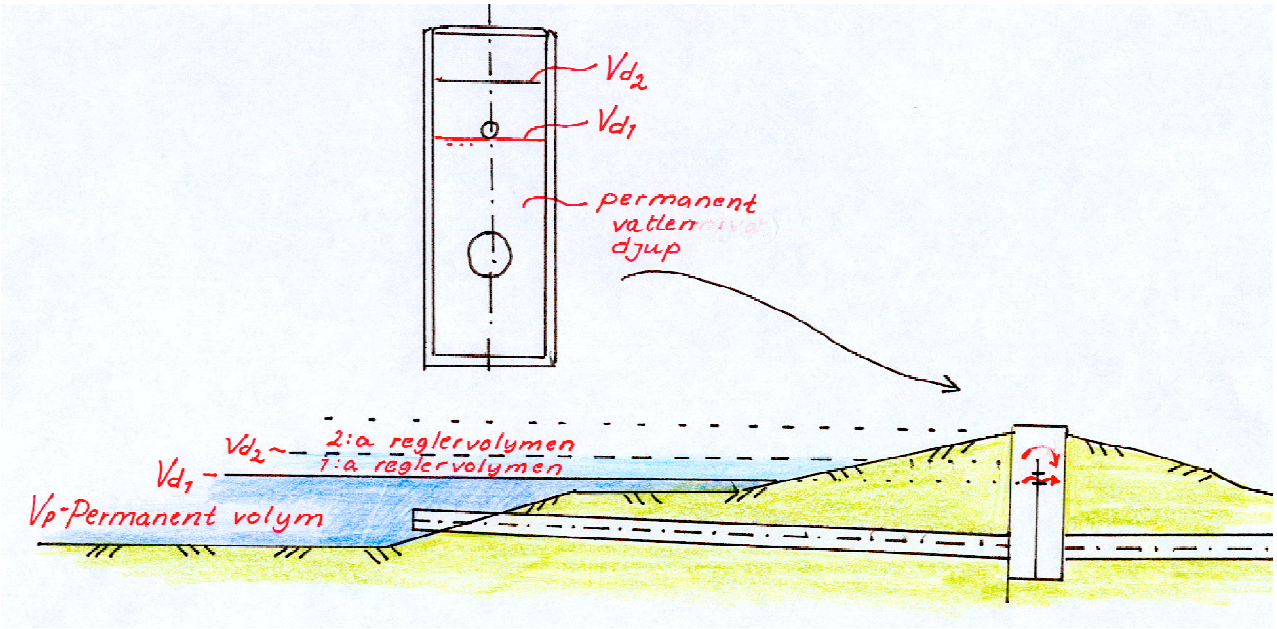
PM
2011-10-07
Dimensionering av dammar och våtmarker för rening och utjämning av dagvatten, version 5

Dimensionering av dammar och våtmarker för rening och utjämning av dagvatten



Figur 1 Principskiss av exempel på dammutformning, profil mot utlopp

Detta PM beskriver metodiken för dimensionering av dammar och våtmarker. Det kommer att uppdateras med nya erfarenheter. Dagvatten- och recipientmodellen StormTac kan användas. I modellen finns även andra metoder som inte beskrivs här, men de är inte använda lika ofta och inte lika vedertagna. För mer detaljerad beskrivning av metodiken hänvisas till www.stormtac.com där rapporter kan hämtas. Nedan anges först använda parametrar (med förslag på värden för koefficienterna), se Tabell 1, och sedan huvudekvationerna för dimensioneringen. Metodiken för dimensionering av utjämningsvolymer och beräkning av tömningstider och uppehålls-tider vid olika flödesfall presenteras också.

SWECO
Gjörwellsgatan 22
Box 34044, 100 26 Stockholm
Telefon 08-695 60 00
Telefax 08-695 60 10

Thomas Larm
Telefon direkt 08-695 63 08
Mobil 073-412 63 08
thomas.larm@sweco.se

SWECO ENVIRONMENT AB
Org.nr 556346-0327, säte Stockholm
Ingår i SWECO-koncernen
www.sweco.se

Tabell 1 Notationer för ekvationerna och kommentarer

Beteckning	Beskrivning	Enhet	Kommentarer
A	Total area, avrinningsområde	ha	1 ha=10 000 m^2
A_{red}	Reducerad area, avrinningsområde	ha	φ x A
A_s	Specifik (bidragande) area för Q_{dim}	ha	Den del av A som ger max flöde Q_{dim}, för väg är A_s=A, men om t.ex. ett skogs-område finns uppströms kanske inte (hela) den ytan skall medräknas
A_p	Area permanent vattenyta	m^2	Avser damm/våtmark.
φ	Avrinningskoefficient för A, medelvärde viktad per delarea		Andel av nederbörden som bidrar till avrinning.
φ_s	Avrinningskoefficient för A_s (Q_{dim})		
h_r	Totalt reglerdjup för V_d	m	
h_{r1}	Max reglerdjup för V_{d1}	m	
h_{r2}	Max reglerdjup för V_{d2}	m	
i	Regnintensitet	l/s/ha	Specifik för orten
$K_{A\varphi}$	Regressionskonstant för areaberäkning	-	150 (70-400) ((70-600)) dammar 300 (100-1000) våtmarker
N_{dap}	Regressionskonstant för volymberäkning	-	2 (1-3) ((0,5-10)) dammar och våtmarker
Q_{dim}	Dimensionerande inflöde	l/s	Ofta vid 2 (1-100)-årsregn
Q_{in}	Inflöde	l/s	Ofta vid årsmedelregn och medelregn
Q_{out1}	Utflöde från V_{d1}	l/s	
Q_{out2}	Utflöde från V_{d2}	l/s	
t_d	Uppehållstid för anläggningen	h	
t_{out}	Tömningstid för V_{d1}	h	>12-24 h för rening
t_r	Regnvaraktighet	min	Minst 10 min vid dimensionerande flöde för ledning
t_{ra}	Medelregnvaraktighet	h	6-8 h för Sverige, 6,7 h för Stockholm.
r_{da}	Medelregndjup	mm	7-9 mm för Sverige, 7.3 mm i Stockholm
RE	Reningseffekt	%	
s	Rinnsträcka	m	
v	Dagvattnets medelhastighet	m/s	1-1,5 m/s i ledningar, 0,5 m/s i diken och 0,1 m/s över mark.
V_d	Total reglervolym	m^3	

Beteckning	Beskrivning	Enhet	Kommentarer
V_{d1}	Första reglervolym över V_p för rening och utjämning av mindre intensiva regn, t.ex. medelregn	m^3	
V_{d2}	Andra reglervolym över V_{d1} (=V_p om ingen V_{d1})	m^3	För utjämning av t.ex. 1-100-årsregn.
V_p	Permanent vattenvolym	m^3	
V_r	Medelavrinningsvolym	m^3	Vattenvolym från avrinning vid medelregn

Area- och volymmetoden används för dimensionering (areor och volymer) av dammar och våtmarker avseende permanenta vattenvolymer för rening och för överslagsmässig beräkning av reningseffekter.

Areametoden (Huvudmetod i StormTac)

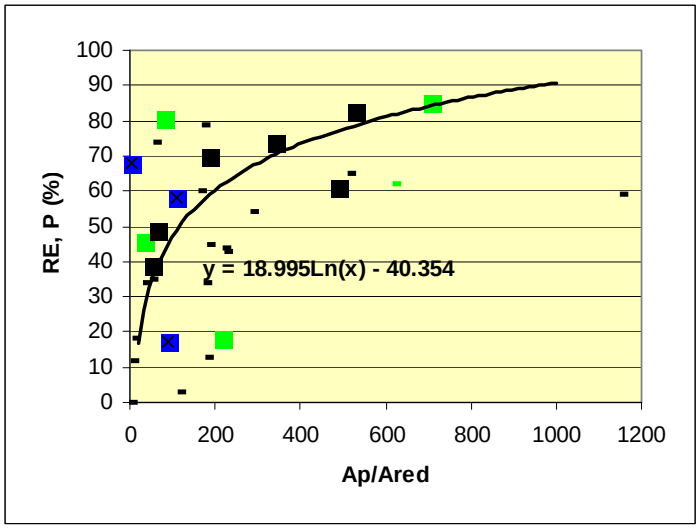
Dammens eller våtmarkens permanenta yta föreslås beräknas som första steg, enligt Ekv. 1:

$$A_p = \varphi A K_{A\varphi} \qquad (1)$$

Den permanenta vattenytan dimensioneras alltså som en viss del av avrinningsområdets reducerade area (A_{red}= reducerad area = φ A), uttryckt med konstanten $K_{A\varphi}$ (Larm, 2000). Konstanten $K_{A\varphi}$ (=A_p/A_{red}) beror av reningseffekten enligt en funktion i modellens databas, se även Fig. 2. Om inga speciella reningskrav föreligger kan man utgå från standardvärdet $K_{A\varphi}$ =150 (m^2/red ha), normalt varierande såsom 70 < $K_{A\varphi}$ < 400, men högre värden på över 600 m^2/red ha förekommer och kan användas vid mer stränga reningskrav (se Tabell 1 för fler värden). Det rekommenderas att utreda reningsbehovet och jämföra beräknade halter ut från dammen med riktvärden eller helst reningsbehovet angivet som en mängd (kg/år). Hänsyn tas både till önskad reningseffekt och tillgänglig plats. Om tillgänglig plats inte tillåter en önskad yta så kan man utreda om vattendjupet och därmed volymen kan ökas, eller om reningseffekten kan ökas med hjälp av större andel växter, strypt utlopp eller dylikt (effekten av dessa och andra parametrar på reningseffekten kan beräknas med StormTac), se ”Anpassning mot övriga parametrar, t.ex. halter”, nedan.

I Ekvationerna (2) och (3) beräknas reningseffekten (RE) empiriskt från area-sambandet, exemplifierat för fosfor (P). Ekvationerna för övriga ämnen används i modellen StormTac. De har andra konstanter, men detta redovisas inte här. Ekvationerna uppdateras med nya data (när data från nya anläggningar eller mer data från befintliga anläggningar införs i StormTacs databas). Ekvation 2 åskådliggörs i Figur 2, det är den linjes ekvation (trendlinjen) som är bäst anpassad till mätdata.

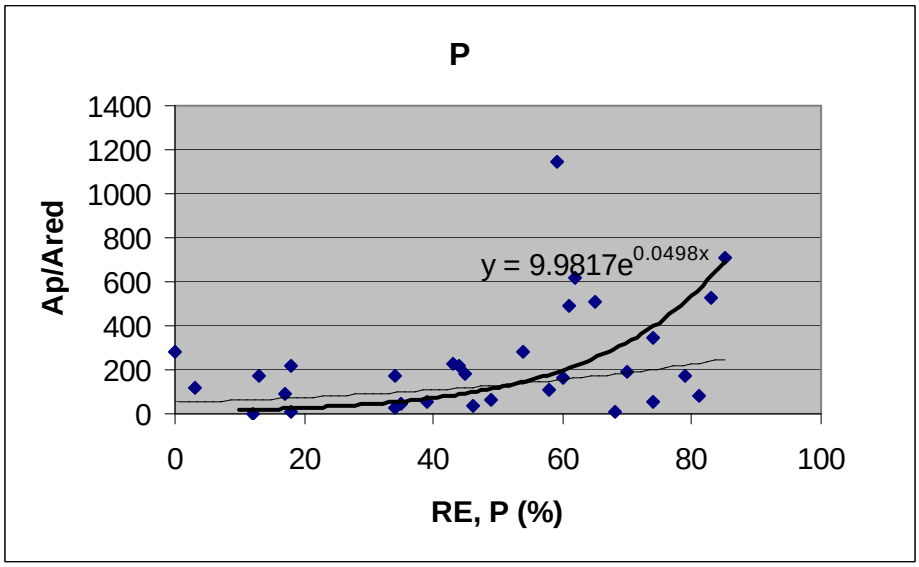
$$RE\ (P) = 18.995 * Ln(A_p/\varphi A) - 40.354 \qquad (2)$$



Figur 2 A_p/A_{red} (m^2/red ha) som funktion av RE, P (%). StormTac, version 2009-02.

Erforderlig area för att uppnå en viss reningseffekt beräknas ur Ekv. 2 i Ekvation 3, exemplifierat för fosfor (P), se även Figur 3. StormTac används där det finns samband även för de andra ämnena i modellen.

$$A_p = A_{red}\ 9.98\ e^{0.0498 RE\ (P)} \qquad (3)$$



Figur 3 RE, P (%) som funktion av A_p/A_{red}. StormTac, version 2009-02.

Volymmetoden (Alternativ metod i StormTac)

Att dimensionera dammen eller våtmarken efter ett volymförhållande bedöms vara ett bra komplement till att beräkna efter areaförhållandet. Det är bra att För studerade anläggningar blev dock passningen mot data generellt bättre för den tidigare beskrivna Areametoden. Detta kan bero på att vattendjupet ändå var liknande i de flesta studerade anläggningar och att övriga osäkerheter i att bestämma area och volym har betydelse. Dammens permanenta vattenvolym (V_p) beräknas utifrån ekvation 4.

$$V_p = N_{dap} V_r = N_{dap} 10 \varphi A r_{da} \qquad (4)$$

Den permanenta volymen är alltså en funktion av medelregndjupet (r_{da}). Man dimensionerar denna permanenta volym efter betydligt mindre intensiva regn än vad man dimensionerar utjämningsvolymen i dammen. I Sverige varierar medelregndjupet mellan 7-9 mm för olika orter och medelregnets medelvaraktighet är mellan 6-8 h. Detta ger intensiteter om ca 0,9-1,5 mm/h eller 2,4-4,2 l/s/ha.

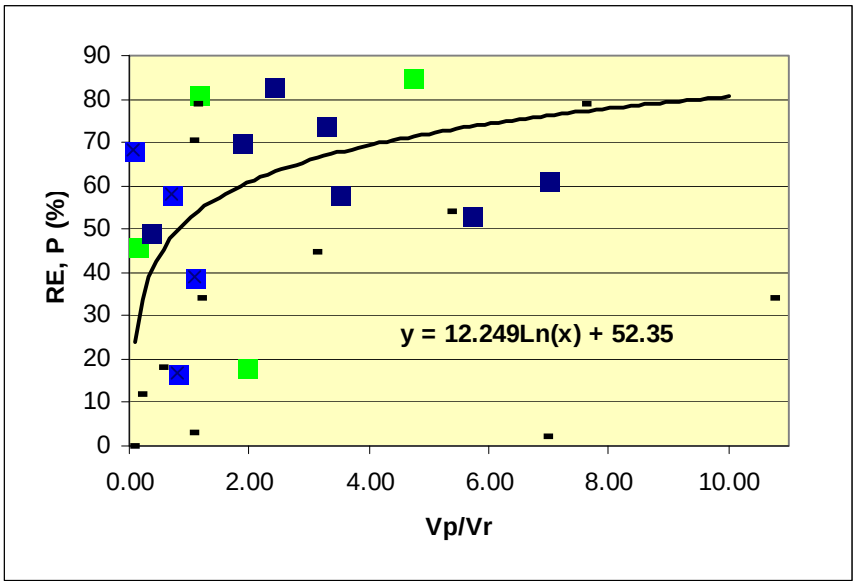
Förhållandet mellan V_p och V_r ($N_{dap} = V_p/V_r$) beror av reningseffekten, högre kvot ger högre reningseffekt, se Figur 4. En kvot kring 2 är normalt, med normal variation såsom $1 < N_{dap} < 3$, även om värden mellan 0,5-10 förekommer.

Dammens valda permanent vattenvolym beror på erforderlig reningseffekt. Dimensioneras dammen med en permanent volym som överstiger medelavrinningsvolymen erhålls högre reningseffekt. Normalt är att dimensionera volymen för upp till 3 ggr medelavrinningsvolymen, vilket omräknat skulle motsvara regnintensiteter på 2,7-4,5 mm/h eller 7,5-12,5 l/s/ha, om man antar en varaktighet motsvarande medelregnets.

Det bör observeras att volymmetoden, liksom areametoden, är en överslagsmetod. Dammar och våtmarker rekommenderas modelleras med StormTac så att hänsyn även tas till andra parametrar som starkt kan påverka storleken på anläggningen och förväntad reningseffekt. Exempel på sådana parametrar är inloppshalt, minsta möjliga halt som man kan komma ner till, strypt utlopp (tömningstid vid medelavrinning), andel växter m.m.

Reningseffekten (RE) beräknas utifrån Ekvation 5 och Figur 4, exemplifierat för fosfor (P).

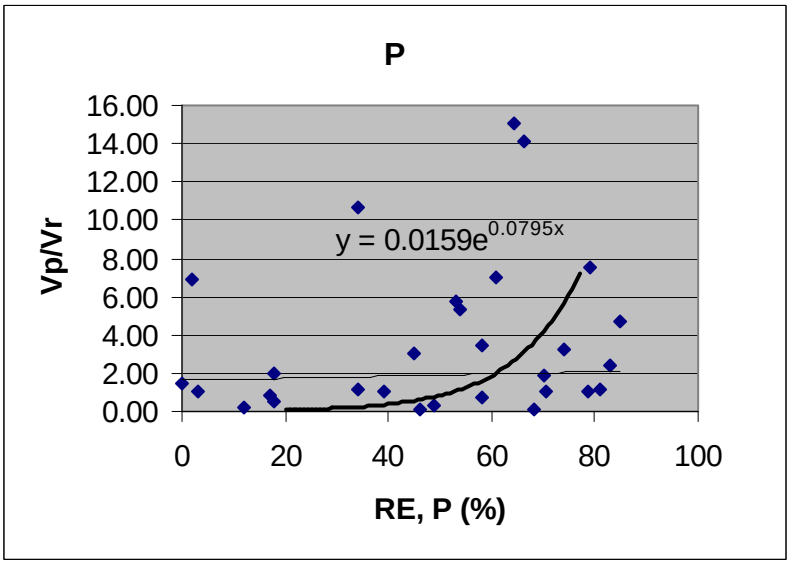
$$RE\ (P) = 12.249 * Ln\ (V_p/V_r) + 52.35 \qquad (5)$$



Figur 4 V_p/V_r som funktion av RE, P (%). StormTac, version 2009-02.

Erforderlig permanenta volym för att uppnå en viss reningseffekt beräknas ur Ekv. 5 i Ekvation 6, exemplifierat för fosfor (P), se även Figur 5. StormTac används där det finns samband även för de andra ämnena i modellen.

$$V_p = V_r\ 0.0159\ e^{0.0795RE\ (P)} \qquad (6)$$

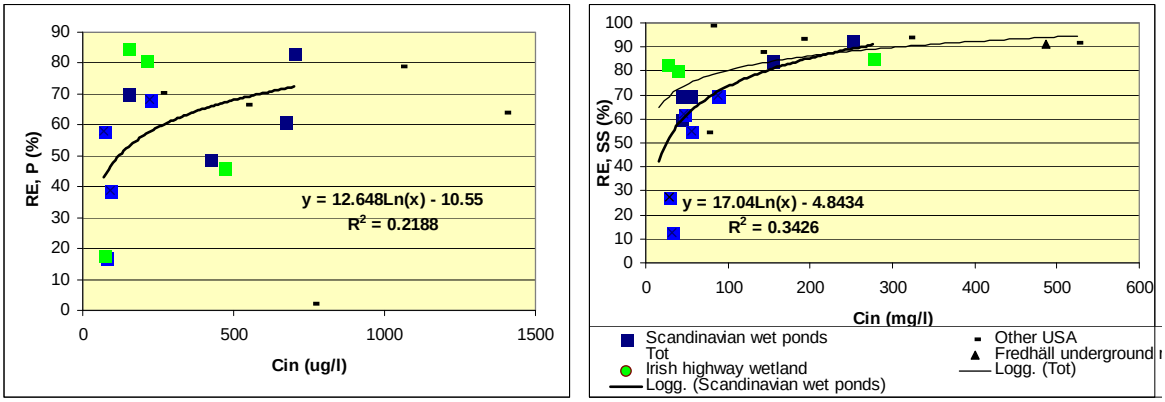


Figur 5 RE, P (%) som funktion av V_p/V_r. StormTac, version 2009-02.

Anpassning mot övriga parametrar, t.ex. halter

Anpassningen används för att beräkna dammars och våtmarkers reningseffekter utifrån beaktande av fler parametrar än de area- och volymsamband som används i Area- och volymmetoden. Passningen av data mot P och SS och andra ämnen var mindre bra för både funktionerna V_p/V_r och A_p/A_{red} ($R^2<0.4$, R^2 är ett uttryck för hur bra linjen passar data, $R^2>0.7$ bedöms indikera bra passning), vilket indikerar påverkan av andra parametrar på reningseffekten. StormTac används för att beakta en eller fler av dessa parametrar för en mer platsspecifik design.

Inloppshalterna är en parameter som påverkar reningseffekten. SS-halter under 100 mg/l ger t.ex. generellt lägre reningseffekter och det finns en kraftig ökning av reningseffekten från 0 upp till 100 mg/l (Fig. 6, högra diagrammet). SS-halter över 75 mg/l resulterar i reningseffekter över 70 %. Reningseffekten är relativt konstant, ökar inte mycket, från 100 mg/l SS och högre halter



Figur 6 Reningseffekter RE, P (%), t.v., och RE, SS (%), t.h. som funktion av inloppshalt (C_{in}). StormTac, version 2009-02.

Det finns också en minsta möjliga halt man normalt kan uppnå med rening, vilket kan styra valet av reningstyp. Exempelvis kan en våtmark ge lägre minsta halter än en damm. Hänsyn till detta kan tas i StormTac om denna parameter (”irreducible concentration”) väljs. Det är t.ex. svårt att uppnå lägre halt SS än omkring 10-30 mg/l. Vid så låga inloppshalter bedöms en damm inte vara tillräcklig för att uppnå höga procentuella reningseffekter, det gäller även andra ämnen som binds till partiklarna (SS). Som komplement/alternativ till dammar kan då anläggas våtmarker, översilningsytor och filtervallar av makadam eller dylikt.

Anläggningens form (längd:bredd-förhållande), andel växter (våtmarkszoner), andel bräddat flöde och klimatet (temperatur och ändrade flöden p.g.a. ändrade klimattrender) påverkar också; dessa parametrar kan också studeras i StormTac.

Utjämningen och uppehållstiden påverkar också reningseffekten. En eller två reglervolymer kan användas, där den första dimensioneras för rening och den andra för utjämning, se nedan.

Utjämningsvolym för ökad reningseffekt, tömningstid och uppehållstider

Den första reglervolymen (V_{d1}) dimensioneras normalt för en tömningstid (t_{out1}) på ca 12-24 timmar (h), d.v.s. utflödet $Q_{out,1}$ väljs/dimensioneras för en tillräckligt lång tömningstid. Den resulterande reglerhöjden (h_{r1}) behöver kontrolleras så att följden inte blir oönskad översvämning uppströms. Medelavrinningsdjupet (r_{da}) används (WEF och ASCE, 1998), såsom redovisades i Larm, (2000):

$$V_{d1} = 10\varphi A r_{da} \qquad (7)$$

Tömningstiden t_{out1} beräknas i Ekv. 8 (Larm, 2000). Utflödet (Q_{out1}) väljs alltså normalt så att t_{out1} = 12-24 h. Lägre och högre värden på t_{out} kan väljas i vissa fall (beror på platsspecifika förutsättningar/reningskrav).

$$t_{out1} = V_{d1} / (3.6\ Q_{out1}) \qquad (8)$$

Tömningstiden t_{out2} vid Q_{dim} kan beräknas ur Ekv. 9 men bedöms inte ha så stor betydelse för reningseffekten, men kan vara av betydelse för systemet nedströms. Q_{dim} beräknas ur Ekv. 15.

$$t_{out2} = V_{d2} / (3.6\ Q_{out2}) \qquad (9)$$

För dammar med en stor permanent volym i förhållande till reglervolym (likt t.ex. sjöar) kan omsättningstiden (uppehållstiden) överslagsmässigt uppskattas enligt Ekv. 10.

$$t_d = V_p / (3.6\ Q_{in}) \qquad (10)$$

Olika Q_{in} bör testas, t.ex. vid årsmedel och medelregn. Flöden vid regn med återkomsttiden 1-100 år kan också kontrolleras men uppehållstiderna blir korta vid så pass intensiva avrinningstillfällen, se Ekv. 11 (som liksom Ekv. 10 gäller för dammar med en stor permanent volym i förhållande till reglervolym).

$$t_d = V_p / (3.6\ Q_{dim}) \qquad (11)$$

För dammar med relativt stora reglervolymer har Ekv. 12 tagits fram. Här erfordras uppgifter om utflödet från dammen. Utflödet beror på vald utloppsanläggning, t.ex. ett rör med viss dimension eller ett v-format skibord med viss vinkel. Ekvation 10 gäller fortfarande för årsmedelflödet. Ekvation 12 beräknar uppehållstiden vid medelregnflödet.

$t_d = (V_p + V_{d1}) / (3.6Q_{in})$ (12)

Utjämningsvolym för önskad utjämningseffekt och reglerhöjd samt dimensionerande flöden

Dammens utjämningsvolym behöver också dimensioneras om flödet behöver utjämnas av kapacitetsskäl för transportsystemet nedströms. Utjämningsvolymen kan t.ex dimensioneras för att uppehålla ett flöde från ett regn med återkomsttiden 2 (1-100) år. Utloppet kan dimensioneras så att detta regn inte skall brädda över dammens kanter och så att reglerdjupet inte blir så stort, normalt ca 2-5 dm och vanligen inte större än ca 1 m. Detta eftersom permanent vattenyta av estetiska skäl inte bör ligga för långt under befintlig marknivå. Maximala V_{d2} blir dimensionerande, man testar olika regnvaraktigheter (t_r), som antas vara lika med max transporttid, och olika utflöden ($Q_{out,2}$). Ibland kan utflödet vara givet, t.ex. max kapacitet i ledning nedströms Detta kan utföras automatiskt i Excelmodeller, såsom StormTac.

$$V_{d2} = \frac{\max(60t_r(Q_{\dim} - Q_{out,2}))}{1000} \qquad (13)$$

Den resulterande reglerhöjden (h_{r2}) måste också kontrolleras så att oönskad uppdämning (översvämning) uppströms undviks.

Det dimensionerande flödet till anläggningen beräknas med Ekv. 14. Olika specifika avrinningskoefficienter (φ_s) för olika bidragande areor (As) studeras (Larm, 2000). I Ekvation 14 antas regnets varaktighet vara lika med dimensionerande transporttiden för dagvattnet. För överslagsmässig dimensionering kan hela områdets area antas bidra och då blir transporttiden lika med rinntiden från en punkt längst bort (uppströms) i området ner till områdets slutpunkt. För regnvaraktigheter kortare än längsta rinntid blir bidragande yta mindre. Detta tar modellen hänsyn till. Det är även möjligt att sätta annan anpassad avrinningskoefficient för denna mindre yta.

Olika dimensionerande hastigheter används för olika sträckor, t.ex. 1-1,5 m/s för ledningar, 0,5 m/s för diken och 0,1 m/s för flöden över mark. Denna överslagsmässiga beräkning ger oftast ett för stort flöde, en marginal erhålls. Om skogsytor ligger långt uppströms och mer hårdgjorda ytor nedströms så kan man testa att inte räkna med vissa eller hela skogsytan. Osäkerheten är relativt stor för stora avrinningsområden med både urban och rural markanvändning, och betydligt mindre för vägytor eller andra mindre urbana ytor för vilka hela ytan bör medräknas. Data för regnintensiteten i tas från regionala/lokala regndata, med olika i för olika regnvaraktigheter. Dimensionerande rinntid blir alltså dimensionerande varaktighet. För dimensionerande flöden till ledningar väljs en varaktighet som minst är 10 minuter. Olika i finns för olika dimensionerande återkomsttider för regnet.

Återkomsttiden väljs med hänsyn till hur ofta transportsystemets kapacitet kan tillåtas överskridas, eller hur ofta och till vilken nivå mark kan tillåtas bli översvämmad. Normala valda återkomsttider är 2-10 år, men kortare (t.ex. 1 år) och längre (från ca 25 upp till 100 år) kan också behöva studeras. Man bör normalt kontrollera att marken inte översvämmas vid återkomsttiden 10 år, och att ledningens hjässa inte överskrids vid återkomsttiden 2 år.

$$Q_{\mathrm{dim}} = i\varphi_s A_s \qquad (14)$$

Dimensionerande regnvaraktighet (minst 10 minuter) eller transporttid kan beräknas med Ekvation 15, där s är dimensionerande sträckan och v är dimensionerande medelhastighet för dagvattnet.

$$t_r = s / (60\ v) \qquad (15)$$

Om regndjupet i enheten mm skall beräknas så kan Ekvation 16 användas.

$$r_d = 0{,}36\ i\ t_r / 60 \qquad (16)$$

Utifrån Ekvation 16 kan dimensionerande regnintensitet erhållas, se Ekvation 17.

$$i = 60\ r_d / (0{,}36\ t_r) \qquad (17)$$

Den totala reglervolymen (utjämningsvolymen) V_d beräknas:

$$V_d = V_{d1} + V_{d2} \qquad (18)$$

Den totala reglerhöjden (h_r) behöver beaktas:

$$h_r = h_{r1} + h_{r2} \qquad (19)$$

Approximativt kan hr beräknas enligt Ekv. 20.

$$h_r = \frac{V_d}{A_p} \qquad (20)$$

h_r överskattas enligt Ekv. 20, men kan beräknas noggrannare i StormTac, med hänsyn till släntlutningar.

Sweco Environment
Dagvatten och ytvatten

Thomas Larm

pm02s 2008-04-30