



Dagvatten

Bilaga med typexempel

för beräkning av dimensionerande
dagvattenflöden

Version 1.1

2017

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	3
1.1	Beteckningar	3
1.2	Indexering och avrinningskoefficienter	3
1.3	Ekvationer.....	4
2	Exempel typkvarter med utförliga beräkningar.....	6
2.1	Förtättningskvarter 1a.....	6
2.1.1	Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin	7
2.1.2	Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark.....	10
2.2	Förtättningskvarter 1b.....	13
2.2.1	Infiltrationsstråk med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin	14
2.2.2	Infiltrationsstråk med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark.....	16
3	Exempel typkvarter med sammanfattade beräkningar	18
3.1	Tät stadsenklav 2a	18
3.1.1	Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin	19
3.1.2	Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark.....	20
3.2	Tät stadsenklav 2b	21
3.2.1	Nedsänkta växtbäddar och grönyta med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin.....	22
3.2.2	Nedsänkta växtbäddar och grönyta med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark	23
3.3	Extra tät stadsenklav 3a.....	24
3.4	Extra tät stadsenklav 3b.....	26
3.5	Punkthus 4a	28
3.6	Punkthus 4b	30
3.6.1	Upphöjda växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin	31
3.6.2	Upphöjda växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark.....	32
4	Bilagor	33
	Bilaga 1. Diagram och tabeller.....	33
	Bilaga 2. Dimensionering av lokal fördröjningsanläggning med fördröjningsvolym i det porösa marklagret	41

1 Introduktion

I denna bilaga beräknas dimensionering av dagvattenanläggningar samt dimensionerande flöde enligt metoden i avsnitt 3.3 i *PM Beräkningsmetodik för dagvattenflöde och föroreningstransport i Stockholm*. Exempelen är hämtade från verkliga planer som har modifierats för att inkludera dagvattenanläggningar som möter åtgärdsnivån om 20 mm omhändertagande lokalt inom kvartersmark. I de fall en passage av dagvattnet genom anläggningen kan uppnå syftet med åtgärdsnivån kan våtvolymer minska. Denna möjlighet har redovisats för de exempelkvarter som innehåller växtbäddar, infiltrationsstråk och dränerande gräsytor.

1.1 Beteckningar

Följande beteckningar används i beräkningsexemplen:

Beteckning	[Enhet]	Förklaring
A	[m ²]	Area för markanvändning
ϕ	[-]	Avrinningskoefficient
A _{red}	[m ²]	Reducerad area, d.v.s. area multiplicerad avrinningskoefficient
k	[-]	Kvoten mellan arean för dagvattenanläggning och ansluten reducerad area
n	[-]	Dränerbar porositet, det vill säga ett mediums hålrum, ej inräknat kapillära krafter.
U	[m ³]	Fördröjningsvolym som ska omhändertas
d _r	[m]	Regndjup som omhändertas inom kvarter
d _{r,y} , d _{r,p}	[m]	Regndjup som omhändertas i magasin på ytan (y) eller i det porösa marklagret (p) av en dagvattenanläggning
d _y , d _p	[m]	Djup för fördröjningsvolym på ytan (y) eller i det porösa marklagret (p) av en dagvattenanläggning
f	[mm/h]	Infiltrationshastighet
f _s	[mm/h]	Sammanvägd infiltrationshastighet för en fördröjningsanläggning
Å	[år]	Återkomsttid för regn
i(t)	[l/s/ha]	Regnintensitet vid en viss dimensionerande varaktighet t [min]
q _{drän}	[l/s]	Dränerings- eller avtappningsflöde ut från en fördröjningsanläggning
q _{dim}	[l/s]	Dimensionerande dagvattenflöde
t _r	[min]	Rinntid
t _f	[min]	Fyllnadstid, den tid det tar innan en anläggning bräddar
k _f	[-]	Klimatfaktor
t _{töm}	[h]	Tömningstid för fördröjningsanläggning

1.2 Indexering och avrinningskoefficienter

Antagna avrinningskoefficienter för olika markanvändningar vid ett kortvarigt dimensionerande 10-årsregn listas nedan. För fördröjningsanläggningar, t.ex. växtbäddar och genomsläpplig beläggning, sätts $\phi = 1,0$ då dagvattenavrinningen som ska fördröjas härstammar från själva ytan. Övriga avrinningskoefficienter sätts enligt P110 (tabell 4.8).

Index	Markanvändning	ϕ
b	Genomsläpplig beläggning	1,0
d	Dike	1,0
g	Grönyta	0,1
gt	Gröna tak	1,0
gård	Gårdsyta (hårdgjord)	0,8
is	Infiltrationsstråk	1,0
ig	Infiltrerande grönyta	1,0
p	Parkeringsyta	0,8
s	Skelettjord	1,0
t	Tak	0,9
td	Torr damm/nedsänkt grönyta	1,0
v	Växtbädd	1,0

1.3 Ekvationer

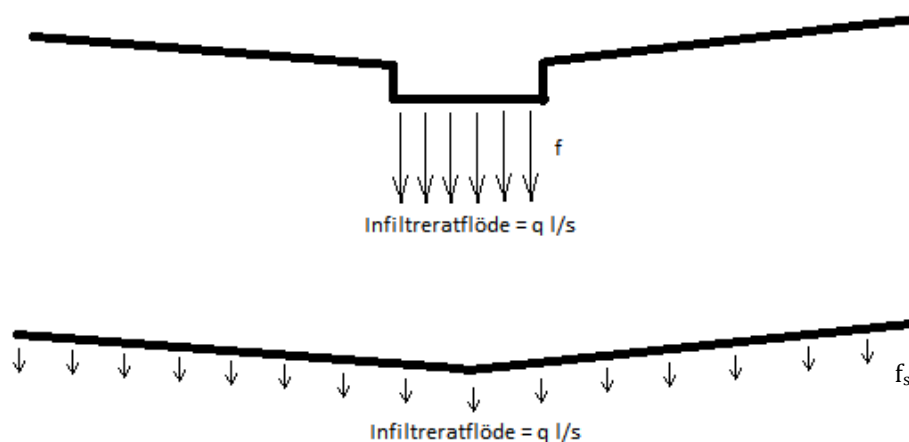
Följande ekvationer används och hänvisas till i beräkningsexemplen. Tabeller och grafer återfinns i avsnitt 4 Bilagor i slutet av dokumentet.

Ekvation 1. Beräkning av erforderlig fördröjningsvolym U_i [m^3] för yta i utifrån den regnvolym som ska hanteras inom kvarteret, d_r [mm], arean A_i [m^2] och markanvändningsspecifik avrinningskoefficient ϕ_i [-].

$$U_i = d_r \cdot A_i \cdot \phi_i = d_r \cdot A_{red}$$

Ekvation 2. Beräkning av den sammanvägda infiltrationshastigheten f_s [mm/h], som är den fiktiva infiltrationshastighet som fås om anläggningens infiltrationskapacitet f [mm/h] fördelas ut på hela den reducerade ytan av avrinningsområdet A_{red} [m^2]. Kvoten mellan anläggningens area A [m^2] och A_{red} betecknas k . Begreppet illustreras nedan.

$$f_s = f \cdot \frac{A}{A_{red}} = f \cdot k$$



Ekvation 3. Beräkning av erforderligt magasinsdjup d [m] utifrån erforderlig magasinvolym U [m^3], tillgänglig area för magasinering A [m^2] och dränerbar porositet n [-]. För magasin ovan mark sätts $n = 1$.

$$d_i = \frac{U_i}{A_i \cdot n}$$

Ekvation 4. Beräkning av tömningstiden $t_{töm}$ [h] av en fördröjningsanläggning är summan av tömningstiderna ovan och under mark. Ovan mark är tömningstiden kvoten mellan erforderlig fördröjningsvolym U [m^3] och produkten av anläggningens area A [m^2] och infiltrationshastighet f [m/h]. Om anläggningen rymmer magasin under mark adderas även tiden det tar för vattnet att infiltrera/perkolera från ytan till markmagasinets botten. Den tiden beror av anläggningsdjupet för det porösa marklagret d_p [m], den dränerbara porositeten n [-] och infiltrationshastigheten på det begränsande lagret f [m/h].

$$t_{töm} = \left[\frac{U}{A \cdot f} \right]_{\text{ovan mark}} + \left[\frac{d_p \cdot n}{f} \right]_{\text{under mark}}$$

Ekvation 5. Ekvation för beräkning av dimensionerande regnintensitet $i(t)$ [l/s/ha] som beror av återkomsttid T [mån] och dimensionerande regnvaraktighet t [min].

$$i(t) = 190 \cdot \sqrt[3]{T} \cdot \frac{\ln(t)}{t^{0,98}} + 2$$

Ekvation 6. Dimensionerande dagvattenflöde q_{dim} [l/s] beräknas med rationella metoden. A_{red} [ha] är de reducerade anslutna areorna, $i(t)$ [l/s/ha] dimensionerande regnintensitet (Ekvation 5) och k_f klimatfaktor [-].

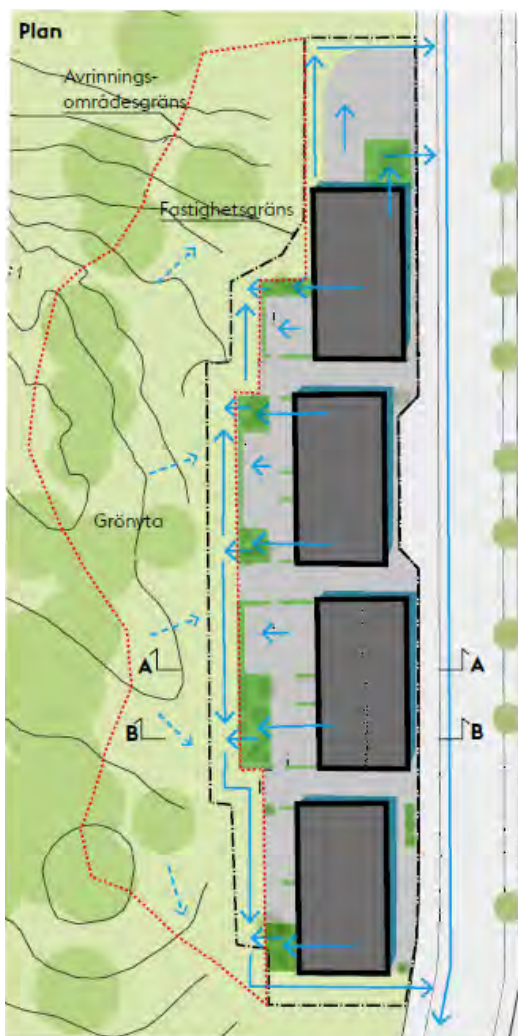
$$q_{dim} = \sum (A_{red,i}) \cdot i(t) \cdot (k_f)$$

2 Exempel typkvarter med utförliga beräkningar

För två exempel av typkvarter, Förtätningskvarter 1a och 1b, genomförs beräkningar av dimensionerande dagvattenflöde mer utförligt och kompletteras med text och kommentarer. För resterande sex typkvarter presenteras förutsättningarna överskådligt och resultat presenteras i tabellformat.

2.1 Förtätningskvarter 1a

Kvarteret består av vanliga tak och gårdsyta med genomsläpplig beläggning och nedsänkta växtbäddar. Området har en sluttande grönyta i väst. Två beräkningar görs; (2.1.1) en där växtbäddarna ytmässigt upptar en större del av gårdsytan och magasinerar hela fördröjningsvolymen ytligt och (2.1.2) en där växtbäddarna upptar en mindre yta och fördröjningsvolymen fördelas både i ett ytligt magasin samt i ett filtrerande marklager. Växtbäddarna i (2.1.2) kan frångå 20 mm måttet då förutsättningarna (infiltrationshastighet och djup på poröst marklager) för att uppnå åtgärdsnivån ändå finns. Se vidare under åtgärdsnivå på [stadens dagvattenwebbsida](#).



Steg 1: Kartlägg området

(a) Gårdsytan består av beläggning med genomsläppliga fogar på luftigt bärlager. Den dränerbara porositeten är 0,3 och ytans infiltrationshastighet 100 mm/h.

$$A_b = 963 \text{ m}^2$$

$$n_b = 0,3$$

$$f_b = 100 \text{ mm/h}$$

(b) Regnvatten från vanliga tak avrinner mot nedsänkta växtbäddar med lättviktsjord (pimpsten) som förses med dräneringsledning. Växtbäddarna har en dränerbar porositet på 0,15 och infiltrationshastighet 100 mm/h. Det porösa marklagret i växtbädden är 0,5 m djupt.

$$A_t = 928 \text{ m}^2$$

$$A_v = 195 \text{ m}^2$$

$$n_v = 0,15$$

$$f_v = 100 \text{ mm/h}$$

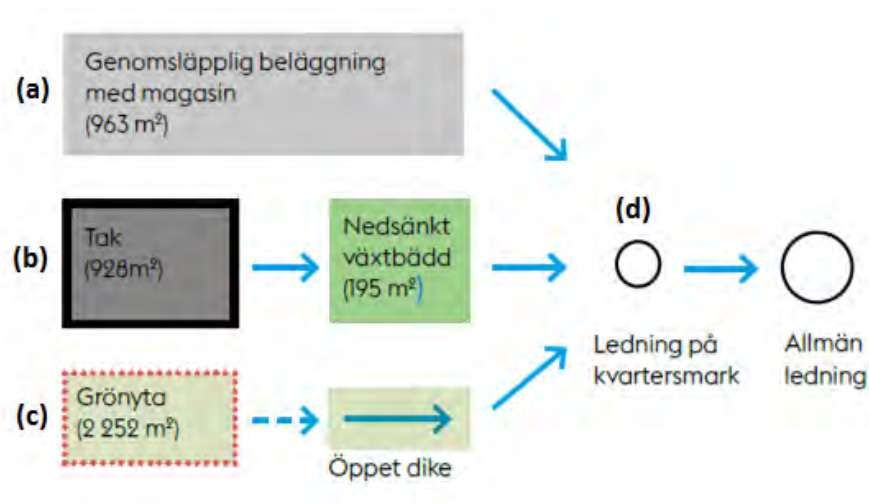
$$d_{p,v} = 0,5 \text{ m}$$

(c) Angränsande grönområde utanför fastighetsgräns lutar in mot den bebyggda ytan och avvattnas i ett öppet dike som är 100 m långt och 1 m brett

$$A_d = 100 \text{ m}^2$$

$$A_g = 2\,252 \text{ m}^2$$

(d) Gårdsytan och växtbäddarna dräneras via bräddledning i det öppna diket vidare till anslutning till allmän ledning.



Steg 2: Bestäm återkomsttid för dimensionering av flöde

10 års återkomsttid väljs. Se P110.

2.1.1 Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin

Dimensionering av anläggningar och flöde görs för hela kvarteret med förutsättningen att de nedsänkta växtbäddarna omhändertar 20 mm regn i ett ytligt magasin.

(a) Genomsläpplig beläggning med magasin under mark

- **Steg 3: Beräkna ansluten reducerad area till dagvattenanläggning**

$$A_{\text{red}} = A_b \cdot \phi_b = 963 \cdot 1,0 = 963 \text{ m}^2$$

- **Steg 4: Beräkna erforderlig fördröjningsvolym**

Ekvation 1: $U_b = d_r \cdot A_{\text{red}} = 0,020 \cdot 963 = 19,3 \text{ m}^3$. Denna volym ska omhändertas i det porösa marklagret.

- **Steg 5: Beräkna erforderligt anläggningsdjup**

(b) för magasin enbart under mark

Anläggningens infiltrationshastighet är $f_b = 100 \text{ mm/h}$. Den sammanvägda infiltrationshastigheten är också 100 mm/h då anläggningsytan och avrinningsytan är densamma. Kravet att infiltrera minst 8 mm/h tillgodoses (se Bilaga 2).

$$\text{Ekvation 3: } d_b = U_b / (A_b \cdot n_b) = 19,3 / (963 \cdot 0,3) = 0,07 \text{ m}$$

- **Steg 6: Kontrollera tömningstid**

(a) Distribuerad tillförsel av dagvatten

Den genomsläppliga beläggningen har ett naturligt långsamt utflöde och en strypning av utloppet kommer sannolikt inte behöva anläggas i praktiken.

Tillgänglig volym under genomsläpplig beläggning är tillräcklig för att ta om hand 20 mm regn om minst **0,07 m anläggningsdjup** finns. I praktiken anläggs genomsläpplig beläggning med cirka 0,3 meters anläggningsdjup, vilket skapar ett större magasin än 20 mm. Om så är fallet kommer anläggningen att kunna infiltrera vatten under pågående

regn även vid regnvolymer större än 20 mm. Detta infiltrationsflöde kan beräknas och subtraheras från det dimensionerande flödet för kvarteret.

(b) Tak till nedsänkta växtbäddar med ytligt magasin

- **Steg 3: Beräkna ansluten reducerad area till dagvattenanläggning**
 $A_{\text{red}} = A_t \cdot \phi_t + A_v \cdot \phi_v = 928 \cdot 0,9 + 195 \cdot 1,0 = 1030 \text{ m}^2$
- **Steg 4: Beräkna erforderlig fördröjningsvolym**
Ekvation 1: $U_v = d_t \cdot A_{\text{red}} = 0,020 \cdot 1030 = 20,6 \text{ m}^3$
- **Steg 5: Beräkna erforderligt anläggningsdjup**
(a) för magasin enbart ovan mark
Ekvation 3: $d_v = U_v / A_v = 20,6 / 195 = 0,11 \text{ m}$
- **Steg 6: Kontrollera tömningstid**
(b)(ii) Koncentrerad tillförsel av dagvatten med naturlig trög avtappning
 $t_{\text{töm}} = U_v / (A_v \cdot f_v) + (d_{p,v} \cdot n_v / f_v) = (20,6 / (195 \cdot 0,100)) + (0,5 \cdot 0,15 / 0,100) = 1,06 + 0,75 = 1,8 \text{ h}$

Tömningstiden blir i detta fall relativt kort till följd av en stor anläggningsyta och hög infiltrationshastighet. Då infiltrationshastigheten inte överstiger 100 mm/h förutsätts dock tillräcklig rening erhållas samtidigt som en tömningstid kortare än 12 timmar minskar risken för bräddning inför nästkommande regn.

Med ett **ytligt magasineringsdjup om minst 0,11 m** i växtbäddar är tillgänglig växtbäddsyta tillräcklig för att omhänderta 20 mm regn.

(c) Grönyta till öppet dike

Grönytan omfattas inte av åtgärdsnivån om 20 mm omhändertagande då det är en icke hårdgjord yta. Den ligger heller inte inom den kvartersmark som planeras. Mot bakgrund av detta finns inte krav på att diket ska fungera som en fördröjningsanläggning i detta fall utan behöver endast fungera för bortledning av vatten från grönytan.

Däremot är det viktigt att diket funktion säkerställs genom lämplig dimensionering ur flödessynpunkt, exempelvis genom Mannings formel. Flödet från grönytan behöver även beaktas vid beräkning av det dimensionerande flödet som når allmän dagvattenledning, se steg 11 och 12.

(d) Ledning på kvartersmark till allmän ledning

[Beräkningar för klimatkompenserade förhållanden med $k_f = 1,25$ inom hakparantes]

- **Steg 7: Bestäm fyllnadstid**
Figur 2 eller Tabell 1 (i Bilaga 1) ger att 20 mm regn faller på $t_f = 26 \text{ min}$
[Figur 3 eller Tabell 1 (i Bilaga 1) ger $t_f = 15 \text{ min}$]
- **Steg 8: Bestäm rinntid**
Den längsta rinnlängden från tak/gårdsplan till dike uppskattas till 20 m och avrinningen på mark sker med hastigheten 0,1 m/s. Det öppna diket är cirka 200 m långt och avrinner åt två håll. Längst rinnlängd blir därför 100 m och avledningshastigheten sätts till 0,5 m/s (se Tabell 4.5 i P110).
 $t_r = 20 / 0,1 + 100 / 0,5 = 400 \text{ s} = 7 \text{ min.}$

Dock bör rinntiden enligt P110 inte ansättas till mindre än 10 min. Således:

$$t_r = 10 \text{ min}$$

- **Steg 9: Beräkna dimensionerande varaktighet för regn**

$$t = t_f + t_r = 26 + 10 = 36 \text{ min}$$

$$[t = t_f + t_r = 15 + 10 = 25 \text{ min}]$$

- **Steg 10: Beräkna dimensionerande regnintensitet**

$$\text{Ekvation 5 eller Tabell 1 (i Bilaga 1): } i(t=36) = 102 \text{ l/s/ha}$$

$$[i(t=25) = 131 \text{ l/s/ha}]$$

- **Steg 11: Beräkna ansluten reducerad area för vald beräkningspunkt**

Vald beräkningspunkt är anslutningspunkten från kvarter till allmän dagvattenledning.

$$A_{\text{red}} = A_b \cdot \phi_b + (A_v \cdot \phi_v + A_t \cdot \phi_t) + (A_g \cdot \phi_g + A_d \cdot \phi_d) = 0,0963 + 0,1030 + (0,2252 \cdot 0,1 + 0,0100 \cdot 1,0) = 0,0963 + 0,1030 + 0,0325 = 0,2318 \text{ ha}$$

- **Steg 12: Beräkna dimensionerande flöde**

$$\text{Ekvation 6: } q_{\text{dim}} = A_{\text{red}} \cdot i(t=36) = 0,2318 \cdot 102 = 24 \text{ l/s}$$

$$[q_{\text{dim}} = A_{\text{red}} \cdot i(t) \cdot kf = 0,2318 \cdot 131 \cdot 1,25 = 38 \text{ l/s}]$$

Genom att magasinera 20 mm lokalt blir det dimensionerande flödet från Förtätningkvarter 1a **24 l/s** [med klimatfaktor **38 l/s**].

Dimensionerande avrinning utan fördröjning

Om inget lokalt omhändertagande av dagvatten hade funnits inom kvarteret skulle området dimensioneras utifrån rationella metoden enligt P110:

- **Bestäm avrinningskoefficienter**

$\phi_t = 0,9$, $\phi_d = 1,0$ och $\phi_g = 0,1$ som tidigare. Växtbäddar antas istället vara vanliga rabatter med $\phi_v = 0,1$ och gårdsområdet hårdgjort med $\phi_b = 0,8$.

- **Bestäm dimensionerande varaktighet för regn**

Ingen fyllnadstid inom området, rinntiden sätts till $t_r = 10 \text{ min}$.

- **Bestäm dimensionerande regnintensitet**

$$\text{Ekvation 5 eller Tabell 1 (i Bilaga 1): } i(t=10) = 228 \text{ l/s/ha}$$

- **Beräkna dimensionerande flöde**

$$\begin{aligned} \text{Ekvation 6: } q_{\text{dim}} &= (A_v \cdot \phi_v + A_t \cdot \phi_t + A_b \cdot \phi_b + A_g \cdot \phi_g + A_d \cdot \phi_d) \cdot i(t=10) \\ &= 0,0195 \cdot 0,1 + 0,0928 \cdot 0,9 + 0,0963 \cdot 0,8 + 0,2252 \cdot 0,1 + 0,0100 \cdot 1,0 \cdot 228 \\ &= 0,195 \cdot 228 = 44 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Utan fördröjningsåtgärder i kvarteret hade det dimensionerande flödet varit **44 l/s**, det vill säga 83% högre än med fördröjningsåtgärder.

2.1.2 Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark

I beräkningarna ovan (2.1.1) antas växtbäddarna magasinera allt vatten ytligt. Med rätt filtermaterial, tillräcklig infiltrationskapacitet och mäktighet kan godtagbar rening uppnås genom att dagvattnet enbart passerar genom anläggningen, inte uppehålls. I detta exempel visar vi hur växtbäddar då kan dimensioneras med mindre yta samt volym men med fortsatt godtagbar rening.

Steg 1: Kartlägg området

Grönytan, den genomsläppliga beläggningen och diket är som förut. Nya förutsättningar gäller för (b) takytorna som avvattnas till nedsänkta växtbäddar. Takytan har ökat till $1\,072\text{ m}^2$ och växtbäddarnas yta har minskat till 51 m^2 , vilket innebär att de utgör 5 % av hårdgjord avrinningsyta. Sedan tidigare är det även känt att $n_v = 0,15$ och $f_v = 100\text{ mm/h}$.

$$A_t = 1072\text{ m}^2$$

$$A_v = 51\text{ m}^2$$

Steg 2: Bestäm återkomsttid för dimensionering av flöde

10 års återkomsttid väljs som innan.

(b) Tak till nedsänkta växtbäddar med magasin både under och ovan mark

- **Steg 3: Beräkna ansluten reducerad area till dagvattenanläggning**

$$A_{\text{red}} = A_t \cdot \phi_t + A_v \cdot \phi_v = 1072 \cdot 0,9 + 51 \cdot 1,0 = 1016\text{ m}^2$$

- **Steg 4: Beräkna erforderlig fördröjningsvolym**

$$\text{Ekvation 1: } U_v = d_r \cdot A_{\text{red}} = 0,020 \cdot 1016 = 20,3\text{ m}^3$$

- **Steg 5: Beräkna erforderligt anläggningsdjup**

(c) för magasin ovan och under mark

i. Sammanvägd infiltrationskapacitet är (Ekvation 2):

$$f_s = f_v \cdot (A_v/A_{\text{red}}) = f_v \cdot k = 100 \cdot (51/1016) = 5,0\text{ mm/h.}$$

ii. Under 2,5 timme (se Bilaga 2) hinner $d_{r,p} = f_s \cdot t = 5,0 \cdot 2,5 = 12,5\text{ mm}$ från alla anslutna ytor infiltrera till det porösa lagret. Det motsvarar:

$$U_{p,v} = (12,5/20) \cdot U_v = (12,5/20) \cdot 20,3 = 12,7\text{ m}^3$$

iii. Ekvation 3: $d_{p,v} = U_{p,v}/(A_v \cdot n_v) = 12,7/(51 \cdot 0,15) = 1,66\text{ m}$

Anläggningsdjupet skulle i detta fall behöva vara 1,66 m om 20 mm våtvolum ska åstadkommas. Då förutsättningar finns (se punkter nedan) för att enbart låta 20 mm passera anläggningen kan volymen minskas och anläggningen dräneras ut efter det porösa lagret.

- ✓ *Det finns ett ytligt magasin.*
- ✓ *Den huvudsakliga reningen sker i passagen genom ett filtrerande marklager vars långsiktiga infiltrationshastighet (efter växtetablering) är maximalt 100 mm/h.*
- ✓ *Filterdjupet har tillräcklig mäktighet för att effektiv rening ska kunna uppnås.*

Enligt anläggningsbeskrivningarna bör växtbäddar ha ett anläggningsdjup för filtermaterialet på minst 0,5 m. Här väljs därför $d_{p,v} = 0,5$ m.

iv. I det ytliga magasinet behöver resterade volym $U_{y,v} = U_v - U_{p,v} = 20,3 - 12,7 = 7,6$ m³ fördröjas. Erforderligt anläggningsdjup blir:

$$d_{y,v} = U_{y,v}/A_v = 7,6/51 = 0,15 \text{ m}$$

- **Steg 6: Kontrollera tömningstid**

- **(b)(ii) Koncentrerad tillförsel av dagvatten med naturlig trög avtappning**

$$t_{\text{öm}} = U_v/(f_v \cdot A_v) + (d_{p,v} \cdot n_v/f_v) = 20,3/(0,100 \cdot 51) + (0,5 \cdot 0,15/0,100) = 4,0 + 0,8 = 4,8 \text{ h}$$

Tömningstiden blir i detta fall kortare än 12 timmar vilket minskar risken för bräddning inför nästkommande regn. Då infiltrationshastigheten inte överstiger 100 mm/h förutsätts tillräcklig rening erhållas trots relativt kort tömningstid.

Genom att uppfylla kriterierna för att dimensionera anläggningen för passage av 20 mm kan **det filtrerande marklagret anläggas med 0,5 m djup. Ytmagasinet behöver ha ett anläggningsdjup på minst 0,15 m.**

(d) Ledning på kvartersmark till allmän ledning

För områdena (a) genomsläpplig beläggning med magasin under mark och (c) grönyta till öppet dike har förutsättningarna inte ändrats. För (b) tak till nedsänkta växtbäddar med magasin både under och ovan mark behöver dock nya beräkningar göras på grund av ny fyllnadstid.

- **Steg 7: Bestäm fyllnadstid**

- **(c) för magasin ovan och under mark**

- i. I Steg 5 beräknades att 12,5 mm från alla anslutna ytor infiltrerar till det porösa marklagret, vilket innebär att $20 - 12,5 = 7,5$ mm magasineras ytligt i växtbädden. Leta i Tabell 1 (i Bilaga 1) efter första kumulativa regnvolymer större än 7,5 mm. Tiden 4 minuter ger ett regndjup på 8,1 mm.

- ii. Under denna tid, 4 minuter, kommer $f_s \cdot t = 5,0 \text{ mm/h} \cdot (4/60) \text{ h} = 0,3$ mm ha hunnit infiltrera.

- iii. Totalt omhändertaget regndjup efter 4 minuter är $7,5 + 0,3 = 7,8$ mm.

- iv. Totalt omhändertaget regndjup (7,8 mm) i växtbädden är mindre än den kumulativa regnvolymer (8,1 mm) efter 4 minuter, vilket innebär att anläggningen bräddar. Alltså är $t_f = 4$ min.

- **Steg 8: Bestäm rinntid**

- Förutsättningar för rinntiden har inte ändrats från beräkningarna i avsnitt 2.1.1. Rinntiden ansätts därför till $t_r = 10$ min.

- **Steg 9: Beräkna dimensionerande varaktighet för regn**

$$t = t_f + t_r = 4 + 10 = 14 \text{ min}$$

- **Steg 10: Beräkna dimensionerande regnintensitet**

- Ekvation 5 eller Tabell 1 (i Bilaga 1): $i(t=14) = 188$ l/s/ha

- **Steg 11: Beräkna ansluten reducerad area för vald beräkningspunkt**

- Vald beräkningspunkt är anslutningspunkten från kvarter till allmän

dagvattenledning. Eftersom områdena nu får olika dimensionerande varaktigheter beräknas ansluten reducerad area var för sig:

$$A_{\text{red,a}} = A_b \cdot \phi_b = 0,0963 \cdot 1,0 = 0,0963 \text{ ha}$$

$$A_{\text{red,b}} = 0,1016 \text{ ha (se Steg 3)}$$

$$A_{\text{red,c}} = (A_g \cdot \phi_g + A_d \cdot \phi_d) = 0,2252 \cdot 0,1 + 0,0100 \cdot 0,1 = 0,0325 \text{ ha}$$

- **Steg 12: Beräkna dimensionerande flöde**

Ekvation 6:

$$q_{\text{dim,a}} = A_{\text{red,a}} \cdot i(t=36) = 0,0963 \cdot 102 = 9,8 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{dim,b}} = A_{\text{red,b}} \cdot i(t=14) = 0,1016 \cdot 188 = 19,1 \text{ l/s}$$

$$q_{\text{dim,c}} = A_{\text{red,c}} \cdot i(t=36) = 0,0325 \cdot 102 = 3,3 \text{ l/s}$$

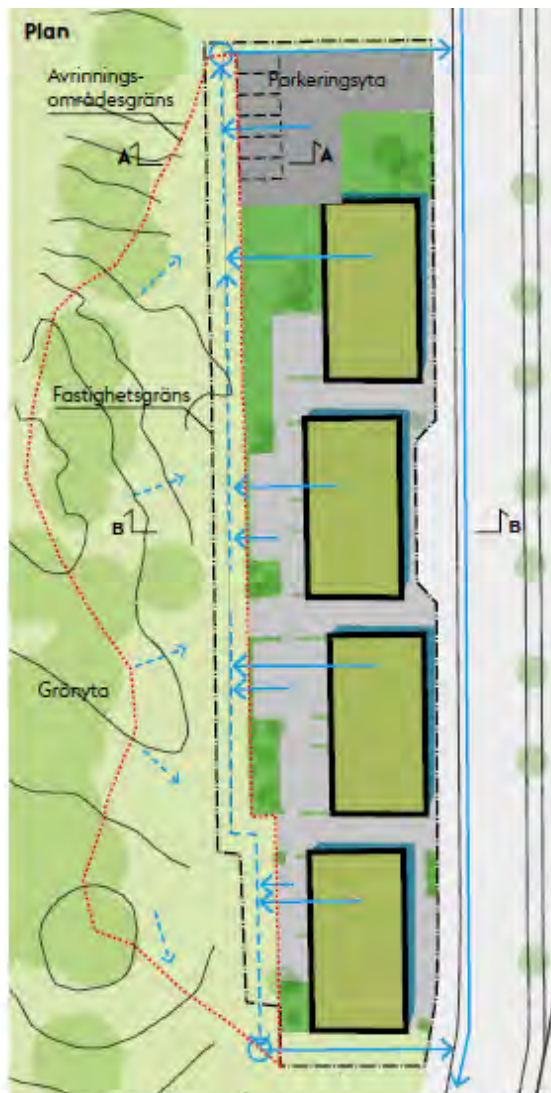
Dimensionerande flöde för hela kvarteret blir därmed:

$$q_{\text{dim}} = q_{\text{dim,a}} + q_{\text{dim,b}} + q_{\text{dim,c}} = 9,8 + 19,1 + 3,3 = 32 \text{ l/s}$$

Genom att krympa ytorna för växtbäddar och räkna med infiltration i växtbädd under pågående regn blir det dimensionerande flödet vid ett 10-årsregn **32 l/s** för hela kvarteret (jämfört med 24 l/s med den enklare beräkningsmetodiken med större växtbäddsytor och ingen medräknad infiltration).

2.2 Förtätningskvarter 1b

Kvarteret i detta exempel har tunna extensiva gröna tak på bostadshusen. Dagvattnet från taken avleds tillsammans med avrinningen från den hårdgjorda gårdsytan, parkeringen och den angränsande grönytan till ett infiltrationsstråk.



Steg 1: Kartlägg området

De gröna taken i kvarteret är tunna med 30 mm tjocklek, en dränerbar porositet 0,2 och infiltrationskapacitet 50 mm/h.

$$A_{gt} = 928 \text{ m}^2$$

$$d_{gt} = 0,030 \text{ m}$$

$$n_{gt} = 0,2$$

$$f_{gt} = 50 \text{ mm/h}$$

Gårdsytan och parkeringsytan är hårdgjorda och har följande areor:

$$A_{gård} = 816 \text{ m}^2$$

$$A_p = 291 \text{ m}^2$$

De gröna taken, gårdsytan och parkeringsytan avleds till ett infiltrationsstråk, cirka 100 m långt och 1,5 m brett, med en dränerbar porositet på 0,15 och en infiltrationshastighet på 50 mm/h.

$$A_{is} = 1,5 \cdot 100 = 150 \text{ m}^2$$

$$n_{is} = 0,15$$

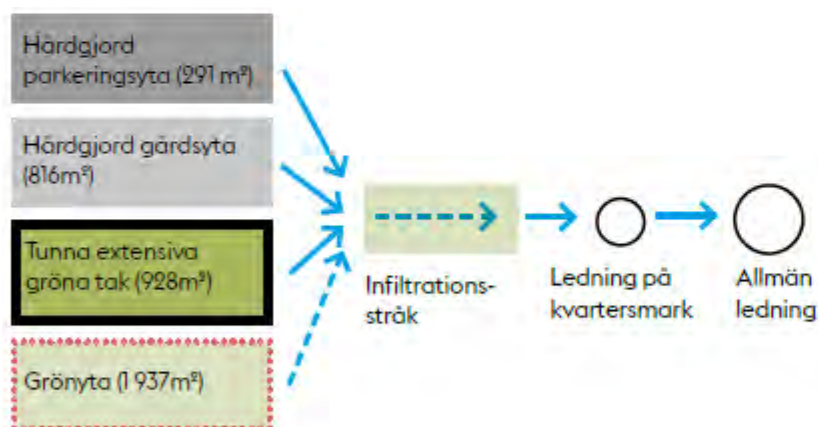
$$f_{is} = 50 \text{ mm/h}$$

Ett grönområde utanför fastighetsgräns lutar in mot kvarteret och avleds även det till infiltrationsstråket.

$$A_g = 1\,937 \text{ m}^2$$

Steg 2: Bestäm återkomsttid för dimensionering av flöde

10 års återkomsttid väljs. Se P110.



2.2.1 Infiltrationsstråk med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin

Dimensionering av anläggningar och flöde görs för hela kvarteret med förutsättningen att avledning sker via ett infiltrationsstråk som omhändertar 20 mm regn i ett ytligt magasin.

Steg 3: Beräkna ansluten reducerad area till dagvattenanläggning

Infiltrationsstråket avleder dagvatten från parkeringsytan, gårdsytan och de gröna taken som alla omfattas av åtgärdsnivån 20 mm. Grönytan omfattas inte av åtgärdsnivån då den varken är hårdgjord eller ligger inom kvartersmark. Dock bör vi i detta fall ta hänsyn till avrinningen från grönytan för att inte underskatta fördröjningsvolymen och på så sätt försämra reningseffekten för det dagvatten som omfattas av åtgärdsnivån. Därför dimensioneras i detta fall infiltrationsstråket utifrån omhändertagande av 20 mm regn även från grönytan.

$$\begin{aligned} A_{\text{red}} &= A_p \cdot \phi_p + A_{\text{gård}} \cdot \phi_{\text{gård}} + A_{\text{gt}} \cdot \phi_{\text{gt}} + A_g \cdot \phi_g + A_{\text{is}} \cdot \phi_{\text{is}} \\ &= 291 \cdot 0,8 + 816 \cdot 0,8 + 928 \cdot 1,0 + 1\,937 \cdot 0,1 + 150 \cdot 1,0 \\ &= 2\,157 \text{ m}^2 = 0,216 \text{ ha} \end{aligned}$$

Steg 4: Beräkna erforderlig fördröjningsvolym

De tunna gröna taken har en viss inneboende fördröjningsvolym, motsvarande $d_{\text{gt}} \cdot n_{\text{gt}} = 0,030 \cdot 0,2 = 0,006 \text{ m}$. De kan alltså magasinera motsvarande 6 mm nederbörd, vilket subtraheras från den erforderliga fördröjningsvolymen i infiltrationsstråket.

$$U_{\text{is}} = d_r \cdot A_{\text{red}} - A_{\text{gt}} \cdot d_{\text{gt}} \cdot n_{\text{gt}} = 0,020 \cdot 2\,157 - 928 \cdot 0,030 \cdot 0,2 = 43,15 - 5,57 = 37,6 \text{ m}^3$$

Steg 5: Beräkna erforderligt anläggningsdjup

$$d_{\text{is}} = U_{\text{is}} / A_{\text{is}} = 37,6 / 150 = 0,25 \text{ m}$$

Infiltrationsstråket behöver således ha ett medeldjup på minst 0,25 m för att omhänderta 14 mm regn från gröna tak och 20 mm regn från hårdgjord gårdsyta och parkeringsyta (samt 20 mm från grönytan som ej omfattas av åtgärdsnivån).

Steg 6: Kontrollera tömningstid

(b)(i) Koncentrerad tillförsel av dagvatten med reglerad avtappning

Infiltrationsstråket förses med ett strypt utlopp gentemot dagvattennätet. Ett lågt flöde är önskvärt ur sedimentationssynpunkt samtidigt som för små utlopp medför problem med igensättning. Ett utloppsrör med diameter 100 mm är tekniskt rimligt och motsvarar ett avtappningsflöde på cirka $4 \text{ l/s} = 14,4 \text{ m}^3/\text{h}$. Med denna reglerade avtappning skulle tömningstiden bli:

$$U_{\text{is}} / q_{\text{drän}} = 37,6 / 14,4 = 2,6 \text{ h.}$$

[Beräkningar för klimatkompenserade förhållanden med $k_f = 1,25$ inom hakparantes]

Steg 7: Bestäm fyllnadstid

Figur 2 eller Tabell 1 (i Bilaga 1) ger att 20 mm regn faller på $t_f = 26 \text{ min}$

[Figur 3 eller Tabell 1 (i Bilaga 1) ger $t_f = 15 \text{ min}$]

Steg 8: Bestäm rinntid

Den längsta rinnlängden från tak/gårdsyta till infiltrationsstråk uppskattas till 20 m och avrinningen på mark sker med hastigheten 0,1 m/s. Infiltrationsstråket är cirka 100 m långt och avrinner åt två håll. Längst rinnlängd blir därför 50 m och

avledningshastigheten sätts till 0,5 m/s (se Tabell 4.5 i P110).

$$t_r = 20/0,1 + 50/0,5 = 300 \text{ s} = 5 \text{ min.}$$

Dock bör rinntiden enligt P110 inte ansättas till mindre än 10 min. Således:

$$t_r = 10 \text{ min}$$

Steg 9: Beräkna dimensionerande varaktighet för regn

$$t = t_f + t_r = 26 + 10 = 36 \text{ min}$$

$$[t = t_f + t_r = 15 + 10 = 25 \text{ min}]$$

Steg 10: Beräkna dimensionerande regnintensitet

$$\text{Ekvation 5 eller Tabell 1 (i Bilaga 1): } i(t=36) = 102 \text{ l/s/ha}$$

$$[i(t=25) = 131 \text{ l/s/ha}]$$

Steg 11: Beräkna ansluten reducerad area för vald beräkningspunkt

Vald beräkningspunkt är anslutningspunkten från kvarter till allmän dagvattenledning.

Ansluten reducerad area är i detta fall samma som den anslutna reducerade arean till infiltrationsstråket, det vill säga 0,216 ha (se Steg 3).

Steg 12: Beräkna dimensionerande flöde

$$\text{Ekvation 6: } q_{\text{dim}} = A_{\text{red}} \cdot i(t=36) = 0,216 \cdot 102 = 22 \text{ l/s}$$

$$[q_{\text{dim}} = A_{\text{red}} \cdot i(t=25) \cdot 1,25 = 0,216 \cdot 131 \cdot 1,25 = 35 \text{ l/s}]$$

Genom att magasinera 20 mm lokalt blir det dimensionerande flödet från

Förtätningsskvarter 1b **22 l/s** [med klimatfaktor **35 l/s**].

Dimensionerande avrinning utan fördröjning

Om inget lokalt omhändertagande av dagvatten hade funnits inom kvarteret skulle området dimensioneras utifrån rationella metoden enligt P110:

- **Bestäm avrinningskoefficienter**
Den hårdgjorda gårdsytan, parkeringen och grönytan ser ut som tidigare, det vill säga $\phi_{\text{gård}} = \phi_p = 0,8$ och $\phi_g = 0,1$. Gröna tak antas istället vara konventionella tak med $\phi_t = 0,9$ och infiltrationsstråket istället ett vanligt dike, fortfarande dock med avrinningskoefficient $\phi_d = 1,0$.
- **Bestäm dimensionerande varaktighet för regn**
Ingen fyllnadstid inom området, rinntiden sätts till $t_r = 10 \text{ min}$.
- **Bestäm dimensionerande regnintensitet**
Ekvation 5 eller Tabell 1 (i Bilaga 1): $i(t=10) = 228 \text{ l/s/ha}$
- **Bestäm dimensionerande flöde**
Ekvation 6: $q_{\text{dim}} = (A_p \cdot \phi_p + A_{\text{gård}} \cdot \phi_{\text{gård}} + A_t \cdot \phi_t + A_g \cdot \phi_g + A_d \cdot \phi_d) \cdot i(t=10)$
 $= 0,0291 \cdot 0,8 + 0,0816 \cdot 0,8 + 0,0928 \cdot 0,9 + 0,1937 \cdot 0,1 + 0,0150 \cdot 1,0) \cdot 228$
 $= 0,206 \cdot 228 = 47 \text{ l/s}$

Utan fördröjningsåtgärder i kvarteret hade det dimensionerande flödet varit **47 l/s**, det vill säga 114 % högre än med fördröjningsåtgärder.

2.2.2 Infiltrationsstråk med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark

I denna beräkning tas hänsyn även till omhändertagande av dagvatten i infiltrationsstråkets porösa marklager. På så sätt kan det ytliga anläggningsdjupet minskas. I övrigt är förutsättningarna desamma som i exempel 2.2.1.

Steg 1: Kartlägg området

Ytor och förutsättningar är desamma som innan. Vi vet även sedan tidigare att $n_{is} = 0,15$ och $f_{is} = 50$ mm/h.

Steg 2: Bestäm återkomsttid för dimensionering av flöde

10 års återkomsttid väljs som innan.

Steg 3: Beräkna ansluten reducerad area till dagvattenanläggning

Samma reducerade area som i 2.2.1.

$$A_{red} = 0,216 \text{ ha}$$

Steg 4: Beräkna erforderlig fördröjningsvolym

Samma erforderliga fördröjningsvolym som i 2.2.1.

$$U_{is} = 37,6 \text{ m}^3$$

Steg 5: Beräkna erforderlig anläggningsdjup

(c) för magasin ovan och under mark

i. Sammanvägd infiltrationskapacitet är (Ekvation 2):

$$f_s = f_{is} \cdot (A_{is}/A_{red}) = f_v \cdot k = 50 \cdot (150/2157) = 3,5 \text{ mm/h.}$$

ii. Under 2,5 timme (se Bilaga 2) hinner $d_{r,p} = f_s \cdot t = 3,5 \cdot 2,5 = 8,7$ mm från alla anslutna ytor infiltrera till det porösa lagret. Det motsvarar:

$$U_{p,is} = (8,7/20) \cdot U_v = (8,7/20) \cdot 37,6 = 16,4 \text{ m}^3$$

iii. Ekvation 3: $d_{p,is} = U_{p,is}/(A_{is} \cdot n_{is}) = 16,4/(150 \cdot 0,15) = 0,73$ m.

Det rekommenderas ett anläggningsdjup kring en meter för infiltrationsstråk, så beräknat djup får anses vara rimlig.

iv. I det ytliga magasinet behöver resterade volym $U_{y,is} = U_{is} - U_{p,is} = 37,6 - 16,4 = 21,2$ m³ fördröjas. Erforderligt anläggningsdjup blir:

$$d_{y,is} = U_{y,is}/A_{is} = 21,2/150 = 0,14 \text{ m}$$

Infiltrationsstråket behöver således ha ett medeldjup på minst 0,14 m till ytan samt ett anläggningsdjup på minst 0,73 m i det porösa marklagret för att omhänderta 14 mm regn från gröna tak och 20 mm regn från hårdgjord gårdsyta och parkeringsyta (samt 20 mm från grönytan som ej omfattas av åtgärdsnivån).

Steg 6: Kontrollera tömningstid

(b)(ii) Koncentrerad tillförsel av dagvatten med naturligt trög avtappning

$$t_{töm} = U_{is}/(f_{is} \cdot A_{is}) + (d_{p,is} \cdot n_{is}/f_{is}) = 37,6/(0,050 \cdot 150) + (0,73 \cdot 0,15/0,050) = 5,0 + 2,2 = 7,2 \text{ h}$$

Tömningstiden blir i detta fall kortare än 12 timmar vilket minskar risken för bräddning inför nästkommande regn. Då infiltrationshastigheten inte överstiger 100 mm/h förutsätts tillräcklig rening erhållas trots kortare tömningstid.

Steg 7: Bestäm fyllnadstid

(c) för magasin ovan och under mark

i. I Steg 5 beräknades att 8,7 mm från alla anslutna ytor infiltrerar till det porösa marklagret, vilket innebär att $20 - 8,7 = 11,3$ mm magasineras ytligt i infiltrationsstråket. Leta i Tabell 1 (i Bilaga 1) efter första kumulativa regnvolym större än 11,3 mm. Tiden 7 minuter ger ett regndjup på 11,5 mm.

ii. Under denna tid, 7 minuter, kommer $f_s \cdot t = 3,5 \text{ mm/h} \cdot (7/60) \text{ h} = 0,4 \text{ mm}$ ha hunnit infiltrera.

iii. Totalt omhändertaget regndjup efter 7 minuter är $11,3 + 0,4 = 11,7 \text{ mm}$.

iv. Totalt omhändertaget regndjup (11,7 mm) i infiltrationsstråket är större än den kumulativa regnvolymen (11,5 mm) efter 7 minuter. Repetera därför steg (ii)-(iii) för tiden $t+1 = 8$ minuter:

Kumulativ regnvolym efter 8 minuter är 12,3 mm (Tabell 1 i Bilaga 1). Under 8 minuter hinner $f_s \cdot t = 3,5 \text{ mm/h} \cdot (8/60) \text{ h} = 0,5 \text{ mm}$ infiltrera till det porösa marklagret. Totalt omhändertaget regndjup i infiltrationsstråket är då $11,3 + 0,5 = 11,8 \text{ mm}$, vilket innebär att anläggningen bräddar eftersom detta understiger det kumulativa regndjupet vid samma tidpunkt (12,3 mm). Alltså är $t_f = 8 \text{ min}$.

Steg 8: Bestäm rinntid

Samma rinntid som i 2.2.1.

$t_r = 10 \text{ min}$

Steg 9: Beräkna dimensionerande varaktighet för regn

$t = t_f + t_r = 8 + 10 = 18 \text{ min}$

Steg 10: Beräkna dimensionerande regnintensitet

Ekvation 5 eller Tabell 1 (i Bilaga 1): $i(t=18) = 161 \text{ l/s/ha}$

Steg 11: Beräkna ansluten reducerad area för vald beräkningspunkt

Vald beräkningspunkt är anslutningspunkten från kvarter till allmän dagvattenledning. Ansluten reducerad area är i detta fall samma som den anslutna reducerade arean till infiltrationsstråket, det vill säga 0,216 ha (se Steg 3).

Steg 12: Beräkna dimensionerande flöde

Ekvation 6: $q_{\text{dim}} = A_{\text{red}} \cdot i(t=18) = 0,216 \cdot 161 = 35 \text{ l/s}$

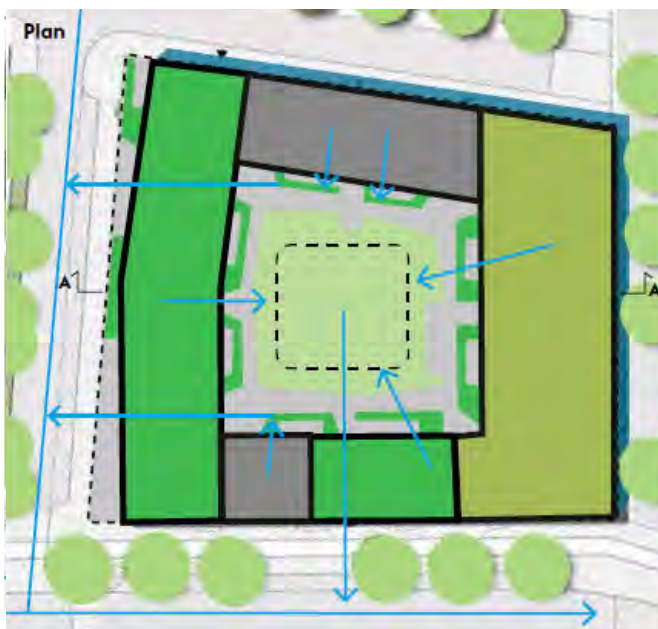
Genom att räkna med infiltration i avledningsstråket och därmed minska ytmagasinet blir det dimensionerande flödet vid ett 10-årsregn **35 l/s** för hela kvarteret (jämfört med 22 l/s om endast det ytliga magasinet beaktas i infiltrationsstråket).

3 Exempel typkvarter med sammanfattade beräkningar

Beräkningarna nedan bygger på samma metodik som i avsnitt 2 men resultaten presenteras i en enklare tabellform istället för i löpande text. För anläggningar som magasinerar och fördröjer dagvatten enbart under mark förutsätts att de uppfyller kriterier enligt Bilaga 2, med hänsyn till infiltrationskapacitet.

I de fall anläggningar kan fördröja och rena dagvatten i magasin både ovan och under mark har två beräkningar gjorts. Den första "enkla" beräkningen antar alltid att anläggningen magasinerar 20 mm regn i ett ytligt magasin. Den andra beräkningen tar hänsyn till infiltration och kan bland annat innebära att anläggningarnas ytor eller anläggningsdjup minskas. Denna beräkning har gjorts för infiltrationsstråk, nedsänkta växtbäddar och infiltration i grönyta i de fall kvartersmarken innefattar en sådan.

3.1 Tät stadsenklav 2a



Kartläggning av området

Avrinning från hårdgjord gårdsyta avleds till nedsänkta växtbäddar med dränerbar porositet 0,15 och infiltrationskapacitet 50 mm/h.

$$A_{\text{gård}} = 232 \text{ m}^2$$

$$A_v = 270 \text{ m}^2$$

$$n_v = 0,15$$

$$f_v = 50 \text{ mm/h}$$

Ett extensivt 100 mm tjockt grönt tak omhändertar 20 mm regnvolym. Takets dränerbara porositet är 0,2. När taket är mättat avvattnas det direkt till ledning.

Överskottet från tunna extensiva gröna tak (tjocklek 30 mm, dränerbar porositet 0,2) avleds tillsammans med avrinningen från vanliga tak till en nedsänkt grönyta inne på gården. Grönytan fungerar som en torr damm som periodvis vid kraftiga och långvariga nederbördstillfällen tillåts översvämmas.

$$A_{\text{gt},1} = 775 \text{ m}^2$$

$$d_{\text{gt},1} = 0,100 \text{ m}$$

$$n_{\text{gt},1} = 0,2$$

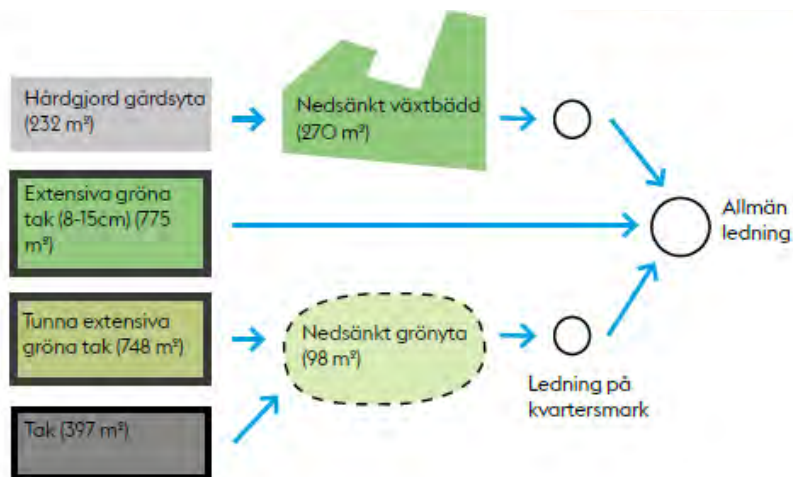
$$A_{\text{gt},2} = 748 \text{ m}^2$$

$$d_{\text{gt},2} = 0,030 \text{ m}$$

$$n_{\text{gt},2} = 0,2$$

$$A_t = 397 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{td}} = 98 \text{ m}^2$$



3.1.1 Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin

Återkomsttid		Å [år]	10				
Regnvolym som ska hanteras inom kvarter		d_r [m]	0,020				
		Hårdgjord gårdsyta	Nedsänkt växtbädd	Tjocka gröna tak	Tunna gröna tak	Tak	Nedsänkt grönyta
Area	A [m ²]	232	270	775	748	397	98
Tjocklek	d [m]			0,100	0,030		
Dränerbar porositet	n [-]			0,2	0,2		
Avrinningskoefficient	ϕ [-]	0,8	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0
Ansluten reducerad area	A_{red} [m ²]		456	775			1203
Erforderlig fördröjningsvolym	U [m ³]		9,1	15,5	4,5*		19,6
Inneboende magasineringsdjup	d [m]			0,020	0,0006		
Erforderligt magasiningsdjup, ytligt	d_y [m]		0,034				0,20

*Detta är den inneboende fördröjningsvolymen (30 mm tjocklek • 0,2 porositet = 6 mm). Resterande 14 mm fördröjningsvolym från de gröna taken omhändertas i den nedsänkta grönytan.

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymerna är fyllda

(Siffror inom parentes avser klimatkompenserade förhållanden, $k_f = 1,25$)

Fyllnadstid	t_f [min]	26 (15)
Rinntid	t_r [min]	10
Dimensionerande varaktighet	t [min]	36 (25)
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]	102 (131)
Total reducerad area	A_{red} [ha]	0,243
Dimensionerande flöde	q_{aim} [l/s]	25 (40)

Dimensionerande flöde utan fördröjning

		Hårdgjord gårdsyta	Grönyta	Tak	Tak	Tak	Grönyta
Area	A [m ²]	232	270	775	748	397	98
Avrinningskoefficient	ϕ [-]	0,8	0,1	0,9	0,9	0,9	0,1
Dimensionerande varaktighet	t [min]			10			
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]			228			
Total reducerad area	A_{red} [ha]			0,195			
Dimensionerande flöde	q_{aim} [l/s]			44			

Erforderligt anläggningsdjup för ytmagasinet är **0,034 m** för de nedsänkta växtbäddarna och **0,20 m** för den nedsänkta grönytan. Dimensionerande flöde för typkvarteret är **25 l/s**, att jämföra mot **44 l/s** utan fördröjningsåtgärder.

3.1.2 Nedsänkta växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark

Genom att räkna med rening och fördröjning i det porösa marklagret av växtbäddarna kan ytan för desamma krympas. Totalt utgör hårdgjord gårdsyta och växtbäddar 502 m². Om ytan för växtbäddarna minskas till 41 m² och den hårdgjorda ytan utökas till 461 m² utgör växtbäddarna då 10 % av den hårdgjorda tillrinningsytan. I övrigt är förutsättningarna desamma som innan. Nya använda siffror och beräkningar är markerade i rött.

$$A_{\text{gård}} = 461 \text{ m}^2 \quad A_v = 41 \text{ m}^2$$

Återkomsttid		Å						10	
Regnvolym som ska hanteras inom kvarter		d _r						[m]	0,020
		Hårdgjord gårdsyta	Nedsänkt växtbädd	Tjocka gröna tak	Tunna gröna tak	Tak	Nedsänkt grönyta		
Area	A [m ²]	461	41	775	748	397	98		
Tjocklek	d [m]			0,100	0,030				
Dränerbar porositet	n [-]		0,15	0,2	0,2				
Infiltrationshastighet	f [mm/h]		50						
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,8	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0		
Ansluten reducerad area	A _{red} [m ²]		410	775			1203		
Inneboende magasineringsdjup	d [m]			0,020	0,006				
Sammanvägd infiltrationskapacitet	f _v [mm/h]		5						
Andel i ytmagasin/poröst lager	[%/%]		38/62						
Erforderlig fördröjningsvolym, ytlig	U _y [m ³]		3,1				19,6		
Erforderlig fördröjningsvolym, poröst marklager	U _p [m ³]		5,1	15,5	4,5*				
Erforderligt anläggningsdjup, ytligt	d _y [m]		0,07				0,20		
Erforderligt anläggningsdjup, poröst marklager	d _p [m]		0,83						
Valt anläggningsdjup, poröst marklager (uppfyller åtgärdsnivå)	d _p [m]		0,50						

*Detta är den inneboende fördröjningsvolymen (30 mm tjocklek • 0,2 porositet = 6 mm). Resterande 14 mm fördröjningsvolym från de gröna taken omhändertas i den nedsänkta grönytan.

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymerna är fyllda

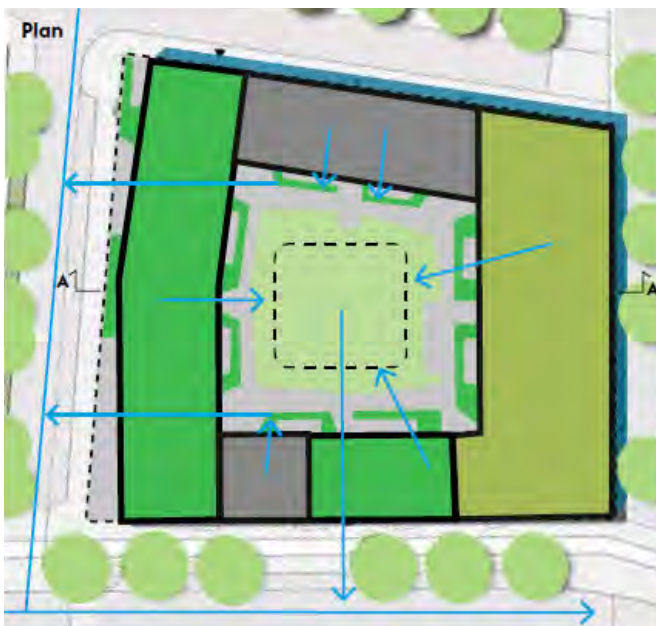
		Hårdgjord gårdsyta	Nedsänkt växtbädd	Tjocka gröna tak	Tunna gröna tak	Tak	Nedsänkt grönyta
Fyllnadstid	t _r [min]		4	26			26
Rinntid	t _r [min]		10	10			10
Dimensionerande varaktighet	t [min]		14	36			36
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s ha]		188	102			102
Ansluten reducerad area	A _{red} [ha]		0,041	0,078			0,120
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]		7,7	7,9			12,3
Totalt dimensionerande flöde	q_{dim} [l/s]			28			

Erforderligt ytligt anläggningsdjup för de nedsänkta växtbäddarna är nu **0,07 m**. Anläggningsdjupet för det porösa marklagret kan väljas till **0,5 m** då syftet med åtgärdsnivån uppfylls i och med nedan punkter:

- ✓ *Det finns ett ytligt magasin.*
- ✓ *Den huvudsakliga reningen sker i passagen genom ett filtrerande marklager vars långsiktiga infiltrationshastighet (efter växtetablering) är maximalt 100 mm/h.*
- ✓ *Filterdjupet har tillräcklig mäktighet för att effektiv rening ska kunna uppnås.*

Dimensionerande flöde för typkvarteret är nu **28 l/s**, jämfört med 25 l/s innan.

3.2 Tät stadsenklav 2b



Kartläggning av området

Konventionella tak inom kvarteret avvattnas mot nedsänkta växtbäddar inne på gården med en dränerbar porositet på 0,15 och en infiltrationskapacitet på 50 mm/h. Bräddning och dränering från växtbäddarna sker till en dagvattenledning.

$$A_t = 397 \text{ m}^2$$

$$A_v = 25 \text{ m}^2$$

$$n_v = 0,15$$

$$f_v = 50 \text{ mm/h}$$

Innergården har genomsläpplig beläggning med underliggande

magasin som har kapacitet för 20 mm nederbörd. Magasinets dränerbara porositet är 0,1. Magasinet avleds sedan till allmän ledning.

Tjocka (100 mm) och tunna (30 mm) gröna tak med porositet 0,2 avrinner mot en grönyta centralt på gården som är utformad för att infiltrera dagvattnet. Den infiltrerande grönytans porösa filtrerande marklager har en dränerbar porositet på 0,15 och kan infiltrera vatten med en hastighet av 10 mm/h. Infiltrerat vatten dräneras vidare till dagvattenledning. De tjocka gröna taken kan magasinera 20 mm regndjup. De tunna gröna taken har ett inneboende magasineringsdjup på 6 mm, vilket innebär att 14 mm avrinning från de tunna gröna taken behöver fördröjas i grönytan.

$$A_b = 232 \text{ m}^2$$

$$n_b = 0,1$$

$$A_{gt,1} = 775 \text{ m}^2$$

$$d_{gt,1} = 0,030 \text{ m}$$

$$n_{gt,1} = 0,2$$

$$A_{gt,2} = 748 \text{ m}^2$$

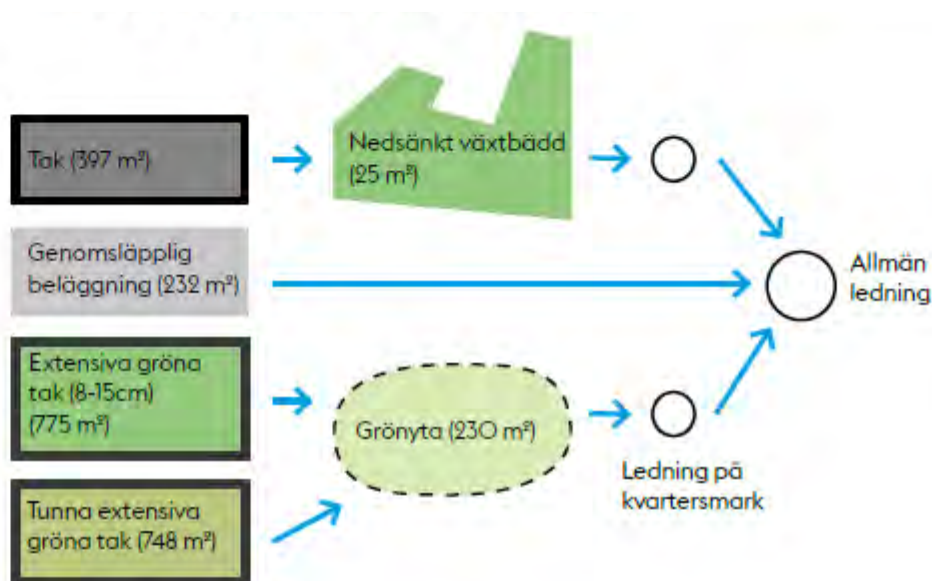
$$d_{gt,2} = 0,100 \text{ m}$$

$$n_{gt,2} = 0,2$$

$$A_{ig} = 230 \text{ m}^2$$

$$n_{ig} = 0,15$$

$$f_{ig} = 10 \text{ mm/h}$$



3.2.1 Nedsänkta växtbäddar och grönyta med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin

Återkomsttid					Å [år]	10	
Regnvolymin som ska hanteras inom kvarter					d _r [m]	0,020	
		Tak	Nedsänkt växtbädd	Genomsläpplig beläggning	Tjocka gröna tak	Tunna gröna tak	Infiltrerande grönyta
Area	A [m ²]	397	25	232	775	748	230
Tjocklek	d [m]				0,100	0,030	
Dränerbar porositet	n [-]			0,1	0,2	0,2	
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ansluten reducerad area	A _{red} [m ²]		382	232	775		978
Erforderlig fördröjningsvolymin	U [m ³]		7,6	4,6	15,5	4,5*	15,1
Inneboende magasineringsdjup	d [m]				0,020	0,006	
Erforderligt magasiningsdjup, ytligt	d _y [m]		0,31				0,07
Erforderligt magasiningsdjup, poröst marklager	d _p [m]			0,20			

*Detta är den inneboende fördröjningsvolymin (30 mm tjocklek • 0,2 porositet = 6 mm). Resterande 14 mm fördröjningsvolymin från de gröna taken omhändertas i den nedsänkta grönytan.

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymerna är fyllda

(Siffror inom parentes avser klimatkompenserade förhållanden, k_f = 1,25)

Fyllnadstid	t _f [min]		26 (15)
Rinntid	t _r [min]		10
Dimensionerande varaktighet	t [min]		36 (25)
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]		102 (131)
Total reducerad area	A _{red} [ha]		0,237
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]		24 (39)

Dimensionerande flöde utan fördröjning

		Tak	Grönyta	Hårdgjord gårdsyta	Tak	Tak	Grönyta
Area	A [m ²]	397	25	232	775	748	230
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,9	0,1	0,8	0,9	0,9	0,1
Dimensionerande varaktighet	t [min]				10		
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]				228		
Total reducerad area	A _{red} [ha]				0,194		
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]				44		

Erforderligt anläggningsdjup är **0,31 m** i ett ytligt magasin för de nedsänkta växtbäddarna, **0,20 m** för den genomsläppliga beläggningen och **0,07 m** för nedsänkningen i grönytan. Dimensionerande flöde för typkvarteret är **24 l/s**, att jämföra mot **44 l/s** utan fördröjningsåtgärder.

3.2.2 Nedsänkta växtbäddar och grönyta med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark

Växtbäddarna utgör 6,5 % av den hårdgjorda tillrinningsytan. Genom att räkna med infiltration och magasinering både i ett ytlager och ett poröst marklager kan det ytliga anläggningsdjupet minska. På samma sätt kan även grönytans infiltrationskapacitet tas hänsyn till för beräkning av erforderliga magasinsvolymer och anläggningsdjup. I övrigt är förutsättningarna desamma som innan. Nya använda siffror och beräkningar är markerade i rött.

Återkomsttid				Å	[år]	10	
Regnvolym som ska hanteras inom kvarter				d _r	[m]	0,020	
		Tak	Nedsänkt växtbädd	Genomsläpplig beläggning	Tjocka gröna tak	Tunna gröna tak	Infiltrerande grönyta
Area	A [m ²]	397	25	232	775	748	230
Tjocklek	d [m]				0,100	0,030	
Dränerbar porositet	n [-]		0,15	0,1	0,2	0,2	0,15
Infiltrationshastighet	f [mm/h]		50				10
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Ansluten reducerad area	A _{red} [m ²]		382	232	775		978
Inneboende magasiningsdjup	d [m]				0,020	0,006	
Sammanvägd infiltrationskapacitet	f _s [mm/h]		3,3				10/2,4**
Andel i ytmagasin/poröst lager	[%/%]		59/41				49/51
Erforderlig fördröjningsvolym, ytlig	U _y [m ³]		4,5	4,6			7,4
Erforderlig fördröjningsvolym, poröst marklager	U _p [m ³]		3,2		15,5	4,5*	7,7
Erforderligt magasiningsdjup, ytligt	d _y [m]		0,18				0,032
Erforderligt magasiningsdjup, poröst marklager	d _p [m]		0,84	0,20			0,22
Valt magasiningsdjup, poröst marklager (uppfyller åtgärdsnivå)	d _p [m]		0,50				

*Detta är den inneboende fördröjningsvolymen (30 mm tjocklek • 0,2 porositet = 6 mm). Resterande 14 mm fördröjningsvolym från de gröna taken omhändertas i den nedsänkta grönytan.

**Under de första 6 mm av ett regn är f_s = 10 mm/h då grönytan endast omhändertar vatten från den egna ytan. Efter 6 mm mätas de tunna gröna taken och avrinner till grönytan som då får f_s = 2,4 mm/h.

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolym är fyllda

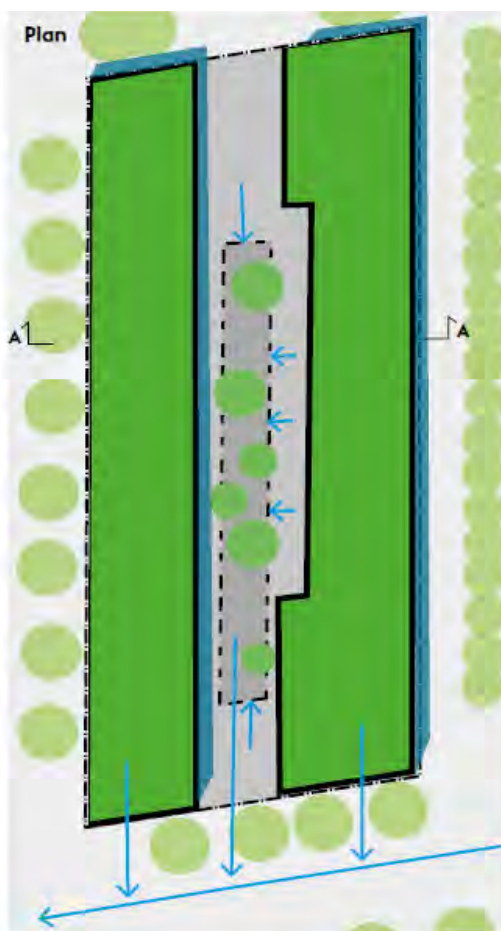
Fyllnadstid	t _r [min]	8	26	26	6
Rinntid	t _r [min]	10	10	10	10
Dimensionerande varaktighet	t [min]	18	36	36	16
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]	161	102	102	174
Ansluten reducerad area	A _{red} [ha]	0,038	0,023	0,078	0,098
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]	6,2	2,4	7,9	17,0
Totalt dimensionerande flöde	q_{dim} [l/s]			33	

Erforderligt anläggningsdjup för de nedsänkta växtbäddarna är nu **0,18 m** för ytmagasinet och **0,5 m** för det porösa marklagret, då syftet med åtgärdsnivån uppfylls:

- ✓ *Det finns ett ytligt magasin.*
- ✓ *Den huvudsakliga reningen sker i passagen genom ett filtrerande marklager vars långsiktiga infiltrationshastighet (efter växtetablering) är maximalt 100 mm/h.*
- ✓ *Filterdjupet har tillräcklig mäktighet för att effektiv rening ska kunna uppnås.*

Medräknat infiltration i grönytan krävs en ytlig nedsänkning på **0,032 m** och ett anläggningsdjup för det porösa marklagret på **0,22 m**. Det dimensionerande flöde för typkvarteret är nu **33 l/s**, jämfört med 24 l/s innan.

3.3 Extra tät stadsenklav 3a



Kartläggning av området

Extensiva gröna tak med 100 mm tjocklek och dränerbar porositet 0,2 kan omhänderta 20 mm. Vid större regnvolymer avvattnas taket till allmän dagvattenledning.

$$A_{gt} = 2\,310 \text{ m}^2$$

$$d_{gt} = 0,100 \text{ m}$$

$$n_{gt} = 0,2$$

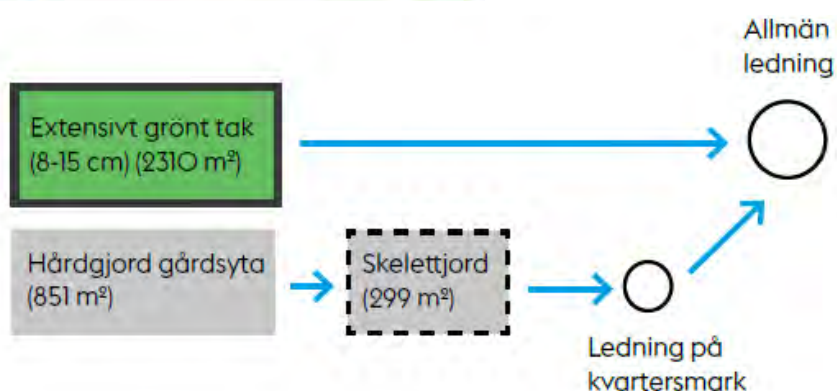
Kvarterets hårdgjorda gårdsyta avvattnas till vanlig skelettjord med den dränerbara porositeten 0,1. Skelettjorden omhändertar regnvatten under mark i porerna.

Skelettjorden förses med dränerings- och bräddningsfunktioner som avvattnar till dagvattenledning.

$$A_{gård} = 851 \text{ m}^2$$

$$A_s = 299 \text{ m}^2$$

$$n_s = 0,1$$



Återkomsttid		Å [år]	10
Regnvoly m som ska hanteras inom kvarter		d _r [m]	0,020
		Tjocka gröna tak	Hårdgjord gårdsyta
			Vanlig skelettjord
Area	A [m ²]	2310	851
Tjocklek	d [m]	0,100	
Dränerbar porositet	n [-]	0,2	0,1
Avrinningskoefficient	φ [-]	1,0	0,8
Ansluten reducerad area	A _{red} [m ²]	2310	980
Erforderlig fördröjningsvoly m	U [m ³]	46,2	19,6
Inneboende magasineringsdjup	d [m]	0,020	
Erforderligt magasinisdjup, poröst marklager	d _p [m]		0,66

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolym er är fyllda

(Siffror inom parantes avser klimatkompenserade förhållanden, k_f = 1,25)

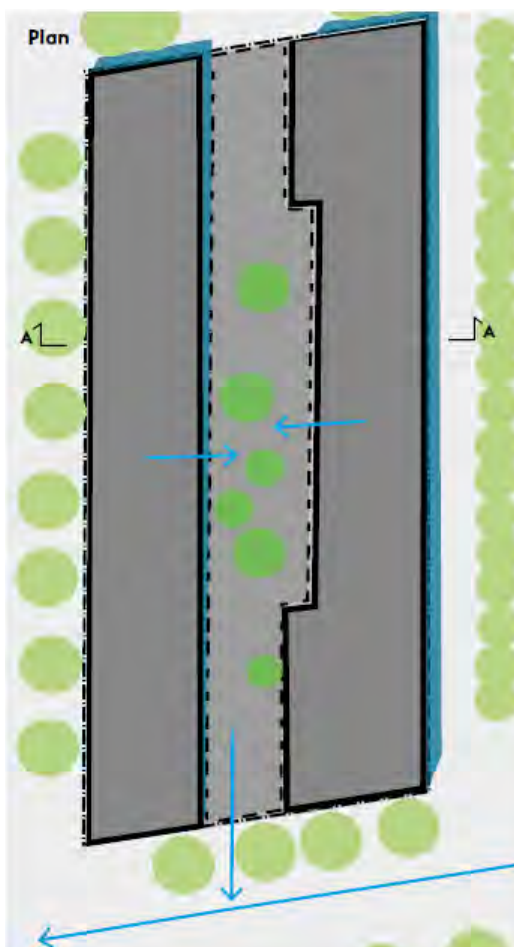
Fyllnadstid	t _f [min]	26 (15)
Rinntid	t _r [min]	10
Dimensionerande varaktighet	t [min]	36 (25)
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]	102 (131)
Total reducerad area	A _{red} [ha]	0,329
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]	34 (54)

Dimensionerande flöde utan fördröjning

		Tak	Hårdgjord gårdsyta	Hårdgjord gårdsyta
Area	A [m ²]	2310	851	299
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,9	0,8	0,8
Dimensionerande varaktighet	t [min]		10	
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]		228	
Total reducerad area	A _{red} [ha]		0,300	
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]		68	

De tjocka gröna taken har en inneboende magasineringskapacitet om 20 mm. Erforderligt anläggningsdjup för skelettjorden är **0,66 m**. Dimensionerande flöde för typkvarteret är **34 l/s**, att jämföra mot **68 l/s** utan fördröjningsåtgärder.

3.4 Extra tät stadsenklav 3b



Kartläggning av området

I detta typkvarter avvattnas allt regnvatten från konventionella tak till en innergård med luftig skelettjord under hela gårdsytan. Skelettjorden renar och fördröjer dagvatten i marklagret som har en dränerbar porositet på 0,3. Skelettjorden dräneras till dagvattenledning.

$$A_t = 2\,310 \text{ m}^2$$

$$A_s = 1\,150 \text{ m}^2$$

$$n_s = 0,3$$



Återkomsttid	A [år]	10	
Regnvolymer som ska hanteras inom kvarter	d_r [m]	0,020	
		Tak	Luftig skelettjord
Area	A [m ²]	2310	1150
Dränerbar porositet	n [-]		0,3
Avrinningskoefficient	ϕ [-]	0,9	1,0
Ansluten reducerad area	A_{red} [m ²]		3229
Erforderlig fördröjningsvolymer	U [m ³]		64,6
Erforderligt magasinsdjup, poröst marklager	d_p [m]		0,19

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymerna är fyllda

(Siffror inom parentes avser klimatkompenserade förhållanden, $k_f = 1,25$)

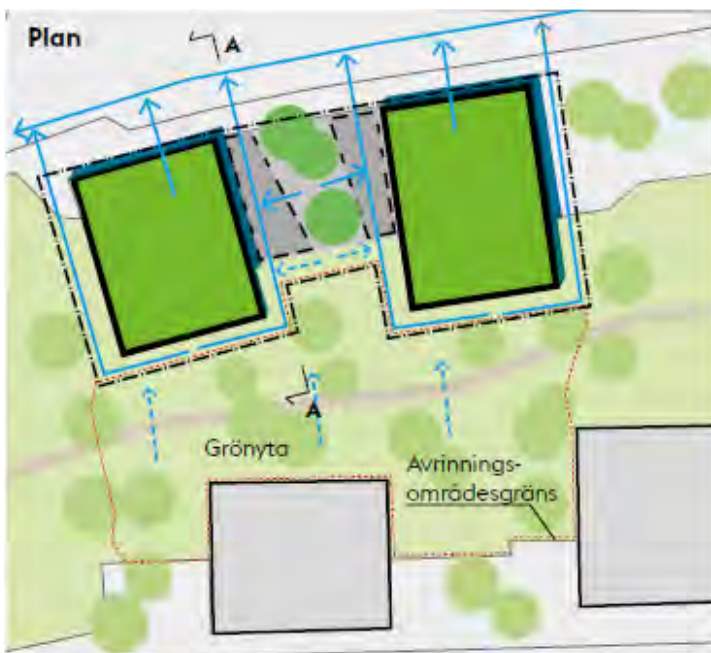
Fyllnadstid	t_f [min]	26 (15)
Rinntid	t_r [min]	10
Dimensionerande varaktighet	t [min]	36 (25)
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]	102 (131)
Total reducerad area	A_{red} [ha]	0,323
Dimensionerande flöde	q_{dim} [l/s]	33 (53)

Dimensionerande flöde utan fördröjning

		Tak	Hårdjord gårdsyta
Area	A [m ²]	2310	1150
Avrinningskoefficient	ϕ [-]	0,9	0,8
Dimensionerande varaktighet	t [min]		10
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]		228
Total reducerad area	A_{red} [ha]		0,300
Dimensionerande flöde	q_{dim} [l/s]		68

Erforderligt anläggningsdjup är **0,19 m** för den luftiga skelettjorden. Dimensionerande flöde för typkvarteret är **33 l/s**, att jämföra mot **68 l/s** utan fördröjningsåtgärder.

3.5 Punkthus 4a



Kartläggning av området

Den hårdgjorda gårdsytan mellan byggnaderna avleds till luftig skelettjord med en dränerbar porositet på 0,3. Skelettjorden dräneras till dagvattenledning.

$$A_{\text{gård}} = 148 \text{ m}^2$$

$$A_s = 112 \text{ m}^2$$

$$n_s = 0,3$$

Byggnaderna kläds av extensiva gröna tak med tjockleken 100 mm och dränerbar porositet 0,2, vilket innebär att de kan magasinera 20 mm.

Regndjup som överskrider detta avvattnas från taken till dagvattenledning.

En grönyta bakom byggnaderna lutar in mot den bebyggda ytan och avleds runt fastigheten i ett avskärande dike som är 65 m långt och 1 m brett. Grönytan omfattas inte av åtgärdsnivån då den varken är hårdgjord eller ligger inom kvartersmark. Dock behöver flödet från grönytan beaktas vid beräkning av det dimensionerande flödet som når allmän dagvattenledning. Därför har vi valt att redovisa beräkningar som om grönytan och diket omfattades av åtgärdsnivån på 20 mm.

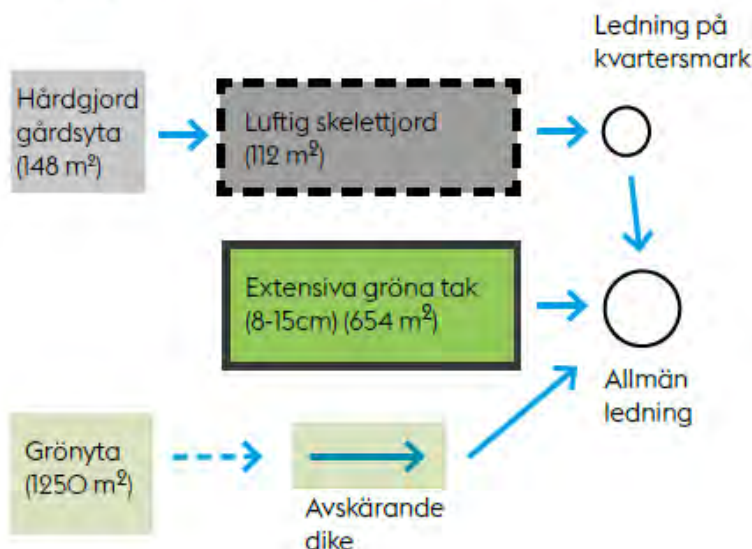
$$A_{\text{gt}} = 654 \text{ m}^2$$

$$d_{\text{gt}} = 0,100 \text{ m}$$

$$n_{\text{gt}} = 0,2$$

$$A_g = 1\,250 \text{ m}^2$$

$$A_d = 65 \text{ m}^2$$



Återkomsttid		A [år]	10			
Regnvolym som ska hanteras inom kvarter		d _r [m]	0,020			
		Hårdgjord gårdsyta	Luftig skelettjord	Tjocka gröna tak	Grönyta	Dike
Area	A [m ²]	148	112	654	1250	65
Tjocklek	d [m]			0,100		
Dränerbar porositet	n [-]		0,3	0,2		
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,8	1,0	1,0	0,1	1,0
Ansluten reducerad area	A _{red} [m ²]		230	654		190
Erforderlig fördröjningsvolym	U [m ³]		4,6	13,1		3,8
Inneboende magasineringsdjup	d [m]			0,020		
Erforderligt magasiningsdjup, yttligt	d _y [m]					0,06
Erforderligt magasiningsdjup, poröst marklager	d _p [m]		0,14			

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymen är fyllda

(Siffror inom parentes avser klimatkompenserade förhållanden, kf = 1,25)

Fyllnadstid	t _f [min]		26 (15)			
Rinntid	t _r [min]		10			
Dimensionerande varaktighet	t [min]		36 (25)			
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]		102 (131)			
Total reducerad area	A _{red} [ha]		0,107			
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]		11 (18)			

Dimensionerande flöde utan fördröjning

		Hårdgjord gårdsyta	Hårdgjord gårdsyta	Tak	Grönyta	Dike
Area	A [m ²]	148	112	654	1250	65
Avrinningskoefficient	φ [-]	0,8	0,8	0,9	0,1	1,0
Dimensionerande varaktighet	t [min]			10		
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]			228		
Total reducerad area	A _{red} [ha]			0,099		
Dimensionerande flöde	q _{dim} [l/s]			22		

Erforderligt anläggningsdjup är **0,14 m** för det filterande marklagret i de luftiga skelettjordarna. Dimensionerande flöde för typkvarteret är **11 l/s**, att jämföra mot **22 l/s** utan fördröjningsåtgärder.

3.6 Punkthus 4b



Kartläggning av området

Gårdsytan mellan punkthusen består av genomsläpplig beläggning med magasin under mark och en dränerbar porositet på 0,1. Magasinet dräneras till dagvattenledning.

$$A_b = 227 \text{ m}^2$$

$$n_b = 0,1$$

De konventionella taken avrinner till upphöjda växtbäddar med en dränerbar porositet på 0,15 och infiltrationskapacitet om 50 mm/h.

Planteringsytan i

växtbäddarna är något nedsänkt för att kunna omhänderta dagvatten i ett ytligt magasin. Växtbäddarna dräneras i botten till dagvattenledning.

Grönytan lutar in mot den bebyggda ytan och avleds runt fastighet i ett avskärande dike som är 65 m långt, 1 m brett och leds till dagvattennätet. Grönytan omfattas inte av åtgärdsnivån då den varken är hårdgjord eller ligger inom kvartersmark. Dock behöver flödet från grönytan beaktas vid beräkning av det dimensionerande flödet som når allmän dagvattenledning. Därför har vi valt att redovisa beräkningar som om grönytan och diket omfattades av åtgärdsnivån på 20 mm.

$$A_t = 654 \text{ m}^2$$

$$A_g = 1\,250 \text{ m}^2$$

$$A_v = 33 \text{ m}^2$$

$$A_d = 65 \text{ m}^2$$

$$n_v = 0,15$$

$$f_v = 50 \text{ mm/h}$$



3.6.1 Upphöjda växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten enbart i ytligt magasin

Återkomsttid		Å [år]	10			
Regnvolym som ska hanteras inom kvarter		d_r [m]	0,020			
		Genomsläpplig beläggning	Tak	Upphöjd växtbädd	Grönyta	Dike
Area	A [m ²]	227	654	33	1250	65
Dränerbar porositet	n [-]	0,1				
Avrinningskoefficient	ϕ [-]	1,0	0,9	1,0	0,1	1,0
Ansluten reducerad area	A_{red} [m ²]	227		622		190
Erforderlig fördröjningsvolym	U [m ³]	4,5		12,4		3,8
Erforderligt magasinsdjup, ytligt	d_y [m]			0,38		0,06
Erforderligt magasinsdjup, poröst marklager	d_p [m]	0,20				

Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymerna är fyllda

(Siffror inom parentes avser klimatkompenserade förhållanden, $k_f = 1,25$)

Fyllnadstid	t_f [min]	26 (15)
Rinntid	t_r [min]	10
Dimensionerande varaktighet	t [min]	36 (25)
Dimensionerande regnintensitet	$i(t)$ [l/s/ha]	102 (131)
Total reducerad area	A_{red} [ha]	0,104
Dimensionerande flöde	q_{dim} [l/s]	11 (17)

Dimensionerande flöde utan fördröjning

		Hårdgjord gårdsyta	Tak	Grönyta	Grönyta	Dike
Area	A [m ²]	227	654	33	1250	65
Avrinningskoefficient	ϕ [-]	0,8	0,9	0,1	0,1	1,0
Dimensionerande varaktighet	t [min]			10		
Dimensionerande regnintensitet	$i(t)$ [l/s/ha]			228		
Total reducerad area	A_{red} [ha]			0,096		
Dimensionerande flöde	q_{dim} [l/s]			22		

Erforderligt anläggningsdjup är **0,20 m** i det filtrerande materialet i den genomsläppliga beläggningen och **0,38 m** för de upphöjda växtbäddarna. Dimensionerande flöde för typkvarteret är **11 l/s**, att jämföra mot **22 l/s** utan fördröjningsåtgärder.

3.6.2 Upphöjda växtbäddar med antagande om magasinering av dagvatten både i ytligt magasin och under mark

De upphöjda växtbäddarna utgör 5,3 % av den hårdgjorda tillrinningsytan. Genom att räkna med infiltration och magasinering både i ett ytlager och ett poröst marklager kan det ytliga anläggningsdjupet minska. I övrigt är förutsättningarna desamma som innan. Nya använda siffror och beräkningar är markerade i rött.

Återkomsttid		Å [år]	10		
Regnvolym som ska hanteras inom kvarter		d _r [m]	0,020		
		Genomsläpplig beläggning	Tak	Upphöjd växtbädd	Grönyta
					Dike
Area	A [m ²]	227	654	33	1250
Dränerbar porositet	n [-]	0,1		0,15	
Infiltrationshastighet	f [mm/h]			50	
Avrinningskoefficient	φ [-]	1,0	0,9	1,0	0,1
Ansluten reducerad area	A _{red} [m ²]	227		622	190
Sammanvägd infiltrationskapacitet	f _s [mm/h]			2,7	
Andel i ytmagasin/poröst lager	[%/%]			67/33	
Erforderlig fördröjningsvolym, ytlig	U _y [m ³]			8,3	3,8
Erforderlig fördröjningsvolym, poröst marklager	U _p [m ³]	4,5		4,1	
Erforderligt magasinsdjup, ytligt	d _y [m]			0,25	0,06
Erforderligt magasinsdjup, poröst marklager	d _p [m]	0,20		0,83	
Valt magasinsdjup, poröst marklager (uppfyller åtgärdsnivå)	d _p [m]			0,50	
Dimensionerande avrinning när fördröjningsvolymerna är fyllda					
Fyllnadstid	t _r [min]	26		11	26
Rinntid	t _r [min]	10		10	10
Dimensionerande varaktighet	t [min]	36		21	36
Dimensionerande regnintensitet	i(t) [l/s/ha]	102		146	102
Ansluten reducerad area	A _{red} [ha]	0,023		0,062	0,019
Dimensionerande flöde	Q _{aim} [l/s]	2,3		9,1	1,9
Totalt dimensionerande flöde	Q_{aim} [l/s]			13	

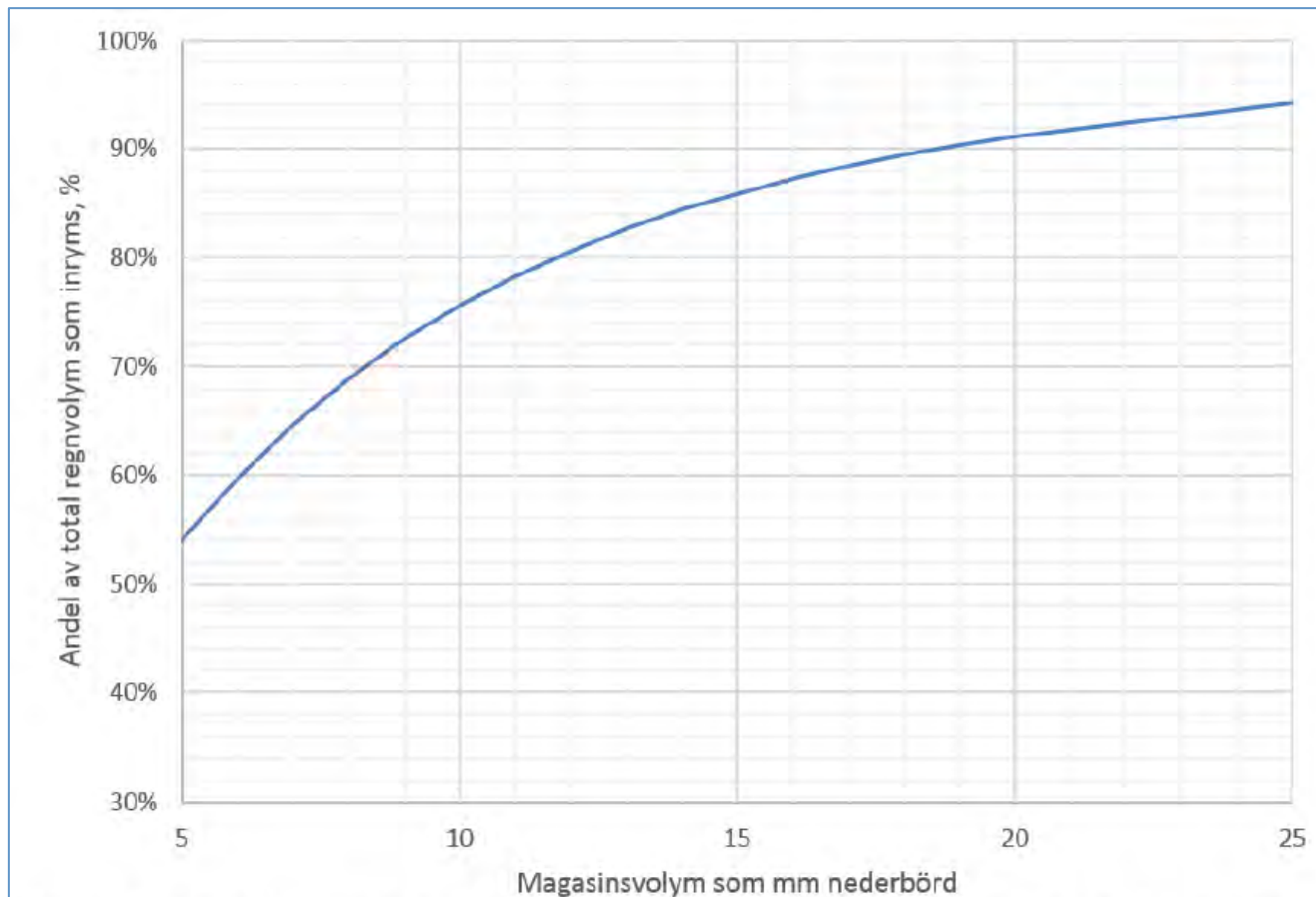
Erforderligt anläggningsdjup för de upphöjda växtbäddarna är nu **0,25 m** för ytmagasinet och **0,5 m** för det porösa marklagret, då syftet med åtgärdsnivån uppfylls:

- ✓ *Det finns ett ytligt magasin.*
- ✓ *Den huvudsakliga reningen sker i passagen genom ett filtrerande marklager vars långsiktiga infiltrationshastighet (efter växtetablering) är maximalt 100 mm/h.*
- ✓ *Filterdjupet har tillräcklig mäktighet för att effektiv rening ska kunna uppnås.*

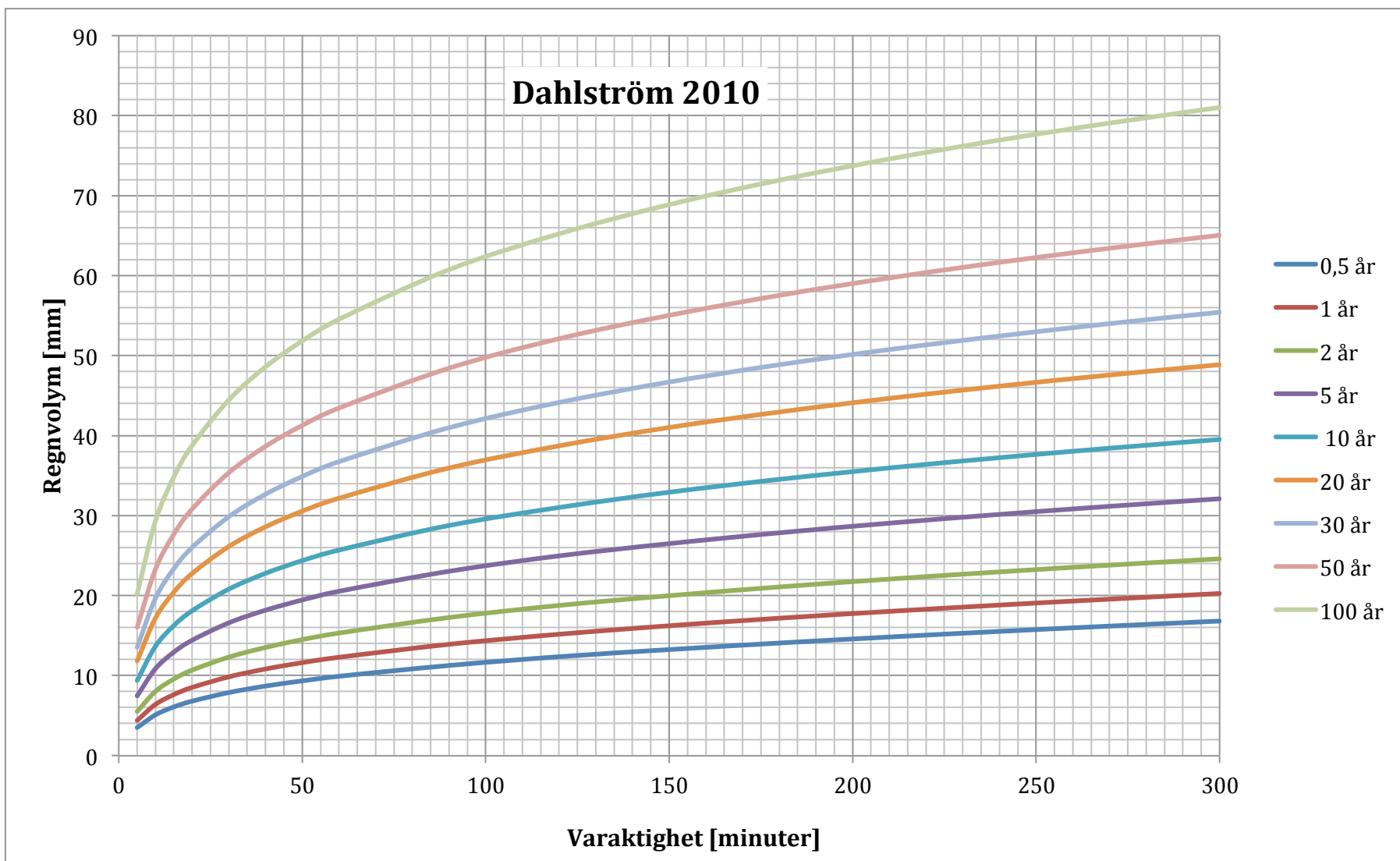
Det dimensionerande flöde för typkvarteret är nu **13 l/s**, jämfört med 11 l/s innan.

4 Bilagor

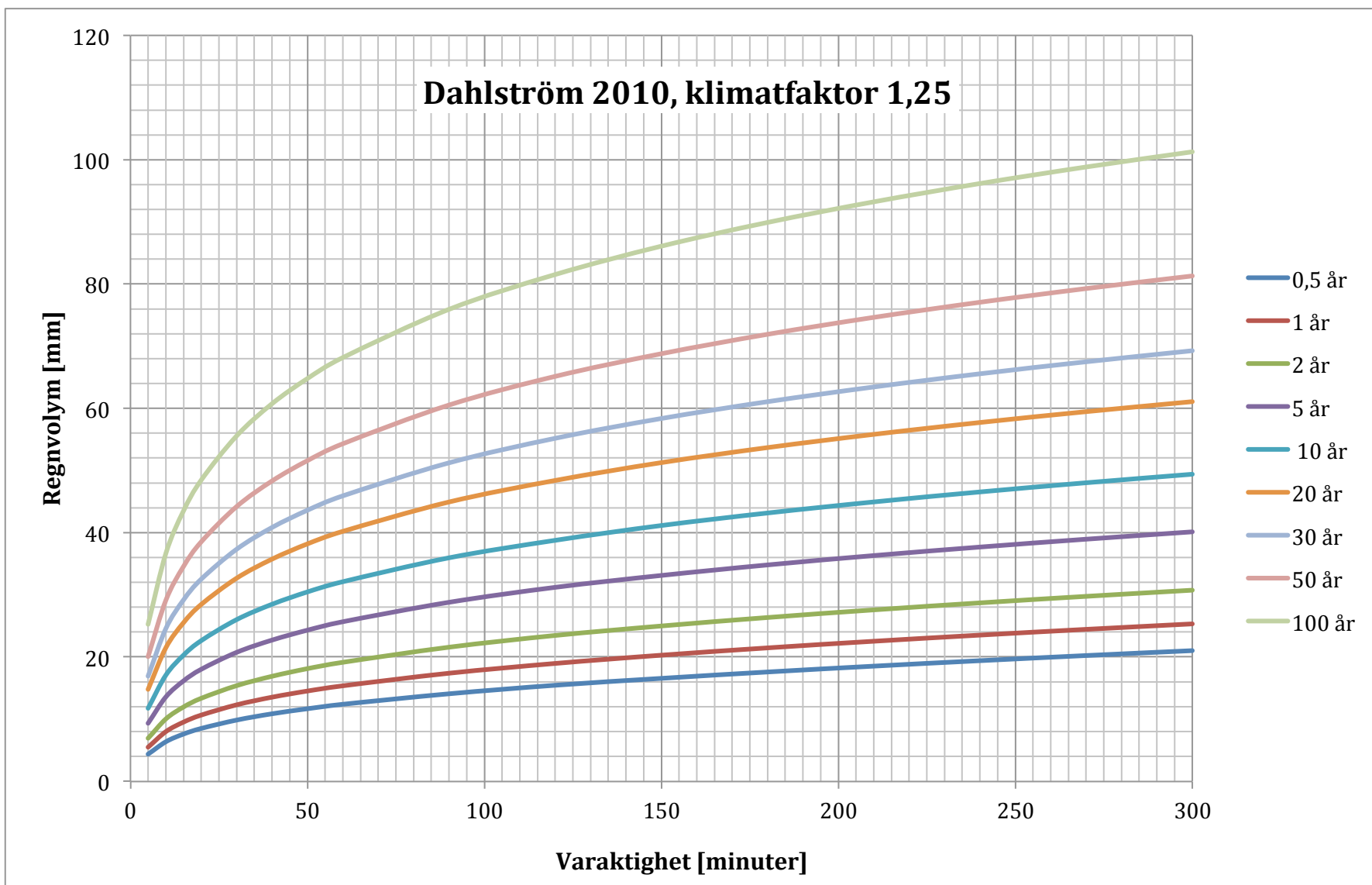
Bilaga 1. Diagram och tabeller



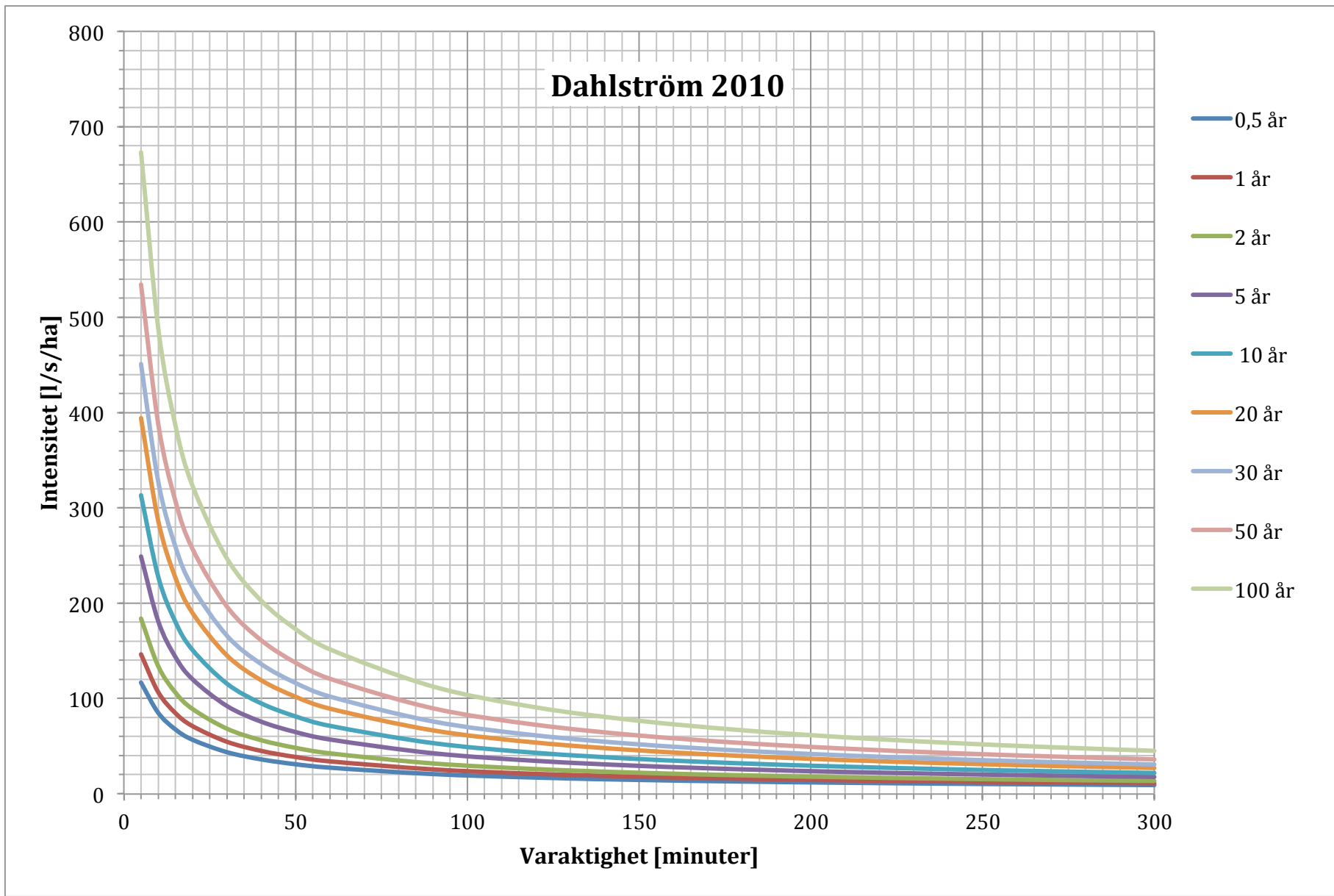
Figur 1. Andel av total årsvolym regn som inryms i magasinvolym med angivet värde på x-axeln. Regndata från Stockholm 1984-2014. Regndefinition: uppehållstid 12 timmar, vilket innebär att magasinet behöver tömmas på 12 timmar.

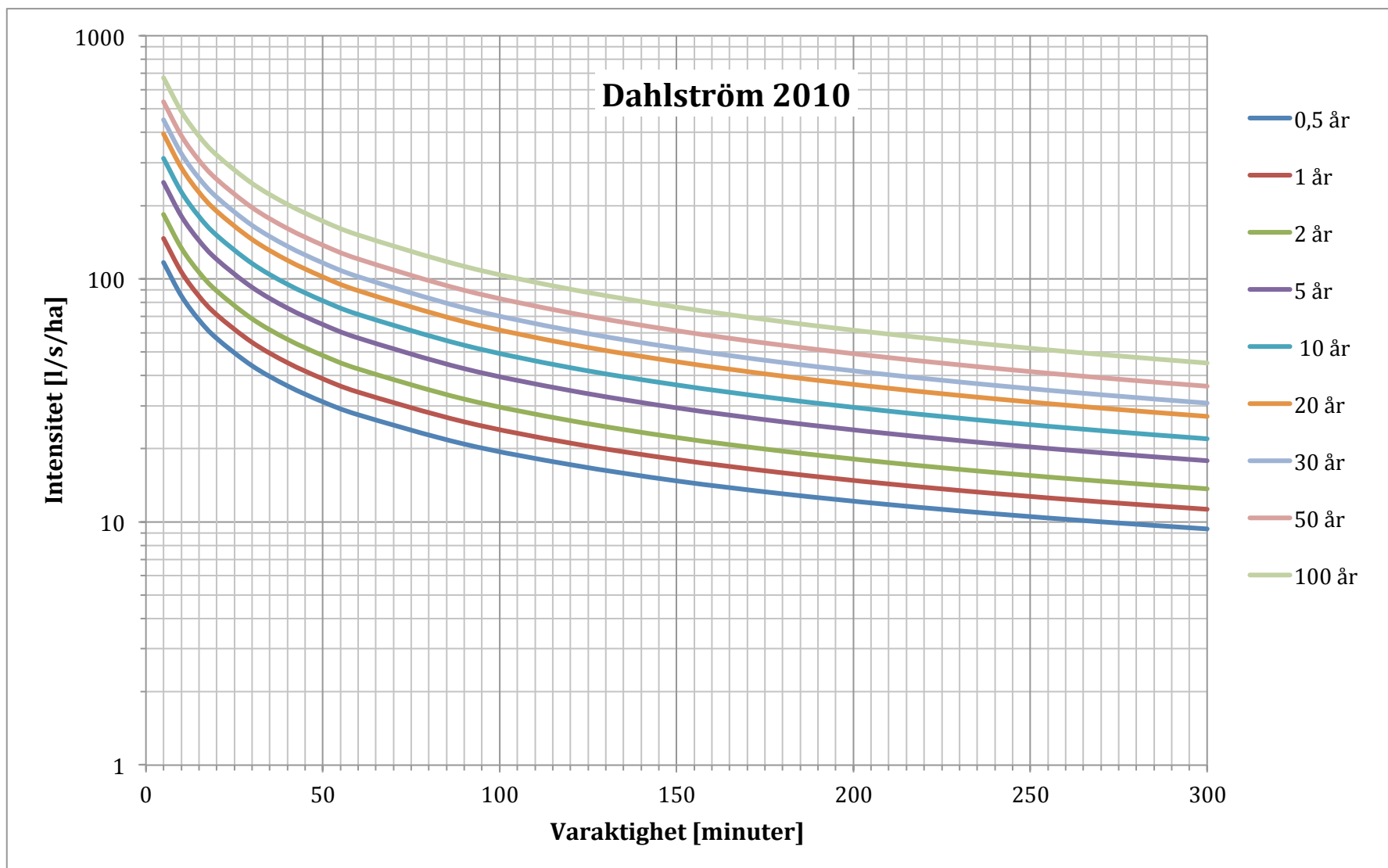


Figur 2. Nederbördsvolym som funktion av varaktighet och återkomsttid enligt Dahlström (2010).

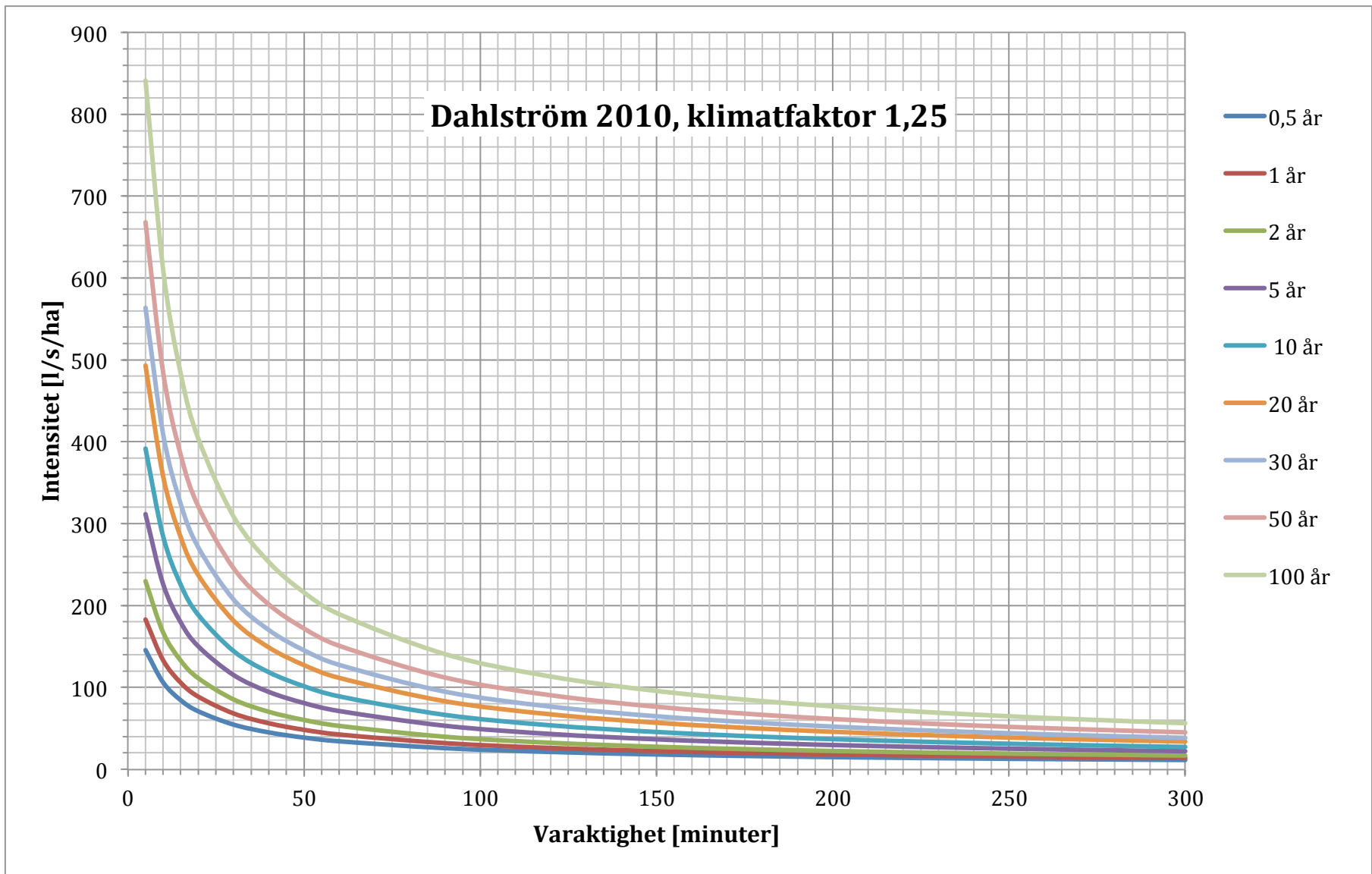


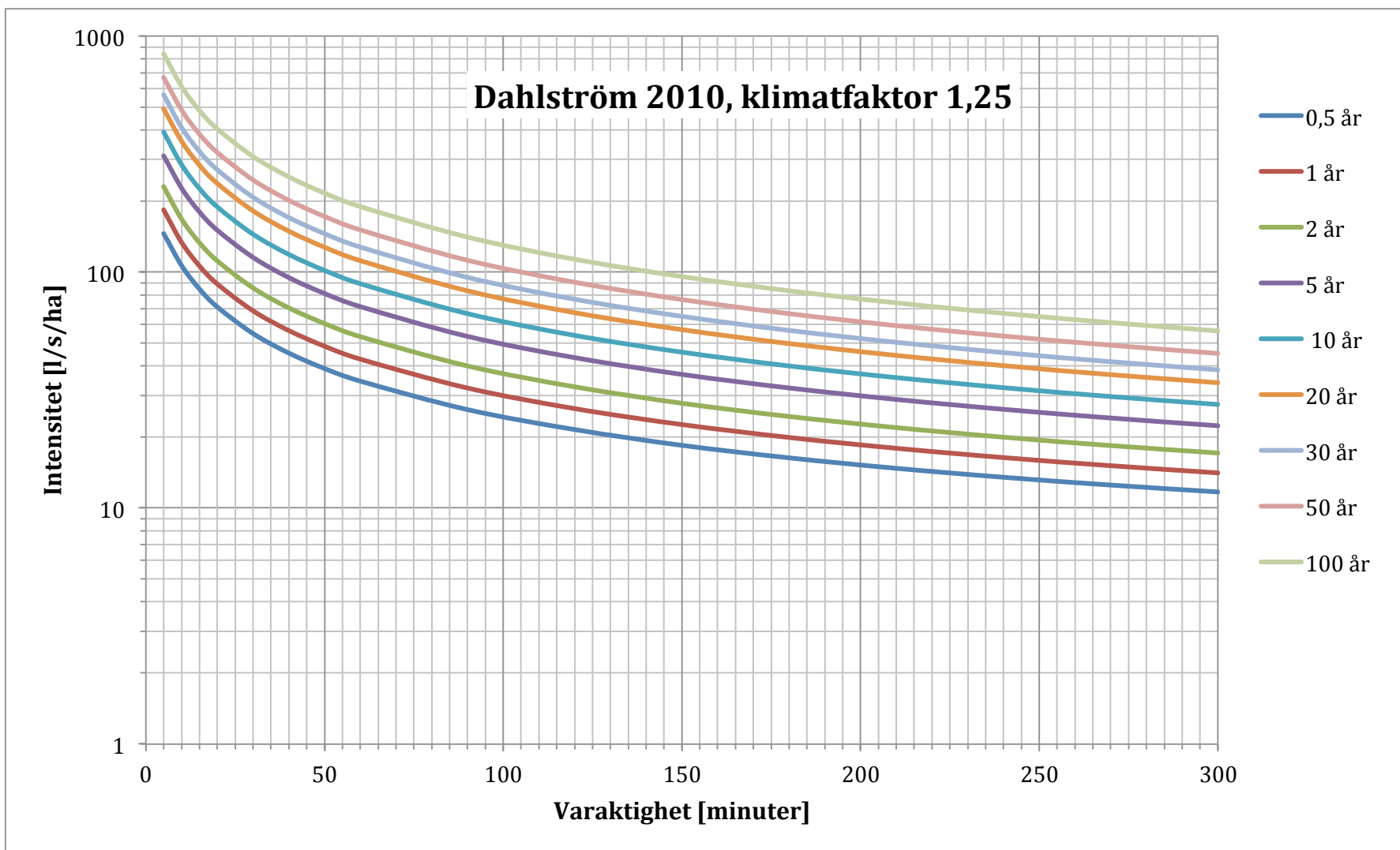
Figur 3. Nederbördsvolym som funktion av varaktighet och återkomsttid enligt Dahlström (2010) med $k_f=1,25$.





Figur 4. Intensitet-varaktighetskurvor för olika återkomsttider enligt Dahlström (2010). Den övre grafen är med linjär y-axel, den undre med logaritmisk y-axel för att lättare läsa av intensiteter för längre varaktigheter.





Figur 5. Intensitet-varaktighetskurvor för olika återkomsttider enligt Dahlström (2010) med $k_f=1,25$. Den övre grafen är med linjär y-axel, den undre med logaritmisk y-axel för att lättare läsa av intensiteter för längre varaktigheter.

Tabell 1. Regnintensitet samt kumulativt regndjup (d_r) för olika regnvaraktigheter upp till 2 timmar för ett 10-årsregn med och utan klimatfaktor 1,25. Denna tabell motsvarar Figur 2, Figur 3, Figur 4 och Figur 5 för ett dimensionerande 10-årsregn.

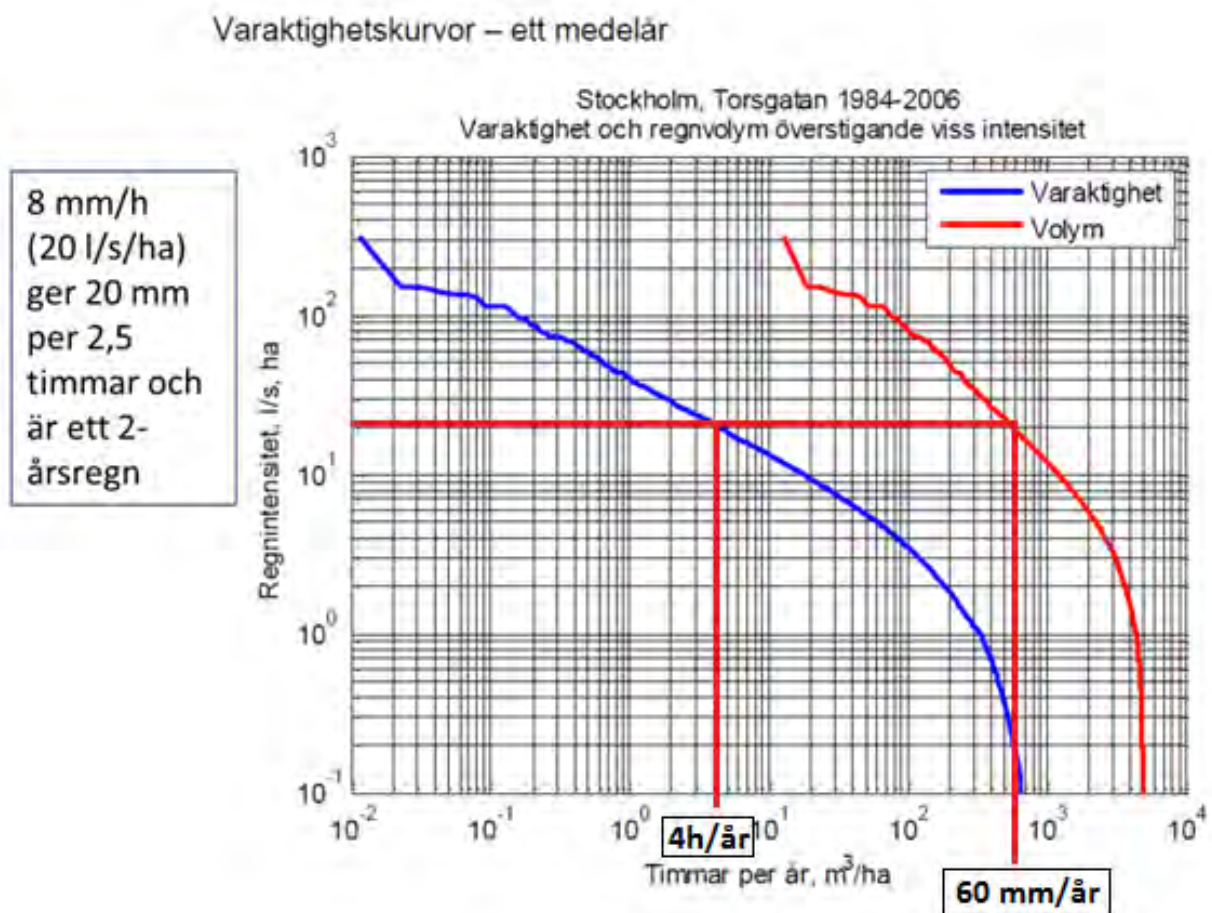
Regnvaraktighet min	10-årsregn		10-årsregn inkl. klimatfaktor 1,25	
	$i(t)$ l/s/ha	d_r mm	$i(t)$ l/s/ha	d_r mm
0	0	0,0	0	0,0
2	331	4,0	414	5,0
3	353	6,3	441	7,9
4	336	8,1	420	10,1
5	313	9,4	392	11,8
6	292	10,5	365	13,1
7	273	11,5	341	14,3
8	256	12,3	320	15,4
9	241	13,0	301	16,3
10	228	13,7	285	17,1
11	216	14,3	270	17,8
12	206	14,8	257	18,5
13	197	15,3	246	19,2
14	188	15,8	235	19,8
15	181	16,3	226	20,3
16	174	16,7	217	20,8
17	167	17,1	209	21,3
18	161	17,4	202	21,8
19	156	17,8	195	22,2
20	151	18,1	189	22,7
21	146	18,4	183	23,1
22	142	18,8	178	23,4
23	138	19,0	173	23,8
24	134	19,3	168	24,2
25	131	19,6	163	24,5
26	127	19,9	159	24,8
27	124	20,1	155	25,1
28	121	20,4	151	25,5
29	118	20,6	148	25,7
30	116	20,8	145	26,0
31	113	21,1	141	26,3
32	111	21,3	138	26,6
33	108	21,5	136	26,8
34	106	21,7	133	27,1
35	104	21,9	130	27,4
36	102	22,1	128	27,6
37	100	22,3	125	27,8
38	98	22,5	123	28,1
39	97	22,6	121	28,3
40	95	22,8	119	28,5
45	88	23,6	109	29,5
50	81	24,4	102	30,5
55	76	25,1	95	31,3
60	71	25,7	89	32,1
90	53	28,8	67	36,0
120	43	31,1	54	38,8

Bilaga 2. Dimensionering av lokal fördröjningsanläggning med fördröjningsvolym i det porösa marklagret

Om hela, eller del av, fördröjningsvolymen allokeras i det porösa marklagret av en fördröjningsanläggning behöver anläggningens infiltrationskapacitet vara tillräcklig med hänsyn till det regn som den dimensioneras för.

I Stockholm ska dimensionering ske för att omhänderta 20 mm nederbörd i fördröjningsanläggning, vilket innebär att cirka 90 % av årsnederbörden kan behandlas i anläggningen (se Figur 1 i Bilaga 1). Infiltrationskapaciteten av anläggningen bör därför vara tillräcklig för att medge att cirka 90 % av årsnederbörden infiltrerar till det porösa marklagret.

Medelnederbörden i Stockholm är cirka 600 mm. I Figur 6 ser vi att 60 mm ($600 \text{ m}^3/\text{ha}$), dvs. 10 % av årsnederbörden, överskrider regnintensiteten 20 l/s/ha^1 . Denna intensitet motsvarar intensiteten av ett 2-årsregn för 2,5 timmars varaktighet. Under 2,5 h faller 20 mm nederbörd, det vill säga 8 mm/h , eller cirka 20 l/s/ha (se Figur 2 och Tabell 1 i Bilaga 1).



Figur 6. Varaktighet respektive volym som överskrider en viss regnintensitet på årsbasis för ett medelår i Stockholm under perioden 1984-2006. Källa: Hernebring (2008) i Svenskt Vatten Publikation P104.

¹ Den blå kurvan visar även att denna regnintensitet överskrids under cirka 4 h per år.

Genom att säkerställa att infiltrationshastigheten till det porösa marklagret i en fördröjningsanläggning dimensioneras för 20 mm nederbördsvolym under ett 2-årsregn kan anläggningen fördröja och rena cirka 90 % av årsnederbörden. Fördröjningsanläggningen måste alltså klara att infiltrera 8 mm/h sett till alla ytor som är anslutna till anläggningen. Om en anläggning exempelvis omhändertar dagvatten från en reducerad yta som är dubbelt så stor som anläggningen själv måste anläggningen ha en infiltrationshastighet på minst 16 mm/h. Om den anslutna reducerade ytan är tio gånger större än anläggningens yta krävs en infiltrationshastighet på minst 80 mm/h osv.

Versionshistorik

Version 1.0 färdigställdes 17-06-27.

Version	Datum	Förändring
1.1	17-10-20	Version 1.1 har kompletterats med alternativa dimensioneringsberäkningar för växtbäddar, infiltrationsstråk och dränerande gräsytor. I sådana anläggningar kan en mindre våtvolum accepteras om dagvattnet passerar genom ett filtrerande marklager vars infiltrationskapacitet och djup medger effektiv avskiljning av föroreningar.

Arbetet med att ta fram Bilaga med typexempel för beräkning av dimensionerande dagvattenflöden har drivits av :

Eva Vall, projektledare	Stockholm Vatten och Avfall
Joakim Pramsten	Stockholm Vatten och Avfall
Brita Stenvall	Stockholms Vatten och Avfall
Johanna Lind	Stockholm Vatten och Avfall

Detta har skett inom ramen för det stadsgemensamma projektet med dagvattenvägledning. Underlag och beräkningar har tagits fram av konsultföretagen WRS och RISE Urban Water.

Omslagsillustration och kvartersillustrationer: Sofia Eskilsdotter