

Bilaga till rapport 15SV737 Skyfallsmodellering för Stockholms stad

Diarienummer
15SV737

Projektnummer
600346-106

Bilaga E

- Metodik för beräkning av nettovolymen som ansamlas på markytan vid stora regn

Joakim Pramsten
2015-12-03



**Stockholms
stad**

© Stockholm Vatten AB 2015

Författare: Joakim Pramsten, joakim.pramsten@stockholmvatten.se

Rapporten citeras: Pramsten, J (2015). Skyfallsmodellering för Stockholms stad. Stockholm Vatten AB.

Internt Dnr: 15SV737

Kontaktuppgifter: Stockholm Vatten AB, 106 36 Stockholm

Telefon: 08-522 120 00

Webb: www.stockholmvatten.se

Sammanfattning

Eftersom den hydrauliska avrinningsmodellen som ligger till grund för skyfallsmodelleringen inte inkluderar effekter av vare sig ledningsnät eller infiltrationsprocesser måste hänsyn till dessa tas utanför den hydrauliska modellen. Detta har gjorts genom att schablonmässigt reducera den totala nederbördsvolymen med de volymer som antas kunna tas omhand via ledningsnät eller via infiltration på grönytor. Den återstående regnvolymen, här kallad nettovolymen, är den regnvolym som ansamlas på markytan och som riskerar att rinna vidare mot ytans lågpunkter. Det är denna nettovolym som har använts som indata i den hydrauliska modellen.

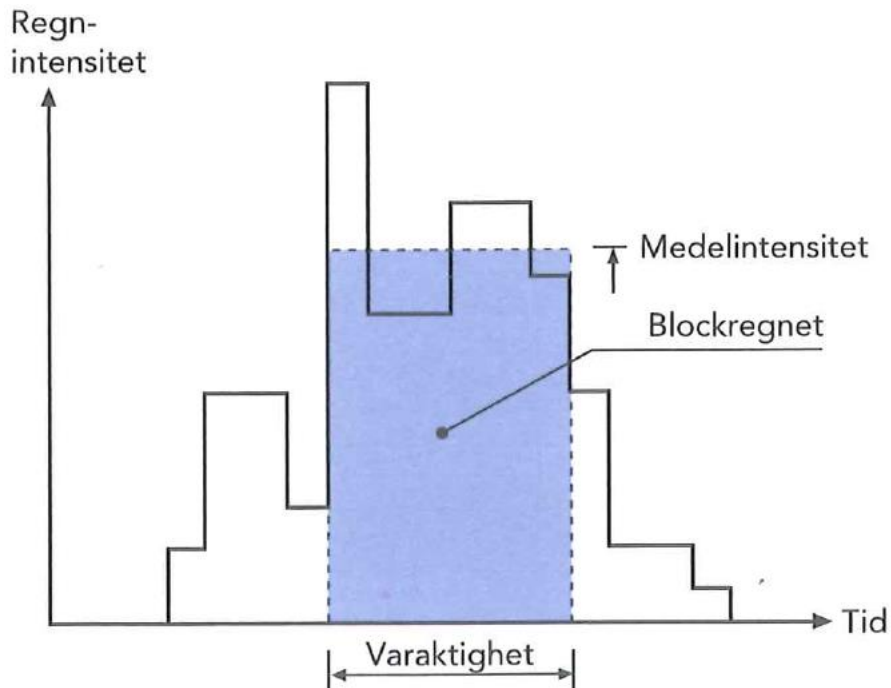
I denna bilaga beskrivs den metodik som har använts för att beräkna nettovolymen. Metodiken utgår från regnenveloppmetoden som är en standardmetod för överslagsmässig beräkning av utjämningsvolymer.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. Kvantifiering av nederbörd _____	3
2. Avledning av nederbörd i dagvattenledningar _____	6
3. Infiltration av nederbörd på grönytor _____	9
4. Områdesvis samverkan av infiltration och avledning _____	12
5. Återkomsttidens betydelse _____	13
6. Referenser _____	15

1. Kvantifiering av nederbörd

Det går inte att med en enkel siffra kvantifiera regn på ett entydigt och uttömmande sätt eftersom regn till sin natur är dynamiska i tiden. Det kan regna mer eller mindre intensivt under kortare eller längre perioder och kvantifieringen kan göras på olika tidsskalor både under pågående regn samt för olika sannolikheter sett över längre tidsperioder. Traditionellt har man löst detta genom att studera så kallade blockregn. Blockregn konstrueras genom att man för en vald varaktighet beräknar medelintensiteten hos den mest intensiva delen av ett regn, se figur 1.

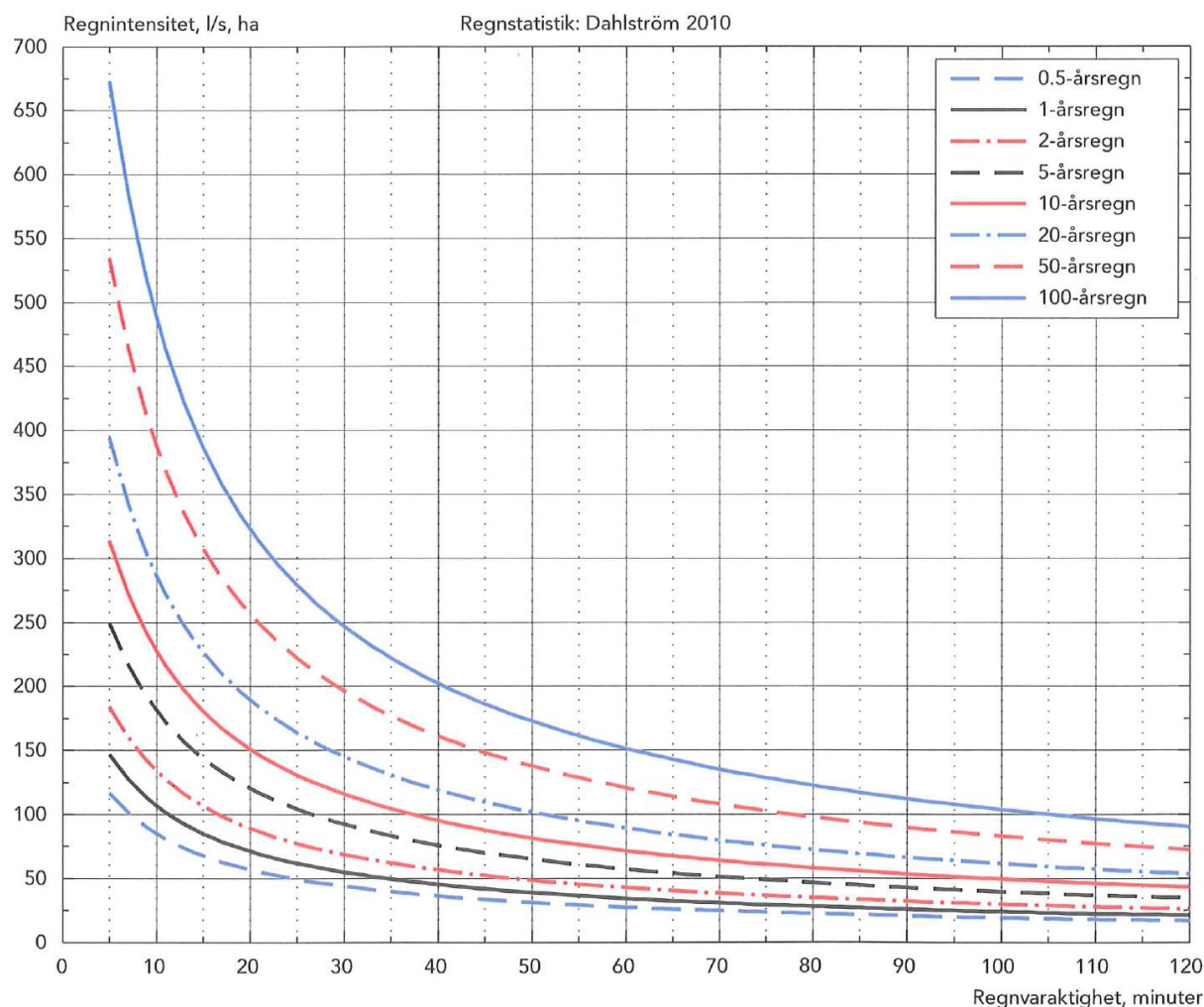


Figur 1 Regndata för ett specifikt regn där ett blockregn för en vald varaktighet har markerats.

Två saker kan vara värda att poängtera beträffande blockregn:

- Varaktigheten hos ett blockregn motsvaras inte av varaktigheten på det uppmätta regnet, utan av den tidsperiod under vilken man valt att studera regnet. Den studerade varaktigheten kan därför vara både kortare och längre än det uppmätta regnets varaktighet.
- Medelintensiteten för ett blockregn minskar om den studerade varaktigheten ökas. Detta är en logisk konsekvens av att blockregn konstrueras med utgångspunkt från den mest intensiva del av regnet som kan inrymmas inom den valda varaktigheten.

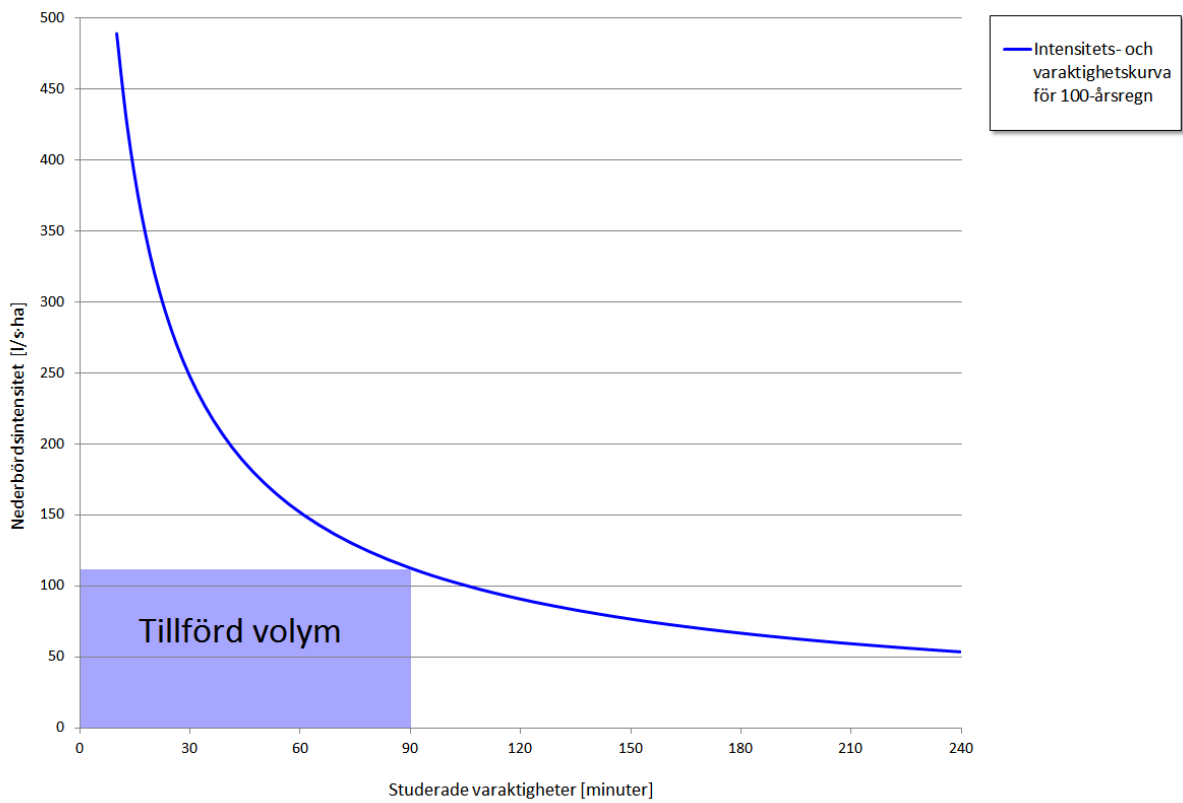
Genom att skapa blockregn för olika varaktigheter från en lång serie uppmätta regntillfällen kan så kallade intensitets- och varaktighetskurvor för olika statistiska återkomsttider tas fram. Dessa kurvor redovisar maximala blockregnsintensiteter för olika återkomsttider, samt hur dessa intensiteter beror av studerad varaktighet, se exempel i figur 2.



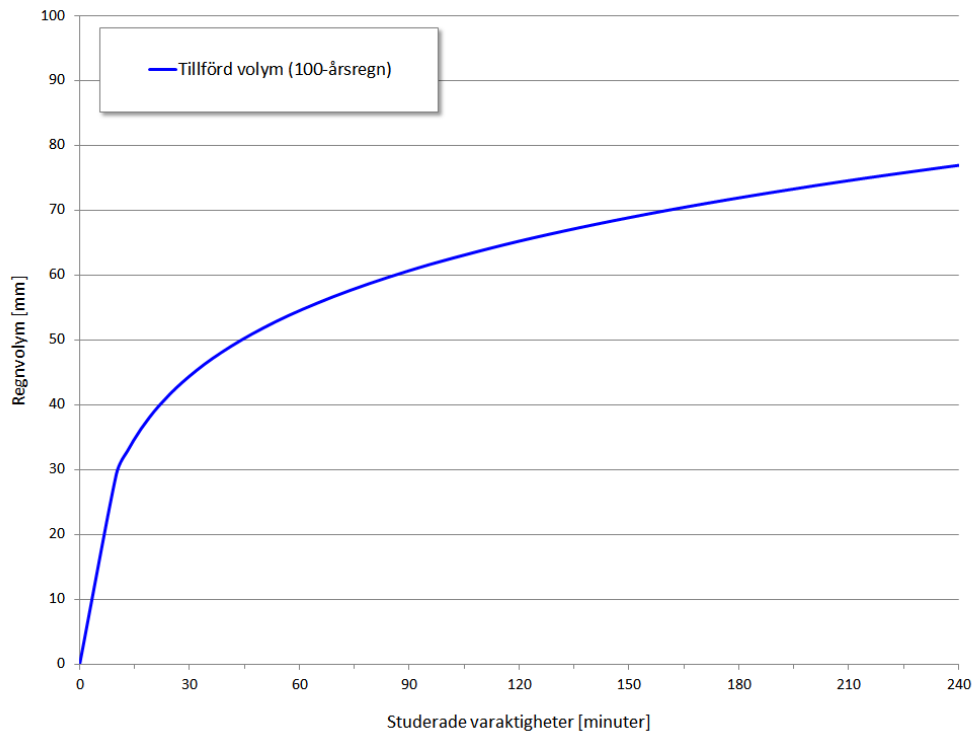
Figur 2 Intensitets- och varaktighetsdiagram för regn med återkomsttider från 0,5 år till 100 år.

Med utgångspunkt från intensitets- och varaktighetskurvan för en given återkomsttid kan nederbördsvolymen för en vald varaktighet beräknas genom att multiplicera regnintensiteten med den studerade varaktigheten. Volymen kan illustreras grafiskt som en rektangel inskriven under intensitets- och varaktighetskurvan, se figur 3.

Genom att beräkna regnvolymen för olika varaktigheter och avsätta dessa som en funktion av varaktigheten kan en så kallad regnenvelopp konstrueras, se figur 4. Av figuren kan utläsas att ökad varaktighet ger ökad regnvolym, vilket är naturligt eftersom mer regn inkluderas i blockregnet ju längre varaktighet som studeras (jämför figur 1). Så länge inget vatten försvinner ur kalkylen kommer regnvolymen hela tiden att fortsätta öka med ökad längd på den studerade varaktigheten.



Figur 3 Intensitets- och varaktighetskurva för ett 100-årsregn. Den regnvolym som faller vid en studerad varaktighet på 90 minuters varaktighet har markerats med en blå rektangel.

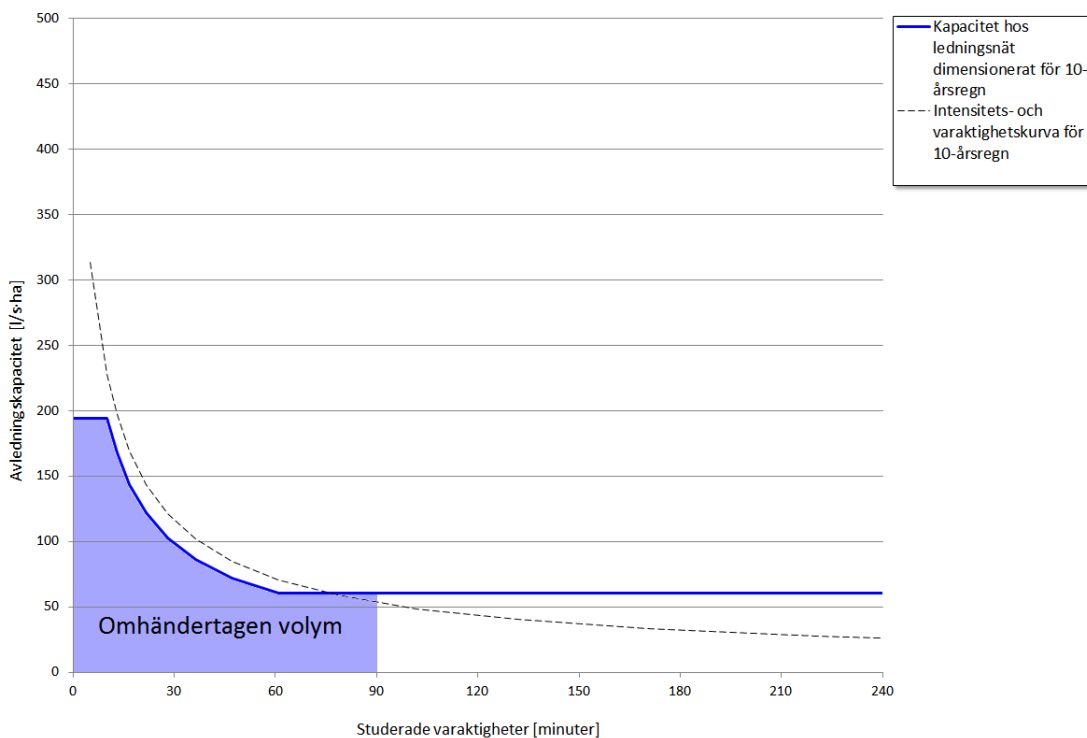


Figur 4 Regnenvelopp för ett 100-årsregn.

2. Avledning av nederbörd i dagvattenledningar

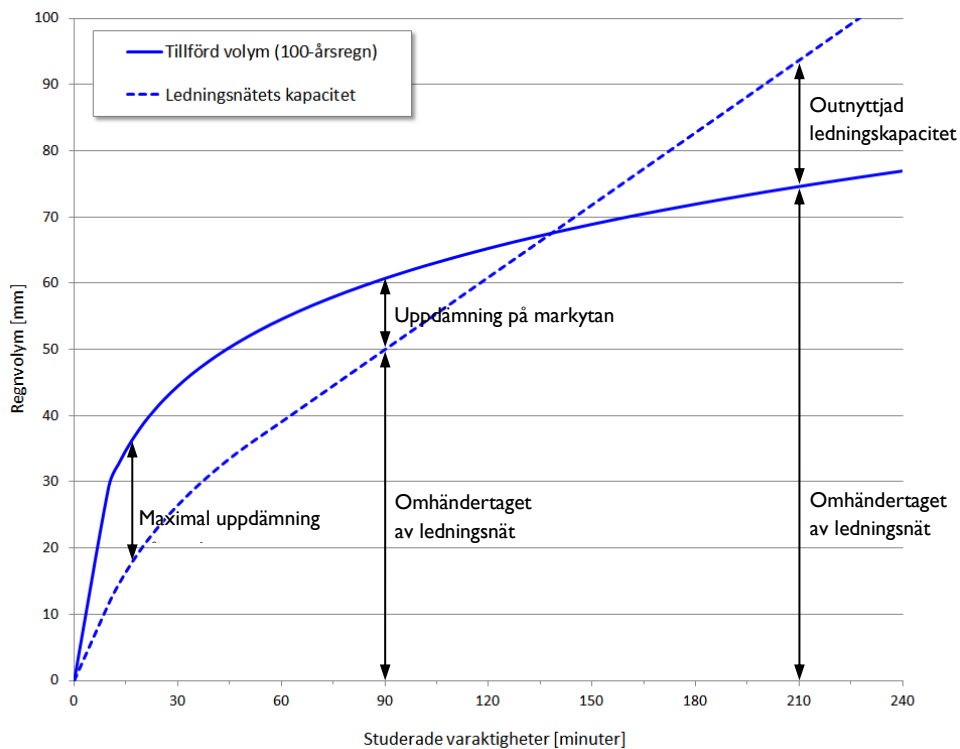
Vatten från hårdgjorda ytor avleds normalt via dagvattenledningar. Allmänna dagvattenledningar ska enligt branschpraxis dimensioneras för att kunna avleda regn med upp till 10 års återkomsttid utan dämning på markytan (Svenskt Vatten 2004). Vid dimensioneringen används blockregn med varaktigheter från 10 minuter upp till någon timme eller två. Vilken varaktighet som används beror på vilken del av ledningssystemet som för tillfället studeras. Högst upp i systemet dimensioneras ledningarna för att kunna ta hand om flödet från ett blockregn med 10 minuters varaktighet, vilket motsvarar ungefär 230 l/s-ha. Längre ned i systemet dimensionera ledningarna för att kunna ta omhand flödet från ett blockregn med en varaktighet som motsvaras av rinntiden fram till den aktuella punkten. Motivet till detta är ett antagande om att intensitetsvariationer med kortare varaktighet än rinntiden fram till beräkningspunkten inte kommer samverka och öka flödet i punkten jämfört med det flöde som erhålls när samtliga ytor samverkar, det vill säga när varaktigheten väljs lika lång som rinntiden. Om rinntiden genom ett ledningssystem är 60 minuter bör de delar av systemet som ligger längst ned alltså dimensioneras för ett blockregn med 60 minuters varaktighet, vilket motsvarar ungefär 70 l/s-ha.

Ett ledningssystem som dimensionerats enligt ovan kan därför liknas vid en tratt: under en kortare tid går det att hålla mer vatten i tratten än vad den släpper igenom i botten. Det som händer är att de övre delarna av tratten fylls och bildar ett magasin. Under en längre period går det dock inte att hålla mer vatten i tratten än vad som rinner ut genom dess botten. För en given tidsperiod går det att hålla så mycket vatten i tratten som det under samma tidsperiod hinner rinna ut genom botten plus den volym som kan lagras upp i tratten, se figur 5.



Figur 5 Kapacitet hos ett ledningsnät dimensionerat för 10-årsregn. Dimensionerande avrinningskoefficient antas vara 0,85 och rinntiden genom nätet är 60 minuter. Den volym som kan omhändertags under 90 minuter har markerats som en blå yta.

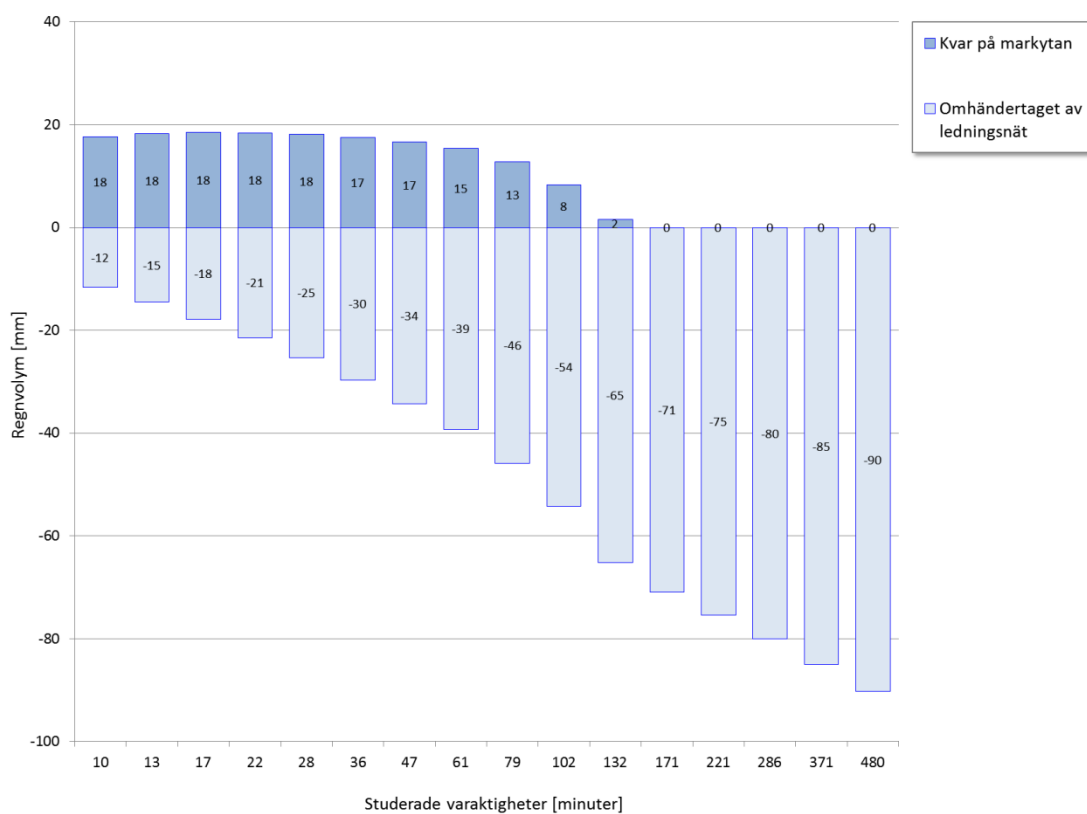
Genom att för en given varaktighet beräkna tillförd regnvolymer och från denna subtrahera den volym som ledningsnätet kan omhänderta under samma tidsperiod kan den på markytan uppdämda volymen vid tidsperiodens slut beräknas. Beräkningar för olika varaktigheter kan göras och den varaktighet som ger den största differensen mellan tillförd och omhändertagen volym blir dimensionerande. Metodiken illustreras med ett exempel i figur 6 där en varaktighet kring 17 minuter blir dimensionerande vilket ger en maximalt uppdämd regnvolymer kring 18 millimeter.



Figur 6 Regnenvolpp för 100-årsregn samt kapacitetsenvolpp för ledningsnät dimensionerat för 10-årsregn.

Beräkningssången som beskrivits ovan är en standardmetod för överslagsmässig dimensionering av utjämningsmagasin och benämns vanligen regnenvolppmetoden, se t.ex. P90 avsnitt 4.2.7.2 (Svenskt Vatten 2004).

Ett annat sätt att illustrera resultatet i figur 6 återges i figur 7. I denna figur representeras den tillförda regnvolymer av ett antal staplar, en för varje studerad varaktighet. Den negativa delen av stapeln representerar den del av regnvolymer som har omhändertagits av ledningsnätet medan den positiva delen representerar den volym som däms upp på markytan.



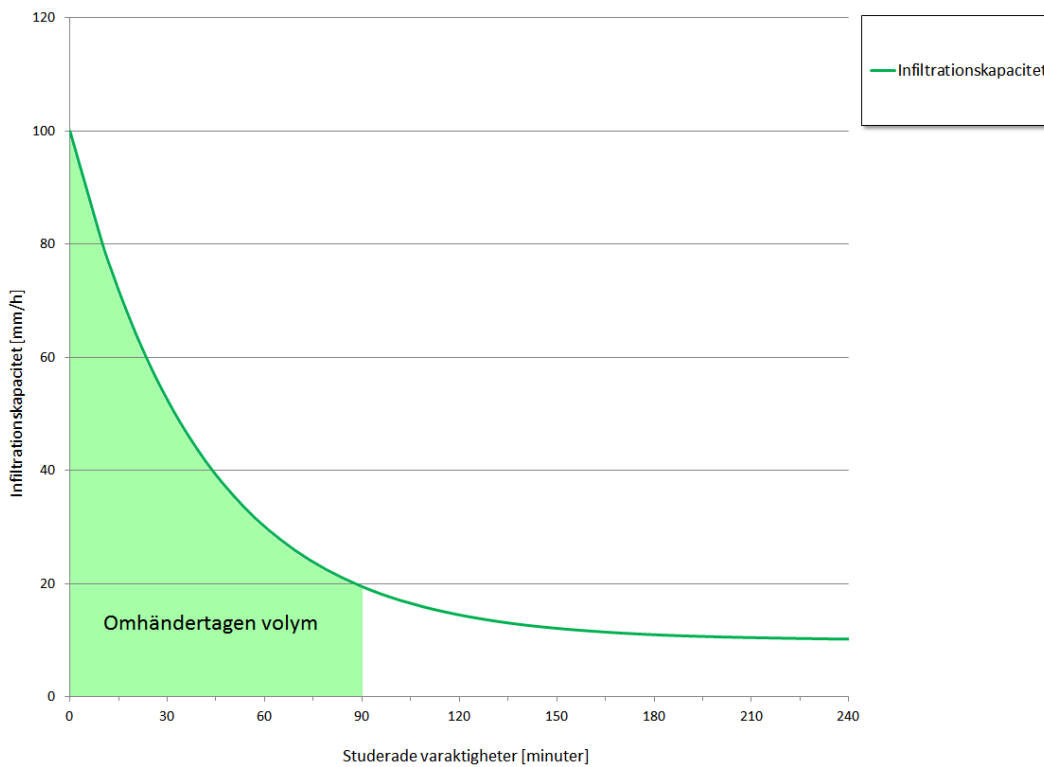
Figur 7 Uppämning på markytan vid 100-årsregn för hårdgjorda ytor med ledningsnät dimensionerat för 10-årsregn.

3. Infiltration av nederbörd på grönytor

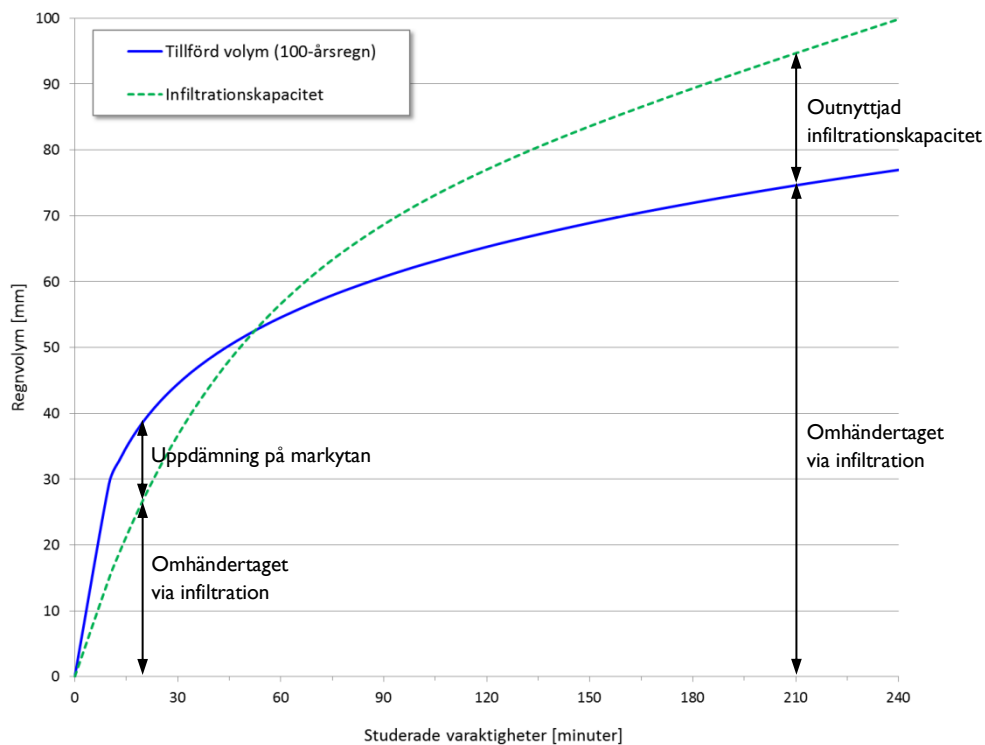
Regn som faller över grönytor infiltrerar vanligen men vid stora regn kan det hända att regnintensiteten överskrider infiltrationskapaciteten, varvid även vatten från dessa ytor kan bidra till marköversvämning.

I början av ett infiltrationsförsök är infiltrationskapaciteten vanligen högre än i slutet av försöket. Detta beror på att vatten under försökets inledande fas tränger ner och fyller upp markens ytligare skikt, vilka är mer porösa och lättgenomsläppliga än de djupare skikten. Med tiden mätas emellertid de övre jordlagren och den fortsatta infiltrationen begränsas då av de djupare jordlagrens genomsläpplighet.

Liksom vid avledning av dagvatten via ledningar kan man likna infiltration av vatten vid att hålla vatten i en tratt, se figur 8. Egentligen är det inte tiden sedan infiltrationen inleddes som avgör infiltrationskapaciteten utan den mängd vatten som under närtid har infiltrerat. Tillförs mindre vatten än vad som kan infiltrera under en given tidsperiod kvarstår den outnyttjade infiltrationskapaciteten och den kan då nyttjas vid senare tidpunkter i infiltrationsförloppet, se bilaga F.



Figur 8 Infiltrationskurva med initial infiltrationskapacitet på 100 mm/h som succesivt faller mot 10 mm/h. Den volym som kan omhändertas under 90 minuter har markerats som en grön yta.

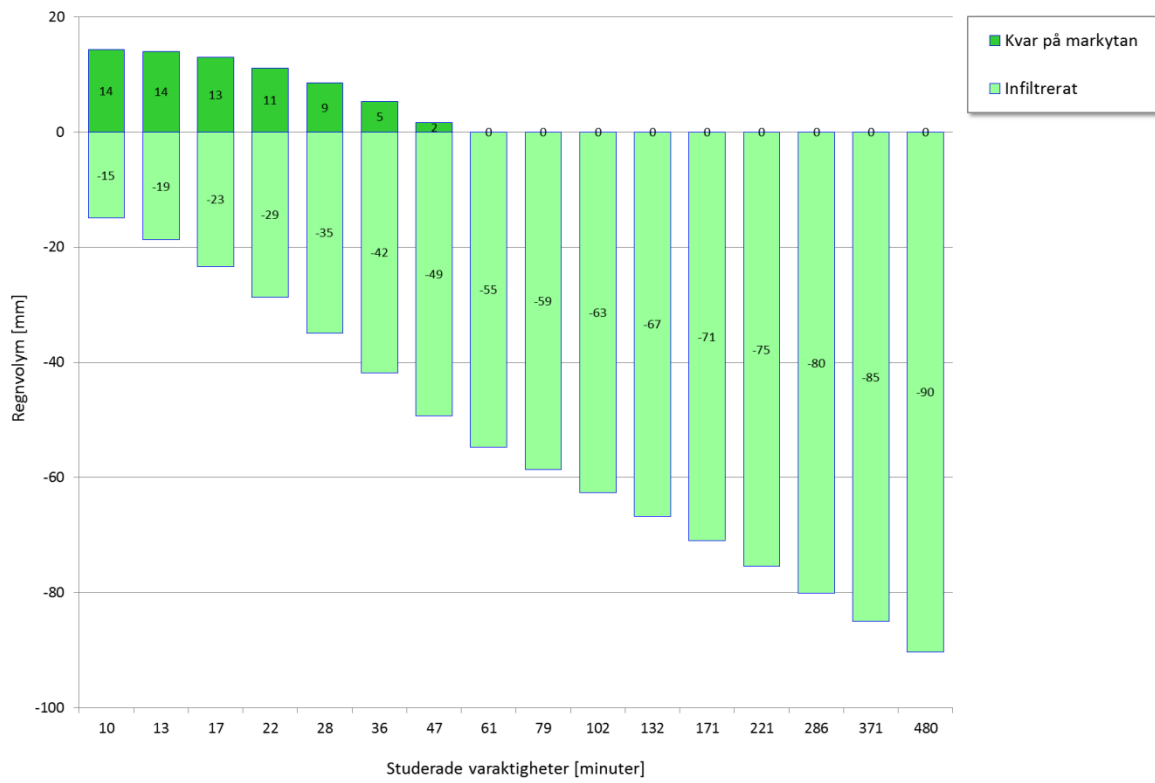


Figur 9 Regnenvelopp för 100-årsregn samt kapacitetsenvelop för infiltration med initial infiltrationskapacitet på 100 mm/h.

Regnenveloppmetoden kan även i detta fall användas för att bedöma maximal uppdämning på markytan, se figur 9.

Ett annat sätt att illustrera resultatet i figur 9 återges i figur 10. I denna figur representeras den tillförda regnvolymen av ett antal staplar, en för varje studerad varaktighet. Den negativa delen av stapeln representerar den del av regnvolymen som har infiltrerat medan den positiva delen representerar den volym som däms upp på markytan. En varaktighet kring 10 minuter blir dimensionerande vilket ger en maximalt uppdämd regnvolym kring 14 millimeter.

Det är värt att notera att maximal uppdämning på markytan i figur 10 erhålls vid en varaktighet kring 10 minuter medan maximal uppdämning på markytan i figur 7 erhålls vid en varaktighet kring 17 minuter. Den varaktighet som ger maximal uppdämning på grönytor är således inte densamma som den varaktighet som ger maximal uppdämning på hårdgjorda ytor. Detta beror på att infiltrationskapaciteten och ledningsnätets kapacitet inte är identiska.



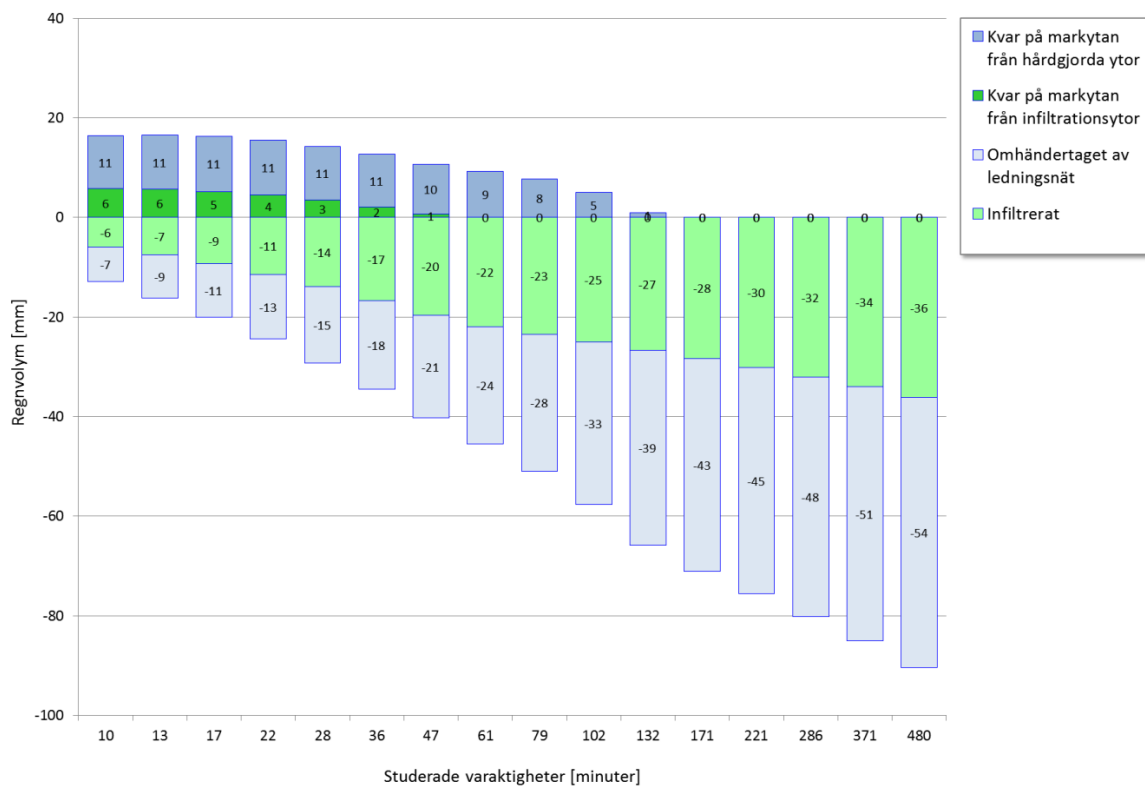
Figur 10 Uppämning på markytan vid 100-årsregn för grönytor med initial infiltrationskapacitet på 100 mm/h som succesivt faller mot 10 mm/h.

4. Områdesvis samverkan av infiltration och avledning

För att finna den varaktighet som ger maximal uppämning i ett område bestående av både hårdgjorda och gröna ytor måste uppämningen på markytan för respektive typ av yta beräknas och sedan fördelas över den totala ytan.

I figur 11 har en beräkning gjorts för ett område där 60 procent av områdets ytor antas vara hårdgjorda och 40 procent av ytorna antas utgöras av grönytor. I övrigt antas samma förhållanden som för beräkningarna i figur 7 och i figur 10.

En varaktighet kring 13 minuter blir dimensionerande för området som helhet och den totalt uppämda regnvolymen räknad över hela området blir kring 17 millimeter, det vill säga något lägre än för ett helt hårdgjort område men högre än för ett helt grönt område.



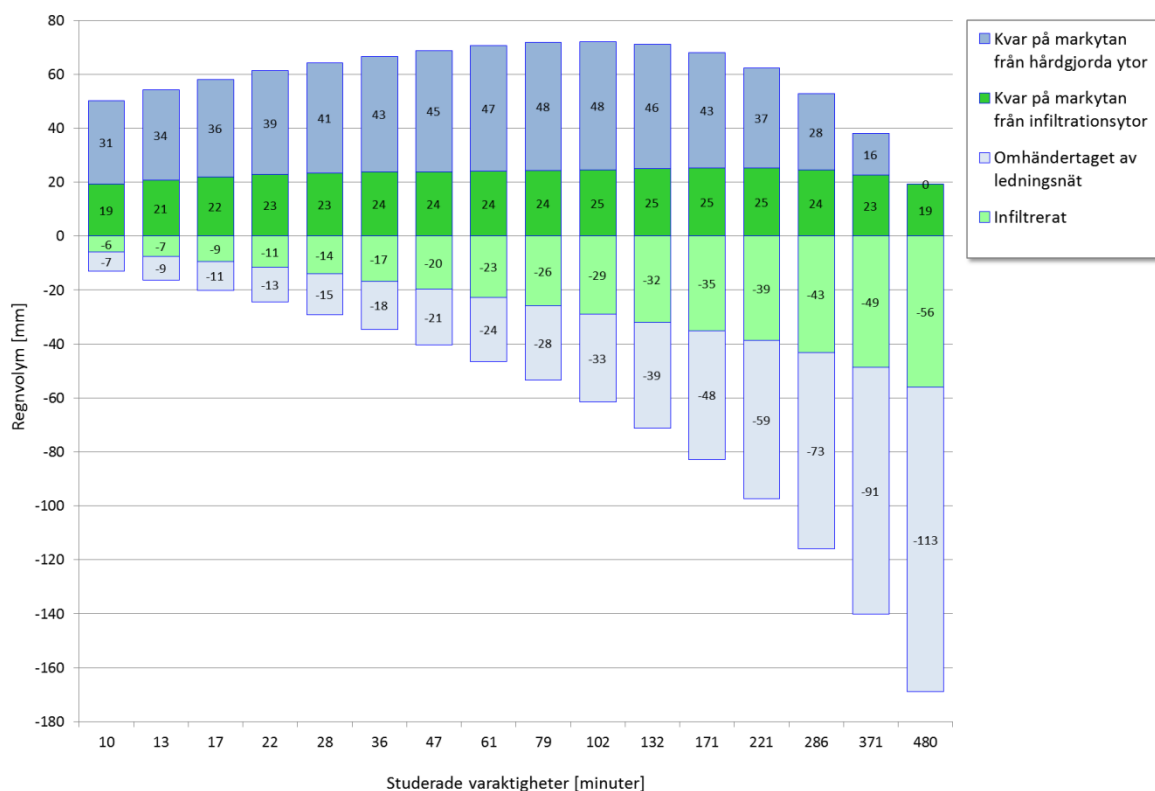
Figur 11 Uppämning på markytan vid 100-årsregn för ett område med 60 % hårdgjorda ytor med ledningsnät dimensionerat för 10-årsregn samt 40 % grönytor med initial infiltrationskapacitet på 100 mm/h som succesivt faller mot 10 mm/h.

5. Återkomsttidens betydelse

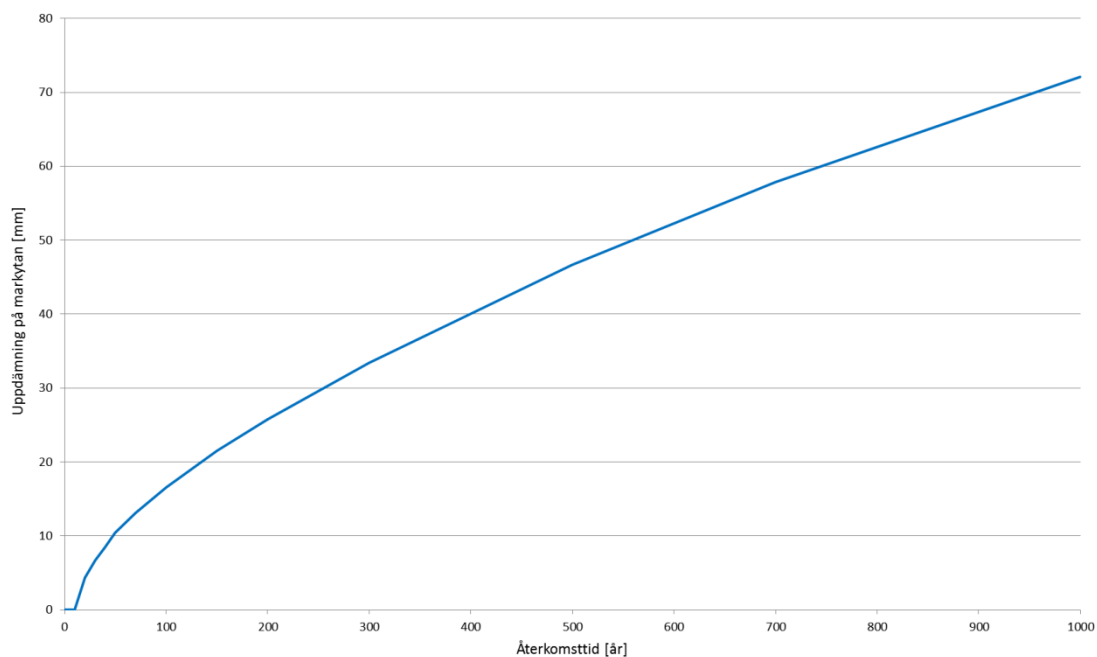
I figur 12 redovisas den beräknade uppdamningen för ett regn med 1000 års återkomsttid för ett område med samma egenskaper som det område vars dämning vid ett 100-årsregn redovisas i figur 11. Dimensionerande varaktighet hamnar vid 1000-årsregnet kring 100 minuter och den maximala dämningen blir 73 millimeter.

Dämningen på markytan ökar i detta exempel med en faktor på drygt 4 vid ett 1000-årsregn jämfört med ett 100-årsregn, trots att regnet i sig bara ökat med en faktor på drygt 2. Anledningen till detta är att i princip allt tillkommande vatten i 1000-årsregnet (jämfört med 100-årsregnet) däms upp på markytan medan endast en mindre del av 100-årsregnet däms upp på ytan (huvuddelen omhändertas av infiltration och ledningar). Hur stor dämningen som kan förväntas på markytan vid olika återkomsttider för det aktuella exemplet redovisas i figur 13.

Regnets återkomsttid har alltså stor betydelse för hur mycket vatten som däms upp på markytan. Det är därför viktigt att vara på det klara med vilken risknivå man vill studera och välja återkomsttid i förhållande till denna. För generell bebyggelse kan det kanske vara rimligt med en risknivå motsvarande 100 års återkomsttid medan samhällsviktiga funktioner kanske bör klara regn med längre återkomsttid än så.



Figur 12 Uppämning på markytan vid 1000-årsregn för ett område med 60 % hårdgjorda ytor med ledningsnät dimensionerat för 10-årsregn samt 40 % grönytor med initial infiltrationskapacitet på 100 mm/h som succesivt faller mot 10 mm/h.



Figur 13 Uppdämning på markytan för regn med olika återkomsttider. Avser ett område med 60 % hårdgjorda ytor med ledningsnät dimensionerat för 10-årsregn samt 40 % grönytor med initial infiltrationskapacitet på 100 mm/h som succesivt faller mot 10 mm/h.

6. Referenser

Svenskt Vatten 2004, Dimensionering av allmänna avloppsledningar, Publikation P90.



Stockholm Vatten AB

Tel 08-522 120 00

stockholmvatten@stockholmvatten.se

www.stockholmvatten.se

En del av Stockholms stad