

Analyse van een beslissingskader voor de dimensionering van kleinschalige erosiepoelen. IN.A.2003. 185

Pieter Cabus en Thomas Van Hoestenbergh

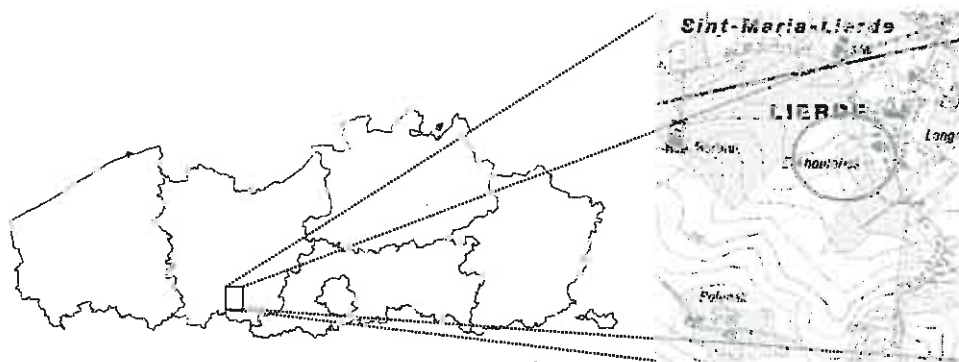
(1) *Instituut voor Natuurbehoud, Onderzoeksgroep Landelijk Waterbeheer, Van Gansberghelaan 115, 9820 Merelbeke, e-mail: pieter.cabus@ins.nat.be, thomas.van.hoestenbergh@instnat.be*

Inleiding

Het erosiebesluit (07/12/2001) regelt de opmaak van gemeentelijke erosiebestrijdingsplannen. Gemeenten kunnen van de Vlaamse Overheid subsidies ontvangen voor het opmaken van zo'n erosiebestrijdingsplan en het uitvoeren van kleinschalige erosiebestrijdingsmaatregelen.

Aan de Onderzoeksgroep Landelijk Waterbeheer van het IN werkt men reeds verschillende jaren aan het hydrologisch onderzoek van kleine stroomgebieden. Enkele jaren geleden werd een start gemaakt met de uitbouw van een sedimentmeetnet op de onbevaarbare waterlopen. Met de hydraulisch-hydrologische ervaring en de bevindingen uit het sedimentmeetnet werden enkele aandachtspunten, vuistregels, ... toegelicht die handig kunnen zijn bij de opmaak en dimensionering van dergelijke kleinschalige erosiebestrijdingsmaatregelen. In dit artikel worden de verschillende methoden toegelicht voor de bepaling van twee belangrijke hydrologische randvoorwaarden bij de dimensionering van erosiebestrijdingsmaatregelen: het piekdebiet (maximale afvoer) en het bergingsvolume.

Dit gebeurde aan de hand van een voorbeeld-site aan de Langemunte te Sint-Martens-Lierde. Het betreft een stroomgebied van een vijftal hectares met een gemiddelde helling van 2 % en een maximale helling van 8 %. De bodem bestaat uit vochtige leemgronden met een matige tot slechte drainage. De hoger gelegen percelen bestaan uit akkers (maïs en aardappelen), enkele van de lager gelegen percelen zijn bebouwd en kampen met water- en modder-overlast.



Figuur 1: situering van het studiegebied Langemunte te Sint-Martens-Lierde

Bepaling van het afstroomdebiet

Berekening volgens de rationele formule

Het ontwerpdebiet voor een bestrijdingsmaatregel kan berekend worden met verschillende formules (Chow, 1964; VandeKerckhove, 2001). De rationele formule berekent het piekdebiet (Q_p , m³/s) als:

$$Q_p = 0.0028 c I A \quad (1)$$

met c de afvoercoëfficiënt, I de neerslagintensiteit in mm/h en A de oppervlakte van het hydrografisch bekken (ha). Op basis van deze rationele formule bekomt men voor een neerslagintensiteit van 25 mm/h (retourperiode van 10 jaar volgens de IDF-curve voor Drongen) voor het stroomgebied van 5 ha een piekdebiet van 240 l/s, of 48 l/(s.ha). De gemiddelde afvoercoëfficiënt werd berekend met de gegevens uit de tabellen 6.2 tot en met 6.4 van deze code van goede praktijk. Het grootste gedeelte van het gebied bestaat uit akkerland (rijgewas, slechte condities), zodat een afvoercoëfficiënt van 0,68 (0,63 maal de omzetting 1,09 van bodemgroep B naar bodemgroep C) teruggevonden werd. De concentratietijd (t_c , min) wordt berekend volgens de formule (2) (Chow, 1964).

$$t_c = 0.0195 L^{0.77} S^{-0.385} \quad (2)$$

Hierbij is L de lengte van het bekken (m) en S de gemiddelde helling van het bekken (m/m). De berekende concentratietijd voor het stroomgebiedje aan de Langemunte varieert tussen 10 en 25 minuten al naargelang de geschatte lengte L .

Berekening volgens de Soil Conservation Service Methode (SCSM)

Aangezien het maximale afvoerdebiet volgens de rationele methode erg groot lijkt, werd ook de Soil Conservation Service Methode toegepast, die in dezelfde bijlage 6 van de Code van Goede Praktijk beschreven wordt.

De 'netto neerslag' of de totale afvoer (Q , mm) wordt berekend volgens de formule (3) (Ogrosky en Mockus, 1964).

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{(P + 0.8S)} \quad (3)$$

Waarbij P de neerslaghoeveelheid (mm) en S de hoeveelheid neerslag die door de bodem geabsorbeerd wordt gedurende de bui (mm). Dit geabsorbeerde volume wordt bekomen uit (4).

$$S = \frac{25400}{CN} \quad (4)$$

Hier is CN een factor die de hydrologische toestand van een perceel beschrijft. Deze kan teruggevonden worden in tabellen (Ogrosky en Mockus, 1964; Vandekerckhove, 2001) of. Voor het gebied aan de Langemunte te Lierde werd een CN van 88 genomen. Het gebied bestaat grotendeels uit akkers en bij de dimensionering gaat men best uit van een “worst case”-scenario. Voor eenzelfde tienjaarlijkse gebeurtenis (25 mm/uur) als bij de rationele methode wordt een ‘netto neerslag’ van 6,2 mm bekomen.

De duur tot de maximale afvoer wordt berekend met (5).

$$t_p = \frac{D}{2} + 0.6 t_c \quad (5)$$

met D de duur van de neerslagbui (h) en t_c de concentratietijd. De concentratietijd werd een kwartier genomen. Deze kan theoretisch nauwkeuriger bekomen worden uit het DTM als zijnde het quotiënt van de lengte van de langste stroombaan met de gemiddelde snelheid over het stroomgebied. Voor onbegroeide akkers op gemiddelde tot steile hellingen vinden we maximale snelheden tot 1,5 m/s terug (Chow, 1964). Door de onzekerheden op deze snelheden houden we de schatting van een kwartier aan. Dit stemt goed overeen met de waarde die gevonden wordt dmv de Rationele formule (variëert tussen 10 en 25 minuten al naargelang de geschatte lengte L). De duur tot de maximale afvoer bedraagt zo een 40-tal minuten. Het piekdebiet (Q_p , m³/s) wordt berekend met volgende formule:

$$Q_p = \frac{0.0021 Q A}{t_p} \quad (6)$$

met Q de netto neerslag (mm), A de oppervlakte van het stroomgebied (ha) en t_p de duur tot maximale afvoer (h). Het piekdebiet op deze manier bekomen bedraagt een kleine 100 liter per seconde, of omgerekend iets minder dan 20 liter/(s.ha).

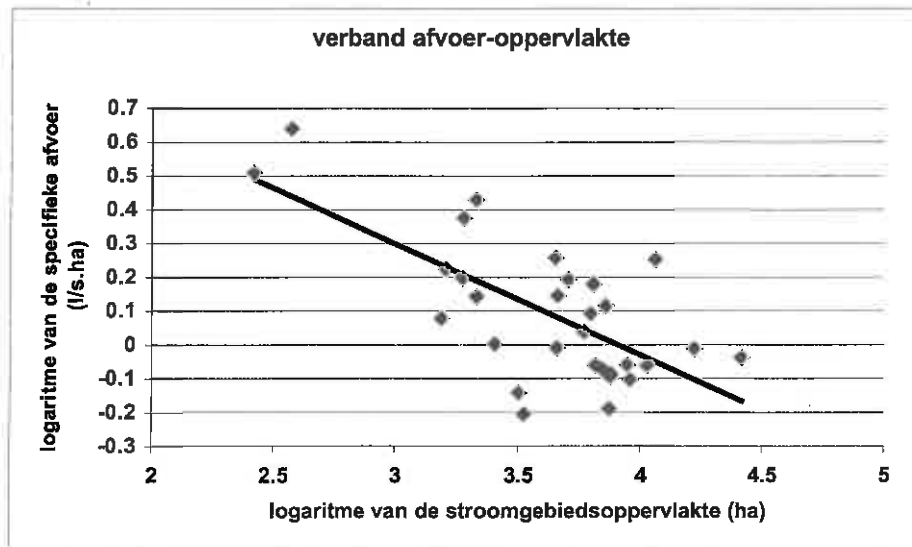
Berekening op basis van metingen in kleine stroomgebieden

Uit statistische analyse van de afvoer van kleine stroomgebieden vindt men dat de jaargemiddelde piekafvoer (in l/s.ha) toeneemt bij kleinere oppervlakten (figuur 1) in een logaritmisch verband (Voet, 2000). De kleinste bemeten stroomgebieden hebben een oppervlakte van ongeveer 250 ha. Hierbij worden piekafvoeren tot 4 l/s.ha opgetekend. Extrapolatie van regressievergelijkingen tussen deze piekafvoeren en de oppervlakte is erg onzeker. Voet (2000) vond in een regressie-analyse dat dit verband beïnvloedt wordt door andere stroomgebiedsv variabelen zoals de helling en het hydrologisch regime, maar ook bvb. beboste oppervlakte.

Conclusie

Uit de Soil Conservation Service Methode lijkt een piekafvoer van 15 l/(s.ha) voor een bui met retourperiode van 10 jaar niet ongewoon, wat correspondeert met een debiet van 75 l/s. Uit de regressie met stroomgebiedsoppervlakten halen we dat de piekafvoer bij zeer kleine

stroomgebieden (5 ha) zeker meer dan 5 l/s.ha zal bedragen. Het lijkt aangewezen zich veiligheidshalve te baseren op de Soil Conservation Service Methode.



Figuur 1: logaritmisches verband tussen de stroomgebiedsooppervlakte (ha) en de specifieke afvoer (l/s.ha)

Bepaling van het bergingsvolume

Berekening op basis van metingen in kleine stroomgebieden

Uit statistische analyse van de afvoer van kleine stroomgebieden vindt men dat voor het bergen van piekafvoeren boven 0,6 keer het gemiddeld jaarmaximum (wat statistisch ongeveer 1 maal per jaar voorkomt) een volume van ongeveer 10 mm (over het stroomgebied) vereist is (Cabus, 2002; Voet, 2000) bij stroomgebieden in het hellend gebied van Oost- en West-Vlaanderen met een oppervlakte van 250 ha.

Het meetnet op de onbevaarbare waterlopen meet de afvoer in stroomgebieden gaande van 250 ha tot verschillende tienduizenden ha. Op basis van de huidige meetpunten is het niet mogelijk om voldoende nauwkeurige basisinformatie aan te dragen voor de dimensionering van bergingsvolume's in zeer kleine stroomgebieden.

Bepaling met behulp van de brochure "Kleinschalige erosiebestrijdingswerken, een praktijkvoorbeeld" (Vandaele et al., 2002)

In deze brochure (Vandaele et al., 2002) geeft men een algemene grafiek waarop het te bergen volume in functie van de stroomgebiedsooppervlakte uitgezet wordt voor enkele specifieke oppervlakten. Het te bergen volume voor een stroomgebied van 9 ha bedraagt hier voor een

bescherming tot retourperiode 250 jaar minder dan 100 m³ (of 10 mm). De bepalingswijze van deze bergingsvolume's wordt niet nader besproken in de brochure.

Berekening op basis van IDF-curven voor de neerslag

Op basis van de IDF-curven voor extreme neerslag in Vlaanderen (Delbeke, 2001) kan de neerslaghoeveelheid met een bepaalde duur en retourperiode ingeschat worden. Een bui met retourperiode 10 jaar en een duur van een uur heeft een gemiddelde intensiteit van 26 mm/uur. In het volledige uur is er dan 26 mm neerslag gevallen. Tabel 1 geeft enkele van die neerslagvolume's. Op basis van de neerslaghoeveelheid en de afvoercoëfficiënt kan dan het totale afvoervolume voor zo'n bui bepaald worden als het product van beide (in het voorbeeld, met een afvoercoëfficiënt van 0,68 komen we aan een afgevoerd volume van iets minder dan 18 mm.

De gebruikte curve beantwoordt aan de volgende vergelijkingen (Delbeke, 2001):

$$i = e^{a_i} (1 + b(t) \ln(t)) \quad (7)$$

$$a_i = m - \frac{m x_0}{(m - x_0)t^{-mk} + x_0} \quad (8)$$

$$b = c + d \ln(T) \quad (9)$$

met $m=7,166$; $x_0=0.5511$; $k=0.05938$; $c=0.6577$ en $d=-0.04913$. De buiduur t staat in "minuten", de retourperiode T in "jaren" en de uitkomst-intensiteit i in "0.1mm/h".

Voor de vooropgestelde bui met een retourperiode van 10 jaar en een duur van een uur dient een berging van 17,9 mm min het doorgelaten volume doorheen de knijpleiding voorzien te worden. Schatten we dit doorlaatvolume op gemiddeld 7 l/(s.ha), dan komen we aan een bergingsvolume van 15.4 mm, of een volume van 770 m³ voor het kleine stroomgebied (5 ha). Wil men veiligheid voor grotere retourperioden en/of langere buiduren, dan dienen verschillende tientallen mm (aan 500 m³ per 10 mm) geborgen te kunnen worden.

Tabel 1: Neerslagvolume bij buien met verschillende retourperioden en buiduren

T 10 jaar		T 25 jaar		T 50 jaar	
duur (min)	neerslagvolume (mm)	duur (min)	neerslagvolume (mm)	duur (min)	neerslagvolume (mm)
10	13.23529	10	16.17647	10	18.38235
15	16.02941	15	19.55882	15	22.20588
20	18.08824	20	22.05882	20	25
25	19.70588	25	23.97059	25	27.20588
30	21.02941	30	25.58824	30	28.97059
45	24.26471	45	29.26471	45	33.08824
60	26.32353	60	31.76471	60	35.73529
90	29.26471	90	35	90	39.55882
120	31.32353	120	37.35294	120	42.05882
180	33.97059	180	40.44118	180	45.44118

300	37.35294	300	44.26471	300	49.41176
360	38.52941	360	45.58824	360	50.88235
720	43.67647	720	51.32353	720	57.05882
1440	50.64706	1440	58.97059	1440	65.14706
2880	61.05882	2880	70.29412	2880	77.35294

Conclusie

Er zijn weinig bruikbare meetgegevens om de waterafvoer in zeer kleine stroomgebieden in Vlaanderen te voorspellen. Het meetnet op de onbevaarbare waterlopen meet geen stroomgebieden met dergelijke kleine oppervlakten vermits deze nauwelijks een waterloop bevatten. Het lijkt aangewezen om, als objectieve motivatie van kleinschalige ingrepen een meetnet uit te bouwen dat de allerkleinste stroomgebieden onderzoekt op afvoer van water en sediment.

Hierdoor is men bij de dimensionering van ingrepen op deze schaal genoodzaakt terug te grijpen tot algemene, empirische formule's. De meeste van deze formule's werden de vorige eeuw opgemaakt tijdens de langzame opmars van de hydrologische wetenschappen. In vele gevallen zijn deze formule's gebaseerd op situaties die moeilijk met de Vlaamse kleine stroomgebieden kunnen vergeleken worden. Zo werden vaak gegevens uit veel grotere, buitenlandse (Chow, 1964) stroomgebieden gebruikt, of gegevens met vreemde (=niet voorkomend in Vlaanderen) bodems op veel kleinere schaal (10⁴ tallen m²) (Chow, 1964). Noodgedwongen gebruikt men toch deze vergelijkingen voor de dimensionering van kleinschalige erosiebestrijdingsmaatregelen. Het is dan ook niet verwonderlijk dat de resultaten van verschillende formule's vaak sterk uiteen liggen. Deze resultaten dienen dan ook met de nodige voorzichtigheid behandeld te worden.

Voor de bepaling van potentiële bergingsvolume's bij de opmaak van kleinschalige sedimentbufferbekkens lijken de volume's uit de brochure (Vandaele, 2002) erg klein. Een eenvoudige benadering op basis van runoffcoëfficiënten en neerslag-IDF-curven geeft, gebaseerd op Vlaamse neerslaggegevens een veilige inschatting van afstromingsvolumes.

References

- Voet, M., 2000. Analyse van hoogwaterafvoeren. 3a. Het hellend gebied van Oost- en West-Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Water, Brussel.
- Vandaele, K., De Vrieze, M., Swerts, M., Vanderkerckhove L., 2002. Kleinschalige erosiebestrijdingswerken, een praktijkvoorbeeld. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Land, Brussel
- Vandekerckhove, L., Swerts, M., Leyman, N., Mennens, K., Neven, H., Desmet, J., De Vrieze, M., 2001. Code van goede praktijk voor de opmaak van een gemeentelijk erosiebestrijdingsplan.
- Delbeke, L., 2001. Extreme neerslag in Vlaanderen, De nieuwe IDF-curven. Ministerie Van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Water (i.s.m. het KMI). Brussel.
- Chow, V.T., Handbook of applied hydrology. McGraw-Hill, New York.
- Ogrosky, H.O., Mockus, V., 1964, Hydrology of agricultural lands. In Chow, V.T., 1964. Handbook of applied hydrology
- Cabus, P., 2002. Nota over de overloopgebieden op de Zwalm te Michelbeke en de Molenbeek/Sassegembeek te Oprakel, Nota Instituut voor Natuurbehoud IN.A.2002.99. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Instituut voor Natuurbehoud, Brussel.