

Undersøkelse av eksisterende dypvannsutslipp

Av sivilingeniør Øivind Johansen

Øivind Johansen er ansatt som forsker ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Han er sivilingeniør fra Norges tekniske høgskole, Trondheim, i 1969.

Etter foredrag i Norsk Forening for Vassdragspleie og Vannhygiene, 20. november 1972.

Det har nå ved Norsk institutt for vannforskning vært arbeidet vel ett år med prosjektet «Undersøkelse av eksisterende dypvannsutslipp». Dette er ett av delprosjektene under PRA 5 (forskningsprogram for rensing av avløpsvann).

Formålet med prosjektet har vært å skaffe opplysninger om de konstruksjonsmessige og driftsmessige forhold ved de utslippsarrangementer på dypt vann, som er bygd her i landet.

I denne gruppen er tatt med ledninger med utslipp på 10 m dyp eller mer. Som utslippsarrangement er regnet fra og med utløpskummen på land og ut til enden av ledningen. Fortynningsforholdene i resipienten etter utløpet hører ikke med i dette arbeidet, da det etter planen skal behandles i et eget PRA 5 prosjekt.

Den endelige rapport om undersøkelsen vil være ferdig i mars—april

1973, og den vil da bli tilgjengelig for interesserte.

Stort sett har arbeidet foregått i tre etapper.

A. Litteraturstudier og studiereiser.

Første etappe besto i å gå gjennom eksisterende litteratur og å besøke og intervju en rekke konsulentfirmaer, rørfabrikanter og entreprenører som har arbeidet med ledninger lagt under vann. Intervjurunden ga en god bakgrunn for det videre arbeid med dette prosjektet.

B. Innsamling av data om eksisterende utslipp.

I annen etappe besto arbeidet i å sende spørreskjemaer til en rekke kommuner fordelt over hele landet, ta imot svar og bearbeide dem.

— 200 kommuner fikk tilsendt spørreskjemaer. Disse 200 ble valgt ut etter kontakt med de enkelte fylkesingeniører.

- Spørreskjemaene inneholdt spørsmål om utløpsledningens lengde, utslippsdyp, type og mengde avløpsvann, rensegrad, rørmateriale og dimensjon, vektbelastning, alder, kostnader, skader etc.
- 69 av de spurte kommuner har bekreftet at de har dypvannsutslipp ved at de har sendt data om dem. Svarene er bearbeidet, og i det følgende gis et sammendrag.

I alt kom det inn opplysninger om 208 utløpsledninger.

Rørmateriale.

- 180 eller 86,5 % er polyetenledninger (PEH eller PEL).
- 9 eller 4,3 % er PVC-ledninger.
- 8 eller 3,8 % er treledninger.
- 4 eller 1,9 % er asbestsementledninger.
- 3 eller 1,5 % er Noreplastledninger. (Disse ledninger er også av polyeten, men er såpass spesielle at de ikke tas med blant de 180.)
- 2 eller 1,0 % er støpejernledninger.
- 2 eller 1,0 % er betongledninger.

Dimensjoner.

For de 180 polyetenledningene er middellengden 200 m. Middellutslippsdypet er 18 m. Rørdiameteren varierer fra 150 mm til 700 mm, med middel på 300 mm.

Vannmengde og hastighet.

Det er foretatt beregninger på mengden avløpsvann i utløpsledningene. Som forutsetninger er satt en avløpsmengde på 300 l/p.d., time- og

døgnfaktor lik 1 og ikke noe overvann eller infiltrasjonsvann. Disse forutsetningene gjelder ved tørrværsavrenning, og gir de laveste vannmengder med de ugunstigste forhold i utløpsledningene.

For 123 utløp er opplysningene fra kommunene så gode at det er mulig å regne på vannmengdene. Resultatet ble:

- I 86 ledninger, eller 70 % av de 123, er midl. tørrværshastighet < 0,1 m/s.
- I 108 ledninger, eller 88 % av de 123, er midl. tørrværshastighet < 0,6 m/s.

Rensegrad.

For 148 utløpsledninger er det oppgitt hva slags rensing det er på avløpsvannet:

- For 60 eller 41 % er avløpsvannet urensset.
- For 50 eller 34 % kommer avløpsvannet fra septiktanker.
- For 26 eller 17 % kommer avløpsvannet fra slamavskillere.
- For 9 eller 6 % kommer avløpsvannet fra mekaniske renselanlegg.
- For 3 eller 2 % kommer avløpsvannet fra biologiske renselanlegg.

Skader.

Angående skader, viser det seg at blant polyetenledningene har det vært

- 30 tilfeller av tilstopping — 16,5 % av 180,
- 23 tilfeller av oppflying — 13,0 % av 180,
- 4 tilfeller av brudd — 2,0 % av 180.

Hvis man i tillegg til disse alvorlige skadene tar med tilfeller av delvis tilstopping eller oppflyting, korrosjons-skader osv., kommer man opp i 70 registrerte skadetilfeller — 39 % av 180.

Det gjøres oppmerksom på at noen steder har det vært flere skadetilfeller på samme ledning.

39 eller 21,5 % av de 180 polyetenledningene har hatt driftsstopp én eller flere ganger. Med driftsstopp menes tilstopping, oppflyting eller brudd.

Ser man samlet på de 28 utløpsledningene som har rørmaterialet PVC, tre, asbestsement, Noreplast, støpejern eller betong, viser det seg:

- 4 tilfeller av tilstopping —
14,5 % av 28,
- 2 tilfeller av oppflyting —
7,0 % av 28,
- 4 tilfeller av brudd —
14,5 % av 28.

I alt er det på disse utløpsledninger registrert 14 mer eller mindre alvorlige skadetilfeller — 50 % av 28.

10 eller 36 % av ledningene i denne gruppen har hatt såkalt driftsstopp én eller flere ganger.

Det er to hovedårsaker til tilstopping:

1. Lav hastighet i utløpsledningen i lange perioder. Det oppnås ikke tilstrekkelig spylehastighet, og dette er alvorlig fordi:
2. avløpsvannet som går i utløpsledningen i alminnelighet er meget dårlig rensset.

Årsakene til oppflyting skyldes også flere forhold.

1. Utløpskummen er slik konstruert og plassert at luft blir dratt med i inntaket til utløpsledningen.
2. Sedimenter og slamansamlinger i ledningen kan avgi gass.
3. Ledningen kan ligge med høydebrekk, hvor evt. gass eller luft lett samler seg.
4. Vektbelastningen eller festet av ledningen til bunn er for dårlig.

I noen tilfeller kan det være nødvendig å tillate at luft periodevis kan bli dratt med ut i utløpsledningen. I så fall må kravet være at ledningstraséen har jevnt og godt fall uten høybrekk, og at vektbelastningen er rikelig dimensjonert.

Sammenliknes skadeprosentene for polyetenledningene med de tilsvarende for gruppen med de andre materialene, finner man at skadeprosenten for tilstopping er omtrent lik. Dette er rimelig da faren for tilstopping bare i liten grad er avhengig av ledningsmaterialet.

Skadeprosenten for oppflyting er dobbelt så stor for polyeten som for den andre gruppen. Dette skyldes nok at de fleste av materialene i den sistnevnte gruppen er vesentlig tyngre enn polyeten og derfor ikke så utsatt for å flyte opp.

Skadeprosenten for brudd er minst for polyetenledningene. Dette fordi polyeten er et fleksibelt materiale som bedre tåler de bøyepåkjennningene en utløpsledning utsettes for.

Alder.

I fig. 1 er vist en oversikt over anleggsår for 139 PEH- og PEL-ledninger. Det samlede antall for 1972 er høyere, fordi denne registreringen ble avsluttet på våren det året.

Figuren viser at det kom fart i leggingen av utløpsledninger etter at polyetenledningene kom inn på markedet tidlig i 1960-årene. Videre går det fram at hovedtyngden av de eksisterende utløpsledninger er mindre enn 7 år gamle. Likevel har det oppstått mange skadetilfeller.

Vektbelastning.

Polyetenledninger må belastes med vekter eller forankres når de skal legges under vann. Det som avgjør vektens størrelse er de indre og ytre krefter som kan påvirke ledningen.

Strøm- og bølgekrefter kan noen steder være helt dominerende og så store at ledningen må graves ned hvis den ikke skal ødelegges. Slike forhold finner vi f. eks. på Jæren der kysten ligger ubeskyttet mot kraftig bølgepåvirkning, og der det i tillegg også er langgrunt.

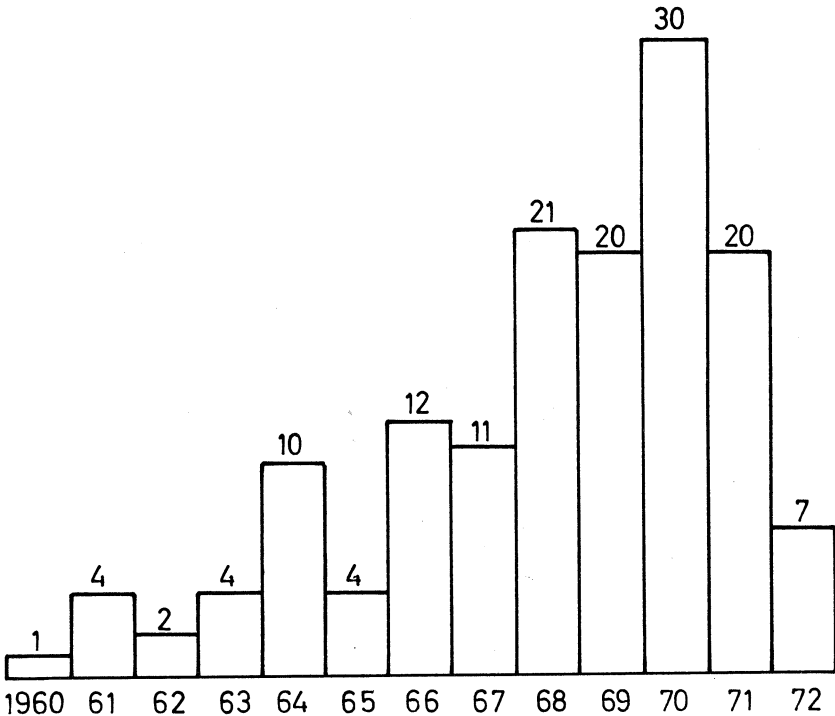


Fig. 1.

DIAGRAM FOR BELASTNING AV PEH RÖRLEDNING, NT4 MOT LUFTFYLLING

Vekten gjelder i luft for belastningslodd av betong med
egenvekt = 2,3 tonn/m³

Egenvekten av resipientvann settes = 1,03 tonn/m³

— " — til PEH-røret settes = 0,950 tonn/m³

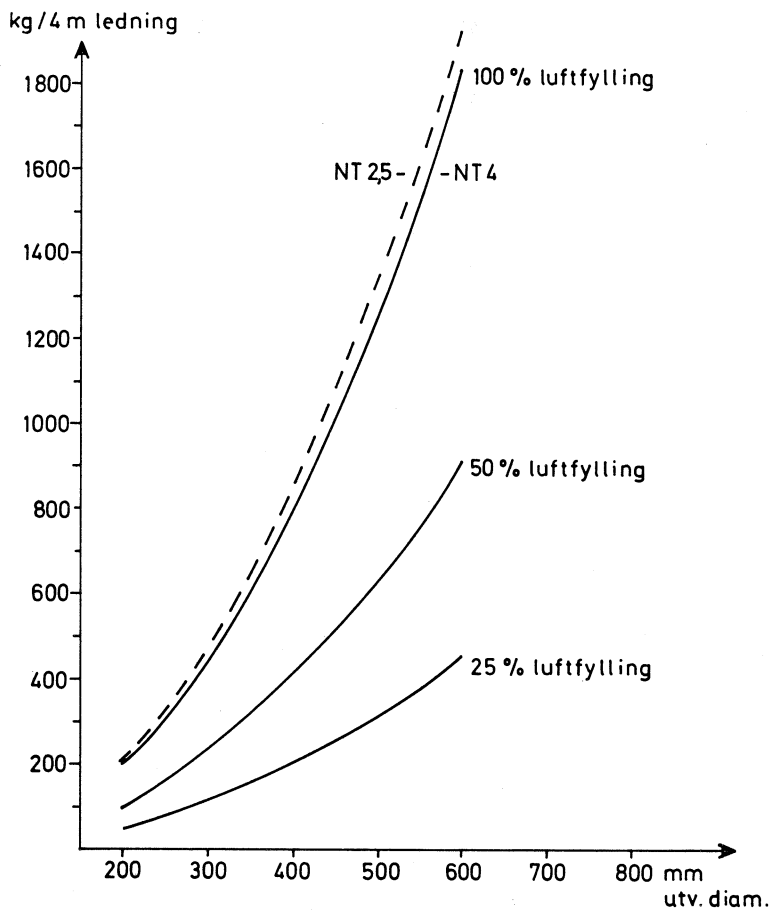


Fig. 2

På grunt vann tar man som regel hensyn til at store bølgekrefter kan oppstå ved at ledningene blir gravd ned til 5—6 m dyp. På det dypet vil bølgekreftene være vesentlig redusert i mer beskyttede områder.

Det som er bestemmende for vektens størrelse fra dette dypet og ut til enden av røret er vanligvis i hvilken grad luft eller gass har sjanse til å komme inn i og samle seg i ledningen. En riktig konstruksjon av utløpskummen, slik at luft ikke blir sugd med derfra, samt å gi ledningen et jevnt og godt fall må være siktemålet ved konstruksjon og plassering av alle utløpsarrangementer.

Fig. 2 viser hvilken vektstørrelse som må til pr. 4 m ledning, avhengig av diameter på ledningen og hvor stor prosent av ledningstverrsnittet som kan bli fylt med luft. Vanlig i dag er at man dimensjonerer vektene slik at ledningen skal tåle å være fylt med 25—50 % luft.

Kostnader.

De totale kostnader i forbindelse med bygging av et utslippsarrangement viser seg å variere meget. Det finnes eksempler på at f.eks. legging av en 200 mm ledning ett sted er blitt dyrere enn en like lang 500 mm ledning av samme materiale lagt et annet sted. Store prisvariasjoner er noe man også må regne med i fremtiden, og dette skyldes følgende:

a) Meget store forskjeller i vanskelighetsgrad ved bygging av kum og legging av ledning. Avgjørende her er fallforhold og grunnforhold over og under vann samt maksimalt dyp.

- b) Varierende bruk av spesialister til forundersøkelser, prosjektering og kontroll. Dette øker prisen, men også kvaliteten på arbeidet.
- c) Forskjell i avstand fra fabrikant til anleggssted. For polyetenledningenes vedkommende er det vanlig å slepe hele lengden sjøveien med båt til anleggsstedet.
- d) Forskjellige krav til vektbelastning av utløpsledninger.

Kurve A på fig. 3 viser et gjennomsnitt for alle de kostnadstall som er oppgitt for utløpsledninger av polyeten — kum medregnet. Prisene er justert slik at kurven kan være rettleidende i 1972/73 ved anlegg i Sør-Norge der grunnforholdene er gode, og der man har minimalt med sprengning under vann.

Rørleverandører opererer med faste priser, og på grunnlag av data fra disse er det satt opp forskjellige typer kostnadskurver som viser prisnivået i 1972.

Kurvene B, C og D i fig. 3 gjelder for PEH-ledninger, ca. 300 m lange. Kurve B gjelder kostnad for levering og legging av PEH utløpsledning NT4 i sjøen i Østlandsområdet. Ledningen skal vektbelastes for å kunne tåle 50 % luftfylling. Forskjellen mellom kurve A og B angir kostnader for forundersøkelser, prosjektering, tillegging, utløpskum, gravearbeider og endearrangement. Kurve C har samme forutsetninger som kurve B med unntak av at kravet til vektbelastning er at ledningen skal tåle å være fylt med 25 % luft uten å flyte opp. Avstanden mellom kurvene B og C er da ekstrakostnad for det strengere krav

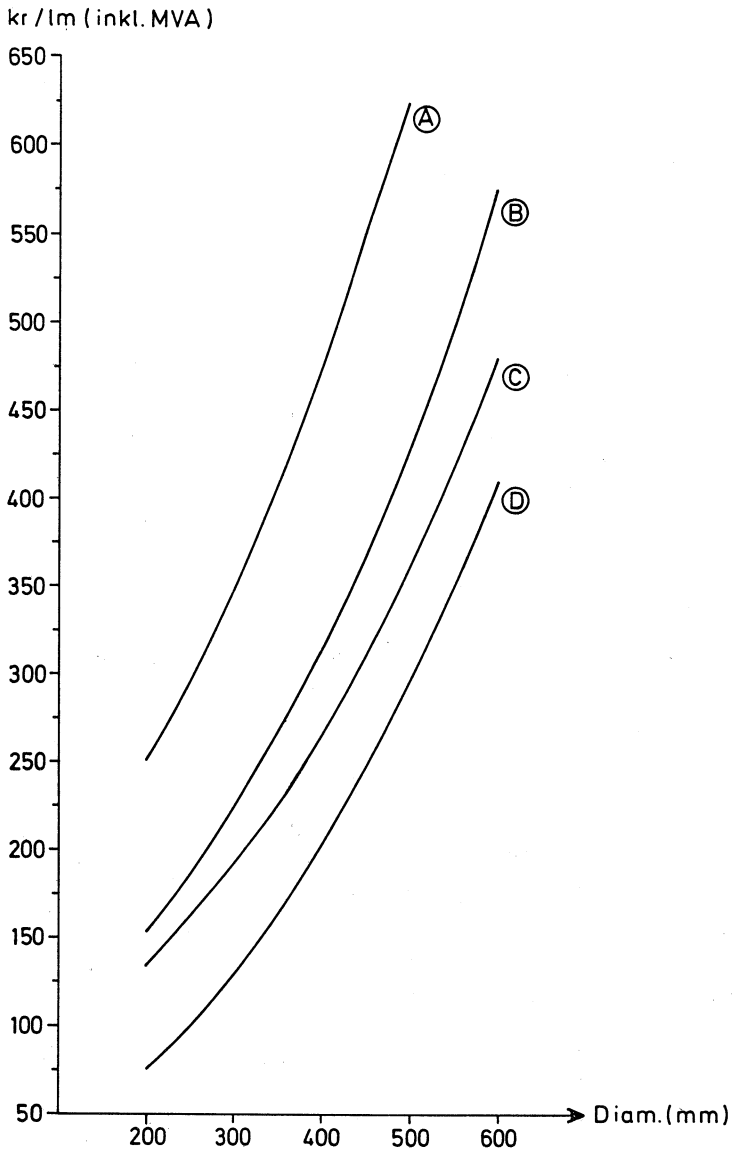
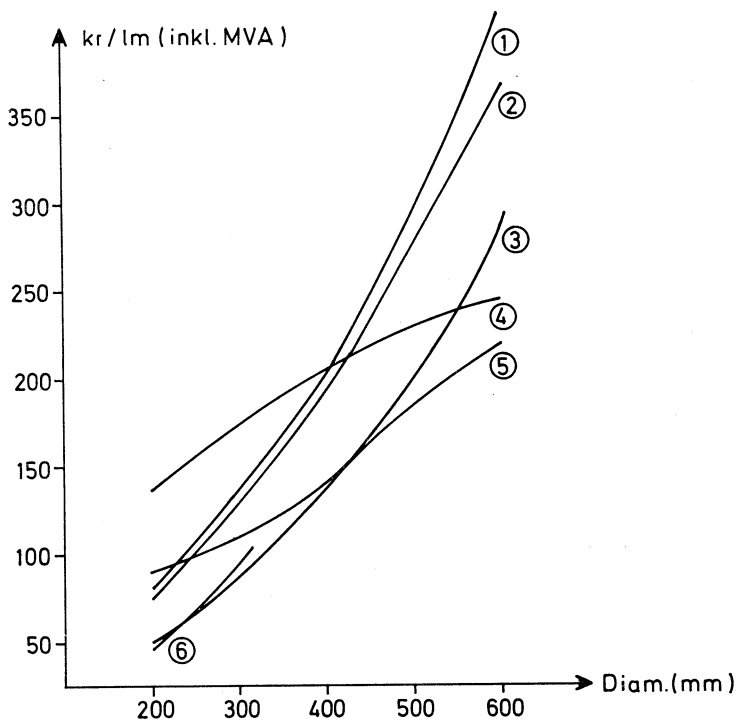


Fig. 3

Oversikt over delkostnader og totale kostnader for utslippsarrangement med polyeten utløpsledning.



- ① Kostnad for levering av PEH-utløpsledning NT4 i en lengde med belastningslodd
- ② Kostnad for duktile støpejernsrør 6 m lange med ekspresskjöter
- ③ Kostnad for asbestcimentrør 5 m lange med strekkfaste skjöter
- ④ Kostnad for levering av monteringsferdig materiell til trerør
- ⑤ Kostnad for levering av Nore-rør 6 m lange med strekkfaste skjöter
- ⑥ — " — " — " — " PVC-rør med limte skjöter

Fig. 4

til vektstørrelsen. Kurve D angir kostnad for levering i Østlandsområdet av PEH utløpsledning NT4 med belastningslodd for 25 % luftfylling. Avstanden mellom kurvene C og D angir utgifter ved montering av vektbelastninger og senking av ledning direkte på grunn.

I fig. 4 er det vist priser på forskjellige typer ledningsmaterialer som kan benyttes i utløpsledninger. Prisen på asbestsementrør er fra 1970, mens de andre prisene angir kostnadsnivået i 1972. Kostnadene som er rent veiledende, gjelder generelt ved levering av ledning med nødvendig tilbehør i Oslo-området.

For PEH-rør, trerør, Norerør og PVC-rør er det regnet med vektbelastning for 25 % luftfylling. For støpejern- og asbestsementrørene antas at det ikke er nødvendig med ekstra belastning.

Fig. 4 viser at for en 200 mm ledning vil PVC og asbestsement være

de billigste materialene og tre det dyreste. For en 600 mm ledning er PEH dyrest mens Noreplast og tre er billigst. Man må være klar over at fig. 4 ikke tar med anleggskostnader. For PEH-rør er det gjort i fig. 3, mens for de andre rørmaterialene er grunnlaget for dårlig til at anleggskostnadene tas med.

C. Feltundersøkelser.

I tredje etappe ble det foretatt dykkerundersøkelse på i alt 62 utløpsledninger i Sør-Norge. Disse ledningene var fordelt over følgende kommuner: Hurum, Rygge, Vestby, Ringerike, Tjøme, Nøtterøy, Horten, Porsgrunn, Kragerø, Tromøy, Kristiansand, Lillesand, Stavanger, Sandnes og Bergen. Ved utvelgelse av ledninger for dykkerundersøkelsen var foruten type utslipp, reisetid og beliggenhet av flere ledninger i samme område bestemmende.

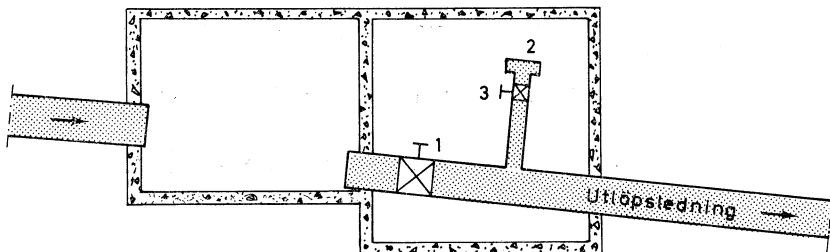


Fig. 5.

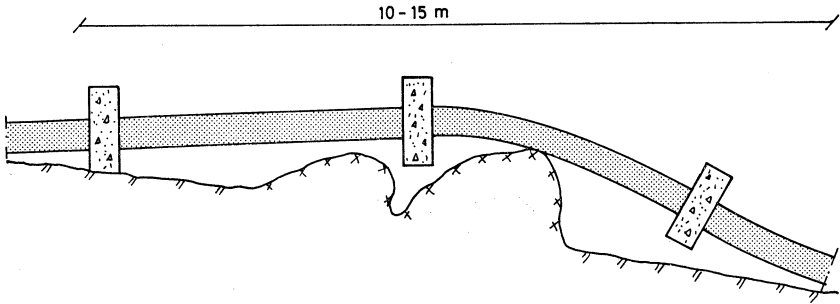


Fig. 6.

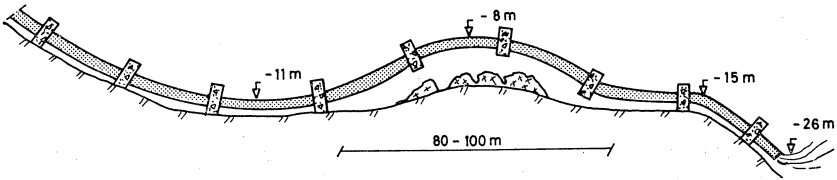


Fig. 7.

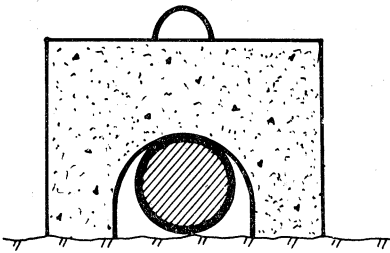


Fig. 8.

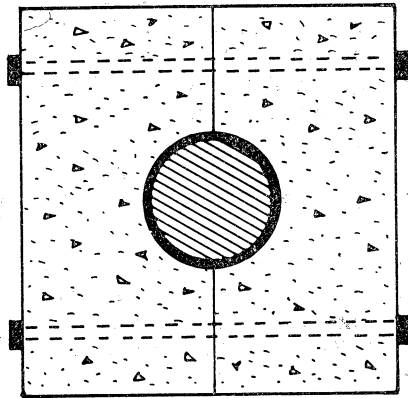


Fig. 9.

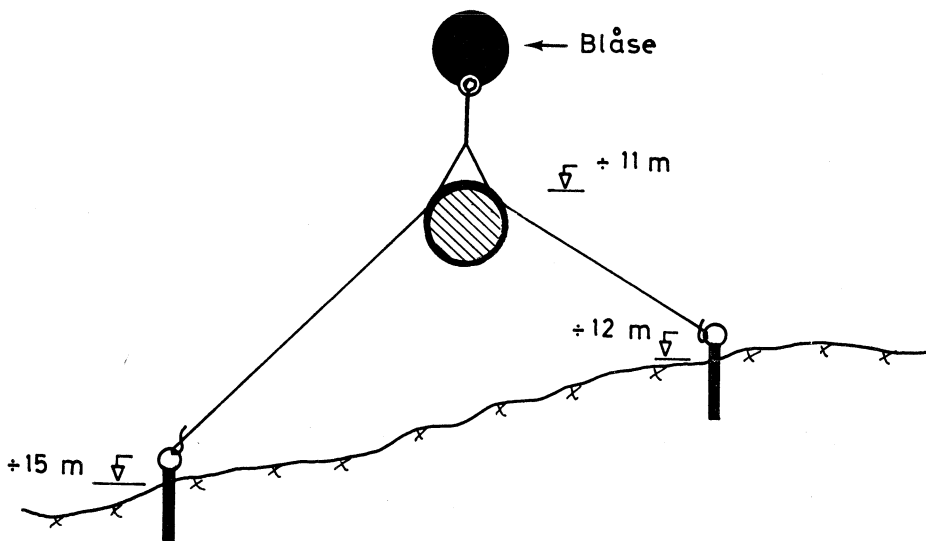


Fig. 10.

I det følgende skal det vises noen eksempler på observasjoner fra befaringen.

Flere steder har man tatt konsekvensen av at utløpsledninger har lett for å tettes til ved å bygge inn et spylearrangement i utløpskummen som vist på fig. 5. På utløpsledningen er det påmontert ventil og brannslangekopleing. Ved å stenge med ventil (1), kople til trykkvannsledning ved stigerøret (2) og åpne ventil (3), kan man spyle utløpsledningen. Et slikt opplegg er å anbefale, og det bør brukes jevnlig.

Fig. 6 viser uheldig plassering av en utløpsledning over oppstikkende fjell. Slikt bør kunne unngås ved en skikkelig undersøkelse og bearbeiding av ledningstraséen.

Fig. 7 viser et annet eksempel på

en uheldig ledningstrasé og hva det kan føre til. Ledningen har etter senkingen blitt liggende med et høybrett over en forhøyning på bunnen. I dette høybrettet har det etter hvert samlet seg så mye luft eller gass at ledningen med vektbelastning har løftet seg fra bunnen.

Fig. 8 og 9 viser to typer belastningslodd. Fig. 9 er den vanligste som festes på ledningen før senkingen. Loddet på fig. 8 brukes som ekstrabelastning og må senkes ned og plasseres etter at ledningen er senket på bunnen. Dette er aktuelt på steder der det er stor sjanse for oppflytting eller der ytre krefter er spesielt store.

Mange steder er bunnforholdene så vanskelige at det er umulig å la ledningen ligge direkte på bunnen. I slike tilfeller vil det være aktuelt å la den sveve et stykke over bunnen.

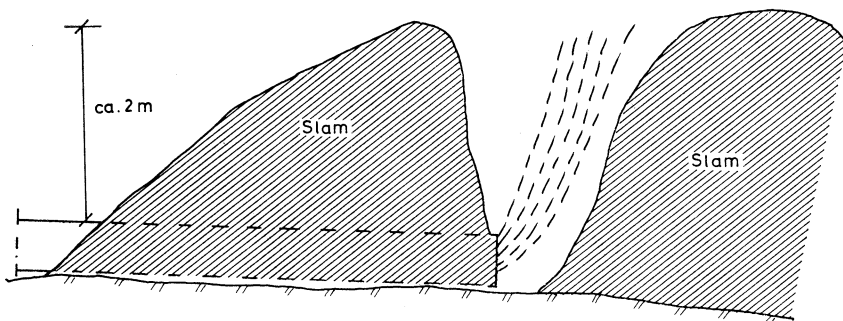


Fig. 11.

Fig. 10 viser i prinsipp hvordan dette kan gjøres. Oppdriftslegemer festet til ledningen sørger for å gi den en positiv oppdrift samtidig som den er forsvarlig forankret i fjell eller lodd på bunnen. Et slikt arrangement vil fordyre prosjektet, og det må settes store krav til omhyggelig og nøyaktig arbeid av undervannsentreprenøren.

Selve utslippet plasseres på forskjellige måter. Ofte ligger enden av ledningen direkte på bunnen. Dette kan gå bra, men inneholder avløps-

vannet mye slam, vil det lett dannes slamhauger som kan tette til enden av ledningen. Fig. 11 viser en slik situasjon.

Generelt må man si at enden av ledningen bør plasseres et par meter over bunnen for i noen grad å sikre mot faren for igjentetting. Fig. 10 viser et eksempel på hvordan dette kan gjøres. Fig. 12 viser en annen måte å gjøre det på, men før man bruker treverk i en slik ramme, må faren for angrep av pelemark vurderes.

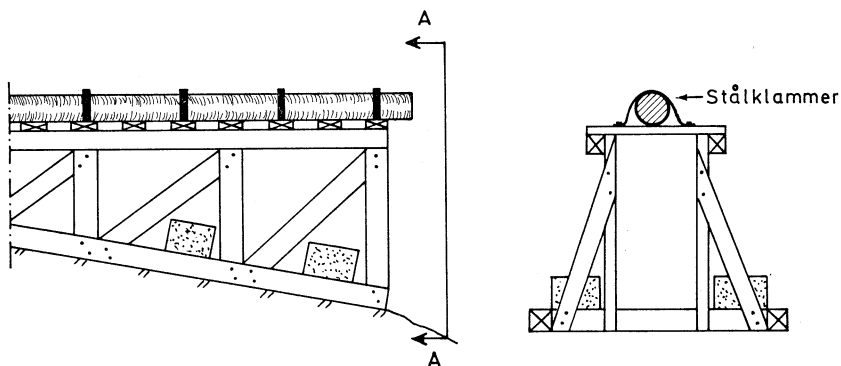


Fig. 12.