

Selectiemethode voor het afkoppelen van verhard oppervlak

Deel 1 Modelbeschrijving

Inleiding

Gemengde stelsels dienen in droge periodes voor het transport van afvalwater. Bij regenbuien van enige omvang zal een stelsel volledig vollopen en wordt het overtollige water via overstorten naar nabijgelegen oppervlaktewater afgevoerd. Met het overstortende rioolwater worden vervuilende stoffen meegevoerd. Deze vuiluitwerp kan aanleiding zijn tot een ontoelaatbare belasting van het oppervlaktewater. Door de waterkwaliteitsbeheerders wordt de laatste tijd veel



R. G. VELDKAMP
Vakgroep WMG
TU Delft



E. WILLEMS
Ingenieursbureau
Gemeente Utrecht



R. DOORNEKAMP
Ingenieursbureau
Gemeente Utrecht

aandacht besteed aan het terugdringen van de vuiluitwerp uit gemengde rioolstelsels. Een methode die daarbij in toenemende mate in een effectieve oplossing lijkt te voorzien is het afkoppelen van verhard oppervlak.

Afkoppelen kan worden gedefinieerd als: Het systematisch nemen van die maatregelen die de afvoer van het verhard oppervlak naar het (gemengde) rioolstelsel verminderen of vertragen met als doel de hydraulische belasting van het rioolstelsel te reduceren. Dat is te bereiken door het regenwater te laten percoleren naar het grondwater, door het direct af te leiden naar oppervlaktewater of door het tijdelijk te bergen.

In nieuw aan te leggen stadswijken moeten afkoppelingsmaatregelen tijdens de planfase worden ingepast. Dit vereist een tijdige samenwerking tussen de verschillende disciplines, waaronder een rioleringsdeskundige. In sommige gemeenten bestaan nu concrete plannen waarbij duidelijk op een niet-traditionele manier met het regenwater wordt omgegaan.

Problematischer is het toepassen van afkoppelingstechnieken in bestaande wijken. Weliswaar worden hier en daar kleinschalige projecten gerealiseerd, maar

Samenvatting Deel 1 – Modelbeschrijving

Bij gemeenten bestaat een toenemende belangstelling voor het toepassen van afkoppelingsmaatregelen ter reductie van de vuiluitwerp uit gemengde rioolstelsels. Voor het op grote schaal uitvoeren van afkoppelingstechnieken bestaat nog een zekere aarzeling, deels ingegeven door onbekendheid met het onderwerp, deels door het onvoldoende beschikbaar zijn van adequate kwaliteitsgegevens. Bij het inrichten van nieuwbouwwijken bestaat nog een zekere keuzevrijheid wat betreft de mogelijkheden van afkoppelen. Die keuzevrijheid is veel beperkter binnen de bestaande stedelijke infrastructuur, waar het dikwijls onduidelijk is welk van de beschikbare afkoppelingstechnieken in aanmerking komen. Om de keuze te vereenvoudigen is aan de TU Delft een selectiemethode ontwikkeld waarmee de meest geschikte wijken zijn te bepalen voor vier technieken: infiltratie in groenvoorzieningen, infiltratie buiten groenvoorzieningen, maximaliseren doorlatendheid wegdek en afleiden naar oppervlaktewater. De selectie gebeurt op basis van een aantal technische criteria, gekoppeld aan wegingsfactoren, waarmee de geschiktheid van een wijk voor een bepaalde techniek is te beoordelen. Dit artikel geeft uitleg over de elementen waaruit de selectiemethode is opgebouwd. In een vervolgartikel zal de toepassing op een grote stad in Nederland worden behandeld.

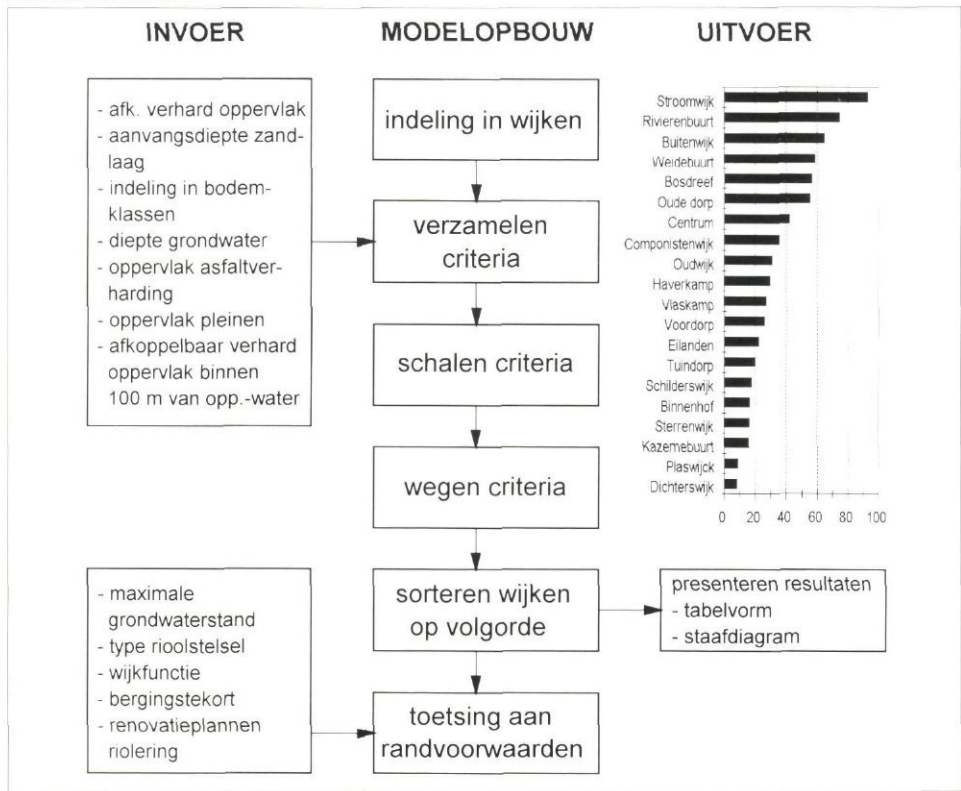
uit gesprekken is naar voren gekomen dat bij de gemeenten nog een zekere aarzeling bestaat om het afkoppelen op grote schaal in de bestaande stedelijke infrastructuur toe te passen. De in dit artikel gepresenteerde selectiemethode is bedoeld als eerste hulpmiddel om na te gaan welke locaties binnen een gerioleerd gebied zich het best lenen voor afkoppelen.

is de wijze waarop een stad historisch is gegroeid van invloed op de wijkindeling. Deze indeling wordt mede bepaald door de specifieke inrichting van de wijken, waarbij factoren als leeftijd, type bebouwing, woningdichtheid, type oppervlaktewater, enz. een rol spelen. Van elke wijk moeten de volgende gegevens bekend zijn: het afkoppelbaar verhard oppervlak als geheel en binnen een afstand van 100 m vanaf oppervlaktewater, het oppervlak aan groenvoorzieningen, aan asfaltverharding en aan

De selectiemethode

De eerste stap van de selectieprocedure is het indelen van de stad in wijken. Dikwijls

Schema selectiemethode.



pleinen, de gemiddelde en maximale grondwaterstand, de bodemsamenstelling en de aanvangsdiepte van een eventuele zandlaag. Deze gegevens fungeren als beoordelingscriteria en vormen de invoer voor de selectiemethode.

Vervolgens wordt voor elke wijk bepaald of deze in aanmerking komt voor toepassing van een of meer van de volgende afkoppelingstechnieken:

1. Infiltratie in groenvoorzieningen.
2. Infiltratie buiten groenvoorzieningen.
3. Maximaliseren doorlatendheid wegdek.
4. Afleiden naar oppervlaktewater.

Mogelijke andere technieken zoals drainage en afvoervertragende voorzieningen zijn nagenoeg onafhankelijk van de inrichting van een stadswijk; ze kunnen overal worden toegepast en hebben derhalve geen onderscheidend karakter. De geschiktheid van een wijk voor een bepaalde techniek wordt berekend aan de hand van bovengenoemde beoordelingscriteria. Hiervoor moet elk criterium als numerieke waarde worden ingevoerd. Vervolgens worden deze getallen omgerekend naar een score die ligt op een schaal van 1 tot 100. Bijvoorbeeld voor het criterium grondwaterstand zal de wijk met de laagste stand een score van 100 krijgen (gunstig!), de wijk met de hoogste stand scoort een 1.

Voor de eerstgenoemde techniek, infiltratie in groenvoorzieningen, zijn 4 criteria van belang: het afkoppelbaar verhard oppervlak in relatie tot het oppervlak aan groenvoorzieningen, de grondwaterstand, de bodemsamenstelling en de diepte van de zandlaag. Om de geschiktheid van een wijk voor een bepaalde techniek te bepalen moeten de scores bij elkaar worden geteld. Omdat de criteria niet alle even zwaar meetellen in de berekening worden wegingsfactoren aan de criteria gekoppeld.

Uiteindelijk krijgt elke wijk voor elke afkoppelingstechniek een score tussen 1 en 100, waarbij een hogere score betekent dat die wijk meer geschikt is voor die bepaalde techniek. In de volgende paragrafen worden sommige onderdelen van de selectiemethode nader toegelicht.

De beoordelingscriteria

De criteria waarmee de geschiktheid van de 4 technieken worden bepaald zijn:

Techniek 1: Infiltratie in groenvoorzieningen

- 1.1 afkoppelbaar verhard oppervlak
- 1.2 aanvangsdiepte zandlaag
- 1.3 indeling in bodemklassen
- 1.4 diepte grondwaterstand

Techniek 2: Infiltratie buiten groenvoorzieningen

- 2.1 aanvangsdiepte zandlaag
- 2.2 indeling in bodemklassen
- 2.3 diepte grondwaterstand
- 2.4 oppervlak asfaltverharding

Techniek 3: Maximaliseren doorlatendheid wegdek

- 3.1 oppervlak asfaltverharding
- 3.2 oppervlak pleinen

Techniek 4: Afleiden naar oppervlaktewater

- 4.1 afkoppelbaar verhard oppervlak (binnen een bepaalde afstand van het oppervlaktewater)

De keuze van de criteria voor techniek 1 is gebaseerd op een methode die in Zweden veel wordt toegepast om een globale uitspraak te kunnen doen over de geschiktheid van een bepaald terrein voor infiltratie. Het afkoppelbaar verhard oppervlak is afhankelijk van het in de wijk aanwezige oppervlak aan groenvoorzieningen. Immers, als een wijk zeer weinig groenvoorzieningen kent, is de mogelijkheid niet aanwezig om het regenwater van al het verhard oppervlak daarin te infiltreren. In feite wordt de hoeveelheid afkoppelbaar oppervlak bepaald door de verhouding verhard/onverhard. Voor onze selectiemethode wordt de ondergrens van de Zweedse methode gebruikt, die zegt dat een groenvoorziening geschikt is voor infiltratie wanneer het oppervlak ervan tenminste de helft van het aangesloten verhard oppervlak bedraagt, dus

$$\begin{aligned} AF_v &= F_v \text{ als } F_o > \frac{1}{2}F_v \\ AF_v &= 2F_o \text{ als } F_o \leq \frac{1}{2}F_v \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AF_v &= \text{afkoppelbaar verhard oppervlak} \\ F_v &= \text{verhard oppervlak} \\ F_o &= \text{oppervlak groenvoorzieningen} \end{aligned}$$

De samenstelling van de bodem is bepalend voor de criteria 1.2 en 1.3. In het meest ideale geval reikt de doorlatende zandlaag tot het maaiveld waardoor de bodem zeer geschikt is voor infiltratie. Daar waar de bovenlaag bestaat uit fijn materiaal als klei of zavel, komt infiltratie minder in aanmerking. Dit geldt in nog sterkere mate voor veengebieden. De diepte van de zandlaag is derhalve een maat voor de weerstand die het water op weg naar beneden ondervindt. De minder doorlatende laag tussen maaiveld en zandlaag is in feite de laag die infiltratie bemoeilijkt. Om deze laag geschikt te maken voor infiltratie moeten kosten worden gemaakt, die oplopen naarmate de laag dieper reikt. De samenstelling van de bovenlaag wordt in rekening gebracht door een indeling in 3 klassen: Klasse 1 bestaat voor meer dan 90% uit zand. Klasse 2 heeft een zandgehalte tussen 10% en 90%.

Klasse 3 bevat minder dan 10% zand of wel meer zand, maar dan gecombineerd met een afsluitende laag boven het grondwaterpeil.

Bodems die in klasse 1 vallen zijn zonder meer geschikt voor infiltratie. Van bodems in klasse 2 moet dit nader worden bekeken. Bodems in klasse 3 zijn het minst geschikt.

In Nederland, vooral in het westen, is het grondwaterpeil in het algemeen hoog. Door infiltratie zal de grondwaterstand stijgen hetgeen tot problemen kan leiden. De diepte van het grondwaterpeil is een maat voor het bufferend vermogen van de bodem. Uitgangspunt voor criterium 1.4 is dat er een lineair verband bestaat tussen het grondwaterpeil en de kans op wateroverlast.

Voor afkoppelingstechniek 2 zijn de criteria 2.1 t/m 2.3 identiek aan 1.2 t/m 1.4. Nieuw is criterium 2.4, het oppervlak van de asfaltverharding. Voor het infiltreren buiten groenvoorzieningen moeten infiltratiewerken worden gemaakt onder de bestaande verharding. Uitgangspunt hierbij is dat voor het aanbrengen van deze werken het verhard oppervlak (tijdelijk) moet worden verwijderd. Het wegnemen van een asfaltwegdek brengt meer kosten met zich mee dan van een klinkerbestrating. Vanuit kosten oogpunt zijn wijken met veel asfalt duurder en daarom minder aantrekkelijk voor techniek 2.

Het effect van afkoppelingstechniek 3, het maximaliseren van de doorlatendheid van het verhard oppervlak, is dat de afvoercoëfficiënt kleiner wordt waardoor minder water in het rioolstelsel terecht komt. Elk type verhard oppervlak heeft zijn specifieke afvoercoëfficiënt. De afvoer binnen een wijk kan worden vermindert door asfaltverharding te vervangen door klinkers, tegels of zoab. Ook al hebben grasbetontegels een zeer hoge infiltratiecapaciteit, ze komen niet in aanmerking om een straat mee te plaveien. Criterium 3.1 is dan ook de hoeveelheid asfaltverharding in een wijk.

Hoewel de bodemsamenstelling ook bij deze techniek een rol kan spelen, wordt hiervoor geen criterium opgenomen. Bij het infiltreren via een verharding vindt de infiltratie namelijk gespreid plaats, dit in tegenstelling tot de voorgaande technieken waar meer water op een enkele plaats moet infiltreren. Bovendien zijn wegen op een zandcunet aangelegd, wat een goede infiltratie bevordert.

Wel van belang is het oppervlak dat door pleinen, voetbalkooien e.d. in beslag

wordt genomen. Omdat pleinen niet worden gebruikt door gemotoriseerd verkeer worden andere eisen aan de verharding gesteld. Bij wegen is het van belang dat het verkeer niet te veel geluidshinder veroorzaakt; dit pleit voor een gesloten verharding. Wel kan een dusdanig beleid worden gevoerd dat verkeersarme wegen een open verharding krijgen. Als de bestrating alleen wordt gebruikt door voetgangers speelt geluidsoverlast geen rol en kan zonder bezwaar een open bestrating worden toegepast.

Voor techniek 4, het afleiden naar oppervlaktewater, is de afstand van het af te koppelen verhard oppervlak tot het open water van belang. Deze afstand is afhankelijk van twee factoren, het beschikbare hoogteverschil tussen het peil waar wordt afgekoppeld en het ontvangende water en de obstakels onderweg. Uitgaande van een beschikbaar hoogteverschil van 1 meter en een minimaal verhang van 1:500 betekent dit dat op maximaal 500 m vanaf het ontvangende water kan worden afgekoppeld. Het beschikbare verhang vormt dus geen belemmering. Hoe groter de te overbruggen afstand is, des te groter is echter de kans op obstakels. Voor toepassing van deze techniek moet de afstand worden vastgesteld waarover het financieel nog aantrekkelijk is om het regenwater te transporteren. In deze selectiemethode is de afstand gesteld op 100 m.

De randvoorwaarden

Naast de beoordelingscriteria spelen nog andere voorwaarden een rol. Deze aanvullende voorwaarden kunnen worden gezien als randvoorwaarden. Het voordeel van het buiten de selectiemethode houden van die randvoorwaarden is, dat wanneer ze veranderen, de maatregelen eenvoudig kunnen worden aangepast. De randvoorwaarden zijn:

- de maximale grondwaterstand
- het type rioolstelsel
- de functie van de wijk
- de bergingstekorten in het rioolstelsel
- toekomstige renovatieplannen met betrekking tot het rioolstelsel.

De maximale grondwaterstand (bedoeld wordt de grondwaterstand in de huidige situatie, dus vóór afkoppelen) is vooral van belang voor wijken waar men wil infiltreren. De kans bestaat dat door het infiltreren de grondwaterstand te veel stijgt waardoor kelders en kruipruimtes vollopen.

Het type rioolstelsel is een parameter die buiten de selectiemethode is gehouden. Kennis van het type stelsel is echter wel

van belang bij het vaststellen van een afkoppelingsstrategie. Wijken met een (verbeterd) gescheiden stelsel zullen een lage prioriteit krijgen, evenals wijken die al volledig als verbeterd gemengd stelsel zijn ingericht.

Aangezien bij industriewijken de kans op vervuiling van het regenwater groter is dan bij woonwijken, kent de selectiemethode de categorieën woon- en industriewijken. Binnen de categorie woonwijken kan een verder onderscheid worden gemaakt. Bij het uitwerken van wijken op detailniveau moet rekening worden gehouden met kleine gebiedjes, zoals marktpleinen, die absoluut ongeschikt zijn om af te koppelen. Wijken met een groot bergingstekort in het rioolstelsel komen eerder in aanmerking voor afkoppelingsmaatregelen, omdat daar de meeste winst is te halen met betrekking tot een reductie van de vuiluitwerp.

Het uitvoeren van afkoppelingsmaatregelen zonder meer heeft grote financiële en maatschappelijke consequenties: het kan duur zijn en de ingezetenen zullen last hebben van de werkzaamheden. Het wordt aantrekkelijker als het afkoppelen kan worden gecombineerd met toekomstige renovatieplannen voor de riolering.

Het schalen van de criteria

Voor alle wijken moeten de eerder genoemde beoordelingscriteria getalsmatig bekend zijn. De eenheden waarin de criteria worden uitgedrukt vertonen een grote variëteit: verharde oppervlakken in ha of m², bodemklassen en grondwaterstanden in m NAP of m onder maaiveld. Voor de selectiemethode maakt het in principe niet uit in welke eenheid een criterium wordt ingevuld. De methode maakt immers geen gebruik van de absolute waarden maar van onderlinge verschillen.

Omdat drie van de vier afkoppelings-technieken worden beoordeeld op meer dan één criterium, moeten de criteria 'optelbaar' zijn. Dit vereist het toekennen van een schaalwaarde die onafhankelijk is van de oorspronkelijke eenheid waarin de criteria zijn uitgedrukt. Dit wordt bereikt door het schalen van alle criteria op een schaal van 1 tot 100.

Wanneer na het schalen de wijken worden gerangschikt op hun schaalwaarde, dan moet de volgorde voor alle criteria consequent van gunstig naar ongunstig lopen. De beste wijk komt op die manier bovenaan te staan. Afhankelijk van het criterium en soms ook van de gebruikte eenheid moeten de schaalwaarden soms van hoog naar laag, soms van laag naar hoog worden gesorteerd. In tabel I is de sorteervolgorde aangegeven. Illustratief is het criterium 'Oppervlak asfaltverharding' dat twee maal in de selectiemethode voorkomt, en wel tegengesteld. Als criterium 2.4 is veel asfalt ongunstig vanwege het kostenaspect, dus is de sorteervolgorde laag-hoog. Voor criterium 3.1 is veel asfalt daarentegen gunstig, dus is hier de sorteervolgorde juist hoog-laag! De sorteervolgorde is van groot belang voor het correct toepassen van de juiste schalingsformules.

Sorteervolgorde hoog-laag:

$$S_k = 1 + 99 \frac{X_k - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

Sorteervolgorde laag-hoog:

$$S_k = 100 - 99 \frac{X_k - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

waarin:
S_k = schaalwaarde van wijk k
X_k = criteriumwaarde van wijk k
X_{min} = kleinste criteriumwaarde van de reeks
X_{max} = grootste criteriumwaarde van de reeks

Criterium		Eenheid	Sorteer- volgorde
1.1	Afkoppelbaar verhard oppervlak	ha, m²	hoog - laag
1.2/2.1	Aanvangsdiepte zandlaag	m onder maaiveld	laag - hoog
		m t.o.v. NAP	hoog - laag
1.3/2.2	Indeling in bodemklassen	1,2 of 3	laag - hoog
1.4/2.3	Diepte grondwaterstand	m onder maaiveld	hoog - laag
		m t.o.v. NAP	laag - hoog
2.4	Oppervlak asfaltverharding	ha, m²	laag - hoog
3.1	Oppervlak asfaltverharding	ha, m²	hoog - laag
3.2	Oppervlak pleinen	ha, m²	hoog - laag
4.1	Afkoppelbaar verhard oppervlak (binnen 100 m van oppervlaktewater)	ha, m²	hoog - laag

TABEL I –
Sorteervolgorde criteria.

De wegingsfactoren

De hiervoor genoemde criteria die een rol spelen in de selectiemethode worden in een volgende stap gekoppeld aan een wegingsfactor. Met behulp van deze factoren wordt een onderscheid gemaakt in de mate van belangrijkheid van elk criterium. Eerst worden de criteria gerangschikt in volgorde van belangrijkheid.

Vervolgens wordt met de wegingsfactoren de onderlinge verhouding tussen de criteria vastgelegd.

Bij het vaststellen van de wegingsfactoren zijn de kosten zo veel mogelijk als uitgangspunt genomen. Op die manier wordt de selectiemethode ook kostenafhankelijk gemaakt. Hoewel de wegingsfactoren zo zorgvuldig en objectief mogelijk zijn vastgesteld, moet niet uit het oog worden verloren dat de selectiemethode slechts een globale inventarisatie beoogt van wijken die geschikt lijken voor verder onderzoek naar afkoppelingsmogelijkheden.

Een sommatie van alle wegingsfactoren voor een bepaalde techniek moet altijd het getal 1 opleveren. Daarmee wordt bereikt dat, na optelling van de criteria, de schaal waarop de scores zijn berekend gelijk blijft, dus van 1 tot 100.

$$\sum_{i=1}^n W_i(T_j) = 1$$

waarin:

$W_i(T_j)$ = wegingsfactor i voor techniek j
($j=1$ t/m 4)

n = aantal criteria voor techniek j

Voor techniek 1 is het afkoppelbaar verhard oppervlak het belangrijkste criterium: zonder voldoende groenvoorzieningen valt er immers weinig af te koppelen. Bij de overige criteria spelen de kosten een rol, voor de maatgevende grondwaterstand (1.4) echter in mindere mate dan voor de andere twee. De beide criteria voor de bodemsamenstelling (1.2 en 1.3) worden even zwaar geacht. Aan criterium 1.1 wordt evenveel gewicht toegekend als de overige drie tezamen. Dit geeft de volgende verdeling:

1.1 Afkoppelbaar verhard oppervlak	0,5
1.2 Aanvangsdiepte zandlaag	0,2
1.3 Indeling in bodemklassen	0,2
1.4 Diepte grondwaterstand	0,1

Voor techniek 2 hebben de eerste drie criteria dezelfde zwaarte als voor techniek 1. Het laatste criterium, de hoeveelheid asfaltverharding, wordt als belangrijkste gezien vanwege een directe relatie met de kosten. De wegingsfactor voor dit criterium is daarom groter dan voor de andere.

2.1 Aanvangsdiepte zandlaag	0,25
2.2 Indeling in bodemklassen	0,25
2.3 Diepte grondwaterstand	0,125
2.4 Oppervlak asfaltverharding	0,375

Voor techniek 3 hebben we met slechts twee criteria te maken, het oppervlak aan asfaltverharding en het oppervlak aan pleinen. De verwachting is dat een gemeente eerder overgaat tot het aanpassen van de verharding van pleinen dan het op grote schaal doorlatend maken van geasfalteerde wegen en/of parkeerterreinen. Aan het oppervlak aan pleinen is daarom een grotere wegingsfactor toegekend, in een verhouding 2:1.

3.1 Oppervlak asfaltverharding	0,33
3.2 Oppervlak pleinen	0,67

De uiteindelijke schaalwaarde van de wijken wordt, voor elke afkoppelings-technieken apart, bepaald met behulp van de volgende formule:

$$S_k^* = \sum_{i=1}^n W_i (S_k)_i$$

waarin:

S_k^* = gewogen schaalwaarde van wijk k

W_i = wegingsfactor voor criterium i

S_k = (niet gewogen) schaalwaarde van wijk k voor criterium i

n = aantal criteria voor techniek j

Uitgaande van de aldus berekende schaalwaarden wordt per techniek een voorkeursvolgorde van wijken bepaald door het sorteren van de wijken op deze schaalwaarde. De wijk met de hoogste score komt bovenaan te staan en is dus het meest geschikt voor die specifieke afkoppelingstechniek.

Globaal geldt:

Zeer geschikte wijken	$80 > S_k^* \leq 100$
Geschikte wijken	$50 > S_k^* \leq 80$
Minder geschikte wijken	$1 > S_k^* \leq 50$

In een later te verschijnen tweede artikel wordt een praktische toepassing van de methode op de stad Utrecht gepresenteerd.

● ● ●

Waterschappen voldoen aan normen voor fosfaat

De waterkwaliteitsbeheerders voldoen aan de landelijke afspraak om in 1995 75% van het fosfaat uit het afvalwater te verwijderen. Ze vrezen dat de stikstofnorm (in 1998 een reductiepercentage voor stikstof van 75%) niet behaald kan worden.

In 1994 bedroeg het verwijderingsrendement voor fosfaat ruim 63% en dat voor stikstof ruim 53%. Rond het jaar 2000, of kort daarna, zullen de waterkwaliteitsbeheerders de 75% stikstofverwijdering kunnen bereiken. Het niet tijdig behalen van de stikstofnormen heeft fysieke en financiële oorzaken.

De waterschappen investeren in totaal 2,1 miljard gulden om fosfaten en stikstoffen uit het afvalwater te verwijderen.

Kosten in enkele jaren meer dan verdubbeld

Voor fosfaatverwijdering worden technische voorzieningen op rioolwaterzuiveringsinstallaties getroffen. Voor de stikstofverwijdering moeten waterkwaliteitsbeheerders de zuiveringen uitbreiden of zelfs geheel nieuwe installaties bouwen.

In 1994 is landelijk in totaal 89 miljoen gulden uitgegeven voor de fosfaat- en stikstofverwijdering. In 1998 zal dit bedrag zijn opgelopen tot maar liefst 241 miljoen.

Rendement dure stikstofverwijdering is gering

De kosten van stikstofverwijdering zijn hoog in verhouding tot het marginale rendement. De totale stikstofverwijderingskosten komen in de periode tussen 2000 en 2005 zelfs uit op ongeveer één miljard gulden.

Veel waterschappen kampen ook met fysieke problemen om de 75% doelstelling voor stikstof te realiseren: ze moeten installaties uitbreiden of nieuwe zuiveringsinstallaties bouwen, waarvoor geschikte locaties gevonden moeten worden en vergunningen nodig zijn. Een aantal waterbeheerders stelt de dure aanpassingen aan installaties uit, om een onverantwoorde lastenstijging voor de burgers te voorkomen. Hierbij speelt ook het feit dat de stikstofaanpak bij andere bronnen (grensoverschrijdende wateren en landbouw) achterwege blijft.

Stijging verontreinigingsheffing

De belastingbetaler ziet de verontreinigingsheffing (de belasting voor het zuiveren van afvalwater) tot 1998 met 108% stijgen ten opzichte van 1988. Deze lastenstijging is vooral toe te schrijven aan de kosten voor de fosfaat- en stikstofverwijdering. (Persbericht Unie van Waterschappen)