

NORSK INSTITUTT FOR VANNFORSKNING

Blindern

0 - 148/75

FORSLAG TIL VANNMÅLERSTASJON  
VED TITANIA A/S. JØSSINGFJORDEN

11. mai 1976

Saksbehandler: Siv.ing. Lasse Vråle  
Medarbeider: Siv.ing. Olav Nilssen

Instituttssjef Kjell Baalsrud

## 1. INNLEDNING

Ifølge brev fra Titania A/S, mottatt 24.11.1975, ble Norsk institutt for vannforskning (NIVA) bedt om å komme med forslag om hvordan måling av vannmengden som slippes ut i Jøssingfjorden, kan utføres.

Det nevnes i brevet at man antar det slippes ut 600-800 l/s. Vannet inneholder 8 prosent faste partikler.

Det ble 10.12.75 foretatt en befaring for å undersøke mulighetene for å måle bedriftens utgående vannmengder.

## 2. GENERELT OM VANNMÅLING

### 2.1 Kritisk dyp

Ved kontinuerlige målinger av vannmengder som renner med fritt vannspeil, benyttes vanligvis målemetoder som baserer seg på kritisk dyp. Vannet tvinges da fra overkritisk til underkritisk strømning over måleprofilen. Når vannføringen på denne måte går gjennom kritisk dyp, vet vi at strømningsbildet oppstrøms er uavhengig av strømningsforholdene nedstrøms. I praksis vil dette si at det er tilstrekkelig å måle vanndybden kun ett sted for å bestemme vannføringen.

Et vanlig problem i praksis er at vannspeilet nedstrøms står så høyt at det innvirker på vannstanden oppstrøms måleprofilen, dvs. at en ikke lenger har fri strømning. Forholdet mellom vanndybden oppstrøms og nedstrøms kalles grad av neddykking.

## 2.2 Overløp

Overløpet kan ha et gjennomløps- eller overløpsprofil med nær sagt alle utforminger, men de mest benyttede profiler er rektangulære, trapesformede, triangulære og avrundede. Når en måledam bygges i den hensikt å måle vannføring, får gjerne damkronen påsatt en skarp overløpskant, dvs. en får et såkalt skarpkantet overløp. Bred overløpskrone kan benyttes når det legges liten vekt på nøyaktige målinger.

Generelt egner overløpet seg dårlig for måling av vann med mye suspendert stoff. Dette vil sedimentere foran overløpet, vannets hastighet vil dermed øke, og dette vil igjen innvirke på vannføringskurven. Når oppfyllingen nærmer seg overløpskanten, vil denne feilen bli betydelig. En annen ulempe er at overløpet har et relativt stort energitap.

## 2.3 Målerenner

Målerennen blir ofte anvendt ved kloakkrenseanlegg og i industribedrifter hvor avløpsvannet ledes i åpne renner. Dessuten kan målekanaler være godt egnet for registrering av vannføring i bekker og mindre elver.

Målekanaler kjennetegnes ved en åpen vannstrømning og derav minimale trykktap. De er spesielt godt egnet i kanaler hvor avløpsvannet inneholder grovere partikler og bestanddeler.

Selve kanalen kan utføres i betong, plast, stål eller treverk, avhengig av størrelse og mekanisk påkjenning.

Det finnes flere ulike typer av renner. Den mest benyttede rennen i USA er den såkalte Parshallrennen.

### 3. PARSHALLRENNEN

Parshallrennen kan betraktes som en videreutvikling og forbedring av den klassiske venturikanalen og ble før navneskiftet kalt "The improved venturi flume" i Parshalls originale publikasjoner.

Rennens dimensjoner er standardisert, og vannfø-  
ringskurver for de ulike størrelser er funnet ved undersøkelser i full  
skala. Det kan nevnes at det er kalibrert målerenner med halsbredde  
(W) fra 1 tomme opp til 50 fot.

Parshall målerenrennen består av en avsmalende innløpsseksjon, en halssek-  
sjon og en utvidende utløpsseksjon, alle med vertikale vegger. Bunnen  
i rennen er flat i innløpsseksjonen, men er skrånende i halsseksjonen  
og utløpsseksjonen som vist i fig. 1.

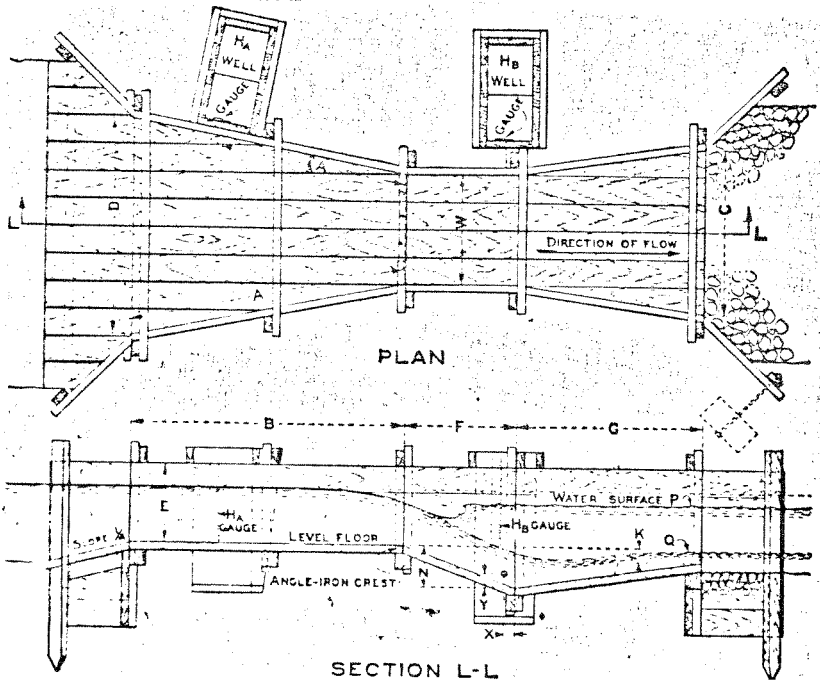


Fig. 1. Plan og snitt for Parshall målerenrenne.

Vannføringen bestemmes av vanndybden  $H_a$  (fig. 1) for fri strømming, og ved hjelp av både  $H_a$  og  $H_b$  når neddykkingen overskrider en viss verdi. Det øvre vandypet  $H_a$  observeres i et punkt lokalisert 2 tredjeparters lengde av den avsmalende innløpsseksjonen oppstrøms fra halsseksjonens fremkant. Målepunktet nullstilles mot bunnen i innløpsseksjonen som referanse. Rennet forbindes med flottørkammeret med et 1" rør som plasseres 1½" over bunnen i renna.

Vanndybden kan måles ved hjelp av ulike prinsipper, - mest vanlig er systemer basert på flottør, boblerør eller ekkolodd.

Følgende fordeler kan oppsummeres for Parshallrennen:

1. Nøyaktighetsgraden er like god eller bedre enn det som oppnås med overløp. Vanligvis vil den for Parshallrennen være fra 2-8%.
2. Energitalet er relativt lite avhengig av grad av tilbakestuvning. Den er tilnærmet 25% av energitalet for overløp.
3. Nøyaktighetsgraden påvirkes selv ikke ved en høy grad av neddykket strømming. Dette skyldes bunnsenkningen og gjør målerennen mer fleksibel når faren for tilbakestuvningen øker.
4. I motsetning til overløpet er målingene lite påvirket av oppstrøms strømningshastigheter.
5. I motsetning til overløpet er Parshall målerennen selvrensende og opererer uten problemer selv for vann som inneholder store mengder med f.eks. sand.
6. Den har bare plane overflater og er lett å bygge i de fleste kanaler.
7. Driften er enkel siden den ikke har justerbare eller bevegelige deler.
8. For de fleste installasjoner er det tilstrekkelig med en vanndybde-måling.
9. Den egner seg til å måle store variasjoner i vannføring.

#### 4. BRUK AV PARSHALLRENNE VED TITANIA A/S

##### 4.1 Beskrivelse av målested

Avløpsvannet føres i tunnel ned til Jøssingfjorden. En 75-80 m lang overbygget kanal med helning  $20 \text{ }^{\circ}/\text{oo}$  fører vannet videre fram til et 11 m høyt trykktårn hvorfra vannet føres videre ut i Jøssingfjorden. En ny utslippsledning er under planlegging for å føre vannet lengre utover i fjorden.

Kanalen er kvadratisk med side 1,95 m samt sirkulært bunnprofil som er plastret med brostein.

Denne kanalen skulle egne seg utmerket for installering av en Parshallrenne. Beste plassering vil være på første rettstrekning foran kanalens vinkel-ending, som vist på fig. 2.

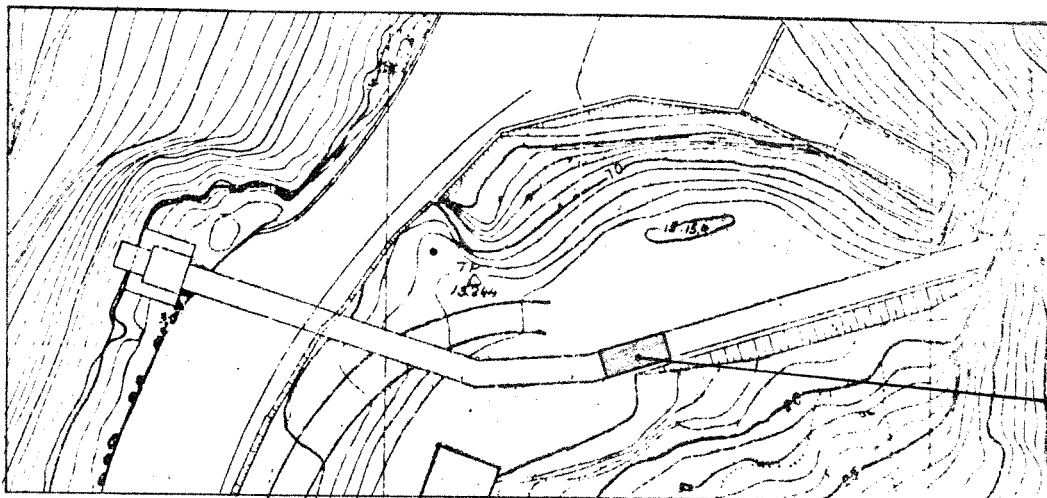
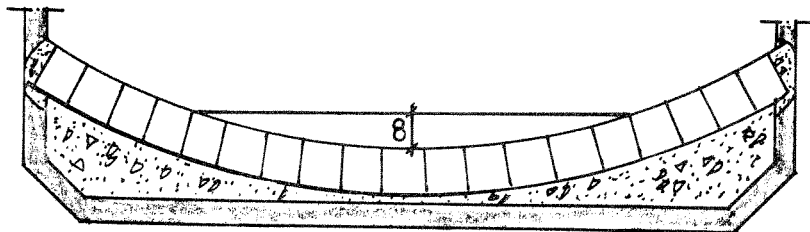
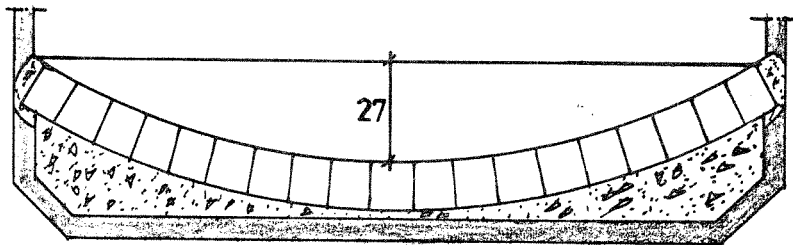
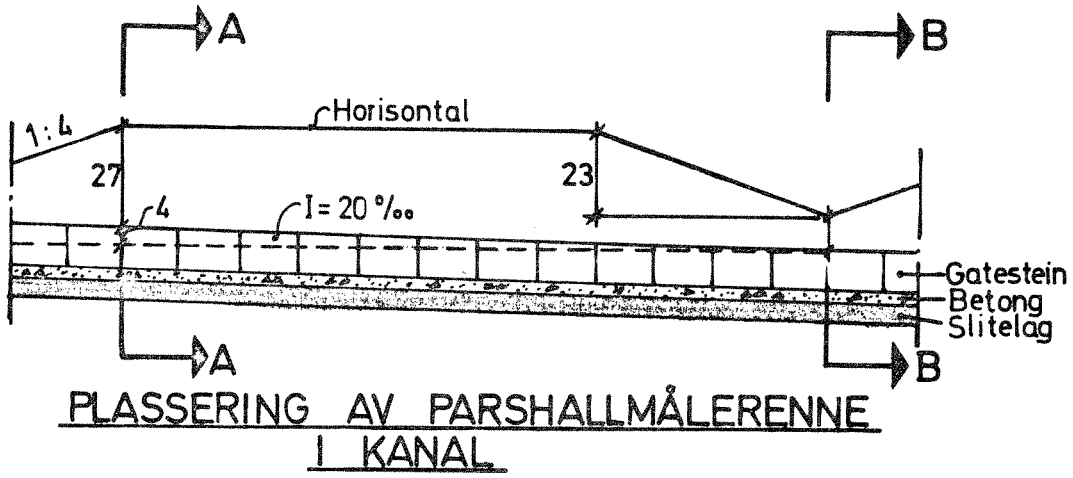
##### 4.2 Dimensjonerende vannmengder

Tunnelen som drenerer til Jøssingfjorden, får vann fra fire steder, nemlig tørkeanlegget, flotasjonsanlegget samt to oppsamlingssteder for overflatevann i dagbruddet.

##### Prosessvannmengder

I tidsrommet april-november 1975 er spesifikt vannforbruk med hensyn til råmalm beregnet. I gjennomsnitt over perioden viste vannforbruket seg å være  $9,4 \text{ m}^3/\text{tonn}$  råmalm. Dette antas av bedriften å være representativt.

Produksjonen i dag tilsvarer 600 000 tonn råmalm i året. I produksjonstiden tilsvarer dette en møllepågang på 285 tonn/time. Det regnes videre med at ca.  $2/3$  av råmalmen følger med vannet ut i fjorden. Det faste materialet er i form av finstoff med diameter mindre enn 0,3 mm. Spesifikk vekt er 2,7.



SITUASJONSKART

Fig. 2. Lokalisering og plassering av Parshall målerenne ved Titania A/S.

Tilførte mengder blir da:

$$\begin{aligned} \text{Avgang vann: } & 285 \cdot 9,4 = 2679 \text{ m}^3/\text{time} = 744 \text{ l/s} \\ \text{Avgang gods: } & (285 \cdot 2/3)/2,7 = 70 \text{ m}^3/\text{time} = \underline{19 \text{ l/s}} \\ \text{Sum pulp: } & = \underline{763 \text{ l/s}} \end{aligned}$$

Målt som prosent tørrstoff (TS) utgjør godsmengden 6,6%.

Produksjonskapasiteten for anlegget er beregnet til 1.000.000 tonn råmalm i året. Dette tilsvarer en møllepågang på 440 tonn/time. På grunn av kapasitetsproblemer med råvann vil det være nødvendig å gjenvinne noe av vannet. Det antas at 25% av vannet gjenvinnes i en fortykker. Med de samme forutsetninger som nevnt tidligere får man da:

$$\begin{aligned} \text{Avgang vann: } & 9,4 \cdot 440 \cdot 0,75 = 3102 \text{ m}^3/\text{time} = 862 \text{ l/s} \\ \text{Avgang gods: } & (440 \cdot 2/3)/2,7 = 109 \text{ m}^3/\text{time} = \underline{30 \text{ l/s}} \\ \text{Sum pulp: } & = \underline{892 \text{ l/s}} \end{aligned}$$

Målt som prosent tørrstoff (TS) utgjør godsmengden 8,6%.

De totale vannmengder fra produksjonen vil etter dette ligge i området 750-900 l/s med en tørrstoffprosent i området 6,5-9%.

#### Overflatevannmengder

Nedbørfeltet som drenerer til tunnelen, utgjør 1,647 km<sup>2</sup>. Overflaten består nesten utelukkende av bart fjell. Spesifikk avrenning for området på årsbasis er anslått til 55 l/s·km<sup>2</sup>.

I to nærliggende større nedbørfelt, ca. 60 km<sup>2</sup>, viser 2-års flommen og 10-års flommen å være henholdsvis 15 ganger større enn middelavrenningen. Dersom disse verdiene anvendes, får man:

$$\begin{aligned} \text{2-års flom} & = 55 \cdot 10 \cdot 1,647 = 900 \text{ l/s} \\ \text{10-års flom} & = 55 \cdot 15 \cdot 1,647 = 1360 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Dette er imidlertid relativt sett store felt med større avdempning av flomtoppene.



Etter kontakt med Meteorologisk institutt kan følgende døgn maksimum verdier med hensyn til nedbør avslåes:

<u>Intervall</u>	<u>1 år</u>	<u>2 år</u>	<u>10 år</u>
mm nedbør	55-60	80	100

Dersom avrenningsfaktoren settes til 0,9, gir 2-års regnet en gjennomsnittlig avrenning over døgnnet på 1480 l/s. Momentanverdiene vil selvsagt kunne være enda høyere, dog neppe mer enn 2000-3000 l/s.

#### 4.3 Valg av renne

Den største rennen som kan monteres i kanalen, vil være en 3 fots renne. Denne renne er kalibrert opp til 1400 l/s, men vil med god nøyaktighet kunne brukes ved større vannmengder enn dette. Rennen skulle derfor egne seg godt for de aktuelle vannmengder, selv om kapasiteten vil kunne overskrides ved ekstreme situasjoner. Dette vil imidlertid ikke skje ofte. Dersom rennes støpes helt opp til topp kanal, vil den kunne ta unna ca. 4000 l/s ( $H_a = 1,5$  m).

Standard dimensjoner for denne rennen (jfr. fig. 1) er gitt nedenfor. Verdiene er direkte omregnet fra amerikanske mål.

W	=	914 mm
D	=	1571 "
C	=	1219 "
A	=	1676 "
2/3A	=	1117 "
B	=	1644 "
F	=	610 "
G	=	914 "
N	=	229 "
K	=	79 "

Vannføringen for Parshallrenner med halsbredde fra 1' til 8' er gitt ved formelen

$$Q = 4W \cdot H_a^{1,522} \cdot W^{0,026}$$

$$\begin{aligned} Q & - \text{cuft/s} \\ W & - \text{fot} \\ H_a & - \text{fot} \\ W & = 3' \text{ innsatt gir:} \\ Q & = 12 \cdot H_a^{1,566} \end{aligned}$$

Omregnet til metriske enheter blir dette:

$$Q = 2,18 \cdot H^{1,566} \quad (\text{for 3 fots renne})$$

$$\begin{aligned} Q & - \text{m}^3/\text{s} \\ H & - \text{m} \end{aligned}$$

Hvis ønskelig kan man ut fra denne formelen tegne opp vannføringskurven for rennen.

Som tidligere nevnt gjelder denne formelen bare så lenge neddykkingen ikke overskrider en viss verdi. For en 3 fots renne er denne verdien funnet å være 68%. I det aktuelle tilfellet skulle ikke dette være noe problem uten at det skjer store oppstuvninger i trykktårnet.

#### 4.4 Hydraulisk beregning av kanalen og renna

Kanalen beregnes etter Mannings formel:

$$Q = A \cdot v = A \cdot M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

hvor

- Q = vannføring
- A = det våte areal
- v = hastighet
- M = Mannings tall
- R = hydraulisk radius
- I = kanalens helning
- M settes lik 60.

Beregninger viser at strømmingen i kanalen vil være overkritisk ved alle vannføringer. Overkritisk strømming oppstrøms målerennen er en betingelse for korrekt vannmåling. Når målerennen plasseres i kanalen, dannes en viss dameffekt som ytterligere vil bidra til overkritisk strømningsforhold oppstrøms rennen. En vil derfor anta at målerennen kan plasseres så lavt som mulig i kanalen, og gode måleresultater kan allikevel påregnes. Plassering av målerennen fremgår av fig. 2.

#### 4.5 Konstruksjon av renne

Parshallrennen kan kjøpes prefabrikert i rustfritt stål påmontert forankringsklør for innstøpning. Rennen kan også forskales og støpes på stedet. Dette krever stor nøyaktighet ved forskalingsarbeidet.

Rennens totale byggelengde vil være ca. 4 m.

Vi vil anbefale at kanalen åpnes fullstendig i ca. 5 m lengde. Dette vil i stor grad forenkle arbeidet ved bygging, vedlikehold og kontroll. Flottørkammeret med diverse måleutrustning må innebygges. Man kan vurdere om hele målestasjonen bør overbygges ut fra de klimatiske forhold som råder i området.

#### 4.6 Kostnader

Parshallrenner inklusiv nødvendig automatikk leveres av flere firmaer. Kontakt pr. telefon med et par tilfeldige leverandører antyder at en prefabrikert renne vil koste ca. kr. 12.000 og nødvendig måleutrustning i størrelsesorden kr. 10.000. I tillegg kommer kostnader for anleggsarbeidene og montering av utstyret.