

Prosjektering og beregning

av et elektrolytisk kloakkrensianlegg for mellom 100 000 og 200 000 personer

Sivilingeniør Rolf Romslo

Sivilingeniør Rolf Romslo er ansatt ved SINTEF, Trondheim.

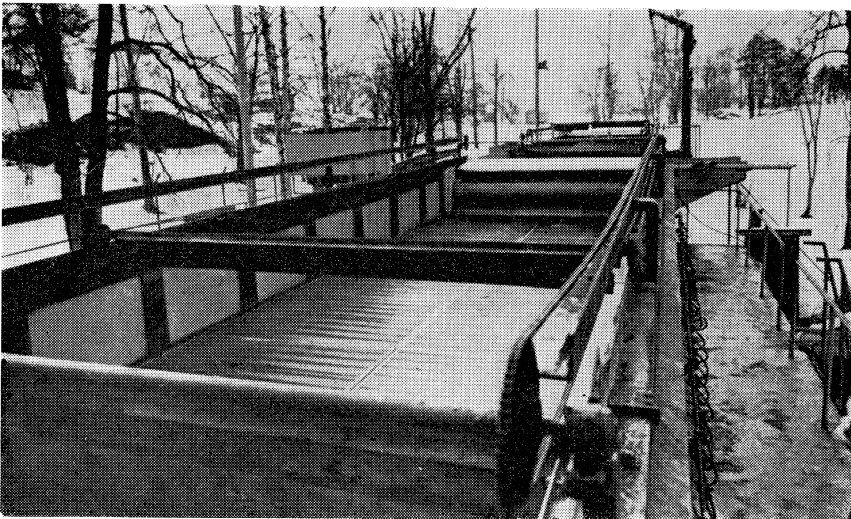
Etter foredrag i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene 14. februar 1968.

Det som foregår i en elektrolytisk renseselle skyldes reaksjoner på katoden, og katodens størrelse er derfor avgjørende for cellens kapasitet. Fig. 1 viser den diafragmafrie cellen ved Huk Rensianlegg. I denne cellen hadde man en katodeflate på $7,7 \times 2,9$ m, og en høyde av kloakkvann på 51

cm over katoden. I et stort rensianlegg kunne man benytte celler av samme størrelse som denne, men antall celler vil da bli høyt.

Det er tvilsomt om denne cellen er den optimale cellestørrelse, og i større anlegg ville man foretrekke å benytte celler med større kapasitet. Vil man øke cellenes kapasitet, kan dette gjøres ved å øke *cellestørrelsen* og *strømtettheten*.

Fig. 1. Diafragmafri celle ved Huk Rensianlegg.



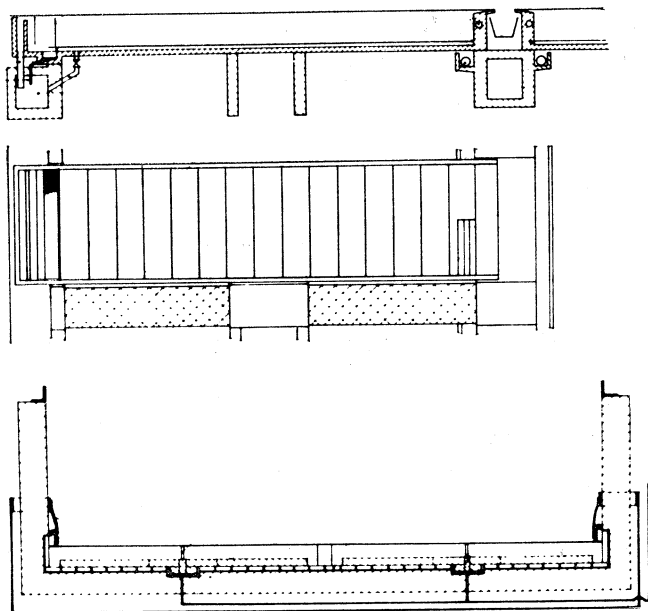


Fig. 2. Skisse av renseselle.

Elektrolytisk renseselle.

Øker man *cellebredden*, vil kapasiteten være direkte proporsjonal med bredden, og det er kun praktiske hensyn som er begrensende for hvilken bredde som bør benyttes. Ved økning av bredden vil man kunne få vanskeligheter med strømtilførselen, spesielt til anoden, og det vil også bli vanskeligere på en tilfredsstillende måte å få fjernet skummet fra cellen. Men ved en moderat økning av bredden, opp til 4 m skulle ikke disse vanskeligheter være alvorlige.

Vi tror også at *høyden* på kloakkvannsskiktet kan økes. I prøvecellen med diafragma som ble forsøkt på

Huk, benyttet man væskehøyder på over 1 m uten at utfelling og flotasjon av den grunn ble dårlig. Vi vil derfor forutsette at høyden på kloakkvannsskiktet kan økes til 1 m.

Huk-cellen arbeidet med en *katodisk strømtetthet* på $1,57 \text{ A/dm}^2$. Ved laboratorieforsøk har man funnet at gunstigste strømtetthet for hydroksylion-produksjonen, og dermed også for utfellingen i cellen og for flotasjonen, ligger på 2 A/dm^2 . Vi vil derfor regne med å benytte en katodisk strømtetthet på 2 A/dm^2 , selv om dette samtidig vil medføre en økning i cellespenningen fra 8,6 volt til 10,1 volt.

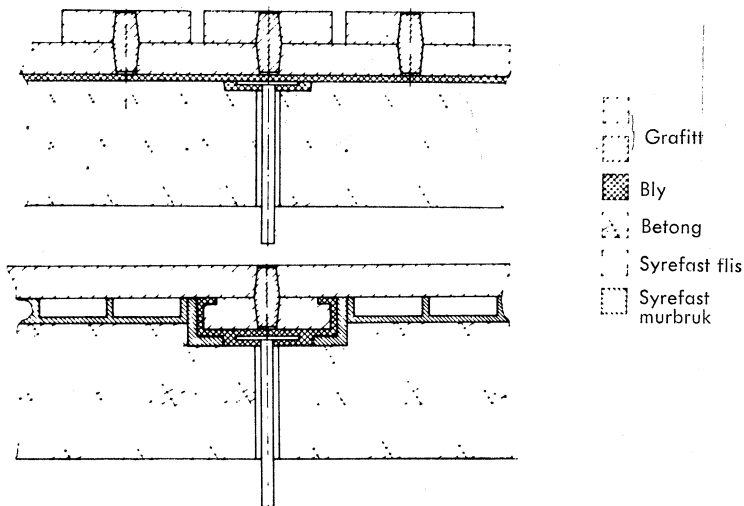


Fig. 3. Strømtilførsel til anodene.

I Huk-cellen benyttet man en *strømningshastighet* på 12,2 m/h. Dette er en meget lav hastighet, og man antar at denne kan økes uten at man av den grunn får uønsket turbulens i cellen. Vi vil gå ut fra at hastigheten kan økes til 20 m/h. Med det valgte celleværnsnitt får man da en katolytt-tilførsel på 80 m³/h, som ved en sjøvannstilblending på 15 % tilsvarer 68 m³ kloakkvann pr. time.

Forsøkene på Huk har vist at for å få en god rensing må man regne med et strømforbruk på 180 Ah pr. m³ tilført kloakkvann. Med den valgte strømtetthet vil man da få en katodeflate på 61 m².

Vi velger å benytte en katodeflate på 60 m² som tilsvarer en lengde på 15 m. Kloakkvanntilførselen vil da reduseres til 66,7 m³/h.

Den cellen vi på denne måte er kommet fram til er vist på fig. 2. Her er samtidig vist plassering av tilførselskanal for kloakkvann, tilførselsledning for sjøvann og avløpskanal for rensset kloakkvann og klorvann.

Et problem ved elektrolytiske renseceller av denne størrelse er strømtilførselen til anodene. Hvordan dette er tenkt løst med strømtilførsel til anodeblokkene gjennom cellebunnen, er vist på fig. 3.

Elektrolytisk renseanlegg.

Vi vil nå se på hvordan et stort elektrolytisk renseanlegg vil kunne bygges, og for å få et sammenligningsgrunnlag vil vi da tenke oss et anlegg med samme kapasitet som

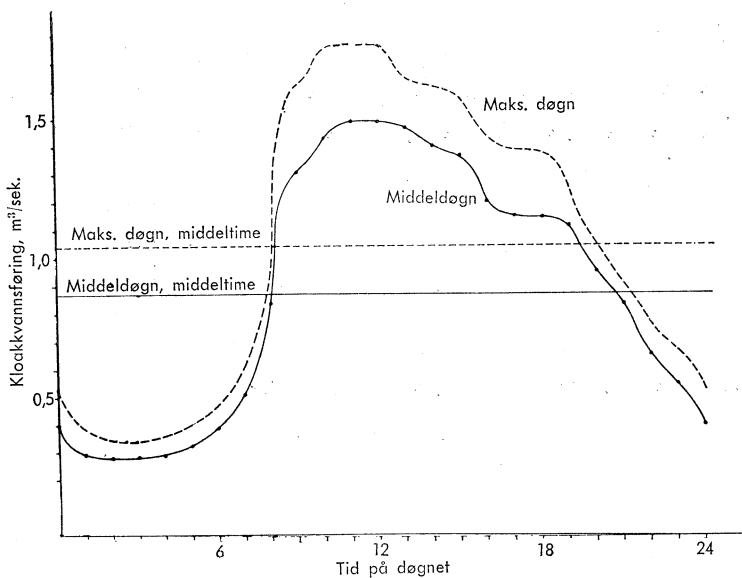


Fig. 4. Kloakkvannsføringen ved Bekkelaget Renseanlegg.

Bekkelaget Renseanlegg. Dette anlegg var beregnet på å rense kloakkvann fra 180 000 personekvivalenter.

Ved et anlegg av denne størrelse må man ta hensyn til de store variasjoner man vil få i kloakkvanntilførselen. På fig. 4 er vist hvilke variasjoner man kan vente å få i tørrværsdøgn. I et maksimumsdøgn vil tilførselen kunne komme opp i 6300 m³/h. Men under regnvær vil man kunne komme opp i ca. 12 000 m³/h. Hvis et slikt renselanlegg skulle ha en kapasitet som var tilstrekkelig for fullrensing av alt kloakkvann under regnvær, ville dette si at man måtte ha et stort antall celler, hvorav halvparten ville være i bruk bare noen få

dager i året. En slik løsning ville bli meget kostbar.

Hvis man i et slikt anlegg regner med å benytte 80 celler, blir kapasiteten 5336 m³/h. Men man må alltid regne med at noen celler vil være ute av drift for rengjøring, og kan ikke vente at mer enn 77 celler vil være i full drift. Kapasiteten blir da 5136 m³/h. Hvis man med dette celleantall skal kunne rense alt vann som tilføres i et maksimumsdøgn, må man ha en utjevningstank. En slik tank vil i tidsrommet fra kl. 09.00 til kl. 16.00 tilføres 5820 m³ kloakkvann, og tømmes igjen fram til kl. 23.00. Med en slik utjevningstank vil man også oppnå å få mer kontinuerlig drift av anlegget.

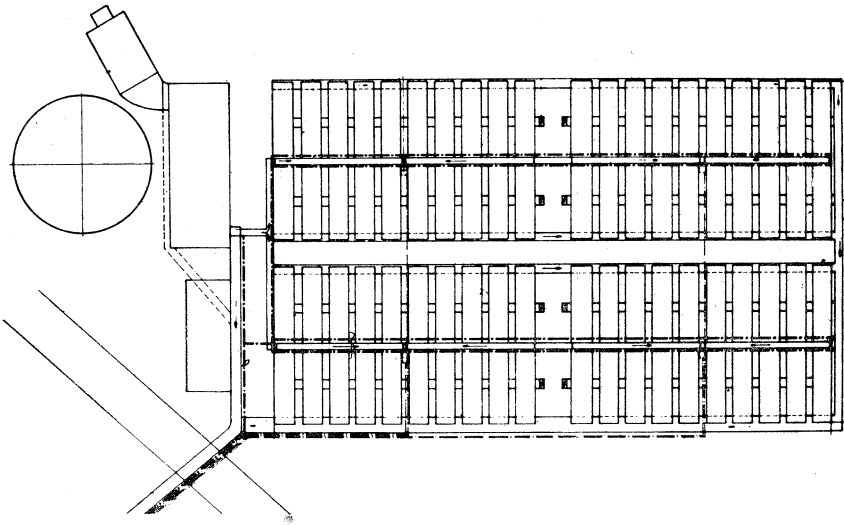


Fig. 5. Planskisse av elektrolytisk renseanlegg.

Hvis man regner med at fosforinnholdet kan reduseres til $3 \text{ g PO}_4/\text{m}^3$, vil dette anlegget kunne fjerne ca. 77 % av det fosfor som tilføres med kloakkvannet, eller ca. 360,5 tonn PO_4 /år. Med en kapasitet stor nok til å rense alt vannet, selv i regnværsdøgn, ville man kunne fjerne ca. 366,5 tonn PO_4 /år. Dette indikerer at det som kan vinnes ved å fordoble kapasiteten er ubetydelig. Et anlegg på 80 celler må antas å gi tilfredsstillende resultat.

Renseanlegget vil bestå av:

1. Inntaksbygning med grovrister og finrister for fjerning av grovere avfall.
2. Sandfang.
3. Renseanlegg.
4. Utjevningstank.
5. Lager, verksted, garderobes, driftskontor.
6. Slambehandlingsanlegg.

På fig. 5 er vist en planskisse av et slikt anlegg. Cellene tenkes plassert i 4 grupper med 2 cellerrekker á 10 celler i hver gruppe. I en slik rekke seriekobles de 10 cellene. Med en maksimal cellespenning på 10,1 volt får man et totalt spenningsfall på 101 volt, og når man tar hensyn til spenningsfall i ledninger må man regne med at likeretteren må levere 110 volt. Vi får da en likeretter for hver slik cellerække.

I et anlegg av denne størrelse vil man få betydelige transportproblemer. Man må ha sjøvann til innblanding i kloakkvannet og som anolytt, kloakkvann må under toppbelastning

pumpes til utjevningstanken, og slammet må transporteres bort fra cellene.

For slamtransport fra cellene vil vi benytte vibrotransportrenner som i hver cellegruppe transporterer slammet til en oppsamlingskum. Fra disse kummene kan slammet pumpes til slambehandlingsanlegget.

Hva som videre skal gjøres med slammet er et problem som ikke er løst. Slammengden vil utgjøre 1056 m³ pr. døgn med et tørrstoffinnhold på ca. 5 %. Etter de undersøkelser som er gjort, er slammet forholdsvis lett filtrerbart, og allerede ved en senkning av vanninnholdet til 85 % blir mengden redusert til 352 m³ pr. døgn. På grunnlag av laboratorieundersøkelser tror vi det er mulig å senke vanninnholdet til 65 %, og mengden blir da 151 m³/døgn. Det skulle da være mulig å transportere bort slammet, f. eks. med lektere.

I dette anlegg blir den klorholdige anolytt blandet med rensset kloakkvann. Den klormengde dette inneholder er større enn den mengde som medgår til oksydasjon av de oksyderbare bestanddeler i kloakkvannet. Avløpsvannet vil derfor bli klorholdig, og hvordan dette vil innvirke på resipienten er det vanskelig å uttale seg om.

Et slikt anlegg som dette vil bli kostbart å bygge. Unntar man inntaksbygning og sandfang, så vil selve renseanlegget med dagens priser koste ca. kr. 20 000 000,—. I tillegg til dette kommer slambehandlingsanlegget. Hvis dette kan baseres på filtrering, vil det bli rimelig, og vil koste ca. kr. 1 000 000,—. Utgifter til even-

tuelle fundamenteringsarbeider er ikke medtatt i disse beløp, da slike utgifter vil være sterkt avhengig av hvor et slikt anlegg blir bygget.

Når det gjelder driftsutgiftene, vil utgifter til elektrisk kraft være den største posten. Til selve elektrolysen vil der medgå 1,85 kWh pr. m³ kloakkvann eller i gjennomsnitt 151 700 kWh pr. døgn. Medregnet tap i strømskinner, likeretting og transformering blir effektforbruket 181 000 kWh/døgn. Videre trenges en del energi til drift av pumper etc., så det totale effektforbruk blir ca. 190 000 kWh/døgn eller 2,32 kWh/m³ rensset kloakkvann. Med en pris på 3 øre pr. kWh vil dette utgjøre kr. 2 080 000,— pr. år.

Til arbeidskraft og administrasjon må man regne med kr. 600 000,— pr. år og til vedlikehold kr. 300 000,— pr. år. I tillegg til disse utgifter må man regne med avskrivning av anodene på 4 år, og dette vil utgjøre kr. 750 000,— pr. år. Hvis man også skal regne med avskrivning av selve anlegget, bør man for dette kunne regne med en avskrivningstid på 40 år, og dette vil utgjøre kr. 450 000,— pr. år. Man kommer da fram til at de samlede driftsutgifter blir ca. kr. 4 200 000,— pr. år eller ca. 14 øre pr. m³ rensset kloakkvann. Regner man også med utgifter til inntaksbygning og sandfang, vil det koste ca. 15 øre pr. m³ å rense kloakkvannet etter denne metode, eller ca. 25 kr. pr. personekvi-valent pr. år.

Man bør da vurdere om man ved et slikt anlegg oppnår så store fordeler at man kan betale et så stort beløp for rensingen.