

Dimensionering av dagvattenanläggningar

Vid beräkningar kontrollera att alla enheter stämmer i ekvationerna (förutom empiriska ekvationer).
I detta dokument finns bara en sammanfattning av projekteringsstegen och beräkningarna.
Dimensionering av in/utlopp, bräddutlopp, m.m. beskrivs inte i detta dokument.

SVACKDIKEN

Huvudsyfte: säker transport av dagvatten, fördröjd avrinning jämfört med ledningar

Andra syften: sedimentation, infiltration

Vid dimensionering tas inte hänsyn till infiltration eftersom dimensioneringen görs för dimensionerande flöden (dvs. mycket höga flöden) där infiltrationen är försumbar.

1. Plats specifika förutsättningar

Avrinningsområde

Längslutning

Jordförhållanden

Yta för dike

Infarter till fastigheter

m.m.

2. Dimensionerande flöden

q_{minor} (T=2-10 år): dimensionerande flöde

q_{major} (T=50-100 år): används för beräkningar av maximal flödehastighet och erosionsrisk, m.m.

Obs! Hur mycket vatten finns i svackdike under ett "normalregn"?

3. Dimensionering av svackdike, kontroll av flödeskapacitet

3.1 Välj/bestämlängd, längslutning, bredd, släntlutning, vegetation med hänsyn till de plats specifika förutsättningarna.

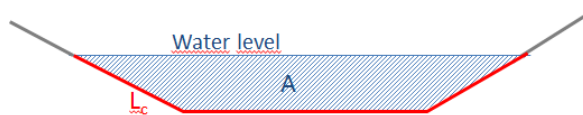
3.2 Flödeskapacitet med Mannings formel och jämförelse med det dimensionerande flödet.

Mannings formel: $q_{\text{svackdike}} = (A \cdot R^{2/3} \cdot S_o^{1/2})/n$ där

$q_{\text{svackdike}}$ = flöde i svackdike i m^3/s

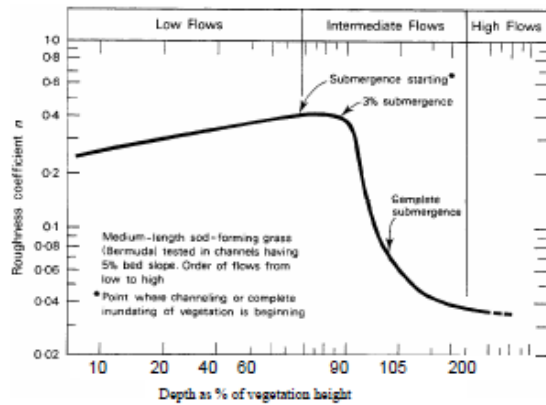
A = tvärsnittsarea i m^2

R = hydraulisk radius = A/L_c (L = våt perimeter)



S_o = längslutning

n = Mannings n, se figur nedan. n beror på förhållandet mellan vegetationshöjd och vattendjup.



Samma svackdike med lågt och högt gräs. Om diket vore helt vattenfyllt skulle n vara cirka 0,03 till vänster och 0,4 till höger.

Observera att Mannings formel är en empirisk formel; parametrarna måste vara i rätt enhet för att få rätt resultat.

3.2 Verifiera dimensionering

- Erosionsrisk vid höga flöden (max hastighet vid q_{major})
- Säkerhet (maximalt djup m.m.)

4. Dimensionering av inlopp, utlopp, bräddbrunn m.m.

- Fördelat inflöde över slänten eller genom inlopp
- Ledningar
- m.m.

5. Utformning

- Vegetationsval
- Trafikkontroll

6. Underhåll

Exempel 1:

Kan ett svackdike implementeras i en 4,5 m bred grönremsa så att flödeskapaciteten är $q_5 = 0.14 \text{ m}^3/\text{s}$? Flödes hastigheten vid $q_{100} = 0,36 \text{ m}^3/\text{s}$ får inte överstiga 1 m/s.

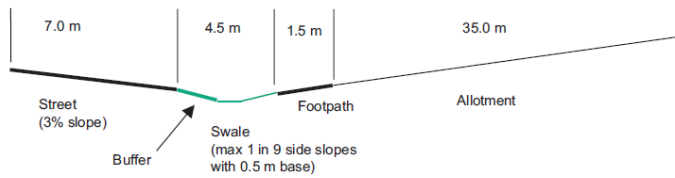


Figure 8.15 Cross section of proposed buffer/swale system.

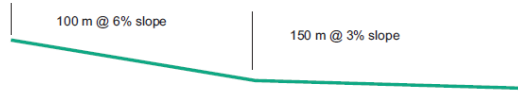
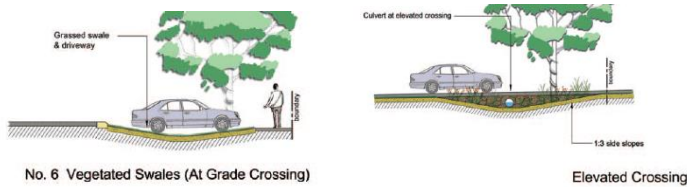


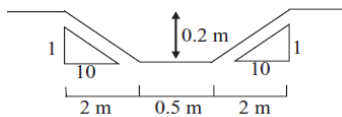
Figure 8.16 Long section of proposed buffer/swale system.

Släntlutningen max 1:9 ("at grade crossing" i figuren nedan)



Lösning:

T.ex. skulle följande tvärsnitt kunna väljas (men andra alternativ är också möjliga):



Om diket är helt fyllt (dvs. vid maximal kapacitet):

$$A = 0,5 \text{ m}^2$$

$$L_c = 2,01 + 0,5 + 2,01 = 4,52 \text{ m}$$

$$R^{2/3} = 0,11^{2/3} = 0,23$$

$$S_o^{1/2} = 0,03^{1/2} = 0,173$$

Alternativ 1: $n = 0,04$ för gräs = 5 cm; $q = 0,5 \text{ m}^3/\text{s} > q_5$, därför är flödeskapaciteten tillräcklig

Alternativ 2: $n = 0,3$ för gräs >20 cm; $q = 0,07 \text{ m}^3/\text{s} < q_5$, därför är flödeskapaciteten inte tillräcklig

Maximal hastighet vid q_{major} för alternativ 1:

$$D = 16 \text{ cm}$$

$$A = 0,336$$

$$L_c = 3,715$$

$$R = 0,09$$

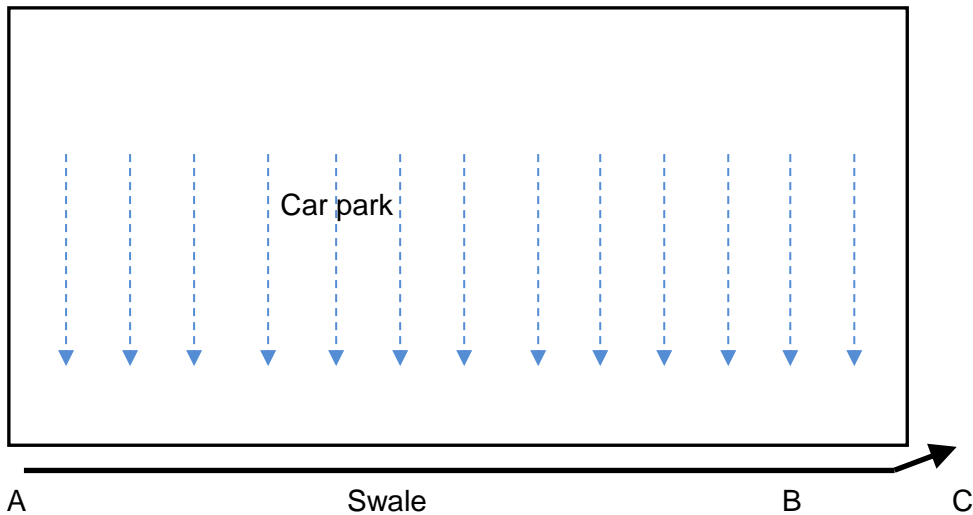
$$S_o = 0,03$$

$$Q = 0,144 \text{ (motsvarar ungefär } q_5)$$

$$V = 0,42 \text{ m/s} < 0,5 \text{ m, därför okej}$$

Obs! I exemplet i WSUD-riktlinjen används $n=0,08$ vilket är ganska högt. Jag hade hellre valt cirka $n = 0,04$, men det skulle påverka resultatet.

Exempel 2:



Dagvattnet från en parkering (45x20 m) ska avledas i svackdiket A-B-C. Vattnet avleds från parkeringen i diket över slänten över hela längden (ytavrinningen från parkeringen visas med de blå pilarna).

Höjd över havsnivån vid punkt A: 10 m, B: 7,6 m och C: 7,4 m; avstånd A till B: 40 m, B till C: 10 m. Maximal bredd är 1,5 m.

Lerjord, dvs. ingen signifikant infiltration.

Dimensionen (tvärsnitt) måste vara densamma över hela svackdiket.

Vegetation: 40 mm högt gräs, regelbunden gräsklippning under växtsäsongen.

Dimensionera diket så att en tillräcklig flödeskapacitet erhålls för att avleda ett regn med $T = 5$ år.

Lösning:

Längslutning AB = 0,06 och BC = 0,02. Därför är flödeskapaciteten lägst vid punkt C och samtidigt det bidragande avrinningsområdet störst. Därför beräkning för punkt C.

Längsta avrinningsväg för dagvattnet = 20 m + 45 m = 65 m.

Uppskattad flödes hastighet på ytan: $v_{\text{surface}} = 0,1$ m/s; $v_{\text{swale}} = 0,5$ m/s

$t_{\text{concentration}} = D = 20 \text{ m} / 0,1 \text{ m/s} + 45 \text{ m} / 0,5 \text{ m/s} = 290 \text{ s} = 4,8 \text{ min}$. (Eftersom varaktigheter < 10 min oftast inte används fortsätter beräkningarna med D = 10 min.)

$P(5 \text{ år}, 10 \text{ min}) = 181 \text{ l/s ha}$

$q_5 = 15 \text{ l/s}$ (med $\varphi = 0,9$)

Tvärsnitt dike: bredd $w = 1,5$ m; djup $d = 0,15$ m; triangulärt tvärsnitt

$A = 0,11 \text{ m}^2$

$L_p = 1,53$, $R = 0,074$

$S = 0,02$

$n = 0,04$

$q_{\text{max swale}} = 0,07 \text{ m}^3/\text{s} > q_5$. Alltså är flödeskapaciteten tillräcklig.

2.1 MAGASINERING

Magasinering behövs i olika sammanhang:

- Fördröjningsdamm/magasin/tank för att minska översvämningsrisker
- Bräddutlopp i kombinerade system
- Tillfällig magasinering i infiltrationsanläggningar, biofilter, m.m.
- Fördröjning/minskning av flödet när ny bebyggelse kopplas till ett befintligt system nedströms
- m.m.

Anläggningar kan vara allt från magasinering i brunnar, överdimensionerade ledningssträckor, tankar, dammar m.m.

Dimensionering:

Beräkning av magasineringsvolymen som krävs. Beror på q_{in} och q_{out} och varaktigheten, dvs. V_{in} och V_{out}

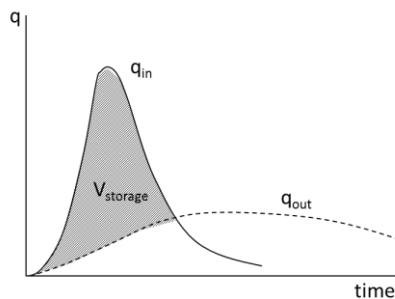
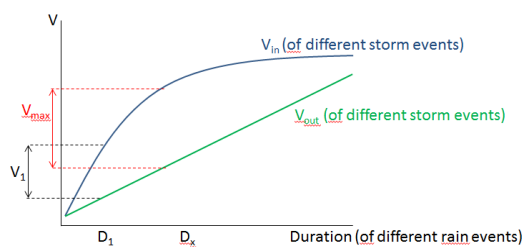


Fig 2.1:

$V_{Storage} = S = V_{in} - V_{out}$; när $q_{out} < q_{in}$ fylls magasinet och när $q_{out} > q_{in}$ töms magasinet.

För beräkning av magasinvolym är volymen relevant, inte det maximala flödet. Långa regn med ganska låg intensitet ger högre volymer än korta, intensiva. Därför måste magasinvolymen beräknas för olika varaktigheter: Vilken D ger S_{max} ?



N.B. Different events with different durations,
i.e. this is not a time line

Fig 2.2

Exempel

$A_{catchment} = 50$ ha; $\varphi=0,5$; flödeskapacitet nedströms $q_{out} = 100$ l/s

Vilken magasinvolym S krävs för att säkerställa detta flöde vid ett 5-årsregn?

$V_{in} = q \cdot D = P \cdot A \cdot \varphi \cdot D$ (med rationella metoden)

$$V_{out} = q_{out} \times D$$

Exempel 1: nederbördsdata från Storbritannien (räkneexempel i föreläsningen):

D	D	P(10 yr, x min)	V_{in} $P \cdot A \cdot \varphi \cdot D$	V_{out} $q_{out} \cdot D$	S $V_{in} - V_{out}$
min	hr	mm/h=l/m ² h	m ³	m ³	m ³
5	0,083333	112,8	2350	30	2320
10	0,166667	80,4	3350	60	3290
15	0,25	62	3875	90	3785
30	0,5	38,2	4775	180	4595
	1	24,8	6200	360	5840
	2	14,9	7450	720	6730
	4	8,6	8600	1440	7160
	6	6,1	9150	2160	6990
	10	4	10000	3600	6400
	24	2	12000	8640	3360

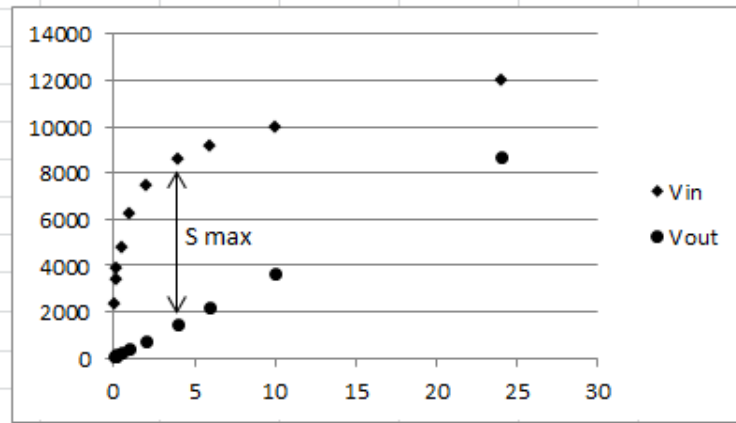


Fig 2.3

Exempel 2: samma exempel med regndata från Sverige.

D	D	P(5 yr, x min)		V_{in} $P \cdot A \cdot \varphi \cdot D$	V_{out} $q_{out} \cdot D$	S $V_{in} - V_{out}$
min	hr	l/s ha	mm/h=l/m ² h	m ³	m ³	m ³
5	0,083333	249	89,64	1867,5	30	1837,5
10	0,166667	181	65,16	2715	60	2655
15	0,25	144	51,84	3240	90	3150
30	0,5	92	33,12	4140	180	3960
	1	57	20,52	5130	360	4770
	2	35	12,6	6300	720	5580
	4	21	7,56	7560	1440	6120
	6	16	5,76	8640	2160	6480
	10	11	3,96	9900	3600	6300
	24	6	2,16	12960	8640	4320

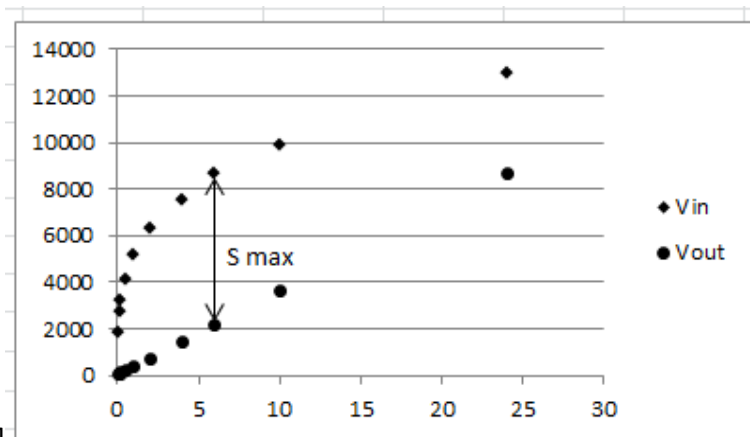


Fig 2.4

2.2 ALTERNATIV BERÄKNING AV MAGASINERING ENLIGT REKOMMENDATION I SVENSKT VATTEN P110.

En viss fördröjningsvolym kan krävas av t.ex. kommunen. Typiska värden är 10-20 mm. Det betyder att man måste tillhandahålla en volym som kan fördröja 10-20 mm regn på tillrinningsområdet (t.ex. i växtbäddar/biofilter, i små fördröjningsdammar eller liknande). Det får inte bli något utflöde från anläggningen så länge regnet inte överstiger det dimensionerande värdet (10-20 mm).

Detta magasin kan jämföras med regnintensitets/volym-varaktighetskurvor för att uppskatta återkomsttiden för den regnhändelse som kan magasineras.

Denna magasinering påverkar det dimensionerande flödet från området och måste därför beaktas när man beräknar dimensionerande flöden.

Exempel:

I exemplet nedan (källa: P110) måste man med rationella metoden beräkna ett dimensionerande 10-årsflöde från ett avrinningsområde med 10 minuters rinntid. Utan magasinering skulle den dimensionerande nederbörden vara $P(10 \text{ år}, 10 \text{ min}) = 225 \text{ l/s ha}$ (figur 2.5).

I figur 2.6 kan man se att den nödvändiga magasinsvolymen för 20 mm regn motsvarar den volym som uppnås efter 25 minuters regn (för 10 års återkomsttid, enligt ovan).

För 10-årsregnet blir det alltså ingen avrinning från området för de regn som varar upp till 25 minuter, dvs. för regnhändelser med den högsta intensiteten (men inte de högsta volymerna). När det dimensionerande dagvattenflödet från området (efter 20 mm fördröjning) ska beräknas så är den relevanta nederbördsvaraktigheten $D = 25 \text{ min} + 10 \text{ min} = 35 \text{ min}$ (dvs. 25 min tills magasinet är fyllt = när avrinningen startar + 10 min rinntid = relevant varaktighet eller maximalt flöde när rationella metoden används. Detta visas i figur 2.6).

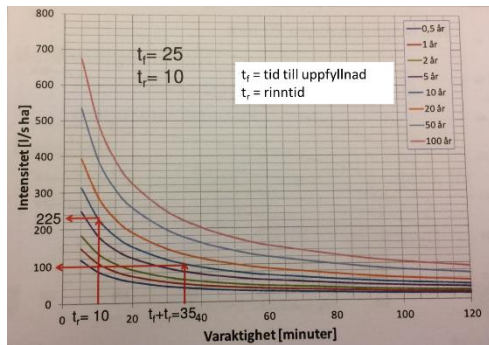


Fig 2.5

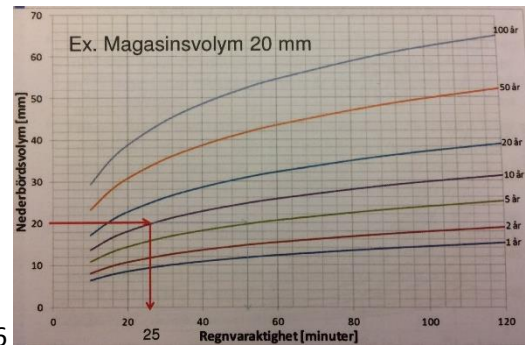


Fig 2.6

3. INFILTRATION

1. Dimensioneringsmål

De viktigaste dimensioneringsmålen är:

- Minimera avrinningsvolymerna
- Återskapa/bibehålla de hydrologiska förhållandena innan exploatering
- grundvattennybildning
- Minimera maxflöden

Rening av dagvattnet är vanligen inte det primära syftet med infiltrationssystem; men kvalitetsförbättring kan ofta uppnås. Observera att det kan finnas en konflikt mellan t.ex. TSS-reduktion och igensättningsrisker.

2. Välj typ av system

- infiltrationsdamm, infiltrationsbrunn stenkista, permeabel asfalt ...

3. Dimensioneringsmetod och parameter

- Hydraulisk effektivitet (grundvattennybildning, minimerat dagvatteninflöde till kombinerade avloppssystem m.m.): Infiltrerad volym under året
- Minimera flöden (minimera översvämningrisker m.m.): dimensionerande flöde

4. Förbehandling

- försedimentering (förhindra igensättning), t.ex. i översilningsyta, svackdike, försedimenteringsdamm m.m.
- vattenrening (förhindra grundvattenförorening)

5. Platsförhållanden

- längslutning
- grundvattennivå/kvalitet
- hydraulisk konduktivitet hos marken
- annan infrastruktur i marken
- m.m.

6. Dimensionerande flöden

- q_{minor} (T = 2-10 år)

- q_{major} (T = 50-100 år)

7. Dimensionera system

- Lokalisera system (med hänsyn till byggnader, infrastruktur i marken, markförhållanden m.m.)
- Dimensionera infiltrationsvolym

Eftersom vanligen $q_{\text{stormwater}} = q_{\text{in}} > q_{\text{infiltration}} = q_{\text{out}}$, måste ett infiltrationssystem tillhandahålla tillfällig magasinering, se figur 2.1.

Som ovan beräknas magasinensvolymen som $S = V_{\text{in}} - V_{\text{out}}$ för olika regnvaraktigheter.

$$V_{\text{in}} = q_{\text{in}} \cdot D = P \cdot A \cdot \varphi \cdot D \text{ (med rationella ekvationen)}$$

$$V_{\text{out}} = q_{\text{out}} \cdot D = A_{\text{infiltration}} \cdot k_{\text{sat}} \cdot D / (1000 \text{ l/m}^3) \text{ där}$$

k_{sat} är den mättade hydrauliska konduktiviteten [mm/tim]

$A_{\text{infiltration}}$ är den area genom vilken vattnet kan lämna infiltrationssystemet (vanligen botten och sidorna) [m^2]

D är varaktigheten [tim]

Soil type	Saturated hydraulic conductivity m/s (mm/hr)
Sand	$> 5 \times 10^{-5}$ (180)
Sandy clay	1×10^{-5} to 5×10^{-5} (36–180)
Weathered or fractured rock	1×10^{-6} – 1×10^{-5} (3.6–36)
Medium clay	1×10^{-6} – 1×10^{-5} (3.6–36)
Heavy clay	1×10^{-8} – 1×10^{-6} (0.036–3.6)

Fig. Exempel för värden för k_{sat} (källa: WSUD manual)

För ett kubiskt infiltrationssystem under markytan (t.ex. WSUD guideline, figur 7-2) beräknas V_{out} således på följande sätt:

$$V_{\text{out}} = [A_{\text{inf}} + (L_p \cdot d/2)] \cdot U \cdot k_{\text{sat}} \cdot D \text{ där}$$

A_{inf} är bottenarean, L_p är perimeterlängden, d är djupet och U är en säkerhetsfaktor.

För fler detaljer se kapitel 7.1 and 7.3.6.2 i WSUD guideline (kurslitteratur).

Den **nödvändiga magasineringsvolymen S** beräknas sedan som skillnaden mellan V_{in} och V_{out} . Eftersom många underjordiska system är grusfyllda måste porositeten i så fall beaktas (dvs. att magasineringsvolymen bara är det tomma utrymmet i systemet).

$$S = (V_{\text{in}} - V_{\text{out}}) / p$$

Dessa ekvationer gäller för alla infiltrationssystem, t.ex. öppna infiltrationsdammar eller diken, permeabel gatubeläggning, infiltrationsbrunnar, stenkistor m.m. Men om det behövs måste de anpassas till platsen och de specifika förhållandena där. Det är viktigt att tänka på systemets form, alltså $A_{\text{infiltration}}$, samt dimensioneringen.

När man designar permeabel gatubeläggning måste man ta hänsyn till att nederbörden måste infiltreras helt och hållet (dvs. $\phi = 1$); för ytor som bidrar med avrinning till beläggningen används det vanliga ϕ . Det accepteras inga vattensamlingar på gatubeläggningen under regnväder. För det underjordiska magasinet till den permeabla gatubeläggningen är inflödet det vatten som infiltrerar genom gatubeläggningen; utflödet är infiltrationen ner i marken.

8. Flödeshantering

- Fördelning av inflöde/flöde, översvämning, m.m.
- Dimensionering av hydrauliska strukturer, m.m.

9. Underhållsbehov

- Det huvudsakliga syftet med infiltrationssystem är att förhindra igensättning. Underhållsmetoderna beror på systemet.

Exempel 1:

Dimensionera ett infiltrationsdike för ett villafastighet som i figur 7-2 or 7-3 i WSUD guidelines.

Förutsättningar:

Avrinningsområdets area $A = 1000 \text{ m}^2$; $\phi = 0,55$

Hydraulisk konduktivitet (sandjord, WSUD guideline tabell 7-4) $k_{\text{sat}} = 360 \text{ mm/tim}$, alltså $U = 0,5$ (se WSUD guideline, tabell 7-6)

Grundvattennivå 1,2 m

Regnintensitet för olika D: se tabellen nedan

Förbehandling (borttagning av sediment) sker i ett svackdike som leder vattnet till systemet.

Porositet hos det grusfyllda infiltrationsdiket $p = 0,35$

Dimensioneringsval för diket: bredd $w = 2 \text{ m}$, längd $l = 8 \text{ m}$, djup $d = 1 \text{ m}$ ($d < \text{grundvattennivån}$)

$$V_{\text{in}} = q_{\text{in}} \cdot D = 56,39 \text{ l/m}^2 \text{ tim} \cdot 1000 \text{ m}^2 \cdot 0,55 \cdot x \text{ tim}$$

$$V_{\text{out}} = [A_{\text{inf}} + (L_p \cdot d/2)] \cdot U \cdot k_{\text{sat}} \cdot D = \{[16 \text{ m}^2 + (20 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}/2)] \cdot 0,5 \cdot 360 \text{ l/m}^2 \text{ tim} \cdot x \text{ tim}\} / 1000 \text{ l/m}^3$$

Beräkningar för olika D – se tabellen nedan.

Storm duration	Storm mean Intensity	Volume in	Volume out (during storm duration period)	Storage volume required	Percentage of storage provided
(minutes)	(mm/hr)	(m ³)	(m ³)	(m ³)	%
6	56.39	3.101	0.468	2.633	213%
12	42.29	4.652	0.936	3.716	151%
18	34.87	5.754	1.404	4.350	129%
30	26.71	7.345	2.340	5.005	112%
45	21.27	8.774	3.510	5.264	106%
60	17.97	9.884	4.680	5.204	108%
90	14.11	11.641	7.020	4.621	121%
120	11.84	13.024	9.360	3.664	153%
180	9.22	15.213	14.040	1.173	477%
240	7.72	16.984	16.984	0.000	
300	6.72	18.480	18.480	0.000	
360	6.01	19.833	19.833	0.000	
480	5.03	22.132	22.132	0.000	
600	4.39	24.145	24.145	0.000	
720	3.92	25.872	25.872	0.000	
840	3.53	27.181	27.181	0.000	
960	3.22	28.336	28.336	0.000	
1080	2.98	29.502	29.502	0.000	
1200	2.77	30.470	30.470	0.000	
1320	2.59	31.339	31.339	0.000	
1440	2.44	32.208	32.208	0.000	
2160	1.83	36.234	36.234	0.000	
2880	1.48	39.072	39.072	0.000	
3600	1.24	40.920	40.920	0.000	
4320	1.07	42.372	42.372	0.000	

OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK
OK

T.ex. betyder resultatet för 6-minutershändelsen att $3,101 \text{ m}^3 - 0,468 \text{ m}^3 = 2,633$ måste magasineras. Förutsättningarna är $(w \cdot l \cdot b) / p = (2 \text{ m} \cdot 8 \text{ m} \cdot 1 \text{ m}) \cdot 0,35 = 16 \text{ m}^3 \cdot 0,35 = 5,6 \text{ m}^3$. $5,6 \text{ m}^3 > 2,633 \text{ m}^3$; alltså räcker volymen.

Det värsta fallet är 45-minutershändelsen.

Exempel 2:

Vatten från en gata i Luleå ska infiltreras i en infiltrationsdamm (som i figur 7-1 i WSUD guideline).

Avrinningsområdets area $A = 5000 \text{ m}^2$; $\phi = 0,55$

Hydraulisk konduktivitet (sandjord, WSUD guideline tabell 7-4) $k_{\text{sat}} = 360 \text{ mm/tim}$, alltså $U = 0,5$ (se WSUD guideline, tabell 7-6)

Grundvattnets nivå 1,2 m

Återkomsttiden $T = 2$ år. Regnintensiteter för olika D: från ekvation i P104

Förbehandling (borttagande av sediment) sker i ett svackdike som leder vattnet till systemet.

Dammens dimensioner: bredd $w = 5 \text{ m}$, längd $l = 20 \text{ m}$, djup $d = 0,5 \text{ m}$

P	q	D	Vin	l	b	d	A inf	ksat	k sat	U	Vout	S	V provided
l/s ha	l/s	min	m3	m	m	m	m3	mm/hr	m/s		m3	m3	m3
184,2	50,7	5	15,2	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	1,7	13,5	50
134,1	36,9	10	22,1	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	3,4	18,8	50
68,5	18,8	30	33,9	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	10,1	23,8	50
42,6	11,7	60	42,2	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	20,3	21,9	50
26,1	7,2	120	51,6	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	40,5	11,1	50
16,0	4,4	250	65,9	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	84,4	-18,5	50
10,0	2,7	480	79,0	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	162,0	-83,0	50
8,6	2,4	600	85,5	5	20	0,5	100	360	0,0001	0,5	202,5	-117,0	50

4. DAGVATTENDAMMAR/SEDIMENTERINGSBÄDDAR

1. Dimensioneringsmål

- Behandling av sediment/partikelbundna föroreningar. Syftet är att ta bort finsediment, t.ex. skulle målet kunna vara att ta bort 90 procent av sediment > 125 µm (mycket fina sediment).
- Fördröjning. Fördröjning behövs för att partiklar ska kunna sjunka ner och sedimentera. Dvs. att en damm kan designas för båda syftena. Men om man t.ex. vill hantera översvämningsrisker måste man välja längre återkomsttider än för dammar som bara ska höja vattnets kvalitet.

2. Platsförhållanden

- Area
- Tillgänglig storlek hos systemet
- Grundvattennivå
- m.m.

3. Dimensionerande flöden

T väljs utifrån behov, se ovan.

4. Systemets storlek – bestäm behandlingskapaciteten

Definiera djup, area, flödesfördelning m.m. Det finns olika metoder för att uppskatta sedimentationens effektivitet. Nedan ett exempel enligt ekvation 4-1 i WSUD guideline.

$$R = 1 - \left[1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{v_s}{Q/A} \cdot \frac{(d_e + d_p)}{(d_e + d^*)} \right]^{-n} \quad \text{Equation 4.1}$$

Where	R	=	fraction of target sediment removed
	v_s	=	settling velocity of target sediment (see Table 4.1)
	Q/A	=	applied flow rate divided by basin surface area ($m^3/s/m^2$)
	n	=	turbulence or short-circuiting parameter
	d_e	=	extended detention depth (m) above permanent pool level
	d_p	=	depth (m) of the permanent pool
	d^*	=	depth below the permanent pool level that is sufficient to retain the target sediment (m) – adopt 1.0 m or d_p whichever is lower.

Sedimentationshastigheter i vatten enligt tabell 4-1 i WSUD guideline:

Table 4-1: Settling Velocities (vs) under Ideal Conditions

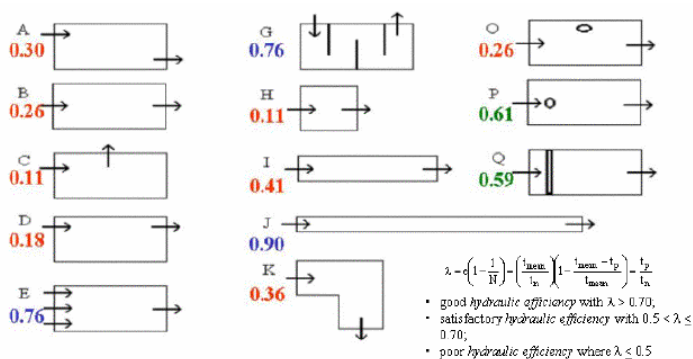
Classification of particle size	Particle diameter (µm)	Settling velocities (mm/s)
Very coarse sand	2000	200
Coarse sand	1000	100
Medium sand	500	53
Fine sand	250	26
Very fine sand	125	11
Coarse silt	62	2.3
Medium silt	31	0.66
Fine silt	16	0.18
Very fine silt	8	0.04
Clay	4	0.011

Source: (Maryland Dept. of Environment 1987 in Engineers Australia 2006)

Turbulensen eller kortslutningsparametern n beror på dammens form och uttrycker hur effektivt dammen fungerar; ju jämnare flödet är fördelat, desto effektivare fungerar dammen.

$$n = 1 / (1 - \lambda)$$

λ bestäms enligt följande schema (figur 4-4 i WSUD guideline, baserat på Persson med flera, 1999):



Tömningsfrekvensen kan beräknas med:

$$V_s = A_{\text{catchment}} \cdot R \cdot L_0 \cdot F_c \text{ där}$$

V_s = nödvändig sedimentlagringsvolym

$A_{\text{catchment}}$ = avrinningsområdets area [ha]

R = Sedimentationseffektivitet (% av sediment som avskiljs), se ovan

L_0 = sedimentfrakt från avrinningsområdet [m^3/ha år], genomsnittligt värde för utvecklade områden $L_0 = 1,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ år

F_c = tömningsfrekvens [år]

5. Dimensionering av hydrauliska strukturer

- Inlopp
- Flödesfördelning
- Utlopp
- Förbiledning
- m.m.

6. Landskapet

- Val av vegetation
- Landskapsdesign

7. Underhållsbehov

- Regelbunden inspektion (intervall <1 år)
- Tömning av sediment (intervall flera år)

Exempel 1

Förutsättningar:

$A_{\text{catchment}} = 48,7 \text{ ha}$; $\varphi = 0,6$

Rinntid $t_c = 30 \text{ min}$

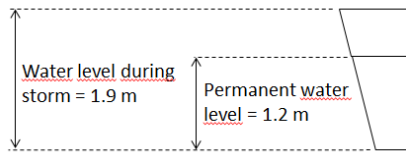
$A_{\text{pond}} = 1300 \text{ m}^2$, dammens form ungefär:



De två inloppen ser ut som på bilden:



Tvärsnitt:



- (i) Är den här dammen tillräcklig för att avlägsna > 90 procent av mycket fin sand för ett regn med en återkomsttid $T = 2$ år?
- (ii) Hur ofta måste dammen tömmas om det maximala djupet av det ackumulerade sedimentlagret på botten = 0,2 m?

Lösning:

Reningseffektivitet R

$$Q = 2000 \text{ l/s}$$

$$\lambda = 0,26; n = 1,35$$

$$v_s = 0,011 \text{ m/s}$$

$$q = 2000 \text{ l/s}$$

$$d_e = 0,7 \text{ m}; d_p = 1,2 \text{ m}; d^* = 1,0 \text{ m.}$$

$R = 93$ procent, dvs. dammen är tillräcklig.

Tömningsfrekvens

$$A_{\text{catchment}} = 48,7 \text{ ha}$$

$$R = 0,93$$

$$L_0 = 1,6 \text{ m}^3/\text{ha år}$$

$$V_s = 0,2 \text{ m} \cdot 1300 \text{ m}^2 = 260 \text{ m}^3, \text{ dvs. ett sedimentlager}$$

$$F_c = 3,5 \text{ år}$$

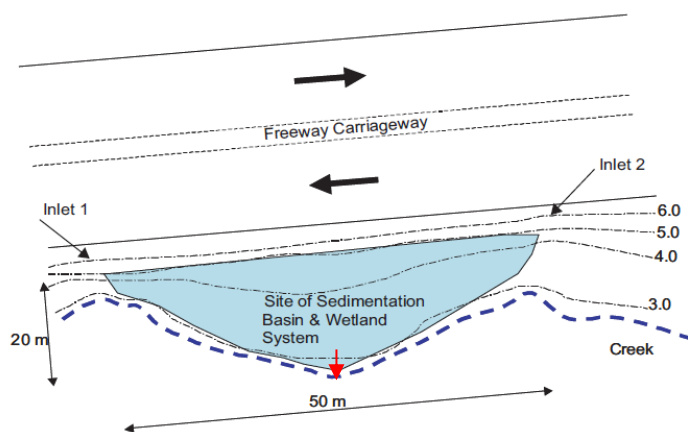
Exempel 2

Förutsättningar:

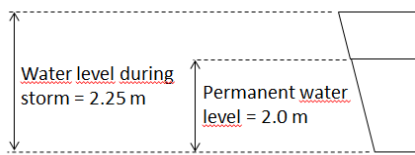
En sedimenteringsdamm ska behandla avrinningen från en motorväg.

En damm ska byggas på platsen som skisseras nedan (dammen kan vara mindre än det blå området).

Två inlopp. Utloppet är mot bäcken, röd pil.



Tvärsnitt:



Hur stor måste dammen vara för att ta bort > 90 procent av den mycket fina sanden för ett regn med $q = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$?

Lösning:

$$\lambda = 0,4; n = 1,67$$

$$v_s = 0,011 \text{ m/s}$$

$$d_e = 0,25; d_p = 2,0 \text{ m}; d^* = 1,0 \text{ m}$$

$$R = 90 \text{ procent för en damm med } A = 50 \text{ m}^2$$

5. GRÖNA TAK

1. Dimensioneringsmål

- Minska avrinningen till avloppssystem och recipienter
- Arkitektur, biodiversitet, minska urbana värmeöar m.m.

2. Takdesign

- Tjocklek
- Vegetation
- Substrat
- Lager under substratet
- m.m.

3. Effekt på dagvattenavrinning

Beräkning med rationella metoden

Ett grönt tak är inte hydrauliskt dimensionerat i sig självt. Men hydrologin nedströms påverkas.

När man beräknar avrinningsflöden och -volymer från gröna tak med rationella metoden måste rinntiden (dvs. koncentrationstiden och således varaktigheten hos dimensionerande regn) och avrinningskoefficienten väljas så att de stämmer överens.

Rinntiden för ett grönt tak är längre än för ett konventionellt tak av samma storlek. Liknande flödes hastigheter som för ytavrinning kan användas, dvs. ungefär $v = 0,1 \text{ m/s}$.

Avrinningskoefficienten φ för gröna tak är lägre än för konventionella tak. Som för alla avrinningsområden beror φ på olika faktorer (t.ex. fuktighet före regnhändelsen: lägre φ när det är torrt; sluttning: ju brantare taket är, desto högre är φ ; årstid: lägre φ på sommaren; intensitet och längd: högre φ för intensiva och långa regn; intensiva eller extensiva tak: intensiva har lägre φ) och kan därför variera mellan regnhändelser på samma tak. För ett stilla regn, om det är hög avdunstning

och taket har full magasineringskapacitet, kan ϕ vara noll medan det kan närma sig 1 för intensiva regn.

Bra approximationer är:

För extensiva gröna tak $\phi_{\text{median}} = 0,3$; variationer vanliga mellan 0,2 och 0,6

För intensiva gröna tak $\phi_{\text{median}} = 0,15$; variationer vanliga mellan 0,05 och 0,5.

Särskilt på vintern är ϕ relativt högt; därför kan ett något högre ϕ väljas av säkerhetsskäl för nordsvenska klimatförhållanden.

Avrinningsberäkning inklusive magasineringskapacitet för taket:

Om takets magasineringskapacitet är känd kan också anpassade versioner av metoden som beskrivs i avsnitt 2.2 användas. Observera att ingen avrinning är medräknad i den här metoden.

6. BIOFILTER

1. Dimensioneringsmål

- Kvalitetsbehandling och fördröjning av relativt låga flöden
- Förbiledning av dimensionerade flöden genom bräddutlopp
- Förbiledning av överskottsflöden

2. Platsförhållanden

- Area
- Tillgänglig storlek på systemet
- Grundvattennivå
- Avloppssystemets djup
- m.m.

3. Dimensionerande flöden

- Q_{everyday} : infiltrerat och behandlat, dimensionering av dräneringsledningar
- $Q_{\text{design}(T=2\dots20 \text{ years})}$: design av inlopp/bräddutlopp
- $Q_{\text{exceedance}(T=20\dots100)}$: förbiledning av överskottsflöden

4. Filtermaterial

- Beror på behandlingsbehov, infiltrationsbehov och vegetationens behov. Ofta kompromiss mellan dessa.

Filtermedia som används i biofilter är vanligen sandiga lerjordar eller sand. Filtermedia är mellan 500 och 800 mm tjockt och har under sig ett 30-100 mm tjockt övergångsskikt och ett dräneringsskikt (grovt grus) med en inbäddad dräneringsledning (100-150 mm tjockt). Relativt grova filtermedia ska väljas i kallare regioner (för att möjliggöra infiltration även när temperaturen går under noll grader) utan att äventyra behandlingsfunktionen (grovt material ger kortare kontakttid) och vegetationens tillväxt (välldränerat material är torrare mellan regnvädren).

Ett biofilter kan utrustas med en vattenmättad nedsänkt zon för att gynna kvävebehandling och för att tillhandahålla fukt till vegetationen mellan regnvädren.

$q_{\text{infiltration}}$ genom filtermedia bestäms genom att använda

$$q_{\text{max, inf}} = k_{\text{sat}} \cdot A_{\text{filter}} \cdot [(h_{\text{max}} + d)/d], \text{ där}$$

d = filtermedias djup (m)

h_{max} = magasineringsdjup ovanför filtret (m)

A_{filter} = arean av filtrets yta (m^2)

k_{sat} = mättad hydraulisk konduktivitet hos filtermedia (m/s)

Typiska k_{sat} är 100-300 mm/tim.

Genom att jämföra $q_{\text{infiltration}}$ med q_{storm} kan man uppskatta när det sker översvämningar.

Dräneringsskiktets flödeskapacitet måste vara större än $q_{\text{infiltration}}$ för att förhindra vattensamlingar i filtret.

5. Dimensionering

- Inlopp, bräddutlopp, dräneringsledningar för infiltrationsflödet, förbiledning m.m.

Storlek

En biofilterenhet är typiskt mellan 1 och 5 procent av sitt tillrinningsområde. Ofta beror storleken på platsspecifika förhållanden (tillgängligt utrymme). Det antas att biofilter med denna area ger tillräckligt behandling. En 10-30 cm hög vattenansamlingsarea upptill i biofiltret tillåter tillfällig ansamling av vatten under regnväder eftersom $q_{\text{storm}} > q_{\text{infiltration}}$. Ett bräddutlopp tillåter säkert utsläpp/förbiledning av vatten under intensiva regnväder.

Försedimenteringsdamm

Förbehandling av dagvatten som leds in i ett biofilter åstadkoms ofta med en försedimenteringsdamm. Denna fördamm dimensioneras på samma sätt som sedimentdammar (se ovan):

$$R = 1 - \left[1 + \frac{1}{n} \cdot \frac{V_s}{Q/A} \right]^{-n}$$

Eftersom den här dammen är mindre än en damm i full storlek så är den vanligen mindre effektiv när det gäller att avskilja sediment. Därför är partiklarna oftast grövre, t.ex. 1 mm.

Storleken på fördammen bestäms på följande sätt:

$$V_s = A_{\text{catchment}} \cdot R \cdot L_0 \cdot F_c$$

Vanliga tömningsintervall är 1-2 år.

För förklaring av denna ekvation och standardvärden – se ovan.

Hydrauliska strukturer

Dräneringsskikt, bräddutlopp, inlopp m.m. dimensioneras genom att använda vanliga hydrauliska ekvationer.

Kontroll av erosionsrisk vid höga flöden

Flödeshastigheten under stora regnhändelser måste kontrolleras för att förhindra erosion och försäkra att vegetationen inte skadas. T.ex. kan Manning's ekvation användas.

6. Landskap

- Val av vegetation

Vegetationen bidrar till utseendet hos biofiltren (som ofta införs i täta urbana miljöer) och hindrar ytterligare igensättning (på grund av att rötterna öppnar porer i marken). Valet av vegetation görs baserat på flera parametrar, t.ex. estetik, tolerans mot intermitterande torka/översvämning, salttolerans m.m.

- Landskapsdesign

7. Underhållsbehov

- Regelbunden inspektion (intervall < 1 år)
- Utbyte av filter (intervall flera år)

Biofilter i svackdiken

Biofilterenheter kan införas i svackdiken. Designen måste då anpassas. Försedimenteringsdammar kan vara onödiga eftersom svackdiken tar hand om förbehandlingen. Ett bräddutlopp kan lokaliseras i nedströmsdelen av svackdiken i stället för en per filterenhet.