

## 1 FORMÅL

Dette VA/Miljøblad beskriver metoder for beregning av nødvendig volum for å fordrøye overvann og dempe flomtopper. Dette kan skje med bl.a. åpne overvannsdammer eller lukkede tanker under jorden. I dette VA/Miljøbladet er betegnelsen magasin brukt, da både dammer og tanker kan brukes til samme formål.

Metodene er utdypet ved at et tenkt eksempel er beregnet med tre ulike metoder.

## 2 BEGRENSNINGER

Overvannsdammer skal ikke være et element i felles-avløpssystemer hvor spillvann kan komme inn. De metodene som beskrives forutsettes å gjelde dammer som primært skal anlegges for fordrøying av overvannsflommer fra et gitt nedslagsfelt og ikke dammer som også er ment for rensing av overvann. I praksis gir overvannsdammer imidlertid både en fordrøyingseffekt og en renseseffekt. Metodene som beskrives er ment for manuell beregning. Det anbefales at man bruker regneark som gjør det enkelt å justere parametere og inngangsdata, gå ett steg tilbake i regneprosessen hvis man ser at en forutsetning var gal (iterasjon) og repetere ensartede regneprosedyrer. Det fins imidlertid kommersielle datamodeller som er spesielt utviklet for å beregne overvannsmagasiner. Metoder som ikke er for kompliserte, men likevel har akseptabel nøyaktighet er gitt i dette VA/miljøbladet. Den desidert største usikkerheten ligger i valg av avrenningskoeffisienten ( $\varphi$ ) for avløpsfeltet. Denne kan ha en meget stor usikkerhet. For eksempel kan et spenn fra  $\varphi = 0,2$  til  $\varphi = 0,4$  for et gitt felt være realistisk. Kraftig regn på frosen mark er et annet eksempel på forhold som kan gi 2-3 ganger mer avrenning enn det man dimensjonerte for.

## 3 FUNKSJONSKRAV

Ved bruk av de metodene som er beskrevet skal man få et volum i overvannsmagasinet som skal kunne beskytte nedstrøms avløpsnett, drensledninger, kulverter eller naturlige vassdrag mot for store vannføringer.

## 4 LØSNINGER

### 4.1 INNLEDNING

Fordrøyningsvolum bør beregnes så nøyaktig som mulig fordi overdimensjonering er dyrt og underdimensjonering kan gi skader på miljø, eiendom og infrastruktur. Utløpsarrangementet

er helt avgjørende på om tømningen skjer på en riktig måte. For stor utløpskapasitet gjør at volumet ikke utnyttes godt nok, og for liten utløpskapasitet gjør at magasinet overoppfyller og vann går i nødutløp. Det vises til VA/Miljøblad nr. 70 «Innløps- og utløpsarrangement ved overvannsdammer», og til VA/Miljøblad nr. 75 «Utforming av overvannsdammer» for dimensjonering av dammer for rensing av overvann.

### 4.2 HVA SKAL MAN DIMENSJONERE FOR?

Norsk Vanns veiledning i overvannshåndtering (Lindholm et al. 2008) /4/ gir retningslinjer for minimum dimensjonerende gjentakintervall. Dette varierer mellom 5 og 30 år for full kapasitetsutnyttelse, eller kritisk oppstuvningsnivå og med type område man arbeider med.

Ifølge Norsk Vanns veileder og Mays (2001 b) /7/ bør man vurdere å dimensjonere magasinets nødoverløp og etterfølgende åpne flomvei for en 100-årsflom. Praksis for valg av dimensjonerende gjentakintervall er imidlertid sterkt avhengig av den lokale situasjon, f.eks. er et 2 års gjentakintervall også brukt enkelte steder for overvannsdammer.

Det må også settes av plass til isdannelsen om vinteren i tillegg til det aktive utjevningvolumet. Istykkelsen  $h$  (mm) kan beregnes etter Stefans ligning /5/.

$$h = a (D_f)^{0,5}$$

$a$  = en koeffisient som er gitt i tabellen under

$D_f$  = summen av grad-dager under 0 °Celsius (10 minusgrader i to døgn gir  $D_f = 20$ )

Forhold	a
Teoretisk maksimum	34
Innsjø med mye vind og ikke noe snødekke	27
Innsjø med middels forhold med snødekke	17-24
Elv med middels forhold med snødekke	14-17
Beskyttet elv med rask strømning	7-14

### 4.3 TRE METODER MED ULIK DETALJERING OG KOMPLEKSITET

Regnenvelopmetoden er basert på ideen med å beregne massebalansen i magasinet for kasseregn med forskjellige regnvarigheter, tatt fra IVF-kurver (regntintensiteteskurver). Den regnvarighet er dimensjonsgivende, hvor akkumulerte tilløps-

mengder minus akkumulerte utløpsmengder er størst.

### A. Enkel regnvelopmetode med konstant utløp

Man antar et konstant utløp som er omtrent det man vil ha som en maksimalverdi tilpasset nedstrøms forhold. Butler og Davies /3/ foreslår valg av konstant utløp som for eksempel kan være bestemt av det nedslagsfeltet ga før det ble bebygd/utviklet. Dette kan være en verdi tilpasset arealet på nedslagsfeltet (f.eks 10 – 12 l/s ha) eller basert på kapasiteten til nedstrøms avløpsnett etter vassdrag. For å få et mest mulig representativt volum i beregningen, kan man velge utgående vannføring til f.eks. 70 % av den maksimalt tillatte verdien.

Når det konstante utløpet er bestemt er det bare å bruke den forenklete metoden for regnveloppen direkte.

### B. Aron og Kiblers metode

Hvis man ikke vil bruke konstant utløpsvannføring, kan man bruke Aron og Kiblers /2/ metode som forutsetter en lineært økende vannføring ut av bassenget, til maksimal fylling i bassenget er nådd. Etter dette antas en lineært synkende vannføring ut av bassenget.

### C. Metode med utløpsmengde som funksjon av dybde i bassenget

For en bestemt regnvarighet beregner man en utløpsvannføring som er bestemt av vannnybden i magasinet. Denne vannføringen brukes i hele regnforløpet for det aktuelle regnet.

1. Når utløpet skal være bestemt av dybde i magasinet må man gjøre et valg for bunnarealet i m<sup>2</sup> og for utløpshullets diameter før beregningene kan begynne.

Man må da ha en viss formening om det omtrentlige volumet. Dette kan man få et inntrykk av ved å se på tilløpet av overvannsmengdene, som er uavhengig av bunnarealet og utløpsåpningen.

2. Anta areal i magasinet og maksimal dybde, samt en diameter i utløpsrøret som gir et passende maksimalt utløp.
3. For den foreløpige utformingen beregnes utløpsvannføringen og volumet i magasinet ved ulike vannnybder over utløpet.

## 4.4 BEREGNINGSMETODER FOR DE TRE METODENE

### Beskrivelser

#### A. Regnvelop med konstant utløp

1. Velg gjentakintervall for dimensjoneringsregn, f.eks. 5 år.
2. Beregn tilløpsvolumer  $V_{inn}$  med forskjellige regnvarigheter. Når man plotter alle valgte  $V_{inn}$  som funksjon av regnvarigheten får man en kurve som kalles omhylningskurven (envelo-

pen) for tilrenningen.

$$V_{inn} = i_{z,tr} t_r A \varphi$$

der  $i_{z,tr}$  er regnintensiteten for et kasseregnet med gjentakintervall  $z$  og varighet  $t_r$ ,  $A$  er arealet av nedslagsfeltet og er lik avrenningskoeffisienten.

3. Velg et passende konstant utløp  $Q_{ut}$ . Man kan f.eks ta utgangspunkt i en maksimalt tillatt verdi som kan være bestemt av nedstrøms betingelser i avløpsnettet eller i et vassdrag. For å få en mest mulig gjennomsnittlig utløpsvannføring kan man f.eks velge 70 % av maksimalverdien. Beregn utløpsmengden  $V_{ut}$  for forskjellige regnvarigheter:

$$V_{ut} = Q_{ut} t_r$$

4. Beregn nødvendig volum for de forskjellige regnvarighetene  $t_r$  :

$$V_{fordrøyn} = V_{inn} - V_{ut}$$

5. Bestem maksimalt nødvendig fordrøyningsvolum:

$V_{magasin}$  er den største verdien av  $V_{fordrøyn}$  man finner. Dette gjøres ved å se på alle de regnvarighetene man har beregnet for.

#### B. Aron og Kiblers metode

Aron og Kibler /2/ har beskrevet en metode som forutsetter at innløpet følger formen til et trapes. Videre at maksimumspunktet på utløpshydrogrammet ligger på den nedadgående delen av innløpshydrogrammet og at den tiltagende delen av utløpshydrogrammet kan tilnærmes til en rett linje som starter i origo. Se figur 1. Denne metoden forutsetter at man vet konsentrasjonstiden  $t_k$  for feltet. I figur 1 er vist innløpshydrogrammet for et regn som varer i 40 minutter og hvor  $t_k$  er 12 minutter. Skrålinjen er utløpet og den skjærer avtagende del av innløpshydrogrammet ved maksimalt utløp på 97,4 l/s. Denne verdien er fremkommet fordi man har antatt at maksimal dybde over utløpsrøret, som har diameter 0,2 m, blir 1,0 m. Utløpshydrogrammet faller etter dette punktet og formen på denne delen av utløpskurven har ingen betydning for beregningen av maksimalt volum fordi maksimalt volum oppnås der utløpshydrogrammet skjærer innløpshydrogrammet. Volumet i magasinet er arealet mellom den blå innløpslinjen og den skrå røde utløpslinjen.

I figur 1 har man også lagt inn alternativet med konstant utløp på 70 l/s, som er den vannføringen det etterfølgenne eksempelet gir ved halvfyllt magasin med dybde lik ca. 0,5 m over utløpsrøret. Arealet mellom innløpshydrogrammet og utløpshydrogrammene gir to alternativer for nødvendig magasinivolum og man ser at metoden til Aron og Kibler gir størst nødvendig volum.

Volumet i bassenget beregnes for hvert enkelt kasseregnet man velger fra I-V-F kurven og er:

$$V = Q_{maks} t_r - Q_u \left[ \frac{tr + tk}{2} \right]$$

Her er  $V$  = nødvendig magasinivolum ( $m^3$ ),  $Q_{maks}$  = høyeste vannføring på innløpshydrogrammet ( $m^3/s$ ),  $t_r$  = regnvarighet (sekunder),  $Q_u$  = høyeste vannføring på utløpshydrogrammet ( $m^3/s$ ) og  $t_k$  = konsentrasjonstiden for nedslagsfeltet (sekunder).

Videre er:

$$Q_{maks} = \varphi A I$$

I figur 1 ser man at utløpsvannføringen fra feltet blir null etter 52 minutter som er summen av regnvarigheten og konsentrasjonstiden ( $t_r + t_k$ ).

### C. Regnenvelop med utløp som funksjon av dybde i bassenget

1. Velg gjentaksintervall for dimensjoneringsregn (f.eks. 5 år). Beregn tilløpsvolum  $V_{inn}$  for 5 års kasseregnet med forskjellige regnvarigheter. Alle beregnede  $V_{inn}$  plottet i et diagram som funksjon av regnvarigheten kalles omhyllingskurven (envelopen) for tilrenningen:

$$V_{inn} = i_{z,tr} t_r A$$

der  $V_{inn}$  er tilrenningsvolumet fra feltet, er avrenningskoeffisienten for nedslagsfeltet,  $A$  er arealet til nedslagsfeltet ( $ha$ ),  $t_r$  er regnvarigheten og  $i$  er regnintensiteten til kasseregnet fra I-V-F kurven ( $l/s ha$ ).

2. Dersom man vil beregne med varierende utløp går man videre slik:
3. Velg utforming av magasinet, bl.a. overflate  $A_{magasin}$  og utløpstverrsnitt  $A_{ut}$  (f.eks. et dykket rør på bunnen av magasinet med en valgt diameter).

Vannhøyden over røret kan anslås ved at man antar at hele vannmengden renner inn fullt ut før utløp fra bassenget skjer, og man bruker halve vanddybden denne vannføringen inn gav for å beregne utløpsvannføringen.

4. Bestem utløpsvannføring  $Q_{ut}$  som funksjon av vannstand i magasinet.  $Q_{ut}$  er avhengig av vannstanden i magasinet  $h_{magasin}$ . Beregn utløpsmengde for forskjellige regnvarigheter:

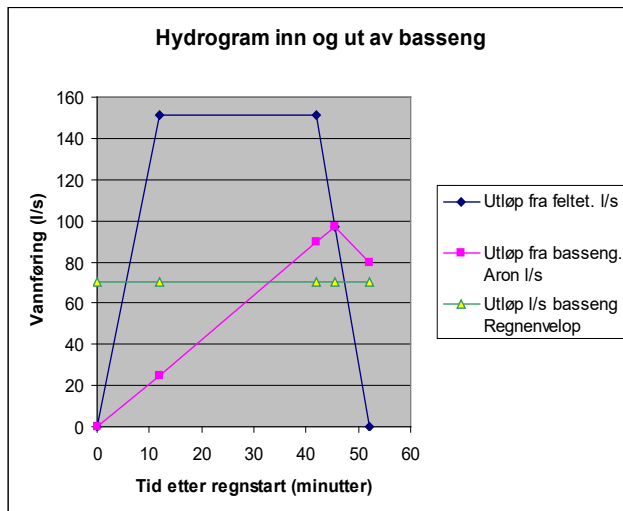
$$V_{ut} = Q_{ut} t_r$$

5. Beregn vannbalanse for forskjellige tilløpsvolum som en funksjon av regnvarighet  $t_r$ :

$$V_{fordrøyn} = V_{inn} - V_{ut}$$

6. Bestem maksimalt nødvendig fordrøyningsvolum:

$V_{magasin}$  er den største verdien av  $V_{fordrøyn}$  man finner. Dette gjøres ved å se på alle de regnvarigheter man har beregnet.



Figur 1. Eksempel på et innløpshydrogram og utløpshydrogram etter metoden til Aron og Kibler og metode med konstant utløp.

### Begrensninger i regnenvelopmetodene

Dersom to eller flere regn kommer tett på hverandre kan dette føre til at magasinet ikke rekker å tømmes mellom hvert regn.

I følge Mays (2001 a) /6/ bør metodene ikke brukes på magasiner med et nedslagsfelt større enn ca. 12 ha. Dette fordi beregningene baseres seg på den rasjonelle formel som gjør en grov forenkling av avrenningsforløpet. I følge NS-EN 752 /9/ kan imidlertid den manuelle rasjonelle formel brukes opptil 200 ha. Vi anbefaler imidlertid at man ikke bruker den manuelle envelopemetoden for felt større enn 20 - 50 ha.

Dersom man vil ta hensyn til at vannføringen ut varierer med høyden over utløpet, må man anta et areal i bunnen av magasinet. Man kan anslå fyllingshøyden på flere måter, som for eksempel ved å anta at bassenget fylles først opp med all vannføring fra regnet før noe renner ut, og så bruke halvparten av denne høyden i hvert regn for å beregne vannføringen ut av åpningen i bassenget. Dette gir også delvis unøyaktige verdier spesielt ved meget lange regnvarigheter som gir store volumer og dermed høye fyllingsgrader. Det gir høye utløpsvannføringer og blir unøyaktig da vannføringene inn og ut av magasinet er mindre ved lange regn og utløpet starter lenge før magasinet er fylt av vannet inn.

Nedbørvolumet beregnes direkte med basis i "kasseregnet" som tas fra intensitetsvarighetsfrekvenskurven (I-V-F kurven). Dette fører til en undervurdering av den virkelige situasjonen da de utvalgte regn på I-V-F kurven har et forregn og etterregn som også bidrar til regnvolumet. Arnell /1/ fant at for et 30 minutter regn lå bare ca 50 % av totalt regnvolum i kasseregnet fra I-V-F kurven, mens et 60 minutters regn hadde ca 60 % og et 240 minutters regn ca. 80 % av totalt volum i kasseregnet. Dette undervurderer nødvendig volum. Feilen blir imidlertid langt lavere enn de prosentvise avvik som Arnell fant. Dette fordi volumet i etterregnet ikke bidrar særlig til maksimalt nødvendig volum, men mest til en

økning i tømmeperioden. Videre vil forregnet ha en lavere regnintensitet enn det kasseregnet har og feilen blir av denne grunnen også mindre enn det volumavviket tilsier.

Det forutsettes i den enkle regnvelopmetoden at regnet faller direkte i magasinet, mens man i virkeligheten har en konsentrasjonstid som strekker vannføringen inn til magasinet ut i tid. Dette bidrar til å overvurdere nødvendig volum. I metoden til Aron et. al. gjøres imidlertid ikke denne feilen, da man tar hensyn til konsentrasjonstiden og dermed forsinkelsen i feltets avrenning.

Totalt sett kan man si at de unøyaktigheter som gjøres i noe grad utligner hverandre.

Tabell 1 gir en oppsummering av etterfølgende beregningseksempler med de metoder som er beskrevet. Tallene er påvirket av de antagelser som er gjort individuelt for de tre metodene.

Beregningsmetode	Beregnet maksimalt volum i [m <sup>3</sup> ]
Regnvelop med konstant utløp på 70 l/s	195
Regnvelop med varierende utløp	177
Aron et. al	217

Tabell 1. Oppsummering av etterfølgende beregningseksempel.

Tabell 1 gir et inntrykk i variasjonen av beregningsresultater ved bruk av ulike metoder.

## 4.5 BEREGNINGSEKSEMPLER

### 4.5.1 VANLIG REGNVELOPMETODER MED KONSTANT UTLØP

Vi antar et avløpsfelt på 20 ha med  $i = 0,3$  og konsentrasjonstid på 12 minutter.

Det antas at magasinet ligger i et område med lavt skadepotensiale og Norsk Vanns veileder sier da at man bør velge en regnkurve med 5 års gjentaksintervall.

Regnintensiteten  $i$  (l/s ha) antas å følge følgende formel:

$$i = 244 / (t + 1,5)^{0,61}$$

der  $t$  = regnvarighet i minutter.

Det antas at man ønsker et maksimalt utløp på ca. 100 l/s. Den virkelige gjennomsnittlige utløpsmengden vil ligge lavere enn den maksimale. For å få en mest mulig korrekt volumberegning antas det at gjennomsnittlig utløp er 70 % av maksimalt utløp. Det antas derfor et beregningsmessig utløp på 70 l/s.

Når magasinet skal bygges må man ha en utløpsanordning som gir korrekt strupning. Se VA/Miljøblad nr. 70.

For å vise en detaljert beregning med denne metoden er tallene for en regnvarighet på 15 minutter vist.

Regnintensitet for  $t_r = 15$  minutter:

$$i = 244 / (15 + 1,5)^{0,61} = 44,13 \text{ l/s ha}$$

$$\text{Innløp} = 0,3 \cdot 20 \cdot 44,13 \cdot 15 \cdot 60 = 238\,302 \text{ l} \\ = 238,3 \text{ m}^3$$

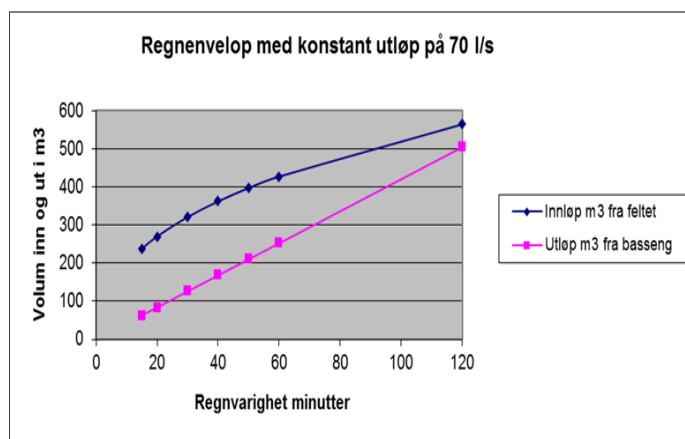
$$\text{Utløp} = 70 \cdot 15 \cdot 60 = 63\,000 \text{ l} = 63 \text{ m}^3$$

$$\text{Nødvendig magasin for et 15 minutters regn} = \\ 238 - 63 = 175 \text{ m}^3$$

Regnvarighet $t = [\text{min}]$	Innløp [m <sup>3</sup> ] fra feltet	Utløp [m <sup>3</sup> ] fra basseng	Maks volum [m <sup>3</sup> ]
15	238	63	175
20	270	84	186
30	321	126	195
40	362	168	194
50	397	210	187
60	427	252	175
120	564	504	60

Tabell 2. Regnvelop med konstant utløp fra magasinet.

Man ser av tabell 2 at maksimalt nødvendig volum skjer for et 30 minutters regn og blir 195 m<sup>3</sup>. Figur 2 viser tabell 2 i diagramform. Maksimal vertikal avstand mellom de to kurvene i figur 2 representerer nødvendig volum.



Figur 2. Regnvelop med konstant utløp på 70 l/s.

### 4.5.2 VOLUMBEREGNING ETTER ARON OG KIBLERS METODE

Det antas de samme basisforhold som i det første eksemplet ovenfor.

Det er antatt et maksimalt utløp på 97,4 l/s. Dette er et tall som kommer fra det tredje (og siste) eksempelet i dette VA/Miljøbladet. Det er ikke ment å være et gjennomsnittlig tall, men det høyeste utløpet, noe som skjer når vannet står 1 meter over utløpsrøret i det tredje eksempelet. Resultatet av denne beregningen for regnvarighet på 40 minutter er fremstilt i figur 1 og som man ser av tabell 3 får man et maksimalt volum på ca. 217 m<sup>3</sup> ved en regnvarighet på 60 minutter.

For å igjen vise en detaljert beregning med Aron og Kiblers metode er tallene for en regnvarighet på 15 minutter vist.

Feltets avrenningskoeffisient = 0,3 og feltets areal = 20 ha

Regnintensitet for  $t_r = 15$  minutter:  
 $i = 244 / (15 + 1,5)^{0,61} = 44,13$  l/s ha

$Q_{\text{maksinnløp}} = 0,3 \cdot 20 \cdot 44,13 = \text{ca. } 265$  l/s

$$V = Q_{\text{maks}} t_r - Q_u \left[ \frac{tr + tk}{2} \right]$$

Utregning:

$$V = 265 \cdot 15 \cdot 60 - 97,4 \cdot ((15 + 12) \cdot 60) / 2$$

$$= 159.408 \text{ l} = \text{ca. } 159,4 \text{ m}^3$$

Regnvarighet [min]	Regnintensitet [l/s ha]	$Q_{\text{maksinn}}$ [l/s]	Volum [m <sup>3</sup> ]
12	49,88	299	145,3
15	44,13	265	159,4
20	37,55	225	176,9
30	29,75	178	198,5
40	25,14	151	210,1
50	22,04	132	215,5
60	19,78	119	216,8
70	18,04	108	215,0
80	16,66	100	210,9

Tabell 3. Volumberegning etter Aron og Kiblers metode.

#### 4.5.3 METODE MED UTLØP SOM FUNKSJON AV VANNDYBDEN

Det antas de samme basisforhold som i eksemplene ovenfor.

Utløpsrørets diameter i bunnen på magasinet velges til  $D = 0,2$  meter.

Det antas et dykket fritt utløp og vannføring ut av røret blir da:

$$Q_{\text{ut}} = 0,7 \cdot 3,14 \cdot D^2/4 \cdot (2gh)^{0,5}$$

Vanndybden i magasinet over røret er  $h$  meter.

For å anslå et midlere konstant utløp kan man beregne tilløpsvolumene først. Man kan da danne seg et inntrykk av hva nødvendig magasinivolum kan bli.

Det anslåes her at det kan bli ca 210 m<sup>3</sup>. Det er nødvendig å anta et areal i bunnen av magasinet.

Det velges da et magasin med 210 m<sup>2</sup> bunnareal og en antatt dybde på ca. 1 meter. I henhold til Sjøberg og Mårtensen /10/ velger man den konstante utløpsvannføringen til vannføringen ved halvfyllt magasin, d.v.s. ved 0,5 meter.

$Q_{\text{ut}}$  gjennom røret blir ved en vanndybde på 0,5 m ca. 70 l/s.

Man kan tenke seg flere måter å få frem høyder over utløpsrøret ved de forskjellige regnvarighetene (dette bestemmer utløpsvannføringen). I det følgende brukes følgende metode. Man later som utløpsrøret er stengt inntil hele regnets vannmengde fra feltet har rent inn i magasinet. Man beregner hvilken dybde  $h$  i magasinet (med areal på 210 m<sup>2</sup>) man da får. Dette er en for stor dybde da jo utløpet starter lenge før alt har rent inn. Derfor brukes i dette eksempelet en høyde lik halve dybden  $h$  for det enkelte regn.

For alle kasseregner beregnes totalt tilløp, høyde  $h/2$  og vannføring fra utløpsrøret som dette gir. Se tabell 4.

For å vise beregningene i detalj gjennomføres beregningene for en varighet på 20 minutter.

Regnintensiteten blir =  $i_{20} = 244 / (20 + 1,5)^{0,61} = 37,55$  l/s ha

Overvann inn fra feltet:  $Vannmengde_{\text{inn}} = (0,3 \cdot 20 \cdot 37,55 \cdot 20 \cdot 60) / 1000 = 270,4 \text{ m}^3$

Denne mengden fyller opp bassenget med  $270,4 / 210 = 1,29$  m

Halve denne oppfyllingshøyden =  $1,29/2 = 0,64$  m

Utløpsvannføringen fra røret blir  
 $Q_{\text{ut}} = 0,7 \cdot 3,14 \cdot 0,2^2/4 \cdot (2 \cdot 9,81 \cdot 0,64)^{0,5}$   
 $= 0,07789 \text{ m}^3/\text{s}$

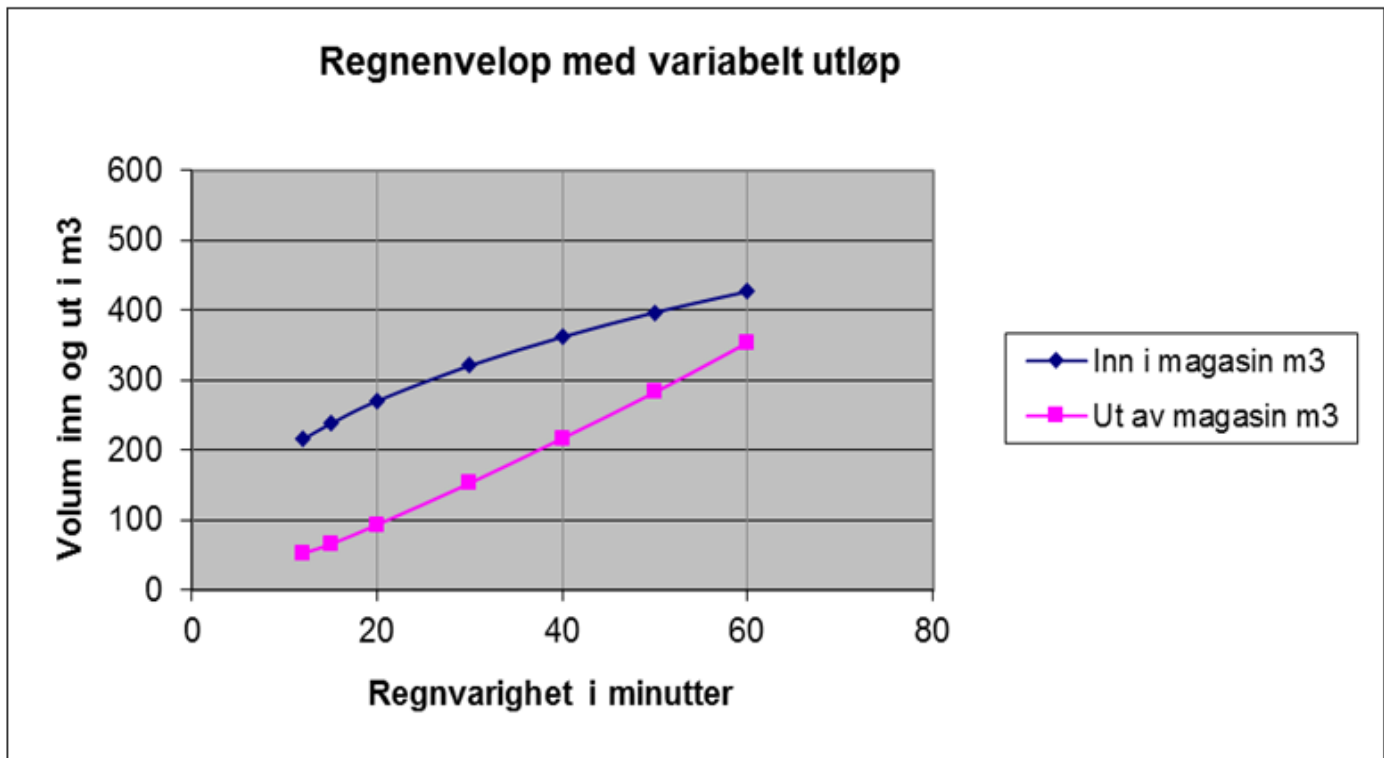
$Vannmengde_{\text{ut}} = 0,0779 \cdot 20 \cdot 60 = 93,5 \text{ m}^3$

Nødvendig magasinivolum for et 20 minutters regn blir =  $270,4 - 93,5 = 176,9 \text{ m}^3$

Resultatene fra tabell 4 er vist i figur 3. Maksimalt nødvendig volum blir ca. 177 m<sup>3</sup> som er største vertikal avstand mellom de to kurvene i figur 3, d.v.s  $Volum_{\text{inn}} - Volum_{\text{ut}}$ .

Regnvarighet	Regnintensitet	Overvann	Innløp volum	$Q_{\text{maksinn}}$	Halve $h$ i magasinet	$Q_{\text{ut}}$	Utløp volum	Nødv. magasin
$t$ [min]	$i$ [l/s ha]	[l/ha]	fra feltet [m <sup>3</sup> ]	[l/s]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
12	49,88	10773	215,5	299	0,51	0,0735	52,9	163
15	44,13	11915	238,3	265	0,57	0,0735	66,2	172
20	37,55	13518	270,4	225	0,64	0,078	93,6	177
30	29,75	16063	321,3	178	0,76	0,085	153,0	168
40	25,14	18101	362,0	151	0,86	0,0903	216,7	145
50	22,04	19835	396,7	132	0,94	0,0944	283,2	113
60	19,78	21360	427,2	119	1,02	0,0983	353,9	73

Tabell 4. Regnenvelop med varierende utløp fra regn til regn.



Figur 3. Regnenvelop med utløpsmengde som funksjon av vanddybden i magasinet.

Henvisninger:		Utarbeidet:	november 2006	Oddvar G. Lindholm
/1/	Arnell, V. 1982. "Rainfall data for the design of sewer pipe systems." Chalmers Tekniska Högskola. Report series A:8. Göteborg.	Revidert:	oktober 2015	Oddvar G. Lindholm
/2/	Aron, G. and Kibler, D.F. 1990. "Pond sizing for Rational Formula Hydrographs" Water Resources Bulletin AWRA, vol. 26, no.2, pp 255-258.	/7/	Mays, L.W. 2001 b. "Stormwater Collection Systems Design Handbook" McGraw-Hill.	
/3/	Butler, D. and Davies J. W. 2000. "Urban drainage." E & FN SPON.	/8/	Metropolitan Council/Barr Engineering Co. "Minnesota Urban Small Sites BMP Manual."	
/4/	Lindholm, O., Endresen, S. Thorolfs-son, S., Sægrov, S. og Jakobsen, G. og Aaby, L. 2008. "Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering." NORSK VANN-rapport 162 – 2008.	/9/	Norsk standard NS-EN 752-2. 1997 "Utvendig stikklednings- og hovedledningssystemer."	
/5/	Marsalek, P.M., Watt, W.E., Marsalek, J. and Anderson, B.C. 2000. "Winter Flow Dynamics of an On-Stream Stormwater Management Pond." Water Quality Research Journal of Canada, 35 (3):505-523. Burlington, Ontario.	/10/	Sjöberg, A. og Mårtensson, N. 1982. "Regnenveloppmetoden." Chalmers Tekniska Högskola. Meddelande nr. 64. Göteborg.	
/6/	Mays, L. W. 2001 a. "Water Resources Engineering." John Wiley & sons.	/11/	Walker, W.W. 1987. " Design Calculations for Wet Detention Ponds." Prepared for the St. Paul Water Utility and Vadnais Lake Area Water Management Association. St. Paul.	