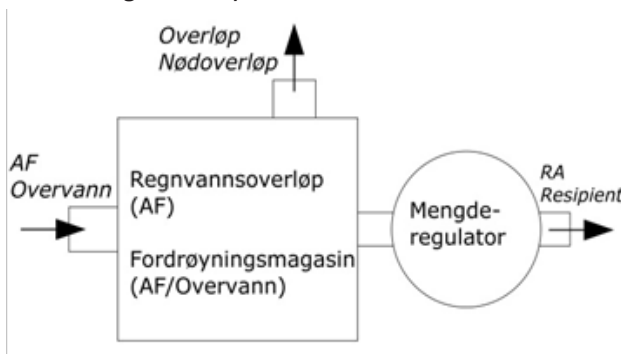


## 1 FORMÅL

Klimaendring og befolkningsøkning/fortetting innebærer større avrenning i avløpssystemet. For å tilfredsstille Vannforskriftens krav til god miljøtilstand og redusere antall kjelleroversvømmelser, til et akseptabelt nivå, må kravene til mengderegulatoren i avløpsnett skjeperes.

Mengderegulatoren dekker en sentral funksjon ved regnvannsoverløp i fellessystemet og alle former for utjevning i avløpsteknikken. Regulatoren utgjør normalt en liten andel av investeringskostnadene, men er helt avgjørende for anleggets drift og totaløkonomi.

Formålet med dette miljøbladet er å gi kunnskap om optimalt valg av regulator. Fokus legges på driftssikre løsninger, nøyaktig regulering og effektiv magasinutnyttelse.



Figur 1. Mengderegulatoren i avløpssystemet.

## 2 BEGRENSNINGER

Mengderegulatorer som krever tilførsel av ekstern energi omtales ikke.

Tidligere ble strupeledning ofte benyttet som vannføringsregulator. Prinsippet er basert på at rørfriksjon og singulærtap begrenser vannføringen. Prinsippet er grundig omtalt i Vann nr. 2/2007 /1/. Strupeledningen tilfredsstiller bl.a. ikke kravet til nøyaktighet og omtales ikke i dette VA/Miljø-bladet.

## 3 FUNKSJONSKRAV

### 3.1 INNLEDNING

I henhold til Forurensningsforskriften skal mengderegulatorer som installeres på det kommunale avløpsnett bygges, drives og vedlikeholdes med utgangspunkt i best tilgjengelig teknologi.

Funksjonskrav til regulatoren knyttes til:

- Nøyaktighet
- Tilstoppingsrisiko
- By-pas
- Drift

### 3.2 NØYAKTIGHET

Det anbefales at regulatoren som installeres leveres med en kapasitetsgaranti på min. +/- 10% ved dimensjonerende videreført vannmengde, er prefabrikkert og at nøyaktigheten kan dokumenteres (se også avsnitt 4.1).

### 3.3 TILSTOPPINGSRISIKO

Under normale forhold bør følgende strømnings-tverrsnitt anses som minimum (verdiene i parentes bør tilstrebes):

- Avløp i fellessystemet; d-150 mm (200)
- For overvann; d-65 mm (80)

### 3.4 BY-PAS

Mengderegulering ved magasinering av overvann er normalt knytte til private installasjoner. Inspeksjonsluke, by-pas, justerbart innløp, «plug and play» løsninger (se figur 5f) eller tilsvarende, krever normalt kommunal godkjenning.

### 3.5 DRIFT

På grunn av faren for forgiftning fra kloakkgasser mm., er det spesielt viktig at et hvert opphold i avløpskummen skjer i henhold til gjeldende regelverk.

I fellessystemet skal det installeres avstengningsventil som kan betjenes fra bakkenivå. Ved tilstopping anbefales følgende prosedyre:

- Ventilen stenges fra bakkenivå.
- Kontroller luftkvaliteten i bunn av kummen, med egnet utstyr, før nedstigning.
- Regulatorens inspeksjonsluke åpnes og fremmedlegemer fjernes.
- Inspeksjonsluken lukkes før oppstigning.
- Avstengningsventilen åpnes fra bakkenivå.

Vannføringsregulatoren skal plasseres slik at den på en enkel måte kan inspiseres og vedlikeholdes.

## 4 LØSNINGER

### 4.1 GENERELT

De mest brukte vannføringsregulatorene er av typen:

- Virvelkammer
- Strupet utløp

For at regulatoren skal gi ønsket kapasitet forsettes det at «regulering/struping» skjer i selve regulatoren, ikke oppstrøms eller nedstrøms.

Innløpstapet minimaliseres med kort avstand og relativt stor rørdimensjon mellom regnvanns overløp/fordrøynings magasin og regulatoren.

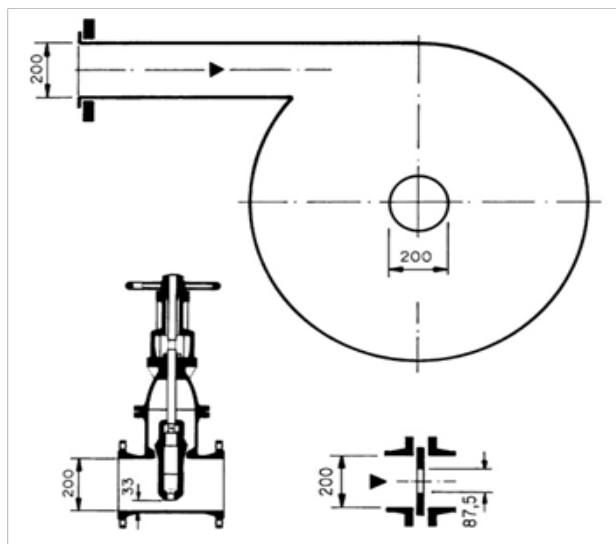
Det forutsettes fritt utløp (ikke dykket) fra regulatoren. Ofte krever dette en større nedstrøms ledningsdimensjon enn kapasitetsmessige forhold ellers skulle tilsi. Det kan antas at 50 % delfylling ved dimensjonerende vannføring gir fritt utløp.

### 4.2 VIRVELKAMMER

#### 4.2.1 FUNKSJON

Virvelkammeret er sirkulært med tangentielt innløp. Vann hastigheten akselererer fra innløp mot utløp og trykenergien omformes til hastighetsenergi. Den innkommende vannstrømmen treffer de roterende vannmassene der trykket er høyest og blir kraftig bremsset opp. Hastigheten omsettes når «hullstrålen» forlater virvelkammeret. De mest effektive virvelkammerene har et strømningstverrsnitt som er opp mot 5 ganger større enn et strupet utløp.

Figur 2 viser nødvendig strømningstverrsnitt for å videreføre 25 l/s ved en oppstuvning på 2,3 m for ulike regulatorene; innløp/utløpsdysen for et virvelkammer d=200 mm, sluseventil med en spalte (NB! halvmåne) på 33 mm og strupeplate med dyse d=87,5 mm.

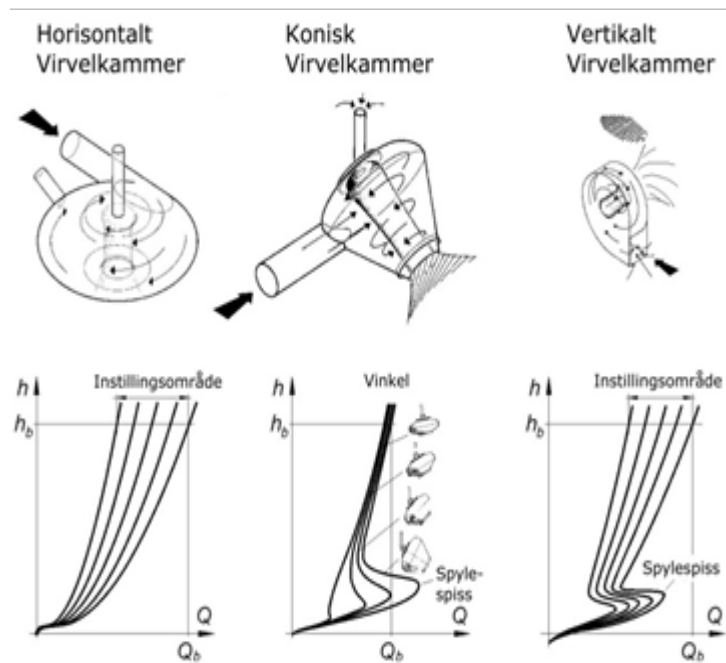


Figur 2. Virvelkammeret er nr. 1 når det gjelder strømningstverrsnitt (Vann nr. 4/1993) /2/.

#### 4.2.2 HYDRAULISK KARAKTERISTIKK

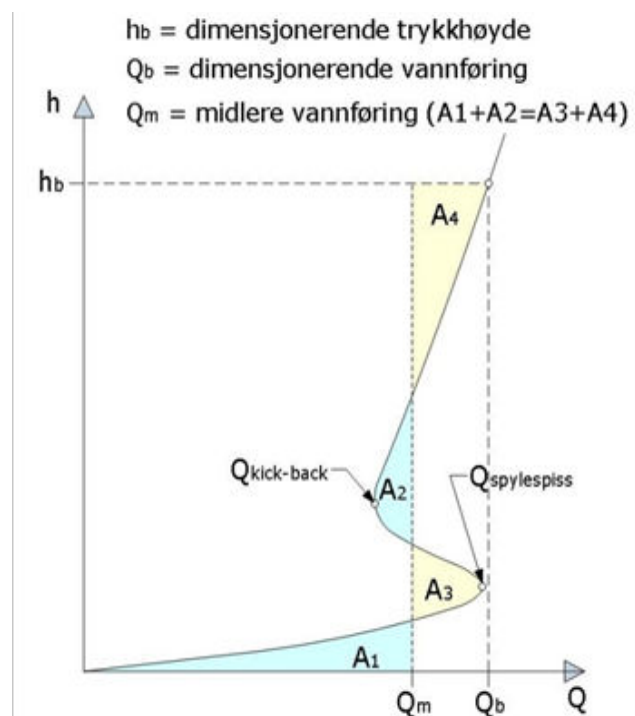
Vannføringsregulatorens hydrauliske karakteristikk ( $Q/H$ -sammenheng) er like viktig ved planlegging av overløp og fordrøynings anlegg som pumpekaraktistikken for en pumpestasjon.

Formen på den hydrauliske karakteristikk er avhengig av kammerets geometri og helning.



Figur 3. Geometri og hydraulisk karakteristikk for ulike virvelkammer (Wasserwirtschaft 1-2/2010) /3/.

Figur 4 viser hydraulisk karakteristikk for et virvelkammer med S-formet karakteristikk.



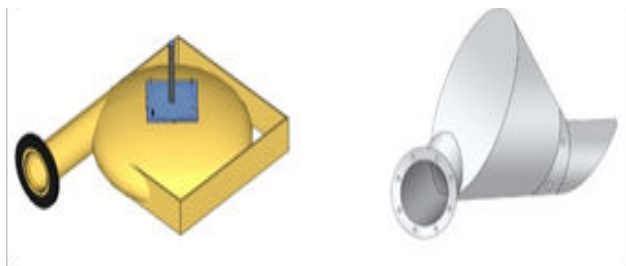
Figur 4. Viktige parametre:  $Q_b$ ,  $h_b$ ,  $Q_m$ .

#### 4.2.3 ULIKE TYPER VIRVELKAMMER

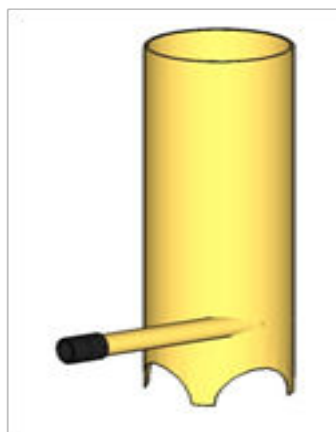
I Norge installeres normalt tørroppstilte virvelkamre i fellessystemet og våtoppstilte for overvann. I noen tilfeller beskrives også tørroppstilte

kamre ved regulering av store overvannsmengder.

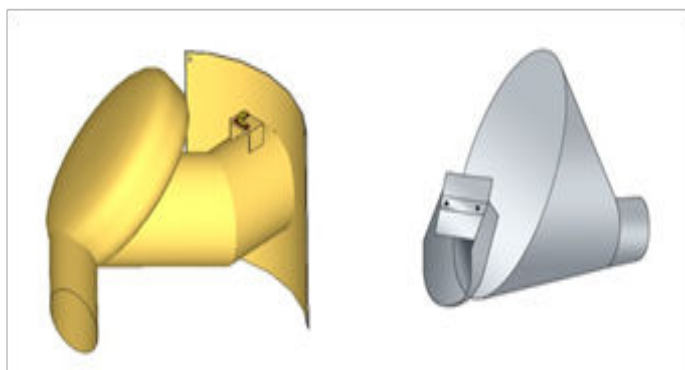
Våttoppstilte kamre kan ha dykket innløp. Dykket innløp innebærer tilbakeholdelse av flytestoffer.



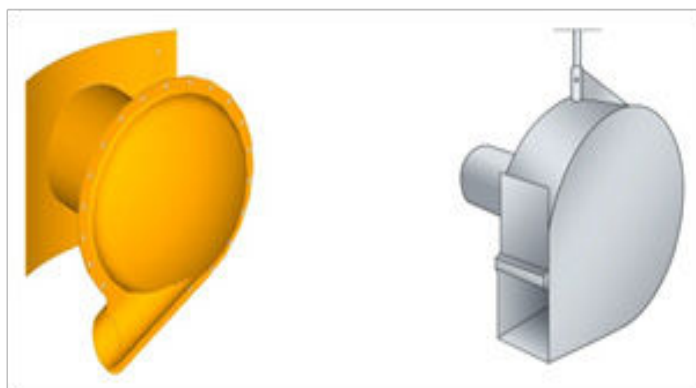
Figur 5a. Tørroppstilt virvelkammer.



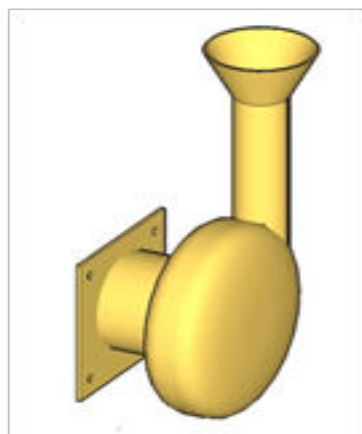
Figur 5e. Åpent virvelkammer med integrert overløp /1/.



Figur 5b. Våttoppstilt virvelkammer.



Figur 5c. Våttoppstilt virvelkammer med dykket innløp.



Figur 5d. Vertikalt virvelkammer for åpne dammer.



Figur 5f. «Plug & Play» løsning (iht. kap 3.4).

## 4.3 STRUPET UTLØP

### 4.3.1 GENERELT

Videreført vannmengde for et strupet utløp beregnes etter følgende formel:

$$Q = A\mu\sqrt{2gh}$$

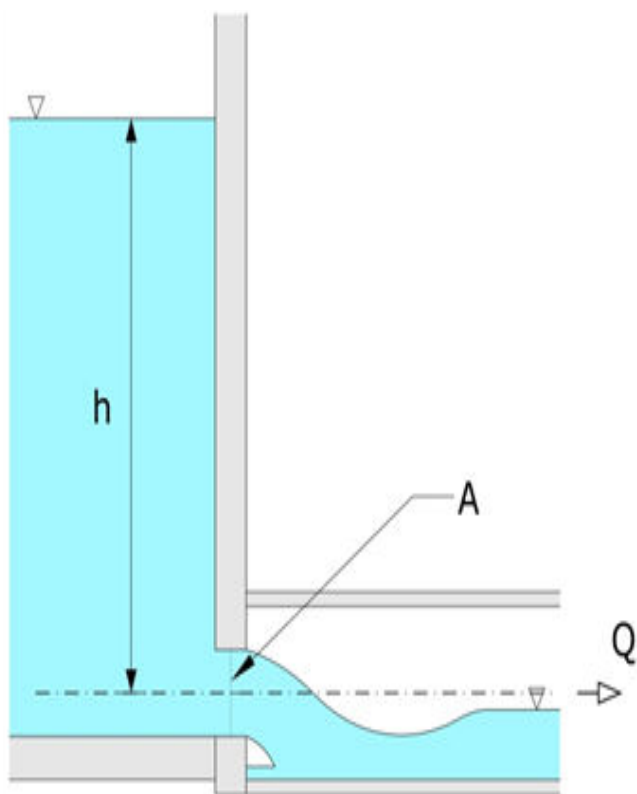
Der A er strømningsverrsnittet,  $\mu$  er vannføringskoeffesienten, h er trykkhyden og g er tyngdens akselerasjon.

For definisjon av dimensjonerende videreført vannmengde ( $Q_b$ ) og trykkhøyde ( $h_b$ ) henvises til kap. 4.2.2.

For praktiske anvendelser oppgir Schneider 1994 /4/ at  $\mu$  varierer i området 0.55-0.85. Samme kilde oppgir at vannføringskoeffesienten øker noe med økende trykkhøyde.

$\mu$ -verdien er helt avhengig av detaljutformingen

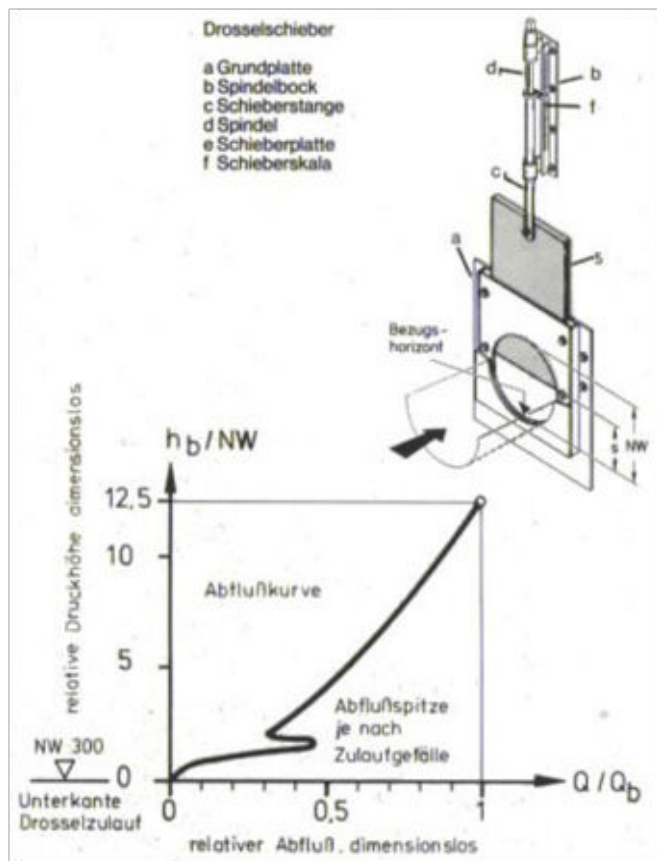
for utstyret som velges. Strupeluker ferdig kalibrert fra produsent, er tilgjengelig på markedet.



Figur 6. Strupet utløp.

### 4.3.2 ULIKE TYPER STRUPELUKER

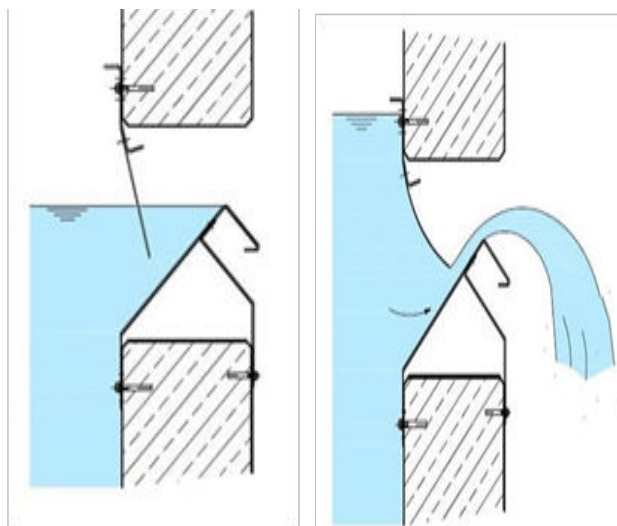
De mest vanlige strupelukene er utformet som en skyvespjeldventil (se figur 7).



Figur 7. Eksempel på kalibrert strupeluke (Wasserwirtschaft 2/1982) /5/.

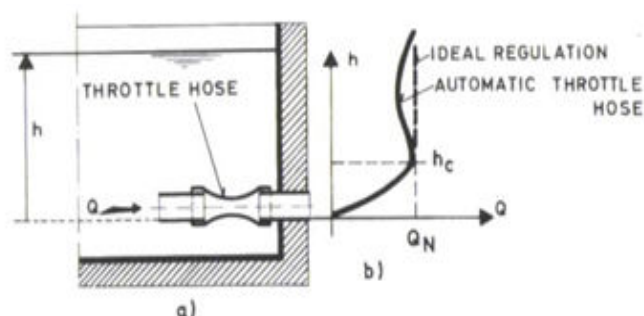
For bl.a. regulering av videreført vannmengde fra åpne dammer med relativt små trykkehøyder er det utviklet et selvregulerende strupet utløp. Regulatoren består av en fjærstål plate som ved oppstrøms vanntrykk presses mot en skråstilt terskel. Etter hvert som spalten mellom plate/terskel blir mindre øker strupingen av videreført vannmengde. Den hydrauliske karakteristikk har en nær vertikal form.

For å redusere risiko for tilstopping bør det vurderes å installere skumskjerm.



Figur 8. Selvregulerende strupet utløp (Wasserwirtschaft 86/1996) /6/.

For regulering av små til middels vannmender ved middels til store trykkehøyder kan en «automatisk slangestruper» være aktuell. Slangestruperen bygger på Bernoulli effekten og består av en fleksibel slange som er trukket på utsiden av et rør med to ovale åpninger, en på hver side. Ved gjennomstrømning går noe av trykkgenerien over til hastighetsenergi slik at det oppstår et undertrykk inne i slangen. Dette undertrykket får slangen til å trekke seg sammen og på den måten strupe videreført vannmengde. Typisk for slangestruperen er bratt hydraulisk karakteristikk.



Figur 9. Automatisk slangestruper (Volkart & de Vries 1985) /7/.

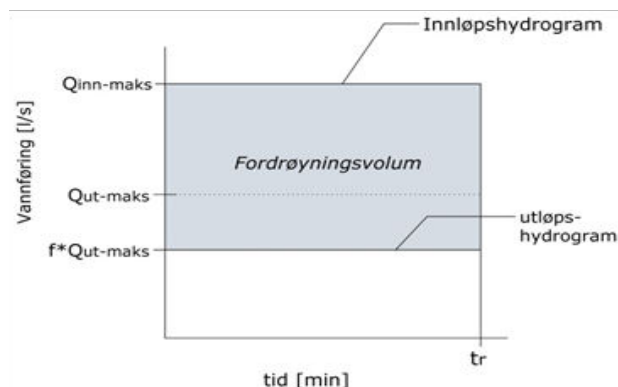
### 4.4 MAGASINBEREGNING

Ved dimensjonering av fordrøyningsvolum, ligger det et besparingspotensiale i å velge en mengderegulator med høy midlere avrenning.

Regnenvelopmetoden med antatt konstant innløp (kasseregn) og utløp, blir ofte anvendt ved beregning av fordrøyningsvolum for mindre nedslagsfelt (se figur 10). I midlertid viser ikke

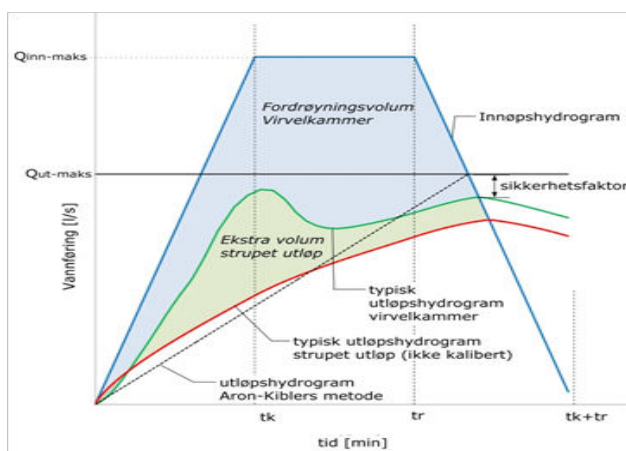
metoden et realistisk tidsforløp for tilførsel og avrenning fra magasinet. Dermed er det vanskelig å ta hensyn til mengderegulatorens egenskaper.

For å få en mest mulig representativ utløpsvannføring og ta høyde for at den avhenger av fyllingsgraden i magasinet, kan man anvende en faktor ( $f$ ) for videreført vannmengde.



Figur 10. Regnvelopmetoden med antatt konstant innløp og utløp. Regnvarighet,  $t_r$ .

En konservativ tilnærming er å sette  $f$  lik det teoretiske forholdet mellom maks og midlere avrenning over trykkehøyden for et strupet utløp ( $2/3 \approx 0,7$ ). Å definere en tilsvarende og generell faktor for andre typer mengderegulatorer er ikke mulig siden virkningsgraden er styrt av forhold modellen ikke tar høyde for og som er avhengig av valgte mengderegulator og utforming av anlegget.



Figur 11. Regnvelopmetoden med varierende utløp for et typisk virvelkammer (Aron-Kibler innløpshydrogram, konsentrasjonstid  $t_k$ ).

For å ta hensyn til mengderegulatorens hydrauliske egenskaper ved beregning av volum, fortsettes det at disse er dokumentert. Videre bør man ta hensyn til magasinets geometri, høydeforhold og feltets konsentrasjonstid ( $t_k$ ). Beregning bør gjøres ved å analysere forløpet over tid og ta hensyn til at vannføringen inn og ut av magasinet varierer (se figur 11, der det grønne arealet angir redusert volum dersom virvelkammeret velges framfor strupet utløp). Det henvises til Norsk Vann rapport 193-2012 /8/ og VA/Miljøblad nr. 69. Ved å velge en effektiv mengderegulator, kan nødvendig fordrøyningsvolum reduseres med over 25 %, sammenlignet med et strupet utløp.

Den potensielle volumreduksjonen ved bruk av virvelkammer med S-formet hydraulisk karakteristik (se figur 4) er størst ved relativt små trykkehøyder.

## 4.5 DRIFTSTEKNISKE FORHOLD

Sannsynligheten for tilstopping vil normalt være størst ved overgang til et mindre strømningsverrsnitt i avløpssystemet. Tverrsnittreduksjon opptrer ved utløp av regnvannsoverløpet/fordrøyningsmagasinet, ved regulatorens innløp, ved regulatorens strupeåpning og eventuelt ved overgang regulator/regulator kum.

Sannsynligheten for tilstopping vil være knyttet til avløpsvannets kvalitet; innhold av pinner, tekstiler, plast, papir, faces, fett, sand og grus mm.

Virvelkammeret er en meget effektiv regulator. Svært små vannføringer, kombinert med stor trykkehøyde vil likevel gi små strømningsverrsnitt og dermed risiko for tilstopping. Ved små vannføringer anbefales derfor minst mulig trykkehøyde (magasinhøyde) for å oppnå størst mulig strømningsverrsnitt.

For små avrenningsområder kan det være ønskelig å videreføre overvannsmengder ned mot 1 l/s. Dette innebærer for de mest effektive mengderegulatorene strømningsverrsnitt på  $d$ ; 25 – 40 mm. Gjennomføres ikke effektive oppstrøms tiltak for å holde tilbake pinner, blader ol., vil disse anleggene lett kunne tilstoppes.

For et anlegg i fellessystemet kan figur 10 illustrere følgende driftstekniske forhold:

1. Ved en tørrværsavrenning på 7,5 l/s vil innløpet til virvelkammeret (B) fungere som et delvis fylt rør med liten bremse effekt og dermed lite vannivå. Strupeluka (A) vil være dykket. Vannhastigheten i rør/renne oppstrøms vil være større for B enn for A. Virvelkammeret gir bedre selvrensing oppstrøms enn strupeluka.
2. Strupelukeinstallasjonen kan innebære akkumulering av slam i oppstrøms anlegg med redusert hydraulisk kapasitet som resultat.
3. Virvelkammerinstallasjonen viderefører en større andel av «first flush» (sterkt forurenset avløpsvann) enn strupeluka.
4. Erfaringer viser at strupeluka kan gi økt tilstoppingsrisiko ved at papir og lignende baller seg sammen og på den måten blokkere regulatorens innløp.

Tørrroppstilte kamre innebærer enklere tilkomst i forbindelse med drift og vedlikehold enn våtoppstilte.

Ved nyanlegg anbefales det at regulatoren inspiseres etter de første nedbørsepisodene for å kartlegge tilsynsbehovet. Eventuelle fremmedlegemer og avsetninger fjernes.

For kommunale anlegg anbefales det at det etter en innkjøringsperiode etableres en inspeksjonsfrekvens tilpasset kommunens øvrige driftsruti-

ner. I fellessystemet vil normalt inspeksjon hver 2-3 måned og etter sterk nedbør være passende.

For private overvannsmagasin bør tilsynsbehovet tydelig fremgå av leveransens FDV-dokumentasjon.

Henvisninger:		Utarbeidet:	oktober 2015	MFT, Miljø- og Fluidteknikk AS
/1/	Lars Aaby og Oddvar Lindholm. Mengderegulering i avløpsteknikken. Hva er best tilgjengelig teknologi. Vann nr. 2/2007	Revidert:		
/2/	Lars Aaby. Overløp på avløpsnett, valg av vannføringsregulator. Vann nr. 4/1993	/6/		Hans Brombac und Hans-Burkhard Horlacher. Selbstregulierender Auslaufschlitz für Regenüberlaufbecken. Wasserwirtschaft 86 (1996) 3
/3/	H. Brombach. 50 Jahre Fluidik-Wirbelströmungseffekte und Abflusssteuerung. Wasserwirtschaft 1-2/2010	/7/		Peter U. Volkart and Frits de Vries. Automatic Throttle Hose- New Flow Regulator. Journal of Irrigation and drainage Engineering. September 1985
/4/	Klaus Jurgen Schneider. Bautabellen für Ingenieure. Werner Verlag. 11 Auflage 1994	/8/		Lindholm, O., Endresen, S., Smith, B. T. og Thorolfsson, S. 2012. "Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportssystem". Norsk Vann-rapport nr. 193, 2012
/5/	H. Brombach. Abflusssteuerung von Regenwasserbehandlungsanlagen. Wasserwirtschaft 2/1982			