

1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet skal gi en generell veiledning om legging av inntaksledninger under vann og tiltak for å sikre et godt resultat.

2 BEGRENSNINGER

Generelle løsninger og begrensninger for legging og senking av undervannsledninger er omhandlet i VA/Miljø-bladene nr. 44 og 80/1/. Det henvises også til kravspesifikasjon for rør av PE-materiale, VA/Miljø-blad nr. 11 /1/, ettersom PE er det materiale som benyttes mest i forbindelse med undervannsledninger.

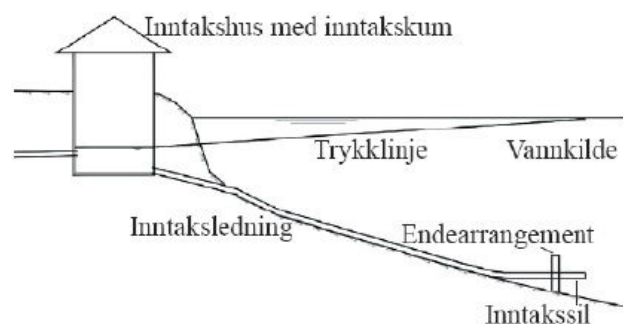
3 FUNKSJONSKRAV

En inntaksledning må utformes på en slik måte at den har nødvendig hydraulisk kapasitet samt tilstrekkelig styrke til å motstå indre og ytre belastninger i 100 år.

Et inntaksarrangement må plasseres på en slik måte at partikler fra bunnen ikke suges inn i inntaksledningen.

4 LØSNINGER

Et inntaksanlegg er normalt bygd som et gravitasjonssystem som vist på figur 1. Ved uttapping/utpumping av vann i inntakskummen vil nivået i inntakskummen bli lavere enn nivået i vannkilden. Denne nivåforskjellen driver vannet gjennom inntaksledningen og inn i kummen. Nivåforskjellen må være så stor at den overviner friksjonstap og singulærtap i inntaksledning, bend, sil mm. Disse energitapene er avhengig av vannføring, innvendig dimensjon, ruhet og lengde på ledningen, utforming av evt. sil, antall bend og sluser. Det er viktig at man tar hensyn til de ulike vannstands nivåene i vannkilden ved beregninger av undertrykk og vannføring i inntaksledningen. For beregning av energitap i en inntaksledning, se kap. 4.2.



Figur 1. Inntaksledning, prinsipp gravitasjonssystem.

Dersom inntaksledningen legges høyere i terrenget enn nivået til trykklinjen, må ledningen fungere som en hevert. Dette kan medføre problemer ved oppstart av vanninntak (f.eks. etter en midlertidig stans av vannføringen i inntaksledningen). Evt. utette flenseskjøter over trykklinjen kan suge inn luft og redusere funksjonen som hevert. Det kan bli nødvendig med bruk av et vakuumanlegg for igangstart av inntaksledningen. Det anbefales i de fleste tilfeller at ledningen legges under trykklinjen.

For kortere inntaksledninger kan man også benytte pumper som suger direkte på inntaksledningen. Denne løsningen gjør imidlertid at inntaksledningen blir mer utsatt for trykksvingninger og trykkslag. Løsningen setter krav til kapasiteten til pumpen og hvilket undertrykk den kan driftes med. Dersom pumpen er plassert over vannstanden i vannkilden, kan det også her bli nødvendig med et vakuumanlegg for å starte opp inntak av vann.

Energitapet, som er størst lengst fra inntaket/inntakssilen, medfører at det blir undertrykk i inntaksledningen. Det er viktig å beregne dette når godstykkelse og dermed SDR-klassen på ledningen skal bestemmes. På en lang rørledning kan det være aktuelt å bruke en lavere SDR-klasse i området med størst undertrykk. Hva som tåles av undertrykk i PE 100 rør for ulike SDR-verdier er oppgitt i tabell 3.

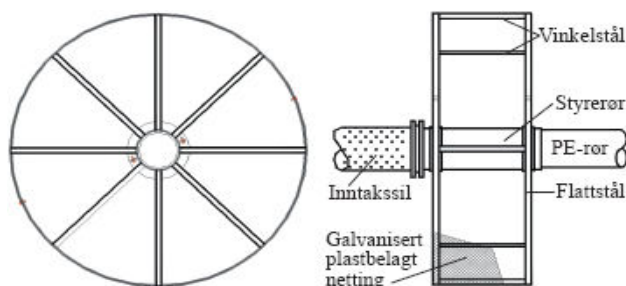
4.1 VALG AV INNTAKSSTED OG ENDEARRANGEMENT

Krav til vannkvalitet vil ofte være bestemmende for valg av inntakssted og dyp. Riktig valg vil kunne gjøres når en har tilgang på data om vannkvalitet på ulike dyp og til ulike årstider. Ved valg av inntakssted bør en også ta hensyn til eksisterende og evt. planlagte utløp av avløpsvann, samt undervannsstrømmer i området. Det kan nevnes at flere inntak i Mjøsa er lagt på omkring 200 m vanddyb, for å unngå overflateforurensing, sammenblanding med utslipp i området og stabile forhold mhp. temperatur og turbiditet.

Traséen fra inntakspunktet til land bør være uten høy- og lavbrekk hvis dette er mulig å oppnå. I høybrekkene kan evt. luft som ikke har blitt evakuert under senkingen og evt. gass som skilles ut fra vannet samle seg. Det er sjelden muligheter for å

oppnå selvrensingshastigheter i inntaksledninger pga at dette kan gi store falltap. I lavbrekkene kan derfor partikler sedimentere, hvilket kan medføre redusert hydraulisk kapasitet på inntaksledningen. Ved endepunktet på inntaksledningen kan det også bli en del marin begroing. Det kan i slike tilfeller bli behov for rensing av inntaksledningen med en renseplugg.

Endearrangementets hovedfunksjon er å distansere inntaksledningen stabilt over bunnen slik at det ikke suges partikler eller fremmedlegemer inn i inntaksledningen. Normalt er det løse bunnmasser i ferskvann. Dette medfører at underkant av røret bør være minst 2,0 m over bunnen. Er bunnmassene svært bløte bør endearrangementet understøttes slik at det ikke synker ned i bunnen. I sjøen er det normalt fastere bunnmasser og rørets avstand til bunn kan reduseres. I figur 2 er vist et forslag til endearrangement, type "Hjulet". Dette monteres på ledningen i overflateposisjon før senking. Konstruksjonen er slik at avstanden til bunn er sikret selv om røret vrir seg noe under senkearbeidet.



Figur 2. Inntaksarrangement, type "Hjulet".

"Hjulet" sikrer at det ikke er nødvendig for dykkere å etterjustere posisjonen, noe som kan være meget kostnadsbesparende ettersom inntak ofte legges dypt for å oppnå en jevn og god vannkvalitet. "Hjulet" kan produseres i flere materialer, bl.a. stål eller PE. Det finnes mange løsninger for inntaksarrangement. Ulike materialer kan benyttes; tre, betong, stål med korrosjonsbeskyttelse, mørtelsekker, gabionmadrasser, oppheng med trålkuler osv. Treverk bør unngås benyttet i sjøvann ettersom pælemark kan ødelegge dette på relativt kort tid. Dersom avstand fra bunnen er stor kan man legge betongmoringer på hver side av ledningen, påsette oppdrift på ledningen (f.eks. trålkuler) og feste disse med tau til moringene. På denne måten kan man justere høyde på ledningen fra bunnen. Disse endearrangementene krever noe dykkerarbeid, og egner seg derfor best på grunnere vann, dvs. mindre enn 50 meters dyp. Endearrangementet bør ikke bygges så høyt over bunnen at det blir et lavpunkt på ledningen innenfor endearrangementet. Dette kan bli et punkt hvor man får sedimentering av partikler.

En inntakssil kan om ønskelig monteres på enden av ledningen. Silen skal hindre større fremmedlegemer og fisk å komme inn i inntaksledningen. Begroing og tilslamming av silen kan medføre behov for vedlikehold. Dette kan på grunt vann

utføres av en dykker. På dypt vann kan en ROV (fjernstyrt undervannsrobot) utføre enkelt vedlikehold i form av børsting, skraping ol. Ved inntak på dypt vann kan det vurderes om sil skal sløyfes for å lette vedlikehold og evt. pluggkjøring av inntaksledningen. I dette tilfelle bør det monteres en sil i inntakskummen, for å unngå at fremmedlegemene kommer videre inn til pumpen.

En inntakssil kan lages av f.eks. PE eller stål. En inntakssil kan monteres horisontalt eller vertikalt i vannkilden, avhengig av ønsket distanse til bunnen.

4.2 HYDRAULIKK

Energitapet i en inntaksledning er lik summen av friksjonstap og singulærtap.

Formlene [1] og [2] kan benyttes:

$$E_t = h_f + K \cdot V^2 / 2g \quad \text{Formel [1]}$$

$$h_f = f \cdot L / D \cdot V^2 / 2g \quad \text{Formel [2]}$$

hvor:

- E_t = total energihøyde
- h_f = friksjonstap
- f = friksjonskoeffesienten, se tabell 1
- L = inntaksledningens lengde
- D = inntaksledningens indre diameter
- V = vannhastighet i inntaksledningen
- K = singulærtapskoeffesient, se tabell 2

Tabell 1. Eksempler på friksjonskoeffesient f for rent vann. Verdiene for f er utregnet for temp = 5,0 grader C.

	Innvendig diameter = 150 mm		Innvendig diameter = 500 mm	
Vannhastighet	1,0 m/s	3,0 m/s	1,0 m/s	3,0 m/s
Friksjonskoeffesient f	0,022	0,020	0,018	0,016

Friksjonskoeffesienten kan bli betydelig større enn angitt i tabellen dersom det blir begroing eller tilslamming innvendig i ledningen. Dette medfører at anlegget får redusert sin hydrauliske kapasitet. I hvert enkelt tilfelle bør friksjonskoeffesienten bestemmes ved å ta hensyn til at det vil kunne bli en viss begroing og tilslamming. Det kan bli behov for jevnlig vedlikehold i form av spyling, pluggkjøring el.l. for å redusere friksjonstapet i ledningen.

Singulærtapskoeffesienten varierer med ulike installasjoner på ledningen, f.eks. bend, dimensjonsoverganger, inntakssil, innløpstap i sump. Eksempler på singulærtapskoeffesienter er gitt i tabell 2.

Tabell 2. Eksempel på singulærtapskoeffesienter.

Inntakssil (avhengig av utformingen)	2,0
Bend 90 grader	0,3
Bend 45 grader	0,1
Innløpstap (i sumpa)	1,0

Utforming av inntakssil og bend kan variere, noe som også påvirker singulærtapskoeffisienten.

En inntakssil bør lages med et samlet areal på hullene som er lik 4 x innvendig areal på ledningen. Dette vil føre til lav vannhastighet gjennom silhullene, med tilhørende lavt singulærtap i silen. I kaldt ferskvann er en lav hastighet gjennom silen også viktig for å unngå dannelse av iskrystaller i inntaket (sarrdannelse).

Tabell 3. Veiledende verdier for tillatt undertrykk i frittliggende PE rør produsert i henhold til NS-EN 12201. Verdiene er basert på følgende:

- 3 % ovalitet
- Langtids E-modul: PE 80: 160 MPa, PE 100: 200 MPa
- Inntak i ferskvann
- Sikkerhetsfaktor 2,0

	PE 100
SDR 26	1,1 mVs
SDR 17	4,1 mVs
SDR 11	16,9 mVs

Det kan oppnås noe høyere tillatt undertrykk i ledningen ved å montere belastningslodd med kort senteravstand på ledningen. Dette forutsetter at belastningsloddene avstiver tverrsnittet på ledningen.

4.3 BELASTNING FOR EN INNTAKSLEDNING

På grunt vann bør en inntaksledning belastes og sikres mot erosjon, strøm, bølger og is. På dypere vann, i områder uten strøm, kan imidlertid belastningsgraden normalt reduseres. En belastningsgrad på 10-20 % av ledningsvolumet er i slike tilfeller vanligvis tilstrekkelig. For undervannsgrøfter og veking forøvrig, henvises til VA/Miljø-blad nr. 44 /1/, «Legging av undervannsledninger».

4.4 KONTROLL OG VEDLIKEHOLD AV EN INNTAKSLEDNING

En inntaksledning bør ha jevnlig ettersyn i form av ROV- eller dykkerkontroller. En slik kontroll kan forhindre skade på installasjonen før skadene blir for omfattende og kostbare å reparere. Dykking kan foretas ned mot 50 m vandndyp. Tilgjengelig bunntid er imidlertid sterkt begrenset på dette vandndypet. I praksis bør man benytte undervannsrobot (ROV) på vandndyp større enn 30-35 m for en lengre inspeksjon.

En inspeksjon bør gi svar på følgende punkter:

- Ledningens beliggenhet og stabilitet på bunnen.
- Evt. luftansamlinger i røret (har ledning lettet fra bunnen?).
- Erosjon rundt ledningen.
- Tilstand på belastningslodd, forankringer, sikringer.
- Tilstand på flenseforbindelser, bolter, muttere og andre ståldeler mhp. korrosjon.
- Tilstand på anoder.
- Gnagskader på rør i svevepartier eller anlegg mot stein/fjell.
- Tilstand og stabilitet på endearrangement og ev. sil.
- Begroing på endepunkt.

En inntaksledning krever et viss grad av vedlikehold. Ved å overvåke nivåer i inntakskum eller trykknivå på pumper koblet til inntaksledningen kan man se utviklingen av falltapet i ledningen. Dersom falltapet øker, kan dette være begroing på sil eller i inntaksledning, sedimenter eller gass/luft. Det vil da være fornuftig å vurdere om man skal spyle eller kjøre en renseplugg gjennom ledningen.

Henvvisninger:	Utarbeidet:	oktober 1999	InterConsult Group ASA	
/1/	Andre VA/Miljø-blad: Nr. 11, Kravspesifikasjon for rør av PE-materiale Nr. 41, VA-ledninger under vann. Søknadsprosedyre Nr. 44, Legging av undervannsledninger Nr. 46, Utslipp under vann Nr. 80, Legging av undervannsledninger. Senking av ledning	Revidert:	februar 2018	COWI AS
	/3/	PTV rapport nr. 27, Veiledning for VA-ledninger under vann		
/2/	Forskrift om dykking. FOR-1990-11-30-944	/4/	"BLF-norm for belastningslodd av betong til undervannsledninger," utarbeidet av Betongindustriens Landsforbund, BN 1031, februar 1994	