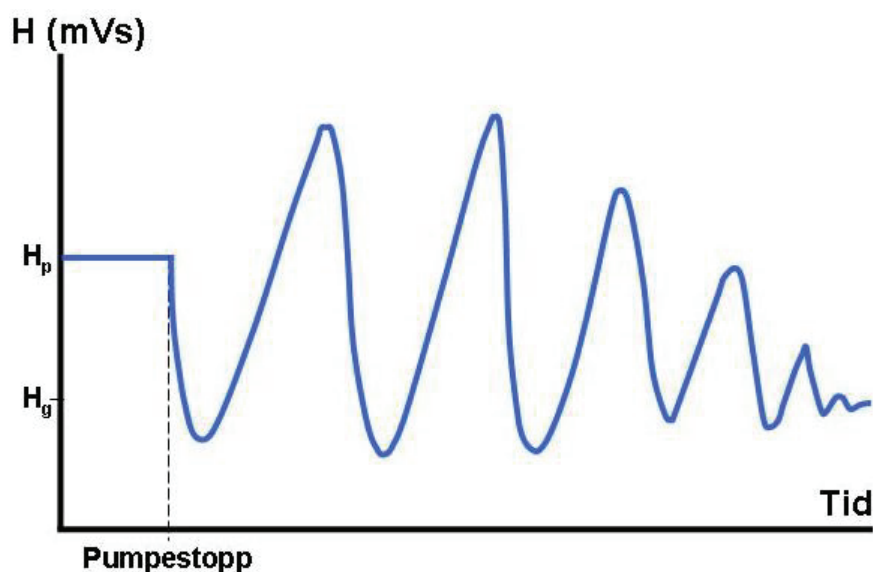


Pumpeledninger

Plastrør benyttes som pumpeledning både for vann, spillvann og andre væsker. PVC trykkrør leveres også med rød farge for bruk som pumpeledning for spillvann. I forbindelse med merking/fargekoding av spillvannspumpeledning kan man bruke merkebånd fordi vannledninger er absolutt enklest å få tak i.

Trykksvingninger

Rør kan bli utsatt for dynamiske korttidsbelastninger utover det nominelle trykket som følge av trykksvingninger. Dette kan være avgjørende for valg av trykkklasse. Trykksvingninger oppstår i en ledning når likevektstilstanden endres ved raske endringer i vannhastigheten. Dette oppstår for eksempel ved start og stopp av pumper, åpning og lukking av ventiler, rørbrudd osv.



Trykksvingninger ved pumpe ved pumpestopp

Disse beregningene er uhyre kompliserte og må utføres ved hjelp av et dataprogram. Flere konsulenter og pumpeleverandører innehar både kompetanse og nødvendige hjelpemidler. Det er ikke tilstrekkelig å forholde seg kun til trykkklasse og materiale i og med at dagens standarder opererer med lavere design faktor enn tidligere. Rørmateriale og rørets SDR-verdi eller ønsket design faktor og trykkklasse er derfor viktige opplysninger.

Resten av avsnittet er ment som en innføring i teorien og gir ikke tilstrekkelig grunnlag for nøyaktige beregninger.

Endringen i vannhastigheten er rask dersom den skjer innen en tid som er kortere enn refleksjonstiden. Refleksjonstiden er den tiden det tar trykkbølgen å vandre til nærmeste punkt på ledningen hvor bølgen snur (retningsendring, ventil eller lignende) - og tilbake igjen.

Refleksjonstiden beregnes av formelen:

$$T_0 = \frac{2 \cdot L}{c}$$

L: Ledningens lengde [m]
c: Trykkbølgehastigheten [m/s]

Trykkløshastigheten for et plastrør som er fastspent i lengderetningen (normalsituasjonen) bestemmes av den forenklede formelen:

$$c = 0,0365 \sqrt{\frac{E \cdot 10^6}{SDR - 1}}$$

E: Rørmaterialets korttids E-modul
SDR: d_e/e

Eksempel:

Trykkløshastigheten for PE 100 rør SDR 11

$$c = 0,0365 \sqrt{\frac{E \cdot 10^6}{SDR - 1}}$$

$$c = 0,0365 \sqrt{\frac{1000 \text{ N/m}^2 \cdot 10^6}{11 - 1}}$$

$$c = 365 \text{ m/s}$$

Når trykkløshastigheten er kjent kan refleksjonstiden beregnes. Er røret i eksemplet ovenfor 1000 m blir refleksjonstiden:

$$T_0 = \frac{2 \cdot L}{c} = \frac{2 \cdot 1000 \text{ m}}{365 \text{ m/s}} = 5,5 \text{ sekunder}$$

Ved lukking av ventiler endrer ikke hastigheten seg nevneverdig før mot slutten av lukkingen. Skjer for eksempel siste tredjedel av en ventillukking raskere enn $T_0 = 5,5$ sekunder i eksemplet over, er hastighetsendringen pr definisjon rask og man vil kunne oppnå den teoretisk maksimale trykksvingningen, som kan beregnes av Joukowskis formel:

$$\Delta P = \frac{c \cdot \Delta v}{g} \quad [\text{mVs}]$$

Δv : momentan endring i væskehastigheten [m/s]

g : tyngdeakselerasjonen; $9,81 \text{ m/s}^2$

c : trykkløshastigheten i ledningsmaterialet er avhengig av materiale og SDR-verdi (trykkklasse) [m/s]

Eksempel:

Rørtype	c [m/s]	Δp [mVs]	Δp [bar]
PVC SDR 21	447	$\pm 45,5$	$\pm 4,5$
PVC SDR 13,6	563	$\pm 57,4$	$\pm 5,6$
PE 100 SDR 11	365	$\pm 37,2$	$\pm 3,7$
PE 80 SDR 11	326	$\pm 33,2$	$\pm 3,3$

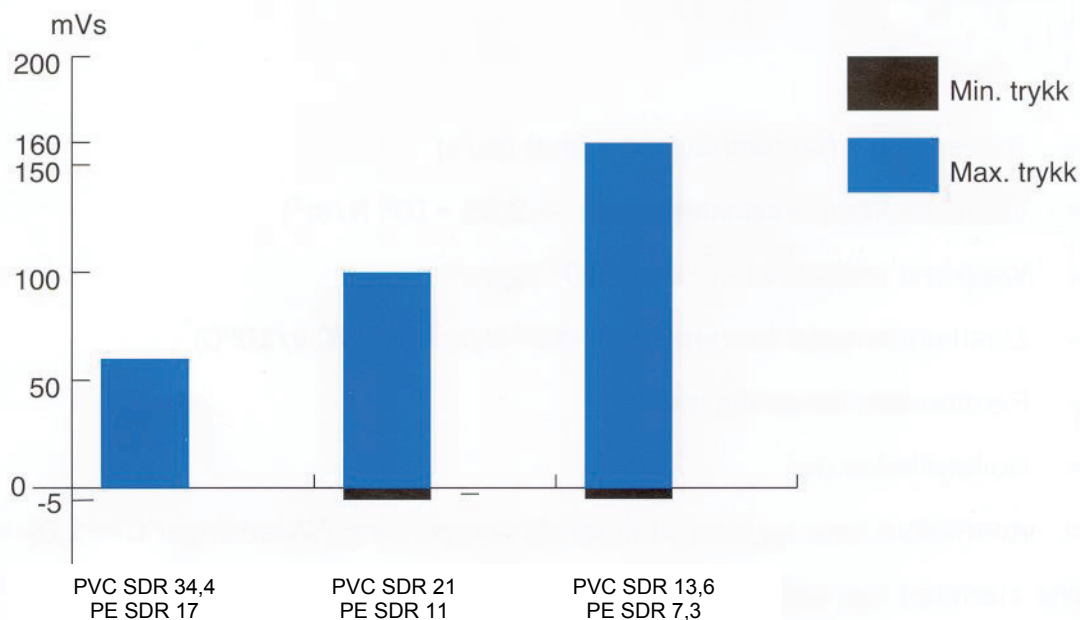
Trykkløshastighet for ulike rør samt trykksvingningens størrelse ved en momentan endring av vannhastighet på 1 m/s.

Begrensninger for trykksvingninger i plastrør

Begrensningene er veiledende. Mer nøyaktige beregninger kan lede til at det tillates høyere trykk, lavere trykk eller større trykksvingninger i enkelte tilfeller. For eksempel er det gjennomført forsøk som viser at PE 80 SDR 11 rør med 10 bar innvendig trykk og trykksvingninger i størrelsesorden ± 5 bar (Mellom 5 bar og 15 bar) fremdeles holder etter 2,7 millioner trykksvingninger (150 trykkstøttillfeller pr døgn i 50 år) som anses som dimensjonerende for trykkstøtbelastede ledninger.

NB! Følgende tommelfingerregler gjelder for PVC og PE trykkrør med høy design faktor - for eksempel PVC SDR 21 og PE SDR 11 med maksimum tillatt driftstrykk 10 bar.

1. Maksimum tillatt trykk i trykksvingninger skal være mindre enn maksimum tillatt driftstrykk.
2. Minimum tillatt trykk i trykksvingninger skal være større enn - 5 mVs for rør med maksimum tillatt driftstrykk 10 bar eller mer.
3. Differansen mellom maksimum og minimum trykk i trykksvingninger skal være mindre enn halvparten av maksimum tillatt driftstrykk.



Maksimum og minimum tillatt trykk for PVC og PE trykkrør

Såfremt trykksvingningene ikke overskrider disse begrensningene, og antall trykkstøttillfeller ikke overskrider 150 tilfeller pr døgn, vil trykksvingningene ikke innvirke negativt på ledningens levetid. Overskrides begrensningene bør tiltak settes inn for å redusere trykksvingningenes størrelse eller antall.

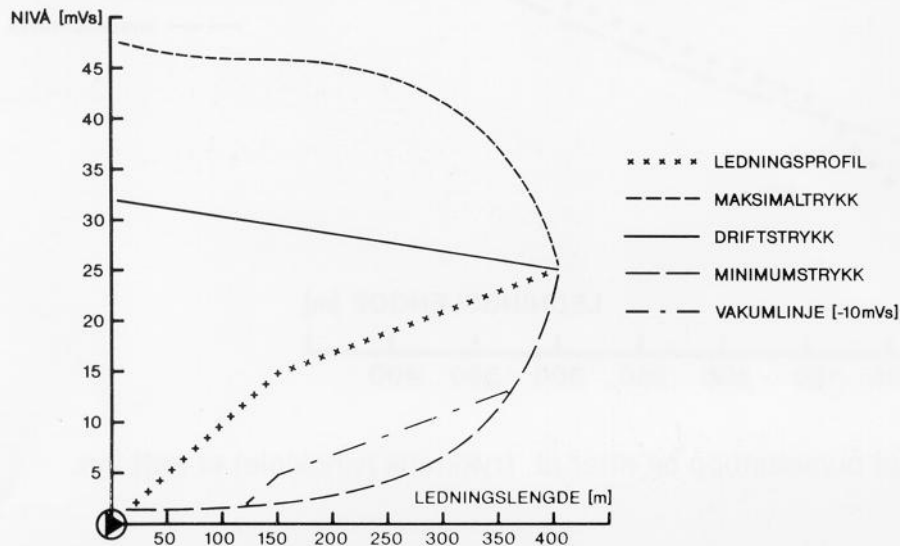
Når trykksvingningene viser seg å være for store, kan man velge mellom flere enkle og billige løsninger for å bøte på dette. For eksempel:

- Turtallsregulering/frekvensstyrte pumper
- Kontrollert åpning og lukking av ventiler - særlig siste tredjedel
- Mykstopp/mykstart
- Svinghjuls masse
- Vindkjele/trykkbeholder

Eksempel:

Rør: 160 mm PVC SDR 21 pumpeledning. Maksimum tillatt driftstrykk er 10 bar. Designfaktor er 2,5.
Total løftehøyde: 32 m
Vannhastighet: 1,5 m/s
Lengde: 400 m

Figuren viser en grafisk fremstilling av situasjonen uten trykkstøtdempende tiltak:



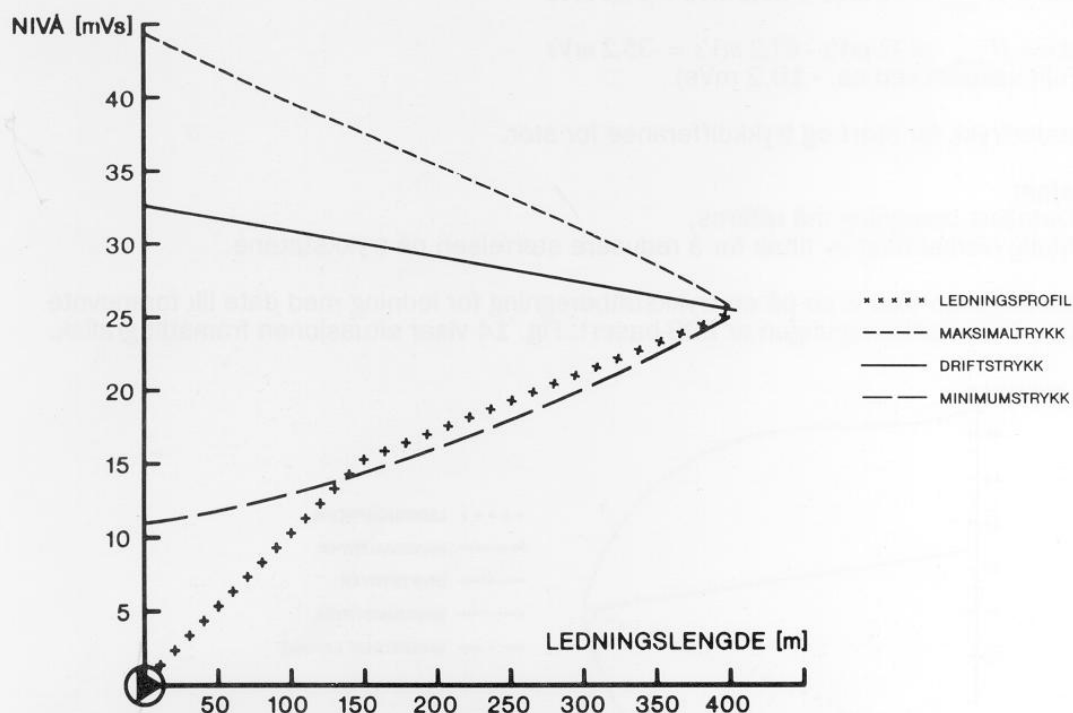
Trykkbølgenes størrelse i forhold til ledningstraséen

Konklusjon av beregninger - figuren over:

- + Maksimum trykk er mindre enn maksimum tillatt driftstrykk - OK
- Minimum trykk er for stort (under vakumlinjen)
- + Differansen mellom maksimum og minimum trykk er mindre enn halvparten av maksimum tillatt driftstrykk for røret - OK

NB! Trykkstøtreducerende tiltak må settes inn.

Neste figur viser situasjonen etter at en 300 liters vindkjel er montert inn som trykkstøtdempende element. Linjemarkeringene har samme funksjon som i forrige figur. Legg merke til at vakumlinjen (-10 mVs) er borte.



Trykkløgenes størrelse i forhold til ledningstraséen - med vindkjel

Konklusjon av beregninger:

- + Maksimum trykk er mindre enn maksimum tillatt driftstrykk - OK
- + Akseptabelt undertrykk (< -5 mVs) - OK
- + Differansen mellom maksimum og minimum trykk er mindre enn halvparten av maksimum tillatt driftstrykk for røret - OK

Innmontering av vindkjel V = 300 l gir en tilfredsstillende trykksituasjon.