	64,0			-2,32
	H30	3,00	76,0			-1,89
	H70	7,00	100,0			-1,19

cijfers wit op zwart: berekening gebaseerd op tussenordeweg

Voor diverse combinaties van dwarsprofiel en ontwerphoogte is de theoretische opbolling berekend. Daar waar deze meer dan 3,50 m bedraagt, is deze afgetopt op de waarde van 3,50 m. Wanneer de opbolling meer bedraagt dan het verschil tussen ontwerphoogte en grondwaterstand, dan wordt cunetdrainage aanbevolen. Tabel 18 en Tabel 19 presenteren de voornaamste rekenresultaten. Onder de slecht doorlatende grondprofielen zijn gerekend: de basisgrondprofielen 1A, 1B, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B, 3C, 3D en de grondsoorten veen, slappe klei en vaste klei. Onder de goed doorlatende grondprofielen zijn gerekend: de basisgrondprofielen 4A, 4B en de grondsoorten zand, goed gegradeerd zand en lemig fijn zand.

Tabel 18 Tussenresultaten opbollingsberekening slecht doorlatende grondprofielen

Dwarsprofiel	Ontwerphoogte (m boven MV)	Dikte doorlatende laag onder fundering, h (m)	L/h	D uit formule van Hooghoudt	Equivalente laagdikte, h_e (m)	Parameter van Jager, j (10^5 s)	Opbolling $\Delta z \times f_b \times z$ (m)	Theoretische opbolling Δz (m)	Cunetdrainage
Lagere-orde weg	0,00	1,00	10,5	12,947	1,00	1,9	0,0165	0,33	Nee
	0,10	1,00	10,8	13,168	1,00	2,0	0,0172	0,34	Nee
	0,40	1,00	11,7	13,840	1,00	2,3	0,0195	0,39	Nee
	0,70	1,00	12,6	14,523	1,00	2,7	0,0218	0,44	Nee
Tussenorde weg	0,00	1,00	23	22,932	1,00	8,9	0,0550	1,10	Ja
	0,50	1,00	25	24,623	1,00	10,6	0,0625	1,25	Ja
	1,00	1,00	27	26,332	1,00	12,3	0,0704	1,41	Nee
	3,00	1,00	35	33,303	1,00	20,7	0,1049	2,10	Nee
Wijkweg	0,50	1,00	23	22,932	1,00	8,9	0,0550	1,10	Ja
Hogere-orde weg	0,00	1,00	58	54,123	1,00	56,8	0,2279	4,56	Ja
	1,00	1,00	64	59,680	1,00	69,2	0,2652	5,30	Ja
	3,00	1,00	76	70,898	1,00	97,5	0,3454	6,91	Ja
	7,00	1,00	100	93,659	1,00	168,9	0,5266	10,53	Ja

Tabel 19 Tussenresultaten opbollingsberekening goed doorlatende grondprofielen

Dwarsprofiel	Ontwerphoogte (m boven MV)	Dikte doorlatende laag onder fundering, h (m)	L/h	D uit formule Van Hooghoudt	Equivalenten laagdikte, h_e (m)	Parameter van Jager, j (10^5 s)	Opbolling $\Delta z \times f_b$, z (m)	Theoretische opbolling Δz (m)	Cunetdrainage
Lagere-orde weg	0,00	8,00	1,31	8,840	2,86	0,65	0,0073	0,15	Nee
	0,10	8,00	1,35	8,840	2,88	0,68	0,0076	0,15	Nee
	0,40	8,00	1,46	8,840	2,96	0,78	0,0084	0,17	Nee
	0,70	8,00	1,58	8,840	3,05	0,88	0,0093	0,19	Nee
Tussenorde weg	0,00	8,00	2,88	8,840	4,05	2,2	0,188	0,38	Nee
	0,50	8,00	3,13	8,840	4,25	2,5	0,0206	0,41	Nee
	1,00	8,00	3,38	8,840	4,44	2,8	0,0244	0,45	Nee
	3,00	8,00	4,38	8,868	5,17	4,0	0,0297	0,59	Nee
Wijkweg	0,50	8,00	2,88	8,840	4,05	2,2	0,0188	0,38	Nee
Hogere-orde weg	0,00	8,00	7,25	10,652	7,18	7,9	0,0501	1,00	Ja
	1,00	8,00	8,00	11,162	7,24	9,6	0,0579	1,16	Nee
	3,00	8,00	9,50	12,219	7,36	13,3	0,0745	1,49	Nee
	7,00	8,00	12,50	14,447	7,54	22,4	0,1115	2,23	Nee

5.2 Vorstindringing

Voor de bepaling van de vorstindringingsdiepte staan de meeste gegevens reeds in hoofdstuk 16 van [2]. Bij de berekening is geen rekening gehouden met de opbolling van de grondwaterstand tijdens een hevige regenbui. De vorstindringingsdiepte speelt namelijk alleen in een rol in strenge winters. Onder die omstandigheden treden nooit hevige regenbuien op. Tabel 20 toont de gehanteerde overschrijdingskans van de vorstindringing per wegtype. Voor de vorstindexcijfers wordt verwezen naar tabel 61 uit [2]. Voor de capillaire opstijging van het zandbed is een vaste waarde van 0,5 m gehanteerd. Dit getal is ook gebruikt als de onderfundering uit licht ophoogmateriaal bestaat.

Tabel 20 Algemene gegevens per wegtype

Wegtype	Overschrijdingskans Vorstindringing (eenmaal per ...)
1	50 jaar
2	50 jaar
3	20 jaar
4	10 jaar
5	10 jaar
6	10 jaar
7	10 jaar

5.3 Geluid

Voor de bepaling van de geluidreductie van de deklaag of textuur van het wegoppervlak, is de wegdekcorrectie C_{wegdek} bepaald. Deze term is als volgt bepaald:

$$C_{\text{wegdek},m} = \Delta L_m + b_m \cdot 10 \log \left(\frac{v}{v_0} \right)$$

- $C_{\text{wegdek},m}$ = wegdekcorrectie voor voertuigcategorie m (dB(A))
- ΔL_m = geluidsreductie per voertuigcategorie m bij de referentiesnelheid (dB(A))
- m = voertuigcategorie; 2: lichte motorvoertuigen, 4: zware motorvoertuigen
- b_m = snelheidsindex per decade snelheidstoename afhankelijk van voertuigcategorie m (dB(A))
- v = rijsnelheid (km/h)
- v_0 = referentiesnelheid (km/h)

Voor de lichte en zware motorvoertuigen zijn 80 km/h en 70 km/h als referentiesnelheid gehanteerd. In KMW 1.0 is gebruik gemaakt van de stand van zaken op 8 augustus 2004 op www.stillerverkeer.nl. Tabel 22 en Tabel 21 tonen de gebruikte wegdekcorrectiefactoren. Niet voor alle deklaag en texturen zijn meetgegevens voorhanden voor beide voertuigklassen en een voldoende brede band v an rijsnelheid. De aanduidingen 'asf', 'btn' en 'ele' staan voor asfalt, cementbeton en straatstenen.

Tabel 21 Wegdekcorrectiefactoren zware motorvoertuigen

Nr	Wegdektype/-product	Soort wegdek ¹	Snelheidsbereik (km/h)		SRMI ΔL	SRMI/SRMII b
			Min.	Max.		
0	referentiewegdek	asf	40	90	0,00	0,00
1	1L ZOAB	asf/btn	70	100	-3,90	-6,05
2	2L ZOAB	asf/btn	70	100	-6,28	1,02
3	2L ZOAB fijn	asf/btn	50	90	-5,66	-6,08
4	SMA 0/6	asf	50	70	-0,92	-3,33
5	uitgeborsteld beton	btn	70	100	-0,64	7,01
6	geoptim. uitgeborsteld beton	btn	70	80	-1,97	-4,01
7	fijngebezemd beton	btn	70	90	1,44	6,26
8	oppervlaktbewerking	asf/btn	70	100	-0,70	4,27
9	gewone elementenverharding	ele	40	60	4,00	0,00
10	stille elementenverharding	ele	40	60	-0,01	0,00
11	dunne deklagen 1	asf	40	80	-1,73	0,00
12	dunne deklagen 2	asf	40	80	-3,36	0,00
14	ZSA -SD	asf	50	60	-4,25	0,18
34	Twinlay -m	asf	80	80	-5,98	-1,73

¹ asf = asfalt; btn = beton; ele = elementen/straatstenen

Tabel 22 Wegdecorrectiefactoren lichte motorvoertuigen

Nr	Wegdektype/-product	Soort wegdek ¹	Snelheidsbereik (km/h)		SRMI ΔL	SRMI/SRMII b
			Min.	Max.		
0	referentiewegdek	asf	40	130	0,00	0,00
1	1L ZOAB	asf/btn	50	130	-2,61	-8,02
2	2L ZOAB	asf/btn	50	130	-5,05	-5,41
3	2L ZOAB fijn	asf/btn	50	120	-6,39	-5,38
4	SMA 0/6	asf	40	80	-1,91	-3,94
5	uitgeborsteld beton	btn	50	130	1,42	-0,21
6	geoptim. uitgeborsteld beton	btn	70	80	-0,07	-1,63
7	fijngebezemd beton	btn	70	120	1,63	5,09
8	oppervlaktbewerking	asf/btn	70	130	2,29	-2,81
9	gewone elementenverharding	ele	40	60	4,00	0,00
10	stille elementenverharding	ele	40	60	-2,18	-5,72
11	dunne deklagen 1	asf	40	80	-4,21	-7,24
12	dunne deklagen 2	asf	40	80	-5,71	-6,59
13	ZSA -O	asf	40	50	-6,64	-10,62
14	ZSA -SD	asf	40	60	-6,08	-7,10
15	Dubofalt	asf	50	60	-6,01	-3,60
16	Nobelpave	asf	40	50	-6,29	-8,52
17	ZSM	asf	40	50	-5,76	-8,83
18	Micropave	asf	50	80	-4,78	-4,89
19	SilenTONE	ele	40	50	-1,43	-3,04
20	Viagrip	asf	40	50	-4,90	-8,87
21	Geosilent	ele	40	50	-2,93	-8,48
22	Micro-Top 0/6	asf	50	60	-5,53	-5,97
23	Micro-Top 0/8	asf	50	70	-2,66	-3,36
24	Stilstone	ele	40	50	-2,61	-5,87
26	Redufalt	asf	50	60	-4,67	-6,43
27	Accoduit	asf	50	80	-1,28	-4,67
28	Novachip	asf	60	80	-1,41	-2,63
29	Tapisville	asf	40	50	-5,24	-9,06
30	Fluisterfalt	asf	50	90	-5,36	-6,29
31	Microville	asf	50	60	-3,95	-3,96
32	Microflex 0/6	asf	50	80	-4,81	-3,86
33	Decipave	asf	40	60	-5,73	-6,96
34	Twinlay-m	asf	40	50	-6,60	-5,78

¹ asf = asfalt; btn = beton; ele = elementen/straatstenen

6.1 Algemeen

In het geotechnische deel van KMW 1.0 worden bepaalde combinaties van ophogtechnieken of bepaalde bouw tijden of restzettingseisen niet weergegeven omdat deze óf niet zijn uitgerekend óf tot onrealistische resultaten zal leiden. In een aantal gevallen kan pas na berekening worden geconstateerd dat het resultaat ongewenst is, bijvoorbeeld zeer lange bouw tijden. In de uitvoer verschijnt dan een waarschuwing. De gebruiker moet dan door 'trial and error' kijken welke invoer wel tot realistische resultaten leidt.

Gebleken is dat het weglaten van mogelijkheden aanleiding kan zijn tot onduidelijkheden bij de gebruiker waarom bepaalde mogelijkheden niet kunnen. Het pas achteraf informeren over 'verkeerde' invoer kan echter leiden tot veel 'trial and error' alvorens de gebruiker een realistische uitkomst krijgt. De vraag is hoe de gebruiker te helpen bij realistische invoer én hem te informeren waarom andere combinaties niet kunnen.

6.2 Aanvullende berekeningen

Als voorbereiding zijn voor alle basisgrondprofielen 1A t/m 4B (11 stuks), alle dwarsprofielen en hoogtes (10 stuks) en alle ophogtechnieken (zandophoging, +1m extra, +2m extra en licht materiaal eventueel gecombineerd met verticale drainage of zandschermen) de volgende zaken bepaald en/of berekend:

1. De eindzetting na 10.000 dagen: de in fase 2 berekende eindzetting van de constructie inclusief de gekozen ophogtechniek.
2. De eindzetting zónder eventuele extra overhoogte. Voor de gewone en de lichte ophoging komt deze natuurlijk overeen met de vorige eindzetting 1). Voor 1 m of 2 m extra komt deze overeen met de eindzetting van de gewone ophoging.
3. De ophogtijd op basis van de stabiliteit: de ophogtijd op basis van de in fase 2 berekende uitvoeringsstabiliteit.
4. De praktische minimale bouw tijdis gebaseerd op een ophoogsnelheid van 0,5 per week. De ophogtijd is het maximum van de ophogtijd in verband met de uitvoeringsstabiliteit en de praktische ophogtijd.
5. De zettingstijd die noodzakelijk is voor het krijgen van een restzetting van precies 1 m. Eindzettingen groter dan 1 m moeten in de bouw fase zover worden gereduceerd dat de restzettingen maximaal 1 m bedragen. De minimale bouw tijd voor het verkrijgen van restzettingen kleiner dan 1 m is de som van de zettingstijd en de helft van de ophogtijd.
6. De minimale bouw tijd is gelijk ana het maximum van:
 - de ophogtijd op basis van de stabiliteit (zie punt 3);
 - de praktische ophogtijd (zie punt 4);
 - de zettingstijd voor maximaal 1 m restzetting plus de helft van de ophogtijd (maximum van punten 3 en 4).
7. De maximale bouw tijd ter voorkoming van negatieve restzettingen. De ophogtechnieken met extra overhoogte (1 m of 2 m) hebben een eindzetting 1) die groter is dan de eindzetting van de uiteindelijke constructie 2). Als de overhoogte te lang blijft liggen treden er, puur theoretisch, negatieve restzettingen op. Als er geen overhoogte wordt aangebracht zijn de eindzettingen 1) en 2) aan elkaar gelijk en zijn lange bouw tijden mogelijk zonder negatieve restzettingen. Theoretisch zijn in dat geval bouw tijden mogelijk van 10.000 dagen want dan is de restzetting precies 0. In KMW 1.0 worden bouw tijden gehanteerd tot maximaal 52 weken (ophoging kleiner dan 5 m) en 104 weken (ophoging groter dan 5 m).
8. De minimaal optredende zetting in de bouw tijd: in de minimale bouw tijd 4) treedt er ook een minimale zetting op.
9. De optredende zetting in de maximale bouw tijd: in KMW 1.0 wordt als maximale bouw tijd 52 weken of 104 weken een en ander afhankelijk van de ontwerphoogte genomen. De nuttige

zettijd is de bouwtijd minus de helft van de ophooftijd, het maximum van de ophooftijd in verband met stabiliteit 3) en de praktische ophooftijd 4).

10. De minimale restzetting: dit is de minimale restzetting die de gebruiker zou kunnen invoeren om geen lange bouw tijden (> 52 c.q. 104 weken) te krijgen. Deze zetting is gelijk aan de restzetting 2) minus de zetting gedurende de maximale bouw tijd 9). Als kleinere restzettingen zouden worden gekozen zijn bouw tijden langer dan 52 c.q. 104 weken noodzakelijk!
11. De maximale restzetting: dit is de maximale restzetting die de gebruiker zou kunnen invoeren om de bouw tijd niet korter te maken dan de ophooftijd (maximum van 3) en 4). Deze zetting is gelijk aan de eindzetting 2) minus de minimaal optredende zetting in de ophooftijd. Als grotere restzettingen zouden worden ingevoerd wordt de bouw tijd kleiner dan de ophooftijd wat niet mogelijk is.

Bovenstaand overzicht geeft per basisgrondprofiel, dwarsprofiel en ophooptechniek dus precies aan wat de grenzen van de verschillende invoervelden geotechniek zouden moeten zijn om geen onrealistische resultaten te krijgen. Hierbij moet worden bedacht dat zowel de bouw tijd als de restzetting slechts kan worden gekozen uit een beperkt en vast lijstje met waarden:

- bouw tijden: 1, 2, 4, 8, 16, 26, 52, 104 weken (104 alleen bij ophogingen > 5 m);
- restzettingen: 50, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, 1000 mm.

6.3 Nadere analyse geotechnische resultaten

Op basis van bovengenoemd overzicht kan de invoer van de beschikbare ophooptechnieken, bouw tijden of restzettingen worden beperkt.

6.3.1 Eindzettingen

De eindzettingen zijn niet berekend en dus onbekend.

Voor een deel betreft dit bewust gekozen gevallen:

- Zand ophoging: dwarsprofielen op MV;
- Zand+ 1m overhoogte: dwarsprofielen op MV, L01, H30 en H70, alle ondergronden;
- Zand+ 2m overhoogte: dwarsprofielen op MV, L01, L04 W05, alle ondergronden;
- Lichte ophoging: dwarsprofielen op MV en L01, alle ondergronden.

Alleen voor de aanleg op MV is geen enkele ophooptechniek beschikbaar, voor de overige dwarsprofielen blijven wel andere ophooptechnieken beschikbaar.

Voor de aanleg op maaiveld blijft het kader Geotechniek in KMW 1.0 leeg en verschijnt de melding: 'Er wordt vanuit gegaan dat er geen geotechnische maatregelen nodig zijn bij aanleg op maaiveld, als het gewicht van uitgegraven en ingebrachte materialen gelijk is. Voor situaties waarbij dit niet het geval is, kunnen er in KMW 1.0 geen geotechnische maatregelen worden bepaald bij aanleg op m.v.'

Naast wegen op maaiveldniveau zijn geen geotechnische berekeningen uitgevoerd voor de betere ondergronden 3D, 4A en 4B waar geen of nauwelijks zettingsproblemen zijn te verwachten. Voor deze ondergronden zijn geen eindzettingen berekend behalve voor:

- zand ophoging:
 - + basisgrondprofiel 3D: dwarsprofielen W05, T05, T10, T30, H10, H30 en H70;
 - + basisgrondprofielen 4A en 4B: dwarsprofielen H30 en H70;
- zand + 1 m extra overhoogte:
 - + basisgrondprofiel 3D: dwarsprofielen W05, T05, T10, T30 en H10.
- zand+ 2 m extra overhoogte:
 - + basisgrondprofiel 3D: dwarsprofielen T05, T30, H10, H30 en H70;
 - + basisgrondprofielen 4A en 4B: dwarsprofielen H30 en H70.
- lichte ophoging: geen enkele eindzetting beschikbaar.

Met opmaak: Duits
(standaard)

Voor de ondergronden 3D, 4A en 4B wordt uitgegaan van een praktische ophoogsnelheid van 0,5 m per week. Bij onbekende eindzettingen op deze ondergronden wordt de adviesopmerking gemaakt dat de zettingen kleiner zijn dan 0,15 m. Dit geldt in zijn algemeenheid, uitgezonderd de gevallen met een ontwerphoogte van 7 m waar de eindzetting ongeveer 0,25 m bedraagt.

6.3.2 *Bouwtijd*

De ophoogtijd kan langer zijn dan 52 c.q. 104 weken, dus ook de minimale bouwtijd zal lang zijn. Dit zijn onrealistische bouwtijden. Meestal betreft het een gewone zandophoging van gewoon of licht ophoogmateriaal, zonder verticale drainage of zandschermen en situaties met een extra overhoogte.

De minimale bouwtijd (= ophoogtijd) is langer dan de maximale bouwtijd ter voorkoming van negatieve restzettingen. Dit speelt bij tien gevallen en alleen bij de ophogtechnieken met overhoogte:

- zand + 1 m extra overhoogte met verticale drainage W05 en T05 op basisgrondprofiel 2A;
- bij zand + 2 m extra overhoogte met verticale drainage L07 op basisgrondprofielen 2A, 2B, 2C, 3A, 3B, T05 op basisgrondprofielen 1A en 2A en T10 op basisgrondprofiel 2A.

Een tweede categorie betreft de gevallen waarbij de minimale bouwtijd langer is dan 52/104 weken ter voorkoming van restzettingen >1m. Dit betreft in totaal 25 gevallen:

- zandophoging:
 - + W05 en T05 op 3B en 3C;
 - + T30 met verticale drainage op 3C;
 - + H10 op 1B, 3A, 3B, 3C;
 - + H30 op 2B en 2C.
- zand + 2 m:
 - + H30 op 2C;
 - + H70 op 2B en 2C.
- lichte ophoging:
 - + W05 op 1B;
 - + T10 op 3C;
 - + H10 op 1B, 3B en 3C;
 - + H30 op 2C, 3A, 3B en 3C;
 - + H70 op 2B en 2C.

Een derde categorie betreft gevallen waarbij het gebied tussen minimale en maximale bouwtijden dermate klein is dat geen enkele waarde uit de vaste lijst binnen dit gebied valt. Dit betreft acht gevallen en technieken met overhoogte en verticale drainage:

- zand+ 1 m + verticale drainage L04 op 1B, L07 op 3A en T05 op 1A;
- zand + 2 m + verticale drainage, L07 op 1A, 1B en 3C, T10 op 1A en H10 op 3A.

Hoewel er dus geschikte bouwtijden zijn, zijn er geen voor de gebruiker beschikbaar uit de vaste lijst.

Een vierde categorie betreft gevallen waarbij maar precies één vaste waarde voor de bouwtijd in de beschikbare range van bouwtijden valt. Dit betreft 79 gevallen.

Teneinde het probleem met de derde categorie op te lossen en voor de vierde categorie de keuze uit bouwtijden te vergroten, is gewerkt met de bovenvermelde set van vaste bouwtijden binnen de beschikbare bouwtijdenrange aangevuld met de onder- en bovengrens van de bouwtijdenrange, mits er tenminste één week tussen opeenvolgende waarden ligt.

6.3.3 *Restzettingen*

Hier doen zich in principe dezelfde problemen voor als bij de bouwtijden, alleen in iets mindere mate. De eerste categorie betreft de gevallen waarbij de minimale restzetting groter is dan de maximale restzetting. Dit blijken precies dezelfde 10 gevallen te betreffen waarbij de minimale bouwtijd langer is dan de maximale bouwtijd. Voor deze gevallen kan dus ook geen realistische restzettingseis worden opgegeven. Al met al vervallen deze 10 combinaties voor zowel bouwtijd als restzettingseis en zijn dus uit de lijst met mogelijke ophogtechnieken verwijderd.

De tweede categorie betreft de gevallen waarbij de minimale (en maximale restzetting) groter dan 1 m is, de maximale waarde die de gebruiker kan kiezen. Dit zijn precies dezelfde 25 gevallen als de gevallen waarbij de minimale (en maximale) bouwtijd groter dan 52 weken is. Deze 25 combinaties kunnen dus voor zo-wel bouwtijd als restzettingseis uit de lijst met mogelijke ophogtechnieken worden verwijderd.

De derde categorie betreft weer de gevallen waarbij het gebied tussen minimale en maximale bouw tijden zo klein is dat geen enkele waarde uit de vaste lijst binnen dit gebied valt. Dit betreft zeven gevallen:

- zand ophoging: L07 op basisgrondprofiel 1A;
- zand ophoging met verticale drainage: L07 op basisgrondprofiel 1B en T10 op basisgrondprofiel 2C;
- zand + 2 m extra overhoogte + verticale drainage: L07 op basisgrondprofielen 1A, 1B, T10 op basisgrondprofiel 1A;
- lichte ophoging: T05 op basisgrondprofiel 3B.

Tenslotte is ook hier een grote categorie waarbij slechts één restzetting kan worden gekozen binnen de berekende range. Het betreft hier in totaal 53 gevallen.

Teneinde bovengenoemde problemen te beperken is conform de bouw tijden het volgende gehanteerd. Er wordt gewerkt met de bovenvermelde set van vaste restzettingen binnen de beschikbare restzettingrange aangevuld met de onder- en bovengrens van de restzettingrange, mits er tenminste 50 mm tussen opeenvolgende waarden ligt.

Voor wat betreft de gevallen waarbij de restzetting altijd meer dan 1000 mm is, zijn deze gevallen verwijderd uit de lijst van mogelijke ophogtechnieken. Dit soort situaties geven in de praktijk problemen met aansluitingen met vaste objecten.

6.4 Informatie aan de gebruiker

In de paragrafen 6.1 t/m 6.3 is getracht de invoer zo flexibel mogelijk te maken zonder onrealistische resultaten te krijgen. De kans dat de gebruiker nog veel 'trial and error' moet uitvoeren is tot een minimum beperkt. Nadeel is dat de ingebouwde 'intelligentie' in het programma niet voor iedere gebruiker even duidelijk zal zijn: "Waarom bij de ene combinatie een range X mogelijk en bij een andere combinatie een range Y aan ophogtechnieken, bouw tijden of restzettingen?"

In de help zal worden uitgelegd dat de invoer van bouw tijden en de restzettingen wordt beperkt door het optreden van:

- bouw tijden korter dan de ophogtijd, zowel op basis van de stabiliteit als op basis van een praktische ophogsnelheid;
- bouw tijden langer dan 52/104 weken;
- restzettingen groter dan 1 m;
- negatieve restzettingen.

7 Literatuur

1	Keuzemodel wegconstructies en KMW 1.0. Publicatie 189 en cd-rom D189. Ede, CROW, 2005.	
2	Achtergrondrapport Keuzemodel wegconstructies. Cd-rom D189. Ede, CROW, 2005.	Met opmaak: Nederlands (standaard)
3	Wegbeheer. Publicatie 147. Ede, CROW, 2001.	
4	VENCON 2.0. Dimensioneringsprogramma voor betonwegen. Cd-rom D925. Ede, CROW, 2004.	Met opmaak: Nederlands (standaard)
5	BESCON 1.0. Dimensioneringsprogramma voor elementenverhardingen. Cd-rom D935. Ede, CROW, 2005.	Met opmaak: Nederlands (standaard)
		Met opmaak: Nederlands (standaard)
		Met opmaak: Nederlands (standaard)