



Examensarbete inom Landskapsingenjörsprogrammet
2008:24

Dimensioneringskriterier för flödesutjämning i dagvattendammar

Projektering i praktiken



ANETTE NILSSON

LANDSKAPSINGENJÖRSPROGRAMMET

LTJ-fakulteten
SLU, Alnarp
ISSN 1651-8160

FÖRORD

Detta examensarbete har utförts inom programmet för Landskapsingenjör på Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp och skrivs inom ämnet teknologi på C-nivå. Biträdande examinator är Tobias Emilsson och handledning har skett av Jesper Persson på avdelning Landskapsutveckling.

I detta examensarbete har jag fått möjlighet att fördjupa mig i ett ämne som intresserar mig mycket, nämligen dagvattenhantering. Jag har haft förmånen att få prata med många kunniga personer i branschen genom intervjuerna och de har alla varit mycket tillmötesgående. Utan dessa människor som givit mig en stund av sin tid hade detta arbete inte varit möjligt – ett stort tack till er alla. Ett särskilt tack vill jag rikta till Ann-Christin Sundahl på Tyréns Infrakonsult AB – Vatten i Malmö, som har hjälpt mig med upplägget av examensarbetet och handlett mig genom arbetet. Likaså vill jag rikta ett tack till Torbjörn Melin och de andra medarbetarna på Tyréns kontor i Helsingborg, som har tagit väl hand om mig och hjälpt mig med det praktiska kring examensarbetet. Naturligtvis vill jag tacka min man och dotter som har stöttat mig genom hela utbildningen och inte minst i slutfasen under examensarbetet. Sist, men inte minst, vill jag tacka Jesper Persson, min handledare på SLU i Alnarp, som har givit mig inspiration och hjälpt mig framåt när jag kört fast i litteraturen.

Helsingborg i maj 2008

Anette Nilsson

SAMMANFATTNING

Den grundläggande inriktningen för hanteringen av dagvatten är att avvattna bebyggelsen utan att därför påverka vattenbalansen mer än nödvändigt. Med ökad hårdgjord yta ökar mängden dagvatten och med den ökar risken för översvämningar, erosionsproblem och höga föroreningshalter i sjöar och vattendrag. För att minska de problem som en ökad dagvattenmängd ger kan utjämningsmagasin anläggas. Syftet med detta arbete har varit att belysa vilka faktorer som har betydelse vid dimensionering av ett öppet utjämningsmagasin för dagvatten och hur man går till väga. Vid dimensionering är det flera faktorer som påverkar hur utformningen görs. I litteraturen finns olika lösningar på hur beräkningar kan genomföras och vilka faktorer som bör tas hänsyn till. I den studerade litteraturen framkommer dock tre avgörande faktorer som måste tas hänsyn till för att utjämningsmagasinet skall fungera, nämligen inflöde, regleringsvolym och utflöde. För att ta fram vilka faktorer som påverkar dimensioneringen i praktiken gjordes intervjuer med ett antal personer som har erfarenhet av dagvattenhantering i öppna system.

Urvalet av intervjupersonerna gjordes med hjälp av att ringa ett antal kommuner för att fråga efter vem som projekterar dammar hos dem. Även tips från föreläsare i kursen Vattenbyggnad vårvintern 2008 (SLU, Alnarp) har använts. 12 intervjuer har genomförts med personer som arbetar på konsultföretag, inom kommunen, på vägverket och på jordbruksverket. Intervjuerna visar att de flesta som arbetar med projektering dagligen använder Svenskt Vattens publikation P90 (2004) som manual varav 5 personer kompletterar med egna modeller.

När det gäller inflödet är varaktigheten på det dimensionerande regnet en viktig parameter. I Vägverkets manual från 1990 rekommenderas en regnvaraktighet med 2-års återkomsttid. I intervjuerna framkommer det att alla räknar med större regn, majoriteten räknar med ett 10-års regn. Regleringsvolymen styrs av dimensionerad regnvarighet och intensitet säger alla de intervjuade och de påpekar också att begränsningen i utflödet är avgörande. Av intervjuerna framkommer att flera av de intervjuade för ett resonemang om vad som händer om utjämningsmagasinet inte räcker till, dvs. att det bräddar och de ger olika förslag på lösningar. Lokala förhållanden avgör hur stort utflödet kan vara. I låglänta områden och där vattenreglering förekommer kan en vattenståndshöjning om någon cm vara oacceptabel. I de vattendrag där det finns dikningsföretag finns reglering för hur stort flödet får vara. Begränsning av flödet ut från utjämningsmagasinet kan styras genom val av utloppsanordning. Det finns både fast och reglerbar anordning, där den fasta kräver mindre skötsel och underhåll. 7 av de intervjuade föredrar en fast utloppsanordning, medan 5 personer föredrar en reglerbar anordning.

En avslutande fråga ställdes om vilken som är den svagaste länken i ett dagvattensystem för stora flöden. Denna fråga ställdes för att få en tydlig bild på vilken faktor som den intervjuade anser vara väsentligast vid dimensionering. Volymen måste vara tillräcklig, anser 7 personer. Det väsentliga är att systemet är dimensionerat för de stora flödena, så att de kan tas om hand i dagvattensystemet. Att utloppet är det viktigaste, anser 4 personer. Fungerar inte utloppet kommer anläggningen att brädda mer än den är dimensionerad för.

Att det inte är alldeles självklart hur en projektör skall gå till väga för att dimensionera ett utjämningsmagasin visar både teoriavsnitt och intervjuer. Parametrarna varierar och vilken beräkningsgrund som används har stor betydelse för resultatet. Däremot framgår det tydligt vilka faktorer som har betydelse vid dimensionering av ett utjämningsmagasin för dagvatten, vilket var syftet med denna studie. Det finns behov av ytterligare diskussion kring vilka parametrar och beräkningsgrunder som bör användas, för att utjämningsmagasinen skall dimensioneras med säkerhet och precision i framtiden.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	1
1.1 BAKGRUND	1
1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR	2
1.4 METOD	2
2 FLÖDESUTJÄMNING I TEORIN	3
2.1 VATTNETS KRETSLOPP	3
2.2 AVRINNING	3
2.3 DAGVATTEN	4
2.4 VÅTA DAMMAR	4
2.5 INFLÖDE	5
2.6 REGLERINGSVOLYM	6
2.7 UTFLÖDE OCH RECEPIENT	6
2.7.1 UTLOPPSRÖR	7
2.7.2 MUNK	7
2.7.3 HÄVERT	7
2.7.4 SKIBORD	8
2.7.5 CYKLONBROMS	8
2.7.6 BRÄDDAVLOPP	8
2.8 FAKTORER AV BETYDELSE FÖR DIMENSIONERING AV ETT ÖPPET UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR DAGVATTEN	8
2.8.1 INFLÖDE	9
2.8.2 REGLERINGSVOLYM	10
2.8.3 UTFLÖDE	11
3 INTERVJU AV PROJEKTÖRER	13
3.1 FRÅGEUNDERLAG	13
3.1.1 HUVUDFRÅGOR	13
3.1.2 STÖDFRÅGOR	13
3.1.3 AVSLUTANDE FRÅGA	13
3.2 REDOVISNING AV INTERVJUER	14
3.2.1 MANUALER SOM ANVÄNDS VID DIMENSIONERING	14
3.2.2 ATT BESTÄMMA INFLÖDET	15
3.2.3 ATT BESTÄMMA REGLERINGSVOLYMEN	16
3.2.4 ATT STYRA UTFLÖDET	17
3.2.5 DEN SVAGASTE LÄNKEN	19
3.2.6 ÖVRIGA KOMMENTARER AV BETYDELSE	20
3.3 FAKTORER AV BETYDELSE FÖR DIMENSIONERING AV ETT ÖPPET UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR DAGVATTEN I PRAKTIKEN	20
3.3.1 REGLERINGSVOLYM	20
3.3.2 INFLÖDE	21
3.3.3 UTFLÖDE	21
4 FLÖDESUTJÄMNING I PRAKTIKEN	22
4.1 DISKUSSION	22
4.2 SLUTSATSER	24
REFERENSER	25
BILAGOR	27
BILAGA 1 INTERVJUPERSONER	27

1 INLEDNING

1.1 BAKGRUND

Dagvattenhanteringen har förändrats med åren. Från att naturligt ha avletts i diken och bäckar, har dagvattnet sedan 1960-talet till övervägande del avletts till slutna ledningar. Den grundläggande inriktningen för hanteringen av dagvatten är att avvattna bebyggelsen utan att därför påverka vattenbalansen mer än nödvändigt. (Svenskt Vatten, 2004)

Dagvattnets effekter på tätortsmiljön har studerats mer eller mindre intensivt sedan början av 1970-talet vid framförallt landets tekniska högskolor. Effekter som direkt kan relateras till avrunnen dagvattenvolym och flöde är översvämningar, erosionsproblem och höga föroreningshalter i sjöar och vattendrag. Den ökande mängden dagvatten är en direkt följd av ökade hårdgjorda ytor som t.ex. asfalt. Den uppkomna dagvattenmängden avleds traditionellt sett via tätortens ledningsnät till recipienten t.ex. vattendrag. I samband med häftiga regn eller vid snabb snösmältning, är i regel varken reningsverkets eller ledningarnas kapacitet tillräckliga. Vid dessa tillfällen inträffar bräddning i de fall då systemet är kombinerat, dvs. att spillvatten och dagvatten går i samma ledningsnät. Effekten blir att en blandning av dagvatten och spillvatten släpps direkt ut till recipienten utan någon föregående rening. Dagvattenflöden som är 25-30 gånger större än det normala flödet i vattendraget kan observeras under kortare perioder. För bräddvatten kan motsvarande förhållande mellan flödena uppgå till 10. På grund av problemen med en ökad dagvattenmängd diskuterade man under 80-talet alternativa metoder för dagvattnets omhändertagande. Dessa metoder går i huvudsak ut på att minska dagvattenvolymer innan de kommit ut i själva ledningsnätet. (Hogland, 1991)

När den maximala vattenföringen inte utan större svårighet direkt kan ledas bort, bör utjämningsmagasin anläggas. Utjämningsmagasin kan vara öppna eller slutna, men är alltid försedda med ett strypt utlopp med en kapacitet som är mindre än största tillflödet. (Vägverket, 1990)

Problem med en ökad dagvattenmängd till följd av ökad mängd hårdgjord yta kan minskas med utjämningsmagasin, konstaterar William Hogland (1991) och Vägverket (1990). Detta leder till frågor om dimensionering av utjämningsmagasin: Hur dimensioneras ett utjämningsmagasin för dagvatten på bästa sätt? Vilka faktorer påverkar och vilka parametrar är väsentliga när dimensioneringen görs? Hur går projektörer till väga när de dimensionerar? Finns det stöd i litteraturen för olika tillvägagångssätt och finns det manualer att följa?

1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

Syftet med detta arbete har varit att belysa vilka faktorer som har betydelse vid dimensionering av ett utjämningsmagasin för dagvatten och hur man går till väga.

Målet är att få fram vilka faktorer som påverkar dimensioneringen av öppna dagvattendammar för flödesutjämning och att visa vilka beräkningsgrunder som anses väsentliga av projektörer i praktiken.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

Arbetet avser öppna, våta dagvattendammar och berör inte slutna system eller infiltrationsanläggningar, inte heller gröna tak eller diken. Dammar som byggs för att minska översvämning vid vårflod ingår inte heller. I de fall föroreningar, släntstabilisering och växtlighet är en del av parametrarna är de behandlade, men någon detaljerad studie görs inte och deras påverkan i övrigt på dagvattensystemen är inte med i denna studie.

1.4 METOD

Först genomfördes en mindre litteraturstudie för att belysa vilka faktorer som enligt teorin har betydelse för dimensionering av öppna dagvattendammar när det gäller utjämning av stora flöden. Urvalet av litteratur gjordes med hjälp av sökningar i SLU's biblioteksdatabas LUKAS och LIBRIS och genom "metasökning" i Samsök samt diskussion med handledare. Resultatet av litteraturstudien låg till grund för frågorna i intervjuunderlaget.

Därefter gjordes intervjuer med ett antal projektörer som arbetar med att projektera öppna dagvattendammar och med personer med erfarenhet av öppna dagvattensystem, vid företag och kommuner spridda över Sverige. Intervjuerna har som syfte att ta reda på hur projektörer i praktiken dimensionerar utjämningsmagasin. Om det är efter egna erfarenheter eller efter manualer och i så fall vilka manualer och varför. Två huvudfrågor har ställts och därefter är det ett fritt samtal. Till hjälp i intervjun finns stödfrågor, som har ställts om den intervjuade inte berörde ämnet i samtalet.

Urvalet av intervjupersonerna gjordes med hjälp av att ringa ett antal kommuner i södra och mellersta Sverige för att fråga efter vem som projekterar dammar hos dem. Även Hushållningssällskapet, Jordbruksverket och Vägverket har kontaktats. Tips från föreläsare i kursen Vattenbyggnad under vårvintern 2008 (SLU, Alnarp) har lett till att komplettera urvalet av intervjupersoner. Intervjuerna sammanställdes och jämfördes för att kunna se vilka faktorer som används i praktiken och vilken betydelse de har vid projektering.

Bilderna i arbetet är av Anette Nilsson själv, om inte annat anges.

2 FLÖDESUTJÄMNING I TEORIN

2.1 VATTNETS KRETSLOPP

Vattnets kretslopp i ett avrinningsområde kan förenklat beskrivas som att avdunstat vatten, som främst kommer från havet, faller som nederbörd över marken. En del av nederbörden avdunstar på nytt och går tillbaka till atmosfären. Resten kan lagras en kortare eller längre tid i markens vattenmagasin, innan det rinner tillbaka ut i havet, som ytvatten eller grundvatten. (Hagerberg et al, 2002)

Vattenbalansen i ett avrinningsområde under en viss tidsperiod kan beskrivas med följande formel:

$$P = E + R + \Delta M$$

P = nederbörden

E = avdunstningen

R = avrinningen

ΔM = lagringen, dvs förändringen av den magasinerade vattenmängden i marken.

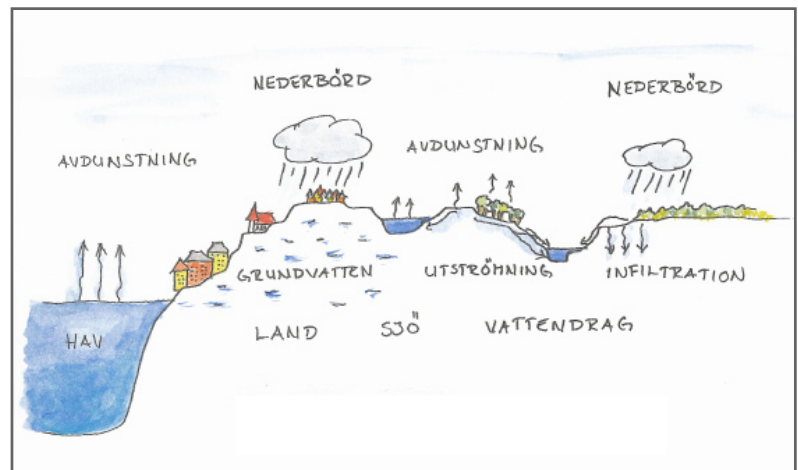


Bild 1 Vattnets kretslopp

2.2 AVRINNING

I ett globalt perspektiv finns det gott om vatten i Sverige eftersom vi ligger inom en humid klimatzon, dvs nederbörden är större än den totala avdunstningen från vattenytor, mark och växter (den s.k. evapotranspirationen). Därmed uppstår ett ”överskott” av vatten i landskapet och en avrinning till havet via vattendrag och grundvatten (Hagerberg et al, 2002). Väg utgör i allmänhet en barriär mot vattenflöden i den ursprungliga naturmarken. De största flödena från naturmark inträffar alltid när naturens magasin (mark- och grundvatten, sjöar etc) är fyllda, vilket oftast är fallet på våren i samband med snösmältningen. Vid fjällterräng bör särskilt risken för isdämning beaktas. När en sådan isdämning släpper kan stora momentana flöden uppstå nedströms dämningen. Likaså kan de dimensionerande flödena öka påtagligt om kalavverkning sker inom avrinningsområdet. Inverkan på flödet kan vara långvarigt, upp till 10 år. I urbana områden, är förhållandena helt motsatta. Där saknas i allmänhet magasin. Intensiva regn, som inträffar sommartid, får där största flödeseffekten. (Vägverket, 1990)

2.3 DAGVATTEN

Definitionsmässigt utgör dagvatten den del av nederbörden som faller på ytor som ej är genomsläppliga för nederbörd. Dyliga ytor är t ex takytor, täta gång- och cykelbanor samt gator och vägar med täta beläggningar. Mycket höga regnintensiteter eller kraftig snöavsmältning kan innebära att även vanligtvis permeabla ytor, t ex gräsytor, kan bidra till tätortens dagvattenavrinning (Hogland, 1991). Trummor och diken dimensioneras i naturmark för vattenföring med 50 års återkomsttid och i urban mark med 10 års återkomsttid. Enligt Vägverket (1990) dimensioneras dagvattenledningar normalt för vattenföring med 2 års återkomsttid, vid instängda områden 5 år. När kommunal ledning berörs tas även hänsyn till aktuell kommuns praxis. Stor observans bör också ägnas de värden som erhålls vid beräkning av områden av begränsad storlek. Sådana områden kan ge höga momentanflöden på grund av hastigt avrinningsförlopp och avsaknad av naturliga utjämningsmagasin. Med magasin avses ett volymutrymme där viss mängd vatten temporärt kan samlas och från vilket avtappningen är styrd. Den utnyttjade magasinvolymen kan variera mellan 0 och 100 % beroende på flödet. Med utjämningsmagasin avses ett magasin som används för att utjämna flöden. Reduktionen från tillflöde till avtappning kan vara avsevärd. Då den maximala vattenföringen inte utan större svårighet direkt kan bortledas bör utjämningsmagasin utföras. Utjämningsmagasin kan vara öppna eller slutna, men är alltid försedda med ett strypt avlopp med en kapacitet som är mindre än största tillflödet (Vägverket, 1990). Exempel på slutna magasin är perkolationsmagasin, exempel på öppna system är diken och dammar (Hogland, 1991). Naturens oregelbundenhet påverkar dagvattenavrinningen, även variationen i regnmängd, stormstyrka och varierande grad av ackumulerade föroreningar påverkar dagvattnet. Dessa faktorer leder alla till att det är en stor inflödesdynamik till våtmarken (Wong & Somes, 1995).

2.4 VÅTA DAMMAR

Våta dammar kan användas i flödesutjämnande syfte. Våt förtydligar att det ständigt finns vatten i dammen (Vägverket, 1998). Skillnaden mellan en damm och en våtmark är en fråga i stort kopplad till i vilket sammanhang och i vems perspektiv man ser ur. En limnolog har med andra ord ett annat svar än en ingenjör eller en naturgeograf. En definition för våtmarker som togs fram i ett nationellt forskningsprogram lyder så här: "Våtmarker är sådan mark där vatten under en stor del av året, eller hela året, finns nära, under i eller strax över markytan samt vegetationstäckta vattenområden och vatten med vegetationsfria ytor, ner till två meters djup" (Persson, 2006). Detta innebär att alla våta dammar i princip kan definieras som våtmarker. En damm är med andra ord en typ av våtmark. Den vanligaste behandlingstypen för vägdagvatten både i Sverige och internationellt är våta dammar. Dimensionerande flöden beror av nederbördens intensitet och varaktighet, avrinningsområdets storlek samt avrinningskoefficienten. Dimensionerande nederbörd för dammar är max- eller medeldygnsnederbörd och omhändertagande av "first flush", dvs de första 10-15 mm av ett regn. "First flush" gäller främst för dammar avsedda för rening av dagvatten.

Generellt kan sägas att en damm dimensionerad efter maxdygnsnederbörd (i Sverige 28-48 mm) blir 2-3 gånger så stor som en dimensionerad efter att enbart de första 15 mm ska omhändertas. Detta medför nackdelar i form av ökat behov av mark och anläggningskostnader. (Vägverket, 1998)

2.5 INFLÖDE

De största dagvattenflödena inträffar i regel i samband med intensiva, konvektiva¹ regn under sommarhalvåret. Den volymmässigt största dagvattenavrinningen sker däremot under frontala² regn eller vid snösmältning. Mindre intensiva, men långvariga regn inträffar vanligen på vinterhalvåret. Dagvattenvolymer kan bestämmas antingen genom direkta mätningar i fält eller genom teoretiska beräkningar. Direkta mätningar görs i olika punkter i ledningssystemet och/eller vid flödespunkterna. De teoretiska beräkningsmetoderna är många och varierar kraftigt i komplexitet. Resultatet är även beroende på i vilken omfattning uppmätta data är tillgängliga och noggrannheten i dessa. En översiktlig beräkningsmetod är rationella metoden³ som appliceras på enstaka regnavrinningstillfällen. (Hogland, 1991)

Med hjälp av en sk avrinningskoefficient (ϕ) tas hänsyn till att all nederbörd inte behöver tas omhand, eftersom en del avdunstar, absorberas av växtlighet eller infiltrerar i marken. Vid beräkning av s.k. reducerad area ska andelen hårdgjord yta respektive naturmark beaktas. För hårdgjord yta används avrinningskoefficienten $\phi = 0,9-1$, för vägslänter och diken ansätts $\phi = 0-0,1$. (Vägverket, 1998) Koefficienten beror på exploateringsgrad och hårdgöringsgrad, men också på områdets lutning och regnintensitet. Ju större lutning och ju högre intensitet desto större avrinningskoefficient.

Erosion är en viktig faktor att ta hänsyn till, speciellt för diken och översilningssytor. Erosionskänsligheten beror både av jordart och av växtlighet. Material med kornstorlekar inom intervallet 0,1-0,5 mm, vilket motsvarar finsand-mellansand, är mest lättroderade. (Vägverket, 1998)

Hydrologisk effektivitet är måttet på tillgänglig kapacitet, för att ta emot och behålla dagvatten under föreskriven tid. Eftersom inflödet är oregelbundet och slumpmässigt är den hydrologiska effektiviteten i en damm lika beroende av hur ofta flöden uppkommer som storleken vid varje avrinningstillfälle. Därför måste regleringsvolymen undersökas under en längre tid för att vara tillräcklig för lagring av dagvatten. För detta behövs antingen historiska regn eller faktiska avrinningsuppgifter eller slumpmässigt genererade data. För att generera dessa data används tre separata modeller för varaktighet, regnmängd och mellanliggande torrperioder. Regnmängden har ett förhållande till varaktigheten och parametrarna intensitet-frekvens-varaktighet visar det viktiga sambandet mellan regnmängd, regnets varaktighet och trolig förekomst. Data genereras i avancerade datamodeller. (Wong & Some, 1995)

¹ regn som uppstår genom att fuktig luft stiger snabbt då det passerar varm terräng

² då en varm front möter en kall front, vilket särskilt händer under hösten

³ för formel se Hogland, 1991, s 48 och Svenskt Vatten, 2004, s 17 (P90)

2.6 REGLERINGSVOLYM

Volymer i en våt damm uppdelas i regleringsvolym och permanent volym (Larm, 2000). Regleringsvolymen (maxnivå – medelnivå) är den intressanta volymen ur dimensioneringssynpunkt för att utjämna flöde. För att kunna utnyttja bassängens regleringsvolym erfordras att utloppsflödet är mindre än inloppsflödet, annars höjs inte vattennivån i bassängen (Vägverket, 1998). Regleringsvolymen kan dimensioneras med utgångspunkt från total ansluten hårdgjord yta, maximalt tillåtet utflöde från magasinet samt nederbörd för orten vid vald dimensionerande återkomsttid (Svenskt Vatten, 2004). Att beräkna regleringsvolymen kan också göras med hjälp av en formel¹ baserad på arean och avrinningskoefficienten för avrinningsområdet och som tar hänsyn till den initiala regnmängd som måste omhändertas för att begränsa ”first flush”² effekten (Vägverket, 1998). Det senare används främst för dammar avsedda för rening av dagvatten.

Utformningen av dammar inkluderar fysisk storlek på tillgänglig plats, beslutad minsta avsänkningstid och mängden dagvatten i förhållande till definierad, minsta avsänkningstid, dvs hydrologisk effektivitet. Att definiera två av dessa faktorer ger den tredje, dvs en damms hydrologiska effektivitet kan bestämmas när regleringsvolym och minsta avsänkningstid är fastställda. Regleringsvolymen måste vara nere på noll innan nästa regn börjar, därför har

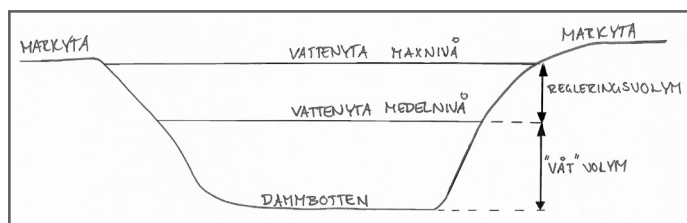


Bild 2 Våt damm med regleringsvolym

avsänkningstiden betydelse (Wong & Some, 1995). Vid dimensionering³ av utjämningsmagasin måste magasinets tillåtna utflöde bestämmas. Enligt Vägverkets publ. 1990:11 (1990) blir de lokala förutsättningarna avgörande, dvs hur mycket recipienten eller ledningen nerströms kan ta emot.

2.7 UTFLÖDE OCH RECEPIENT

Den snabba avrinningen gör att vattendrag som tar emot mycket dagvatten får stora flödesvariationer, med kraftiga men kortvariga flödestoppar. Detta ger i sin tur upphov till en kraftig erosion i strandbrinkarna, ett grumligare vatten och en ökad sedimenttransport. Speciellt märkbara blir dagvattenutsläppen vid häftiga sommarregn, när vattenståndet i åar och bäckar är lågt (Hagerberg et al, 2002). Lokala förhållanden avgör hur stort utflödet kan vara. I låglänta områden och där vattenreglering förekommer kan en vattenståndshöjning om någon cm vara oacceptabel. I kuperad terräng och vid oreglerade vattendrag kan däremot höjningar om flera dm godtas (Vägverket, 1990). I de vattendrag där det finns dikningsföretag finns reglering för hur stort flödet får vara. I Sverige finns omkring 30 000 lagstadgade dikningsföretag (Hagerberg et al, 2002). Begränsning av flödet ut från magasinet kan i regel uppnås genom att utloppsledningen väljs med begränsad dimension. Vid överbelastning av magasinet måste den del av flödet som överstiger avledningskapaciteten kunna ledas förbi magasinet via någon form av bräddledning, om inte överdämning av magasinet tillåts.

¹ för formel se Vägverket, 1998, s 14 och Svenskt Vatten, 2004, s 18

² första delen av avrinningen

³ för beräkningsexempel se Vägverket, 1990, s 91

Konsekvenserna av en överbelastning får avgöra vilken säkerhet som är lämplig vid dimensioneringen av brädden (Svenskt Vatten, 2004). För att reglera vattennivån i dammen görs ett dämme som kan vara utformat som ett öppet överfall eller en brunn. Dämnet är antingen fast eller reglerbart. Ett fast dämme är t.ex. ett gjutet betongöverfall s.k. skibord, eller ett bräddavlopp som är en brunn ute i dammen där vattnet faller över brunnskanten. Dessa anordningar saknar möjlighet att variera vattennivån. Ett reglerbart dämme t.ex. en munk (se bild nr 4) ger däremot möjlighet att ändra vattennivån i dammen (Hagerberg et al, 2002). Begränsning av flödet ut från magasinet kan i regel uppnås genom att utloppsledningen väljs med begränsad dimension. Om större begränsning av flödet krävs bör utloppet förses med flödesregulator t.ex. en cyklonbroms, som kan justeras efter behov och som inte sätts igen så lätt. Parallellt med utloppet bör finnas avtappningsmöjlighet så att magasinet kan tömmas i händelse av igensättning av utloppet. Vilken utloppsanordning som väljs och utformningen av dessa bör grundas på en detaljerad hydraulisk analys (Svenskt Vatten, 2004).

2.7.1 UTLOPPSRÖR

Ett fast dämme med ett rör är ett vanligt sätt att kontrollera utflödet från en dagvattendamm. Det är ett enkelt sätt och det är lätt att dimensionera. Vattennivån i dammen sänks snabbt och därför är vattennivån låg för det mesta. Ett rör med perforerad mitt (eng. riser) ger ett långsammare utflöde. Genom att anpassa dimensionen på röret och antalet utloppsrör kan utflödet delvis styras. (Somes & Wong, 1996)

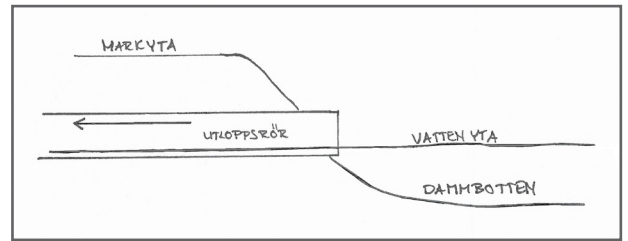


Bild 3 Utloppsrör

2.7.2 MUNK

Ett reglerbart dämme kan utföras genom att installera en munk. Regleringen sker vanligen med plank-sättar som kan tas ur och sättas i. Med denna anordning kan vattennivån och därmed utflödet i dammen regleras efter behov. (Hagerberg et al, 2002)

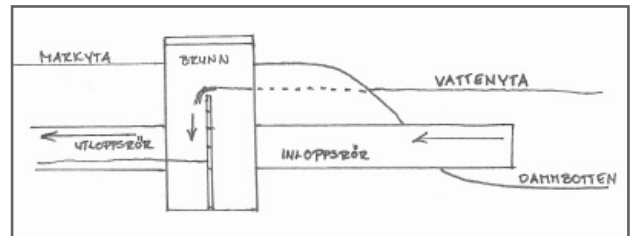


Bild 4 Munk

2.7.3 HÄVERT

En hävert (eng. siphon) används för att ta hand om stora dagvattenflöden och samtidigt få ett jämnare utflöde. Vattnet behålls i dammen genom att det tillåts stiga innan det töms. När vattennivån når en viss höjd töms dammen och når normalnivån, för att därefter långsamt fyllas på igen. Tömningshastigheten kan styras genom dimensionen på röret. Detta ger ett utflöde som mer liknar naturliga fluktuationer i ett vattendrag. En hävert gör också att dammen snabbt blir redo för att ta emot nya regn. Med en högre permanent vattennivå och långsammare utflöde gynnas även våtmarkens reningsegenskaper och det ger ett mer tilltalande estetiskt utseende. (Somes & Wong, 1996)

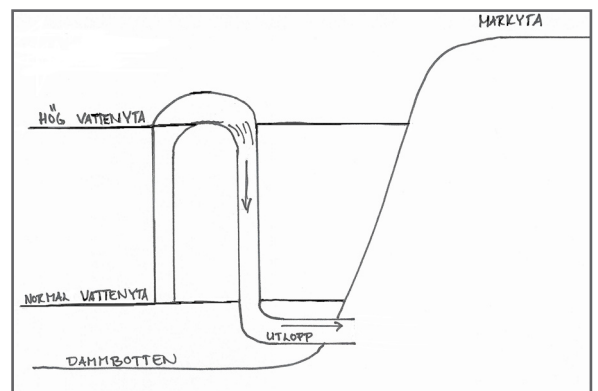


Bild 5 Hävert

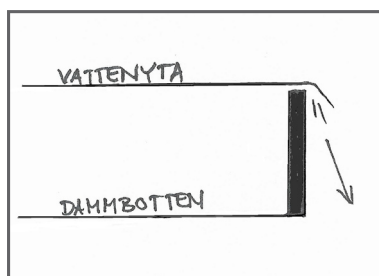


Bild 6 Skibord

2.7.4 SKIBORD

Ett mätöverfall, s.k. skibord, är ett rektangulärt eller triangulärt överfall som kan vara gjutet i betong. Det rektangulära överfallet släpper ut ett relativt jämnt flöde. Det triangulära släpper ut ett större flöde allt eftersom vattennivån i dammen stiger. (Persson, 2004) Är vinkel på triangeln 90 grader kallas det ett Thompsonöverfall (Hagerberg et al, 2002)

2.7.5 CYKLONBROMS

Ett utlopp med en cyklonbroms (eng. hydrobrake) används när det är viktigt att kunna reglera utflödet. Flödesregulatorn har en stor strypförmåga, i förhållande till genomströmningsarean, som minskar utflödet. Konstruktionen gör även så att utloppet inte sätts igen lika lätt som ett vanligt utloppsrör. (Svenskt Vatten, 2004)

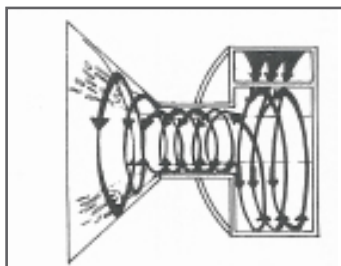


Bild 7 Cyklonbroms
(Svenskt Vatten, 2004)

2.7.6 BRÄDDAVLOPP

När vattenytan i dammen når tillåten maxnivå behöver vattnet släppas ut, s.k. bräddning. Det kan göras med hjälp av en gallerbrunn med kupolgaller eller med en öppning i en vall. Brunnskanten styr vattennivån i dammen. (Hagerberg et al, 2002) Bräddning kan ske antingen till dag- eller spillvattennätet eller genom att överskottsvattnet leds ut på någon lämplig markyta, s.k. översilningsyta.

Då måste hänsyn tas till risken för ytuppmjukning och erosion. Ett bräddavlopp utnyttjas bara om den dimensionerande tillrinningen skulle överskridas. Vi bräddning blir det inte någon dämpning av flödestoppen på det vatten som passerar anläggningen. Magasinet bör därför utformas så att bräddning endast sker ett begränsat antal gånger per år. (Svenska vatten och avloppsföreningen, 1983)

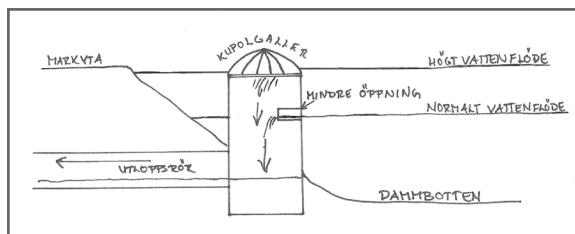


Bild 8 Gallerbrunn

2.8 FAKTORER AV BETYDELSE FÖR DIMENSIONERING AV ETT ÖPPET UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR DAGVATTEN

Vid dimensionering av ett utjämningsmagasin är det flera faktorer som påverkar hur utformningen görs. I litteraturen finns olika lösningar på hur beräkningar kan genomföras och vilka faktorer som bör tas hänsyn till. I den studerade litteraturen framkommer dock tre avgörande faktorer som måste tas hänsyn till för att utjämningsmagasinet skall fungera.

- * Inflöde avser mängden dagvatten som når utjämningsmagasinet.
- * Regleringsvolym avser mängden vatten som maximalt kan tas om hand.
- * Utflöde avser mängden vatten som maximalt tillåts släppas vidare i dagvattnetsystemet.

Dessa faktorer kan jämföras med vattenbalansen i naturen som innefattar nederbörd, avdunstning, avrinning och lagring av vattenmängden i marken. Enda skillnaden är att avdunstning inte spelar någon större roll i ett dagvattnetsystem.

2.8.1 INFLÖDE

I Vägverkets publikation Rening av väg dagvatten (Vägverket, 1998) finns ett resonemang om att dimensionerande nederbörd påverkar storleken på dammen. Enligt denna blir en damm dimensionerad efter maxdygnsnederbörd (i Sverige 28-48 mm) 2-3 gånger så stor som en damm som är dimensionerad efter att enbart de första 15 mm (first flush) ska tas omhand. Det lägre flödet är vanligast när det gäller dammar med syfte att rena dagvatten. Wong & Some (1995) skriver att måttet på tillgänglig kapacitet är hydrologisk effektivitet d.v.s att ta emot och fördröja dagvatten under föreskriven tid. Eftersom inflödet är oregelbundet och slumpmässigt är den hydrologiska effektiviteten i en damm lika beroende av hur ofta flöden uppkommer som storleken vid varje avrinningstillfälle. Alltså behöver storleken på inflödet bestämmas innan volymer kan beräknas.

Att bestämma inflödet

Det är flera faktorer som påverkar hur beräkningen av inflödet görs och William Hogland (1991) menar att de teoretiska beräkningsmetoderna är många och varierar kraftigt i komplexitet. En översiktlig beräkningsmetod är rationella metoden som appliceras på enstaka regnavrinningstillfällen. Den tar hänsyn till andelen hårdgjorda ytor, eftersom avrinningen varierar betydligt på hårdgjorda ytor i förhållande till naturmark. På hårdgjorda ytor finns i stort sett ingen infiltration. Viss komplexitet finns med beräkning av avrinning på naturmark eftersom en vattenmättad mark inte infiltrerar dagvattnet, likaså är det skillnad på jordarter. Mark med övervägande del lera är betydligt mindre genomsläpplig än en sandjord. En hårdgjord yta har större avdunstningsförmåga och vegetationen kan absorbera en viss del av dagvattnet står det i Vägverkets publikation Rening av väg dagvatten (1998). Rationella metoden tar också hänsyn till nederbördens intensitet, dvs. hur många liter per sekund och hektar som faller på avrinningsområdet. Den tar också hänsyn till hur länge nederbörden varar. I Svenskt Vattens publikation P90 (2004) står närmare beskrivet om rationella metoden och hur den kan användas. Där finns också tabeller för återkomsttid, dvs hur ofta nederbörden förmodas att återkomma inom avrinningsområdet. För att beräkna dimensionerande nederbörd behövs antingen historiska regn eller slumpmässigt genererade data. Genererade data skapas både av kronologisk nederbörd och sannolikheten för liknande inflöde i framtiden, skriver Wong och Some (1995). Den mest avancerade metoden för att beräkna inflödet är att använda datamodeller. För att bestämma inflödet behöver följande faktorer fastställas:

- * avrinningsområdets storlek och andelen hårdgjord yta
- * dimensionerande nederbördens varaktighet
- * dimensionerande nederbördens återkomsttid

Vid beräkning av dessa faktorer får man genom rationella metoden fram ett dimensionerande flöde, dvs dagvattenavrinningens storlek¹ i en bestämd punkt. Det dimensionerande flödet under en bestämd tid, blir den mängd dagvatten som utjämningsmagasinet minst skall kunna ta emot.

¹ Enhet liter per sekund (l/s)

2.8.2 REGLERINGSVOLYM

Regleringsvolymen definieras som skillnaden mellan maxnivå och medelnivå. För att kunna utnyttja bassängens regleringsvolym erfordras att utloppsflödet är mindre än inloppsflödet, annars höjs inte vattennivån i bassängen (Vägverket, 1998).

Att bestämma regleringsvolymen

Vid dimensionering av utjämningsmagasin räcker det inte med att bestämma inflödet. Maximalt utflödet måste också bestämmas eftersom det styr hur stor mängd vatten som får lov att släppas ut från utjämningsmagasinet. Avgörande blir de lokala förutsättningarna, dvs hur mycket recipienten eller ledningen nerströms kan ta emot (Vägverket, 1990). Utformningen inkluderar också fysisk storlek på tillgänglig plats (Wong & Some, 1995). Utjämningsmagasinets djup påverkas eftersom en stor volym på liten yta kräver ett djupare magasin och lokala förhållande kan verka begränsande på djupet.

För att bestämma regleringsvolymen behöver följande faktorer fastställas:

- * dimensionerande inflöde
- * maximalt tillåtet utflöde

Genom att bestämma dessa faktorer får man fram hur stor regleringsvolymen minst behöver vara för att kunna ta emot det dimensionerande flödet.



Bild 9 Dagvattendamm i tättbebyggt bostadsområde



Bild 10 Dagvattendamm utanför tättbebyggt område

2.8.3 UTFLÖDE

Enligt Vägverket (1990) måste dammens tillåtna tömningskapacitet bestämmas vid dimensionering av ett utjämningsmagasin. Det som avgör mängden dagvatten som kan släppas ut är vilken kapacitet som det efterföljande dagvattnensystemet har. Det kan vara ledningar, diken eller naturliga vattendrag. Vissa kommuner har riktlinjer för maxflöden och för många diken finns dikningsföretag som har reglerat hur stort flödet får lov att vara. Genom att göra begränsningar i utloppet kan tömningshastigheten styras och utloppsanordningen blir den styrande faktorn (Vägverket, 1990). Tömningshastigheten påverkar avsänkningstiden, dvs hur lång tid det tar att tömma magasinet. Tar det lång tid att tömma ett magasin är det risk för att det blir fullt om nästa regn kommer tätt efter det förra.

Att styra utflödet

Det finns flera sätt att styra utflödet ur en damm. Det kan antingen vara ett öppet överfall eller någon form av brunn eller utloppsrör. Följande är exempel på utloppsanordningar:

- * utloppsrör
- * munk
- * hävert
- * skibord
- * cyklonbroms
- * bräddavlopp

Vilken anordning som skall användas är beroende på hur stor kontroll som behöver göras av utflödet.



Bild 11 Utloppsanordningen döljs under mark

3 INTERVJU AV PROJEKTÖRER

Intervjuerna har som syfte att ta reda på vilka parametrar som används i praktiken vid dimensionering av öppna dagvattendammar som utjämningsmagasin, varför de används och om det är efter egna erfarenheter eller efter manualer och i så fall vilka manualer.

3.1 FRÅGEUNDERLAG

Frågorna grundar sig på det teoretiska resonemanget om flödesutjämning i kapitel 2 och som avslutas med ett resonemang kring olika faktorer som kan ha betydelse vid dimensioneringen av utjämningsmagasin. Huvudfrågor används för att starta intervjun och för att få projektören på rätt spår, så att huvudsyftet med intervjun följs. Stödfrågor är till för att göra intervjun komplett, så att litteraturstudiens faktorer kommenteras. Om inte den intervjuade berör någon av stödfrågorna under samtalet, kommer de att ställas i slutet av intervjun. Avslutningsvis ställs en fråga för att få en värdering på vilken faktor som har störst betydelse i dagvattensystemet enligt projektören.

3.1.1 HUVUDFRÅGOR

Huvudfrågorna har varit utgångspunkten i intervjun och de är som följer:

- * Vilka parametrar används vid dimensionering av öppna dagvattendammar när det gäller utjämning av stora flöden?
- * Varför används just dessa parametrar?
- * Används manualer och i så fall vilka?

3.1.2 STÖDFRÅGOR

Stödfrågorna används för att intervjun ska täcka in berörda delar i litteraturstudien och är som följer:

- * Vad har inflödet för betydelse för dimensioneringen?
- * Hur kan inflödet bestämmas?
- * Vad har regleringsvolymen för betydelse för dimensioneringen?
- * Hur kan regleringsvolymen bestämmas?
- * Har utflödet betydelse för dimensioneringen?
- * Hur kan utflödet styras?

3.1.3 AVSLUTANDE FRÅGA

För att få en tydlig bild på vilken faktor som den intervjuade anser vara väsentligast vid dimensioneringen ställs följande avslutande fråga:

- * Vilken är den svagaste länken i ett öppet dagvattensystem för utjämning?

3.2 REDOVISNING AV INTERVJUER

Efter att ha pratat med föreläsare inom kursen Vattenbyggnad under vårvintern 2008 (SLU, Alnarp) och därefter ha ringt ett antal kommuner gjordes en telefonlista med totalt 25 personer eller företag att kontakta som förväntades ha kunskap om ämnet öppna dagvattensystem för utjämning. Intervjuerna genomfördes under perioden 15 april – 15 maj 2008. Av de 25 från telefonlistan har 19 företag blivit uppringda, de övriga har inte kontaktats pga. tidsbrist. De som har funnits på telefonlistan med kontaktperson har prioriterats före de med enbart ett företagsnamn. Av de uppringda företagen var det 3 personer som inte gick att nå under intervjuperioden. Ytterligare 5 personer ansåg sig inte vara rätt person att delta i intervjun, någon av dem hänvisade till annan person inom företaget. Totalt har 12 intervjuer genomförts, 9 via telefon och 3 via besök. Fördelningen av intervjupersonerna ser ut som följer:

- * 6 personer arbetar på konsultföretag
- * 3 personer arbetar inom kommunen
- * 2 personer arbetar på vägverket
- * 1 person arbetar på jordbruksverket

- * 9 personer arbetar dagligen med dimensioneringsfrågor
- * 3 personer har arbetat med frågor kring dagvattenhantering i många år

- * 8 personer är män
- * 4 personer är kvinnor

De svar som berör respektive faktor enligt litteraturstudien, *inflöde*, *regleringsvolym* och *utflöde*, har samlats under respektive rubrik liksom huvudfrågan angående användningen av *manualer*. Den avslutande frågan om ett dagvattensystems *svagaste länk* redovisas separat. Sist i redovisningen under en egen rubrik finns *Övriga kommentarer* av betydelse.

3.2.1 MANUALER SOM ANVÄNDS VID DIMENSIONERING

Av intervjuerna framgår det tydligt att Svenskt Vattens publikation P90 (2004) används av de flesta. Av de 9 personer som arbetar dagligen med dimensioneringsfrågor använder:

- * totalt 7 personer P90 (Svenskt Vatten, 2004) varav:
 - 5 personer använder P90 som grund och kompletterar med egna modeller
 - 1 person använder både P90 och Vägverkets Publ. 1990:11 (1990)
 - 1 person använder både P90 och Vägverkets Publ. 98:009 (1998)
- * 1 person arbetar enbart med Vägverkets Publikation 1990:11 (1990)
- * 1 person arbetar enbart med egna modeller

Egna modeller görs ofta i något kalkylprogram, t.ex MS Excel. Mouse är ett beräkningsprogram som endast 1 person anger att den använder. 2 påpekar att det är viktigt att räkna för hand enligt grundläggande hydrauliska formler.

Personen som arbetar enbart med Vägverkets Publ. 1990:11 (1990) anser att den är enkel att sätta sig in i. Vägverket är på gång med en uppdaterad upplaga av Publ. 1990:11. Den kommer troligen till hösten, enligt Anders Byström, Vägverket. Under intervjuerna påpekades av 3 personer att P90 (Svenskt Vatten, 2004) behöver uppdateras och kompletteras med mer uppgifter angående stora flöden.

3.2.2 ATT BESTÄMMA INFLÖDET

Parametrar som används vid dimensionering är enligt de intervjuade:

- * återkomsttid
- * varaktighet
- * avrinningsområdets storlek och andelen hårdgjord yta
- * riskanalys på dimensionerande regn

Vilken återkomsttid på regnen som är vanlig att dimensionera efter skiftar något:

- * 9 personer anser att det är efter ett 10-års regn
- * 2 person anser att det är efter ett 5-års regn

Den tolfte intervjupersonen, som inte dagligen projekterar, berättar att i ett nybyggt bostadsområde med en recipient som går genom ett känsligt område, både vad gäller erosion och föroreningar, är dagvattensystemet dimensionerat efter ett 100-års regn.

Varaktigheten är lika viktig att ta hänsyn till som återkomsttiden, säger 4 personer, men deras åsikt om vilken tid som är lämplig att vara dimensionerande varierar mellan 10 – 25 min. Någon påpekar att saknas det inflöde uppströms räcker det med 15 – 20 min. varaktighet, annars behöver man ta till högre värden. En annan påpekar att ett regn med varaktighet upp mot 12 – 24 timmar kan vara dimensionerande om utflödet är hårt begränsat, t.ex. 1,5 l/s ha. Då behövs det större magasin. Det är viktigt att räkna med regn med olika varaktighet och att ta hänsyn till villkoren i området.

Det är viktigt att se till hela avrinningsområdet och inte bara exploateringsområdet, påpekar 8 personer. Det har stor betydelse om det är enbart hårdgjorda ytor som skall avvattnas eller om intill liggande naturmark kommer att påverka avrinningen. Blir naturmarken vattenmättad, har den lika kort avrinningstid som en hårdgjord yta. Detta är mycket vanligt på områden med lerjord. I normalfallet ger naturmark långsammare avrinning och påverkar då avrinningen under en längre period än vad en hårdgjord yta gör. Infiltration är ett bra sätt att fördröja dagvattenavrinningen anser samma 8 personer som för resonemang om att se till hela avrinningsområdet. Däremot kan det även göra så att magasinen blir överfulla, eftersom det tar längre tid för vattnet att nå magasinen.

Alla intervjupersonerna gör någon form av riskanalys, vad som händer om det kommer mer än det dimensionerande regnet. 6 personer nämner att det finns en allmän oro för att mängden dagvatten skall öka framöver och därför ställs ofta högre krav på vilket som är ett dimensionerande regn. En person med mångårig erfarenhet påpekar att enligt nederbördsstatistiken finns det inte några belägg för att den ökar, men funderar om det är medias rapportering som gör att problemen uppmärksammas mer idag. Det blir vanligare att anläggningen dimensioneras upp ett steg. Från att tidigare har räknat på 2-års regn, väljs 5-års eller 10-års regn istället.

3.2.3 ATT BESTÄMMA REGLERINGSVOLYMEN

Parametrar som används vid dimensionering är enligt de intervjuade:

- * platsens förutsättningar
- * dimensionerande regn
- * begränsningar i utflödet
- * möjlighet till bräddning
- * säkerhetskrav

Förutsättningarna på platsen styr utformningen av utjämningsmagasinet, säger 5 personer. Det blir vanligare att ytor för dagvatten är planerade i detaljplanen för nya områden, men ofta är det en begränsad yta som blir över efter att exploatering av tomtmarken är fördelad. Rör det sig om äldre bostadsområden är det mycket svårare att få plats till ett utjämningsmagasin, däremot är det lättare att hitta ytor på ett industriområde. När det gäller bräddning t.ex. översilningssytor är de lättare att få plats till vid nyprojektering. I gamla områden får man försöka utnyttja ytor som tål tillfällig översvämning, som t.ex. parkeringsplatser, skolgårdar och viss parkmark. En intervjuperson för ett resonemang kring topografin, då det är lättare att tömma ett grunt magasin i ett flackt område. Tömning skall helst ske med självtömningsprincipen. Ett utjämningsmagasin i branta områden blir ofta djupt för att tillräcklig volym skall erhållas. Är magasinet för djupt kan det behöva pumpas för att tömmas tillräckligt inför nästa regn. Om markytan är begränsad kan det finnas behov av djupare magasin, men i flacka områden är det ofta svårt att anlägga djupa magasin.

Volymen styrs av dimensionerad regnvarighet och intensitet säger alla de intervjuade och de påpekar också att begränsningen i utflödet är avgörande. En person påpekar att för att få en tillräcklig utjämningsseffekt krävs stor volym, så att stor vattenhöjning kan ske. En annan påpekar att dammar inte får vara för djupa för då går de ner i grundvattnet.

Flera av de intervjuade resonerar om vad som händer om utjämningsmagasinet inte räcker till, dvs att det bräddar. En person menar att det är intressant att räkna på kombinationer av regn, t.ex. om magasinet redan är halvfullt och det kommer ett nytt regn. Vad händer då? En annan funderar över vad som händer när dammen är full och menar att man ska se på ett dynamiskt förlopp. Hur ofta överskrids den tillåtna gränsen och vad händer då? Om dimensionerande återkomsttid är 10 år vad händer då när det kommer ett större regn?

Enligt en person med mångårig erfarenhet är det vanligt att en damm dimensioneras i kombination med översilningsytor för att tillsammans klara ett 10-års regn. Det skulle vara bättre att dimensionera dammen för ett 10-års regn och därtill anlägga översilningsytor. Då skulle anläggningen täcka behovet för både 20-års och 30-års regn. En annan person med mångårig erfarenhet anser att alternativa rinnvägar kan vara en bra lösning för att ta hand om bräddning, för alla system bräddar förr eller senare. Ett annat alternativ är att göra olika zoner, en djupare permanent vattenyta, en med grundare som tillåts torka ut ibland och en som ytterst sällan svämvas över, men som för den skull är estetiskt tilltalande. 3 personer resonerar kring att använda gator som alternativ bräddväg för gator kan ofta tåla toppflöden. En huvudgata skulle kunna vara upphöjd tillräckligt för att klara ett 200-års regn, så att räddningsfordon ändå kan ta sig fram.

En annan aspekt som indirekt har med volymen att göra är säkerhetskraven, påpekar 3 personer. Med för branta slänter är halkrisken stor och svaga släntlutningar är att föredra, men de kan också locka folk att gå dit. Dessutom minskar volymen i magasinet alternativt det kräver en större yta.

Att lägga flera mindre dammar i serie anser 5 personer kan ha viss effekt, men de tar mycket yta. En lösning är att dela utflödet i flera ledningar, som sedan samlas upp i dammar på billigare mark. 2 personer konstaterar att utjämnings-effekten blir densamma med en stor eller flera mindre dammar, men det blir fler möjligheter att styra tömningen och uppehållstiden kan öka om volymerna fördelas bättre. Det är viktigt att hitta en balans mellan dammarna. När det övre magasinet är tömt, skall inte de nedre fortfarande vara fulla och riskera att brädda.

3.2.4 ATT STYRA UTFLÖDET

Dimensionerande utflöde är beroende av begränsningar i utflödet som t.ex.:

- * ledig kapacitet i efterföljande dagvattensystem
- * generella krav för området
- * känslighet i öppet bäcksystem
- * reglering av dikningsföretag

Det finns inga generella riktlinjer för Sverige, men kommunerna ställer ofta krav på maxflöde till recipienten och krav på att utjämna flödet inom området. Det som kommer uppströms är man skyldig att leda vidare och nedströms finns en gräns för utflödet, dvs. kapaciteten. Finns ett efterföljande ledningsnät som tar emot utflödet från utjämningsmagasinet är det lättare för kommunen att sätta villkoren, än om det släpps till ett öppet vattendrag. I Göteborgs kommun rekommenderas att villor och mindre industrier skall kunna ta hand om 10 mm nederbörd räknat efter 2-års återkomsttid på platsen. I Helsingborgs kommun finns riktlinjer att utflödet från ett dagvattensystem inte får överstiga 1 l/s ha och i Ängelholm och Höganäs är det 1,5 l/s ha. I Ljungby kommun finns gränsvärdet 20 l/s ha, för dem räknar med att kunna ta hand om resterande i ledningsnätet.

För dikningsföretag ligger gränsen för tillåtet flödet mellan 0,8 – 1,5 l/s ha, beroende på känsligheten i området. Gränsen för utflöde till recipienten är för det mesta att det inte får överstiga det naturliga flödet, motsvarar ca 1,5 l/s ha i Skåne, men ofta innebär det ett för litet dimensionerande utflöde, anser en person med mångårig erfarenhet av dimensioneringsfrågor. Även en mindre bäck kan tåla stora flöden då och då utan att den förstörs. En annan person med mångårig erfarenhet anser att en toleransfaktor kan fungera, där t.ex. ett flöde på 2 l/s får lov att bli 10 l/s vid vissa tillfällen. Men det får inte bli 150 – 200 l/s. Vilket krav som gäller på utflödet kommer ofta från beställaren, påpekar 2 personer. När det blir översvämningar tar det mycket resurser och det kostar pengar att utreda, därför måste konsekvensbedömning göras redan vid projekteringen.

Val av utloppsanordning har betydelse när utloppet dimensioneras. Det nämns flera olika anordningar:

* Fast anordning

- utloppsledning
- bräddavlopp
- skibord och Thompsonöverfall, som ökar utflödet snabbt

* Reglerbar anordning

- brunnar som t.ex en munk, som kan reglera vattennivån i dammen
- cyklonbroms (Mosbäck), som används för att få ett jämnare utflöde

Fast anordning behöver liten skötsel, men har mindre utjämnande förmåga, eftersom utflödet ökar snabbt när reglervolymer höjs. Det finns skibord som går att reglera, men de kräver underhåll. En fast anordning kan vara ett enkelt utloppsrör eller ett T-rör med ena änden under vattenytan och den andra över, för bräddning. Utloppsstyrning under vatten är bra, för det är en enkel och billig lösning, anser 2 personer. Är utloppet under vattenytan, men inte för nära botten, hindras även olja på ytan och bottensediment att gå vidare nedströms. Perforering på utloppsrör är däremot inte bra, anser 3 personer, för de små hålen sätts lätt igen.

Reglerbara brunnar kräver skötsel och underhåll, men är bra på att ge ett förutbestämt flöde. En cyklonbroms hindrar igensättning och är därför tillförlitlig. Ibland begränsar platsen utloppsanordningen och vissa av de reglerbara anordningarna är för stora konstruktioner.

Vilken utloppsanordning de intervjuade föredrar fördelar sig enligt följande:

- * 7 personer föredrar en fast anordning
- * 5 personer föredrar en reglerbar anordning

Huvudargumentet för en fast utloppsanordning är att utjämningsmagasinet töms snabbare och att en fast anordning kräver mindre skötsel.

En person kommenterar att ett flackt efterföljande dike, som kan tillåtas att svämmas över, ger ett långsammare flöde och därmed också en utjämningsfekt nerströms. En annan säger att erosionsskydd kan vara viktigt att tänka på vid utloppet, då det kan uppstå stora flöden.

Huvudargumentet för en reglerbar utloppsanordning är att det är viktigare med ett jämnare utflöde för att minska påverkan på recipienten och då är det att föredra en flödesanordning som går att reglera.

3.2.5 DEN SVAGASTE LÄNKEN

På den avslutande frågan om vilken som är den svagaste länken i ett dagvattensystem för stora flöden framkom två olika alternativ fördelade mellan de tillfrågade enligt följande:

- * att volymen är tillräcklig, anser 7 av de intervjuade
- * att utloppet är den viktigaste delen, anser 4 personer
- * anser att recipienten är den svagaste länken, anser 1 person

Svaret att volymen måste vara tillräcklig motiverar personerna med att det väsentliga är att systemet är dimensionerat för de stora flödena, så att de kan tas om hand i dagvattensystemet. Det spelar mindre roll om det är en stor damm, flera i serie eller en damm med översilningsytor. De som anser att utloppet är den viktigaste delen, menar att fungerar inte utloppet kommer anläggningen att brädda mer än den är dimensionerad för. Därför är det viktigt att utloppet är konstruerat så att det inte sätter igen och att skötsel och underhåll sker regelbundet. Den person som anser att recipienten är den svagaste länken, menar att en dagvattendamm skall dimensioneras beroende av hur känslig recipienten är, hur mycket den tål både av miljöhänsen och mot erosion.

Två personer av dem som anser att volymen är viktigast påpekar också att driften har stor betydelse. Om inte utloppet fungerar blir det lätt dämning och översvämning. Det påverkar både området kring dammen och uppströms och blir det stora flöden nerströms påverkas även recipienten.

Därför är det viktigt att ha en ansvarig för driften, påpekar en person med mångårig erfarenhet. Det är också lätt att syftet med dammen glöms bort, säger 3 personer. Det händer att ett öppet utjämningsmagasin byggs för att ta hand om dagvatten, men så småningom ses det som en damm i ett rekreationsområde med betydelsefull flora och fauna, som inte tål kraftiga nivåsvängningar. En annan person nämner att förutsättningarna för dammen ändras om fler fastighetsägare än beräknat kommer till området. Ett exempel som nämns är ett bostadsområde där villaägarna har infiltrationsytor för att fördröja dagvatten, men där syftet glöms bort vid ägarbyte och den nye ägaren installerar stuprör direkt till dagvattenledningen.



Bild 12 Syftet med dammen glöms lätt bort

3.2.6 ÖVRIGA KOMMENTARER AV BETYDELSE

För bästa utjämningseffekt skall utjämningsdammen ligga tidigt i systemet och på det viset dämpat flödet innan det hinner bli för stort. Flera dammar i följd är lättare att placera upp i ett system och är lättare att underhålla, men kräver fler beräkningar vid dimensionering. Det är inga svåra beräkningar, men det tar lite längre tid. Ofta får utredningskostnaden inte vara så hög t.ex. max 1 miljon när investeringskostnaden är 40 miljoner, men sen kan investeringen dra över med 10 miljoner – då gör det inget! Lagg mer pengar på utredningen och ta fram minst 3 alternativ, mer än bara ett 10-års regn.

Flera dammar i serie kan vara svåra att styra om varje damm även har egna inlopp och det blir betydligt svårare att beräkna utflödet.

Det sägs ofta att man kan lägga en mindre dimension på ledningen och därmed bygga billigare om det finns ett utjämningsmagasin i systemet, men det är inte riktigt sant. Magasin kostar att bygga. Är det ett nybygge är det bättre att lägga normal dimension på ledningen och komplettera med magasin för att gardera sig för de stora flödena. I gamla system kan magasin minska belastningen när de gamla ledningarna inte räcker till. Magasin är bra av flera anledningar; det kan rena, fördröja och ger ett estetiskt trevligt intryck.

Dammar skall dimensioneras så att de blir lättare att komma åt för att tömma från sediment. Om de aldrig töms kommer regleringsvolymen att minska betydligt.

Det är inte alltid det behöver byggas ett utjämningsmagasin för att minska stora flöden. Genom att bygga ett bredare avsnitt i ett vattendrag eller ett dike kan vattenflödet dämpas.

Om regnet tas om hand där det faller bidrar infiltrationen till fördröjning, men det är viktigt med diken mellan fastigheterna, annars flyttas bara problemet över till nästa fastighet.

3.3 FAKTORER AV BETYDELSE FÖR DIMENSIONERING AV ETT ÖPPET UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR DAGVATTEN I PRAKTIKEN

Vid dimensionering av ett utjämningsmagasin är det flera faktorer som påverkar hur utformningen görs. Enligt gjorda intervjuer är det följande faktorer som har betydelse vid dimensionering av utjämningsmagasin; regleringsvolymen, inflödet och utflödet.

3.3.1 REGLERINGSVOLYM

För att bestämma regleringsvolymen behöver följande faktorer fastställas:

Platsens förutsättningar

- Begränsningar i tillgänglig yta, möjligt anläggningsdjup, topografi och möjlighet till bräddning påverkar dimensioneringen.

Inflödet

- Hur stor mängd dagvatten som skall tas emot under ett maxflöde.

Utfödet

- Vilken kapacitet efterföljande recipient eller dagvattensystem har.

Säkerhetskrav

- Behövs svaga släntlutningar krävs en större yta.

3.3.2 INFLÖDE

För att bestämma inflödet behöver följande faktorer fastställas:

Dimensionerande regn, som styrs av:

- Återkomsttid. Vanligast är att dimensionera efter ett 10-års regn, men det borde tas fram minst 3 alternativ.
- Varaktighet. Det är viktigt att räkna med regn med olika varaktighet och att ta hänsyn till villkoren i området. Regn med lång varaktighet inträffar oftast på vinterhalvåret. Då är marken vattenmättad och naturmark bidrar till större avrinning.
- Riskanalys. Innebär att räkna på vad som händer om det kommer mer än det dimensionerande regnet.

Avrinningsområdets storlek och beskaffenhet

- Det är viktigt att se till hela avrinningsområdet och inte bara exploateringsområdet eftersom det har stor betydelse om det är enbart hårdjorda ytor som skall avvattnas eller om intill liggande naturmark kommer att påverka avrinningen.
- Det är inte alltid som det räcker att ta hänsyn till avrinningskoefficienten, eftersom platsens förhållande kan ha betydande inverkan på avrinningen. Även vid hög infiltration kan det göra så att magasinen blir överfulla, eftersom det tar längre tid för vattnet att nå dem.

3.3.3 UTFLÖDE

Flera faktorer påverkar hur stort utflödet blir från utjämningsmagasinet. Följande faktorer är av betydelse:

trycket från utjämningsmagasinet

- Vattennivån i magasinet avgör trycket och därmed utflödet i l/s om utloppet består av någon form av utloppsrör.

val av utloppsanordning

- Fast anordning. Behöver liten skötsel, men har mindre utjämnande förmåga, eftersom utflödet ökar snabbt när reglervolymen höjs
- Reglerbar anordning. Kräver skötsel och underhåll, men är bra på att ge ett förutbestämt flöde.

4 FLÖDESUTJÄMNING I PRAKTIKEN

4.1 DISKUSSION

Att det inte är alldeles självklart hur en projektör skall gå till väga för att dimensionera ett utjämningsmagasin visar både teoriavsnitt och intervjuer. Parametrarna varierar och vilken beräkningsgrund som används har stor betydelse för resultatet. Däremot framgår det tydligt vilka faktorer som har betydelse vid dimensionering av ett utjämningsmagasin för dagvatten, se vidare kap. 3.3, vilket var syftet med denna studie.

Återkomsttid

Att majoriteten av de som dagligen arbetar med dimensioneringsfrågor använder en och samma manual nämligen Svenskt Vattens publikation P90 (2004) tyder på att utbudet av lättarbetade manualer är litet i Sverige. Mer än hälften använder dessutom egna modeller som komplement. Många olika faktorer spelar in när dimensionering skall göras av ett magasin för stora flöden, därför är det ett komplext arbete att ta fram rätt beräkningsunderlag. Vädrets makter är svåra att förutse och att beräkna ett dimensionerande regn får delvis bli en gissning. Därtill kommer påverkan från avrinningsområdet, som påverkar tiden och mängden vatten som når magasinet, beroende på vilken struktur marken har. Eftersom konsekvenserna av en översvämning oftast orsakar stora skador, vågar inte projektörerna riskera att magasinen inte räcker till. Därför räknar de med allt längre varaktighet. Både Vägverkets manual från 1990 och Svenskt Vattens manual P90 från 2004 rekommenderar 2-års återkomsttid. I intervjuerna framkommer det att alla räknar med större regn, majoriteten räknar med ett 10-års regn. Det förvånar mig att de inte nöjer sig med ett 5-års regn, som är nästa steg enligt manualerna. Istället väljer de ytterligare ett steg upp, trots att det betyder dyrare kostnader vid anläggning och att det behöver motiveras för byggherren. Förmodligen är den ökade debatten om klimatförändringar ett användbart argument. Hälften av de intervjuade personerna anser att det finns en allmän oro för att mängden dagvatten skall öka framöver och därför, menar de, ställs det ofta högre krav på vilket som är ett dimensionerande regn.

Risikanalys: varaktighet

När det gäller att bestämma vilken varaktighet regnet skall beräknas efter är resultatet inte lika tydligt. Det varierar från 10 minuter till 25 minuter och någon säger att till och med ett 24 timmars regn kan vara dimensionerande om utflödet måste vara starkt begränsat. Här verkar det delvis vara rutinen som skiljer de intervjuade åt. De med kortare erfarenhet håller sig till manualens riktlinjer, medan de med mångårig erfarenhet tar fram flera olika scenarier. Riskanalys finns omnämnt i de olika manualerna, men borde tas upp tydligare, särskilt när det gäller de stora flödena, eftersom konsekvenserna kan bli förödande. Hogland (1991) konstaterar att de teoretiska beräkningsmetoderna är många och varierar kraftigt i komplexitet. Resultatet är beroende på i vilken omfattning uppmätta data är tillgängliga och noggrannheten i dessa. Hogland skriver att en översiktlig beräkningsmetod är rationella metoden som appliceras på enstaka regnavrinningstillfällen. Denna metod finns beskriven bl.a. i Svenskt Vattens publ. P90 (s.17, 2004). Denna manual används av 7 personer av de totalt 9 intervjuade personer som dagligen arbetar med dimensioneringsfrågor.

Detta kan betyda att det är som Hogland skriver att beräkningarna är komplexa och att det finns behov av enklare beräkningsmetoder. Trots enkla beräkningar ligger det ändå på projektören att välja rätt indata till beräkningarna och att göra en riskanalys. En intervjuperson med mångårig erfarenhet anser att man borde räkna med minst 3 alternativ och det låter vettigt i detta sammanhang, tycker jag. Thomas Larm (2000) konstaterar att det finns ett behov av enkla men samtidigt tillförlitliga metoder för uppskattning av erforderliga volymer och areor för dagvattenreningsanläggningar, vilket troligen också gäller för utjämningsmagasin. Han skriver dock att ingen förenklad metod kan ersätta detaljerade och platsspecifika utredningar.

Områdets påverkan

Hur bedömningen av avrinningsområdet görs har betydelse. Något mer än hälften av intervjupersonerna påpekar väsentligheten att se till hela avrinningsområdets beskaffenhet. Det har stor betydelse om det är enbart hårdgjorda ytor som skall avvattnas eller om intilliggande naturmark kommer att påverka avrinningen. Detta resonemang borde vara självklart för alla projektörer och det är förvånande att inte alla tog upp den problematiken under intervjun. Det krävs stor volym med möjlighet till stor vattenhöjning för att få en tillräcklig utjämningsseffekt, konstaterar en intervjuperson. I vissa områden går det inte att bygga djupa magasin pga. markförhållanden och topografi, vilket innebär att de kommer att ta större markyta i anspråk för att få tillräcklig volym. Om inte regleringsvolymen räcker till kommer magasinet att brädda. En del anläggningar byggs med översilningsytor för att ta hand om bräddningen, men det är inte alltid att de får plats. Det finns behov för att projektering av utjämningsmagasin kommer in i ett tidigt skede i planprocessen, så att hänsyn kan tas till platsens förutsättningar i detaljplanen. Då kan utjämningsmagasin dimensioneras så att de uppfyller de behov som finns i området och minimera risken för översvämningar.

Reglering

Val av utloppsanordning har betydelse när utloppet dimensioneras, påpekar de flesta, 10 av 12 intervjuade personer. Det är med utloppsanordningen som utflödet kan styras. Det finns flera sätt att styra utflödet ur en damm och litteraturstudien visar på sex olika anordningar i kap. 2.7. En del är fasta anordningar, andra är reglerbara. Jag hade förväntat mig att de flesta skulle föredra en reglerbar anordning, eftersom de flesta vattendrag är reglerade och tillåter inte stora flöden. Resultatet av intervjuerna visar att ungefär hälften av de intervjuade föredrar en fast utloppsanordning och den andra hälften föredrar en reglerbar utloppsanordning. Jag har även funderat på varför regleringen är så strikt som den är? Att ledningar har ett begränsat flöde det är självklart, men naturliga vattendrag har stora fluktuationer under året och borde tåla mer än t.ex. 1,5 l/s ha, vilket ofta är gränsen för flödet i reglerade vattendrag. En person med mångårig erfarenhet menade att en toleransfaktor kan fungera, där t.ex. ett flöde på 2 l/s får lov att bli 10 l/s vid vissa tillfällen. Men det får inte bli 150 – 200 l/s. Det är något att fundera på när manualerna skall revideras.

Syftet med dammen

Skötselaskpekten är också en del av dimensioneringen av ett utjämningsmagasin. Med en fast utloppsanordning kräver anläggningen mindre skötsel. En tredjedel av de intervjuade anser att utloppet är den svagaste länken i ett dagvattensystem för stora flöden och menar att fungerar inte utloppet kommer anläggningen att brädda mer än den är dimensionerad för. Därför är det viktigt att utloppet är konstruerat så att det inte sätter igen och att skötsel och underhåll sker regelbundet. Ytterligare två personer påpekar att driften har stor betydelse. Om inte utloppet fungerar blir det lätt dämning och översvämning. Detta låter som självklart, men är enligt de intervjuade vanligt att det missköts. Då hjälper det inte hur väl magasinet är dimensionerat. En annan aspekt är syftet med dammen. Det finns många dammar byggda för utjämning och rening i bostadsområden och de ger ett estetiskt positivt värde till området. Efter några år glöms syftet bort och det estetiska tar överhanden. Växter får inte längre rensas bort för då blir det kallt och tomt, anser de som bor och vistas i området. Vattennivån får inte höjas för mycket för då skadas växterna i strandkanten, t.ex. orkidéer som har etablerat sig i området. När bostadsområde blir äldre och fastigheter byter ägare försvinner medvetenheten om syftet med det öppna dagvattensystemet och t.ex. kopplas stuprör direkt till dräneringen, som gör att dagvattnet kommer till magasinet betydligt fortare än om det hade fått infiltrera. Detta verkar vara ett bekymmer som kommer att växa i framtiden. Kunskapen om syftet med anläggningen måste hållas vid liv.

4.2 SLUTSATSER

Intervjuerna visar att det behövs ett resonemang och en riskanalys kring varje anläggning som skall dimensioneras. Det får inte bara vara utredningskostnaden som styr hur mycket tid som läggs på projektering. Det avgörande är hur stora konsekvenserna blir om anläggningen inte håller för den belastning som den utsätts för. Tack vare diskussioner om klimatförändringar är det lättare för projektörer att motivera ett utjämningsmagasin som skall kunna ta emot större flöden än tidigare. Kunskapen hos de intervjuade är god, men arbetsgången skulle behöva utvecklas med ett vidare resonemang om de faktorer som påverkar dimensioneringen av en öppen dagvattenanläggning. T.ex. behövs större förståelse för avrinningsområdets påverkan på inflödet. Frågan om den svagaste länken, se kap 3.2.5, visar att de intervjuade skiljer sig betydligt åt i sin åsikt om vad som är viktigast i en dagvattenanläggning. Det tyder på att de inte för samma resonemang kring frågan. Det hade varit intressant att höra dem diskutera den svagaste länken tillsammans. Eftersom parametrarna varierar och det har stor betydelse för resultatet vilken beräkningsgrund som används, borde det föras ett större, grundläggande resonemang i manualerna om vilka risker man bör analysera, än det som görs i de manualer som används av de intervjuade enligt studien. Det skulle hjälpa projektören att se till hela bilden och inte enbart till de matematiska beräkningarna.

Min förhoppning är att denna studie ska belysa de faktorer som har betydelse vid dimensionering av ett öppet utjämningsmagasin. Det finns behov av ytterligare diskussion kring vilka parametrar och beräkningsgrunder som bör användas, för att utjämningsmagasinen skall dimensioneras med säkerhet och precision i framtiden.

5 REFERENSER

Campbell Craig S., Ogden Michael H. 1999. *Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape*. John Wiley & Sons, Inc., New York.

Hagerberg Anna, Krook Johan, Reutershiöld David et al. 2002. *Åmansboken – vård, skötsel och restaurering av åar i jordbruksbygd*. Saxån-Braåns vatten-vårdskommitté, Landskrona.

Hogland William. 1991. *Miljökonsekvenser av dagvattenavledning i tätort genom LOD. Lokalt omhändertagande av dagvatten – Erfarenheter och kunskapsuppbyggnad under 1970- och 1980-talen*. Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg.

Larm Thomas. 2000. *Utformning och dimensionering av dagvattenreningsanläggninga*, VA-FORSK rapport 2000:10. VAV AB, Stockholm.

Persson Jesper. 2007. *Dammars form – Hydrauliska aspekter på anläggning av dammar*. Melica Media, Göteborg.

Persson Jesper. 2004. *Att räkna med mark och vatten – en formelsamling för landskapsingenjörer och landskapsarkitekter*. Sveriges Lantbruksuniversitet, Alnarp.

Schueler Thomas R. 1992. *Design of stormwater wetland systems: guidelines for creating diverse and effective stormwater wetlands in the mid-atlantic region*. Anacoatia restoration team, Departement of environmental programs, Metropolitan Washington Council of Governments. Publication Nr: 92710, Washington.

Somes Nicholas LG, Wong Tony HF. 1996. *Designing outlet characteristics for optimal wetland performance*. s 265-270. *Proceedings of the 7th International conference on urban storm drainage*, Hannover.

Svenska vatten- och avloppsföreningen. 1983. *Lokalt omhändertagande av dagvatten – LOD. Anvisningar och kommentarer*. Publ VAV P46. Svenska vatten- och avloppsföreningen, Stockholm

Svenskt Vatten AB. 2004. *Dimensionering av allmänna avloppsledningar*, Publ. P90, Svenskt Vatten AB, Stockholm.

Wong Tony H.F, Somes N. L. G. 1995. *A stochastic approach to designing wetlands for stormwater pollution control*. *Water Sci Technol*, 32:145-151.

REFERENSER

Vägverket. 1990. Hydraulisk dimensionering – Diken, trummor, ledningar, magasin, Publ 1990:11. Sektionen för projekteringsmetodik, Vägverket, Borlänge.

Vägverket. 1998. Rening av vägdagvatten – Preliminära råd vid dimensionering av enklare reningsanläggningar, Publ. 98:009. Enheten för statlig väghållning, Vägverket, Borlänge.

BILAGA 1 INTERVJUPERSONER

Intervjuerna genomfördes under perioden 15 april – 15 maj 2008

1. Lars-Erik Widarsson, Utredningsingenjör, Helsingborgs kommun
Mångårig erfarenhet av dagvattenhantering.
2. Daniel Blomquist, Projektör, VA-Teknik, GF-konsult
Erfaren projektör av dammar.
3. Rickard Åkesson, Projektör, Vägverket Karlskrona
Mest erfarenhet av projektering av diken, men bara ett fåtal dammar.
4. Olle Ljunggren, Teknisk specialist – hydraulik, Göteborg Vatten
Mångårig erfarenhet av dagvattenhantering och projektering.
5. Anders Byström, VA-projektör, Vägverket
5-års erfarenhet av projektering av diken och dammar, mest i naturmark.
6. Ann-Christin Sundahl, Projektör, avd. Vatten, Tyréns Malmö
Flera års erfarenhet av dagvattenprojektering och dammar.
7. Tilla Larsson, Lantbruksingenjör, Jordbruksverket
Flera års erfarenhet av dagvattenprojektering och dammar.
8. Gilbert Svensson, Verksamhetsansvarig, avd. Avlopp, DHI Göteborg
Adjungerad professor, Samhällsbyggnad, Luleå Tekniska Universitet
Mångårig erfarenhet av dagvattenhantering och projektering.
9. Ulla-Britt Thorén, bitr. VA-chef, Helsingborgs kommun
Mångårig erfarenhet av dagvattenhantering.
10. Sofia Blad, Mark o VA-projektör, Flygfältsbyrån Göteborg
1 års erfarenhet av dagvattenprojektering.
11. Jan Falk, Konsult, Civilingenjör VA-teknik, Falkonia AB Stockholm
Mångårig erfarenhet av tätortshydrologi.
12. Torbjörn Melin, Utredare, avd. Vatten, Tyréns Malmö
Flera års erfarenhet av dagvattenprojektering.