




3 Trykkrørsystemer

Plastrørens andeler

Drikkevannsforsyning

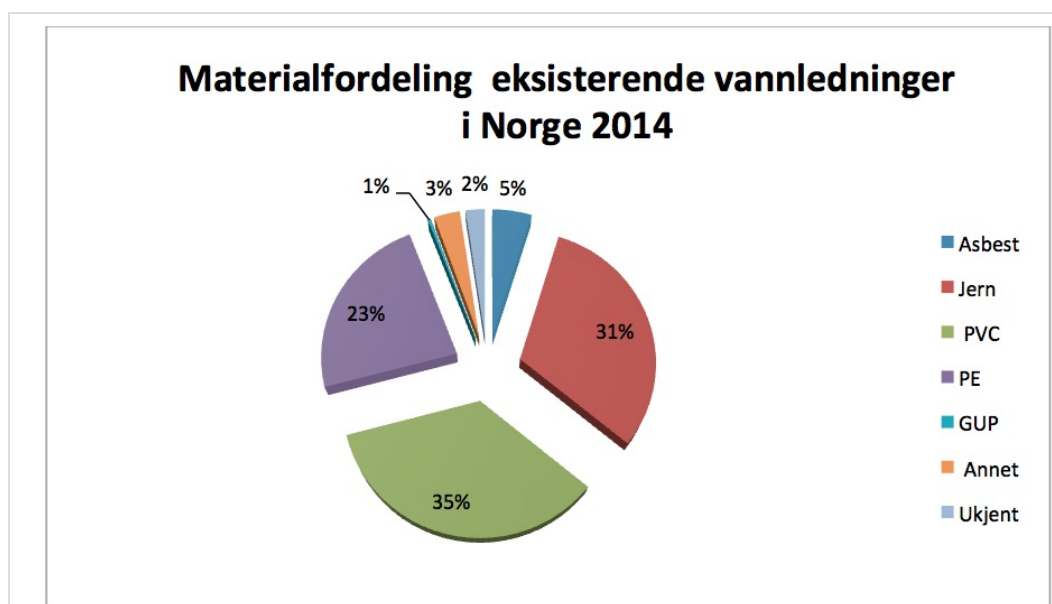
Plastrør har meget stor markedsandel som vannledningsrør i Norge. Årsaken er først og fremst lang levetid, enkle og gode løsninger som gir store driftsmessige fordeler. I tillegg er vekt og pris viktige faktorer for valg av rør. De mest anvendte plastrørmaterialene er PVC, PE og GRP.

PVC trykkrør	
Polyetylen PE (PE80 og PE100)	
Glassfiberarmert polyester (GRP)	

Tabell 3.1

Plastrørens andel av eksisterende og nye ledninger

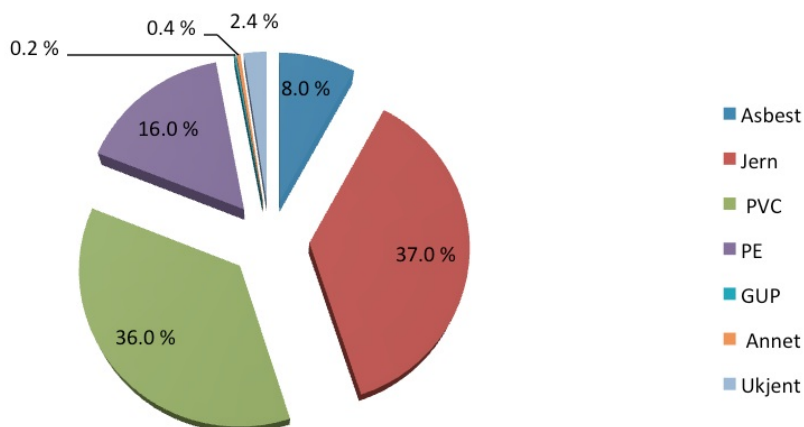
Plastrørens andel av eksisterende vannledningsnett og bruk til nye ledninger er meget stor. Dette går fram av figurene nedenfor.



Figur 3.1

- Materialfordeling eksisterende vannledninger i Norge 2014 (Kilde: Vannverksregisteret 2014)

Materialfordeling eksisterende vannledninger i Norge 1998

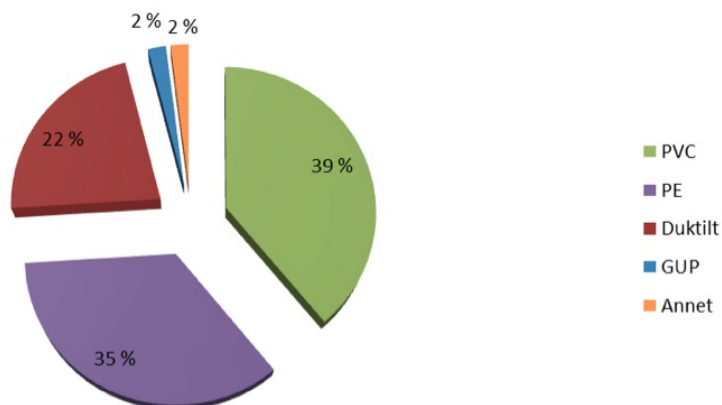


Figur 3.2

- Materialfordeling eksisterende vannledninger i Norge 1998 (Kilde: Vannverksregisteret 1998)

Figuren viser dagens normalt valgte ledningsmateriale.

Antatt materialfordeling på nylagte kommunale vannledninger i grøft i Norge



Figur 3.3 -

Antatt materialfordeling på nylagte kommunale vannledninger i grøft i Norge (Kilde: NPG Norge 2014)

PVC trykkrør for vannforsyning og trykkavløp

De første PVC-trykkrør ble produsert i Tyskland i 1937. En del av disse rørene er fremdeles i bruk i området Bitterfeld (tidligere Øst-Tyskland). Dette betyr at man har mer enn 70 års praktisk erfaring med PVC-rør. Omfattende analyse av disse rørene viser at de vil holde i minst 100 år til.

Rørtypen kom på markedet i Danmark i slutten av 50-tallet. I Norge dukket de første trykkrørene i PVC opp på midten av 60-tallet. PVC-trykkrør er i dag markedslederen i Norge for vannledninger inntil dimensjon 400 mm. Muffer har fastsittende tetningsringer. Både muffer og spissender leveres med beskyttelseslokk for å beskytte tetningsringen og holde rørene rene.

Produktvalg:

- Mufferør med lengde 6 meter
- Fastsittende tetningsringer
- Dimensjoner fra 63 mm til 400mm*
- Rørklasser fra SDR 34,4 til SDR 13,6 for innvendig trykk opp til 20 bar
- Standardisert grå farge for vannforsyning og rød farge for trykkavløp



(kloakkpumpeledning)

- Leveres i bunter



* Dimensjoner betegner her rørets utvendige diameter



Trykklasser

Produktstandard for PVC-trykrør er NS-EN 1452. Nedenfor angis SDR og maksimum tillatt driftstrykk.

Materiale	MRS	Dim.	σ_s	C	SDR		
					34,4	21	13,6
PVC-U	25,0	< 110	10	2,5	-	10bar	-
		≥ 110	10	2,5	6bar	10bar	16bar
			12,5	2,0	7,5bar	12,5bar	20bar

Tabell 3.2

NS-EN 1452 angir nominelle trykklasser med design faktor (C) 2,5 for rørdimensjoner < 110 mm og design faktor 2,0 for rørdimensjoner ≥ 110 mm.

I Norge er tillatt driftstrykk gjennomgående valgt med design faktor 2,5 også for det øvre dimensjonsområdet. Dette betyr et lavere driftstrykk enn det som gjelder i NS-EN 1452.

Det er vanlig at forankringer dimensjoneres etter prøvetrykket, som normalt er høyere enn driftstrykket. For prosedyrer og krav ved trykkprøving gjelder standarden NS-EN 805.

Betegnelser:

PN Nominell trykklasser (bar)

MRS Materialets bruddspenning (MPa)

σ_s Dimensjonerende spenning (MPa)

C Design faktor/ (sikkerhetsfaktor) ($C=MRS/ \sigma_s$)

SDR Standard dimensjonsforhold ($SDR=D/e$)

Egenskaper for PVC trykrør

Fordel	Begrensning
<ul style="list-style-type: none">• Produksjon etter internasjonale standarder• Sertifiserte produkter• Lav vekt, lange lengder og enkel å kappe Lett å transportere, håndtere og installere Liten termisk utvidelse• Fleksibelt rør som tåler de fleste bevegelser i ledningssonen uten brudd• Høy E-modul, gir god styrke og kapasitet• Glatt innvendig overflate som gir meget gode hydrauliske egenskaper• Korrosjonsbestandig• Tette skjøter• Lang levetid	<ul style="list-style-type: none">• Redusert slagstyrke under -10oC• Punktbelastinger kan gi sprøbrudd• Begrenset evne til å tåle gjentatte trykkstøt

Tabell 3.3

I enkelte situasjoner kan det være nødvendig å undersøke om trykkvariasjoner har størrelse/hyppighet som reduserer ledningens levetid. Vi går ikke inn på de enkelte tiltak som kan settes inn i denne sammenheng, men viser hvordan mulighet for uheldige trykkvariasjoner/trykkstøt kan vurderes.

Trykksvingninger

Trykksvingninger oppstår ved endring av vannhastigheten som følge av pumpestart/-stopp og ventilåpning/-stengning. Ved brå endringer i vannhastigheten blir trykksvingningene store, og man får trykkstøt.

Hastighetsenergien i vannstrømmen vil forsøke å trekke vannet videre når en ventil stenger. Trykket synker bak ventilen. Trykkbølgen går til et refleksjonspunkt. Etter kort tid vil vannstrengen bli sugd tilbake, trykket øker og prosessen gjentar seg. Etter en tid vil svingningene stanse p.g.a. friksjon i rørveggen.

Hastigheten som trykkbølgene (trykkbølgehastigheten) forplanter seg med gjennom rørsystemet er også materialavhengig, og fleksible rørmaterialer har fordeler med redusert hastighet.

Trykkbølgehastigheten i forskjellige materialer er:

Materiale/rørtype	Trykkbølge hastighet (m/s)
GRP	490 - 420
PVC SDR 21	447
PE 100 SDR 11	378
PE 80 SDR 11	346

Tabell 3.4

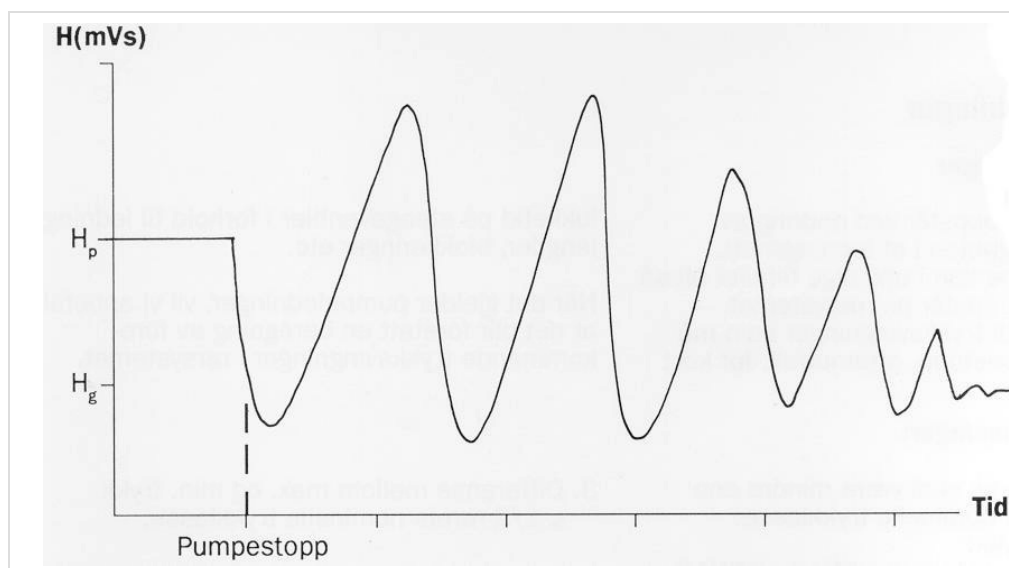
Plastmaterialene har lav utmatningsfasthet. Store, hyppige variasjoner i trykket (trykkstøt) kan over tid føre til brudd. Trykkstøt kan forebygges med enkle tiltak som styrt start og stopp av pumpe, svinghjul, trykktank m.m.

Flere pumpe- og ventilleverandører bistår med beregning av tiltak ved mistanke om trykkstøt.

Tommelfingerregler for trykkstøt i trykkrør av PVC:

- Maksimum trykk skal ikke overstige rørets trykkklasse
- Minimum trykk skal ikke være mindre enn 0 bar for SDR 34,4 og mer enn 0,5 bar undertrykk ved SDR 21.
- Differansen mellom maksimum og minimum trykk skal være mindre enn halvparten av røretstrykkklasse.
- Hvis disse betingelsene er oppfylt tillates inntil 150 trykkstøtilfeller pr døgn (ett pr 10. min.)

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.



Figur 3.4 -

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 designfaktor og trykklasser er derfor viktige opplysninger.

For dypere innføring i teori anbefales å ta kontakt med rørprodusent.

PE Trykkjør for vannforsyning og trykkavløp

PE-trykkjør har vært anvendt i mer enn 50 år. Vannledninger og delvis trykkavløpsledninger er vanlige bruksområder. I starten hadde materialet polyetylen lav densitet, LDPE, kalt PEL. Rørtypen hadde begrenset styrke og kunne ikke sveises. På midten av 50-tallet kom første generasjon polyetylenrør med høy densitet, HDPE, kalt PEH, som hadde større styrke og var sveisbart. 20 år senere ble materialet enda bedre og samtidig kom rør i MDPE, medium densitets polyetylen, som i dag betegnes som PE 80, med en optimering av styrke og fleksibilitet. Deretter har utvikling av polyetylenmaterialet skjedd jevnt og trutt. Rør og rørdeler er sveisbare systemer med stor fleksibilitet, og fremstilles nå i materialene PE 80 og PE 100. I tillegg til installasjon i grøft brukes PE-trykkjør som sjøledninger, ved vanskelige leggeførhold i grøft, til reliningsarbeider (rehabiliteringsarbeider) og styrt boring. PE 80 og PE 100 kan sveises sammen og sveiseparametere avhenger kun av utvendig diameter og veggtykkelse.

Sjøledninger behandles under 6.1. reliningsarbeider under 9.1.

Produktutvalg:

- PE 80 kveilrør i dimensjonsområdet 20-110 mm*
- PE 100 rette rør med lengde 6 og 12 meter i dimensjonsområdet 110-2000 mm *
- SDR klasser fra 41 til 7,4**
- Trykklasser fra PN 4 til PN 25
- Omfattende program i rørdeler for elektrosveising
- Sprøytetørpte og segmentsveisede spissenderørdeler

*Dimensjoner betegner her rørets utvendige diameter

** SDR = D_y/e min.



Figur 3.5 -

Ved speilsveising varmes rørendene opp, deretter føres de sammen med et gitt sveistrykk. PE-trykkjør finnes i diameter opp til 2000 mm.



Figur 3.6 - Kveilrør leveres fra dia. 20mm-110mm.



Figur 3.7 -

Skjøting med rørdeler for el-sveising blir stadig mer vanlig. Muffer har innvendige "varmesoner" og monteres utvendig på rørendene. Moderne sveiseapparater styrer sveiseforløpet automatisk.



Figur 3.8 -

Spøytestøpte rørdeler med spissender overtar for segmentsveidede rørdeler (rørdeler som er speilsvisset sammen i segmenter fra rør).

Mekanisk skjõt

I tillegg til sveising er mekaniske skjõtter vanlige, for eksempel krager brukt sammen med flenser og pakning.

PE-krage	Galvanisert løslens
	

Tabell 3.5

Andre varianter er innstikksmuffer og strekkfaste flensemuffer*.

*Da skal det brukes såkalte støttehylser, som monteres på innsiden av rørendene.

Trykklasser

Produktstandard for PE-trykkør og deler til drikkevannsforsyning er NS-EN 12201. Nedenfor angis SDR og trykklasser for de mest aktuelle rørene.

Materiale	MRS [MPa]	σ_s [MPa]	C	26	17	11	7,4
PE80	8,0	5,0	1,6	4bar	6,3bar	10bar	16bar
		6,3	1,25	5bar	8bar	12,5bar	20bar
PE100	10,0	6,3	1,6	5bar	8bar	12,5bar	20bar
		8,0	1,25	6,3bar	10bar	16bar	25bar

Tabell 3.6

NS-EN 12201 med norsk tillegg angir nominelle trykklasser i henhold til C = 1,25 og C = 1,6. Ved C = 1,6 får man en lavere trykkklasse og større sikkerhet enn ved C = 1,25.

Forankring utføres i henhold til prøvetrykk, som gjøres i henhold til NS-EN 805, der krav også er spesifisert. Se for øvrig Norsk Vann VA Miljøblad 25.

Betegnelser:

PN Nominell trykkklasse (bar)

MRS Materialets bruddspenning

σs Dimensjonerende spenning

C Dimensjoneringskoeffisient/design faktor (C=MRS/ σs)

SDR Standard dimensjonsforhold (SDR=Dy/e)

Eksempel:

$$SDR = \frac{Dy \text{ (utvendig rørdiameter)}}{e_{min} \text{ (minimum godstykkelse)}} \qquad SDR 11 = \frac{110 \text{ mm}}{10,0 \text{ mm}}$$

Figur 3.9

Kurante rør

De mest kurante rør i kveiler er særlig PE80 SDR11 og til en viss grad PE80 SDR17.

De mest kurante rør i rette lengder er særlig PE 100 SDR11 og PE 100 SDR17 og i noe mindre grad PE 100 SDR26.

Bildet under viser hvordan bruksområder kan kodes.

- Blå stripe indikerer vannledning
- Gul stripe indikerer gassrør
- Rød stripe indikerer avløps pumpeledning (også under NS-EN12201)



Figur 3.10

Trykksvingninger er behandlet kap.3.2

Egenskaper for PE-Trykkør

Fordel	Begrensninger
<ul style="list-style-type: none"> • Produksjon etter internasjonale standarder • Sertifiserte produkter • Lav vekt, lange rørlengder, enkel kapping • DS merking for drikkevann • God slagfasthet, også ved svært lave temperaturer • Meget stor fleksibilitet og bøyelighet 	<ul style="list-style-type: none"> • Stor lengdeutvidelse Ikke diffusjonstett mot petroleumsprodukter, i praksis gjelder dette stikkledninger i dim. opp til og med 63 mm • Behov for strekkfaste tilkoblingspunkter. • Evnen til å tåle trykk reduseres ved temp. over 20°C • Mykt materiale, må håndteres fornuftig for å hindre riper/skader

- Strekkfaste skjøter ved sveising
- Meget gode hydrauliskeegenskaper
- Meget korrosjonsbestandig
- Tett mot utlekking/innsuging over tid
- Lang levetid

Tabell 3.7

GRP- Trykkrør til vannforsyning og trykkavløp

GRP-rør, glassfiber reinforced plastic (eller polyester) ble fra starten av brukt i den kjemiske industrien på grunn av materialets gode korrosjonsegenskaper. I Norge startet produksjon av rør midt på 60-tallet. De eldste rørene er mer enn 35 år. Innen vannforsyning benyttes GRP over hele verden til store forsynings- og overføringsledninger, i dimensjoner fra DN 500 til 2400 mm. Ringstivhetsklasse og trykkklasse velges ut fra de behov man har. Utvendige belastninger, samt vakuum, har størst betydning for stivheten på røret, mens innvendig trykk og trykkstøt bestemmer valg av trykkklasse.



Figur 3.11 -

Bildet viser den store hovedvannledningen til IVAR (Interkommunalt vann avløps- og renovasjonsverk) i Stavangerregionen, hvor det ble installert 32 km DN 1400 og 1200mm PN16 i 1996-1998.

Produktutvalg:

- Rette rør med lengde 6 eller 12 meter
- * Dimensjoner 100-4000mm**
- Trykklasser PN: 1-6-10-16-25-32
- Muffer-GRP, Mekaniske koblinger



Figur 3.12 - GRP kan leveres med diameter inntil 4000 mm

- Flenseforbindelser, laminerte skjøter
- Bend
- T-rør, reduksjoner
- etc.
- Spesialtilpasninger

* Lengder fra 1 til 18 meter kan leveres

** Dimensjoner betegner her rørets nominelle innvendige diameter.

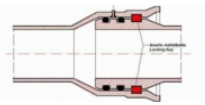
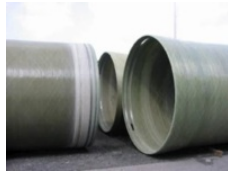
Skjøting av GRP-rør

For rette strekk brukes standardrør og GRP dobbeltmuffe. Denne er vanligvis montert på rørende fra fabrikk. Strekkfast skjøt kan utføres på flere måter, for eksempel ved bruk av strekkfaste koblinger. Rørledningen kan også gjøres strekkfast ved bruk av såkalt biaksielle rør og deler – se for øvrig under kapitlet "leggeanvisning".

GRP dobbeltmuffe



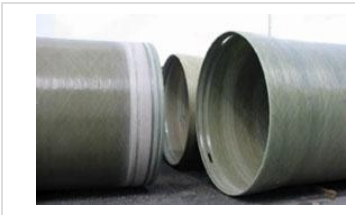
Strekkfast kobling



Tabell 3.8

GRP-rør brukes også som avløpspumpeledninger. Plastmaterialets fleksibilitet gjør at røret absorberer mye av energien gjennom ekspansjon. Innebygd i design av GRP-rør ligger tillatt 40 % over PN for trykkstøt. Hastigheten som trykkbølgen forplanter seg med gjennom rørsystemet er også veldig materialavhengig, og fleksible rør har mange fordeler med redusert hastighet.

Trykksvingninger er behandlet kap.3.2



Figur 3.13 - GRP

Korrosjonsbestandighet

Hovedårsaken til at plast foretrekkes er at materialene ikke påvirkes av mediet, de ruster ikke.

Egenskaper for GRP-vannrør

Fordel	Begrensning
<ul style="list-style-type: none"> • Produksjon etter internasjonale standarder • Mulighet for spesialdeler og bend i alle grader • Lav vekt og lange rørlengder • Enkel transport, håndtering og installasjon • Stor styrke, høyest E-modul av plastrørene • Mekaniske egenskaper uendret mellom -50 C og 35 C. • Ikke behov for UV-beskyttelse ved anlegg over bakken • Meget liten termisk utvidelseskoeffisient • Gode hydrauliske egenskaper • Meget korrosjonsbestandig • Lang levetid 	<ul style="list-style-type: none"> • Kan skades ved slag og støt • Sårbare ved store punktbelastninger Sentrifugalstøpte rør kan ha redusert evne til å tåle høye trykk • Lav tillatt tøyning

Tabell 3.9

Beskrivelse av PVC, PE og GRP i rør

Anbefalte krav i forbindelse med beskrivelse av PVC og PE trykkrør.

Overordnede krav i anbudsdokumenter omtales ikke.

I og med at standardene etter hvert åpner for flere alternativer, er det nødvendig å sette seg inn i hva slags krav det er relevant å stille. Vi anbefaler følgende for:

PVC-trykkrør

PVC-trykkrør og rørdeler beskrives:



PVC-trykkør og deler i henhold til NS-EN 1452

Utv. diameter (f.eks. 160 mm) Rørmaterialet PVC-U

SDR (Standard dimensjonsforhold) Maksimum opptredende driftstrykk
Integrert/fastsittende tetningsring

Farge: Grå for vannforsyning eller rød for trykkavløp Nordic Poly Mark LINK KAP 10.1



For eksempel: 160 mm PVC-U trykkør SDR 21 i henhold til NS-EN 1452 med integrert tetningsring. Produktene skal være merket med sertifiseringsmerket Nordic Poly Mark*.

Trykkprøving utføres med vann etter gjenfylling av grøft i henhold til NS-EN 805

* For korrekt beskrivelse av sertifiserte produkter – se kapittel 10.1.

Trykklasser

Produktstandard for PVC trykkør er NS-EN 1452. Nedenfor angis sammenhengen mellom rørklasser (SDR) og maksimum tillatt driftstrykk ved ulike designfaktorer (C)/ulike dimensjonerende spenninger (σ_s).

Materiale	MRS	Dim.	σ_s	C	SDR		
					34,4	21	13,6
PVC-U	25,0	< 110	10	2,5	-	10bar	-
		≥ 110	10	2,5	6bar	10bar	16bar
			12,5	2,0	7,5bar	12,5bar	20bar

Tabell 3.10

NS-EN 1452 angir nominelle trykklasser med designfaktor (C) 2,5 for rørdimensjoner < 110 mm og designfaktor 2,0 for rørdimensjoner ≥ 110 mm.

I Norge er tillatt driftstrykk gjennomgående valgt med designfaktor 2,5 også for det øvre dimensjonsområdet. Dette betyr et lavere driftstrykk enn det som gjelder i NS-EN 1452.

Det er vanlig at forankringer dimensjoneres etter prøvetrykket, som normalt er høyere enn driftstrykket. For prosedyrer og krav ved trykkprøving gjelder standarden NS-EN 805.

Betegnelser:

PN Nominell trykklasser (bar)

MRS Materialets bruddspenning (MPa)

σ_s Dimensjonerende spenning (MPa)

C Designfaktor/ (sikkerhetsfaktor) ($C=MRS/\sigma_s$)

SDR Standard dimensjonsforhold ($SDR=D/e$)

Eksempel:

$$SDR = \frac{D_y \text{ (utvendig rørdiameter)}}{e_{\min} \text{ (minimum godstykkelse)}} \qquad SDR 21 = \frac{110 \text{ mm}}{5,2 \text{ mm}}$$

Figur 3.14

Krav til sertifisert sveising

Det må være et krav at både elektrosvelding og speilsvelding av PE trykkør og deler skal gjøres av montør som kan dokumentere relevant sveiseopplæring – i henhold til NS 416. Det skal også settes krav til sveiseutstyr.

Speilsveldemaskin skal være ettersett og kalibrert. Elektrosveldemaskin eldre enn ett år skal ha vært inne til service og kalibrering. Det bør kreves dokumentasjon for at slik kalibrering og service er utført av firma som er godkjent for dette og at man er innenfor utløpsdato.

Vannføring i PVC-, PE- og GRP-trykkør

De enkelte produsentene har diagrammer og nettbaserte programmer for å finne fram til en lednings- kapasitet i den aktuelle situasjonen. Det er svært vanlig å beregne vannføring etter Colebrook – Whites formel.

$$Q = -6,95 \times \log\left(\frac{0,74}{D_i \times \sqrt{D_i} \times l \times 10^6} + \frac{k}{3,71 \times D_i}\right) \times D_i^2 \times \sqrt{D_i} \times l$$

Figur 3.15

Der:

- Q = vannføring m³/s
- Di = innvendig rørdiameter i meter l = friksjonstap m/m
- k = ruhetsfaktor. Denne verdien kan hentes ut av tabellen under nedenstående om ruhetsfaktor.

Ruhetsfaktor

Nyproduserte plastrør har lav ruhetsfaktor og anses ofte som hydraulisk glatte.

Etter at ledningen har vært i drift en tid øker ruheten noe. Vi anbefaler å benytte k-verdier for vannledninger av

PVC, PE og GRP i henhold til nedenstående tabell.



Dimensjon	k – verdi (mm)	k-verdi i formel (m)
d ≤ 200mm	0,01	0,00001
d > 200mm	0,05	0,00005

Tabell 3.11

Disse verdiene gjelder rørstrekk uten mange bend, tilknytninger og ventiler.

Dimensjonering

Dimensjonerende vannmengde

Ved dimensjonering av vannledninger brukes Q_{max} (d.v.s maksimalt timeforbruk i maksimaldøgnet) som dimensjonerende vannmengde.

$$Q_{\max} = Q_{\text{mid}} \cdot f_{\max} \cdot k_{\max} + Q_{\text{brannvann}} + Q_{\text{industri}} + Q_{\text{off. bygg}} + Q_{\text{jordbruk}}$$

$$Q_{\text{mid}} = \text{midlere døgnforbruk} (= q_h \cdot pe)$$

$$f_{\max} = \text{maksimal døgnfaktor}$$

$$k_{\max} = \text{maksimal timefaktor}$$

$$q_h = \text{midlere spesifikt døgnforbruk i liter pr pe, eventuelt inkludert lekkasjevann}$$

$$pe = \text{antall personekvivalenter}$$

$$Q_{\text{brannvann}} = \text{brannvesenets krav til vannmengde } Q_{\text{industri}} = \text{lokal industris behov for vann}$$

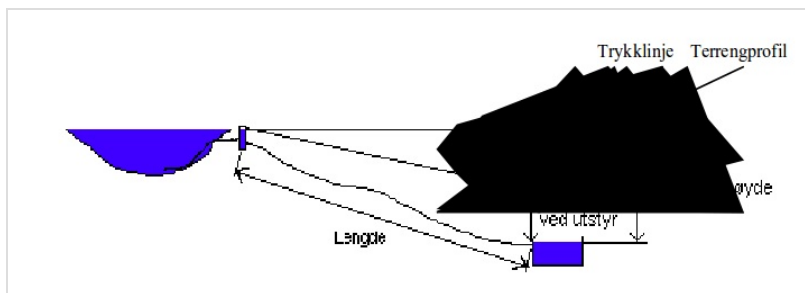
$$Q_{\text{off. bygg}} = \text{behov for vann til offentlige bygg (skole, rådhus o.s.v.) } Q_{\text{jordbruk}} = \text{behov for vann til ulike primærnæringer}$$

Behovet for vann til ulike formål må kartlegges ved hvert enkelt tilfelle. Det kan imidlertid være vanskelig å forutsi utviklingen av dette behovet. Derfor anslås behovet ut fra ønsket om utvikling av samfunnet. D.v.s. befolkningsvekst, utvikling m.h.p. lekkasjer, utvikling av industri o.s.v.

Dimensjonering av vannledninger

Ved vanlig dimensjonering benyttes ofte kapasitetsdiagrammer. Nødvendige data er:

- Disponibel trykkhøyde (h_f) [m]
- Ledningens lengde (L) [km]
- Ønsket vannmengde (Q_{max}) [l/s] eller innvendig diameter på eksisterende rør (d_i) [mm]
- Krav om vannhastighet (v) [m/s]



Figur 3.16 -

Skisse av rørledning som skal transportere en ønsket vannmengde fra kilde til høydebasseng eller forbrugssted.

$$I = \frac{h}{L}$$

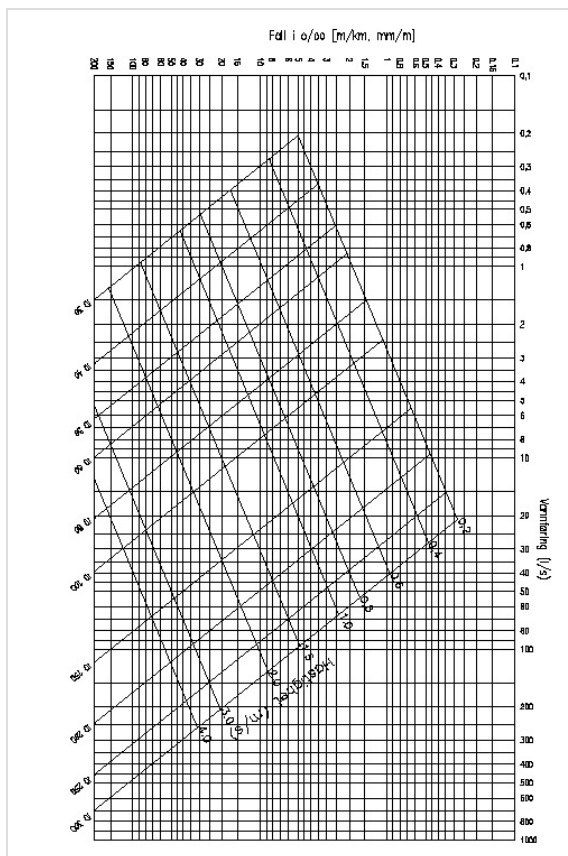
Figur 3.17

Disponibel trykkhøyde (h_f) dividert med ledningens lengde (L) gir oss trykkgradient (I) – også kalt disponibelt trykktap eller fall [%₀, m/km, mm/m]. Minste trykk ved abonnent ligger normalt i området 20-80 mvs.

Total trykkhøyde dividert på ledningens lengde er ledningens virkelige fall [%₀, m/km, mm/m]. Beregninger basert på denne verdien gir maksimal kapasitet, men med null trykk på vannet ved endepunktet. Ved slike beregninger må man sikre seg at trykklinjen ligger over ledningen i hele dens lengde, slik at man unngår undertrykk.

Normalt anbefales vannhastigheter mellom 0,5-2,0 m/s i kommunale vannledninger. Vannhastigheter inntil 3,5 m/s kan i enkelte tilfeller godtas. Ønsket trykk ved utløpet er normalt mer enn 2 bar/20mVs. Ved trykk større enn 6 4 bar ved en bygning må det monteres trykkreduksjonsventiler. Utstyr i hus er beregnet for trykk mindre enn 6 4 bar.

Vannføringsdiagram for trykkør

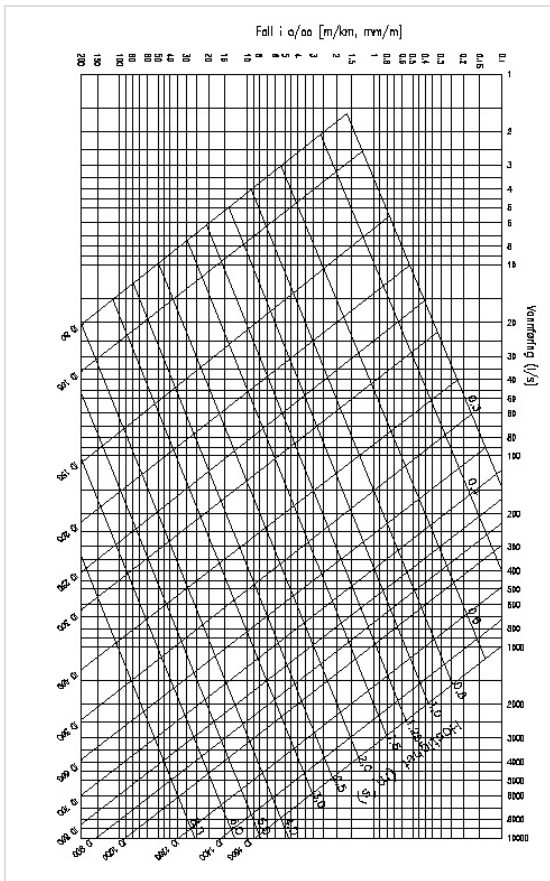


Figur 3.18 -

Vannføringsdiagram for plastrør fra d i 30mm til d i 200 mm.

$k = 0,01$

Vannføringsdiagram for trykrør



Figur 3.19 -

Vannføringsdiagram for plastrør fra d i 225 mm til d i 1600 mm. $k = 0,05$

Levetid

Levetid på plastrør for drikkevannsdistribusjon

Tiden frem til utskifting er nødvendig, den forventede levetiden, kan være svært lang, minst 100 år, men gjerne adskillig mer. Begrepet "levetid" er også benyttet for den tiden som rørmaterialets bruddspenning beregnes ut fra ihht. såkalt levetid. Bruddspenningen bestemmes altså i forhold til en tid – 50 år eller 100 år – også gjerne omtalt som "levetid".

Forhold som kan redusere forventet levetid er:

- Uheldig håndtering og legging
- Kjemisk påvirkning fra stoffer i eller rundt røret
- Høy driftstemperatur
- Store og hyppige trykksvingninger

Hva er forventet levetid på PVC trykrør?

PVC er det mest stabile rørmaterialet blant termoplastene. Ingen stoffer, som normalt finnes i grunnen rundt røret eller i mediet i røret, bryter ned materialet. Vannets pH-verdi behøver derfor ikke justeres fordi man skal transportere i rør av PVC (dette er nødvendig ved vanntransport i støpjernsrør). PVC tilsettes stabiliserende stoffer for å unngå nedbrytning ved høy temperatur, som under produksjon eller under lagring ved sterk solvarme. Ellers har stabilisatoren ingen funksjon.

En svensk professor, Lars-Eric Janson ¹⁾, har uttalt at PVC materialteknisk har en levetid på 1000 år. Undersøkelser av PVC-rør installert i Tyskland på 30-tallet ²⁾ bekrefter at rørmaterialet ikke brytes ned

og at forventet levetid fortsatt er lang i forhold til forutsetningene man hadde på et så tidlig tidspunkt.

I Holland har man studert forskjellige potensielle degraderingsprosesser for PVC-rør, samt gjennomført tester på opp til 45 år gamle rør. Konklusjonen er at levetiden på drikkevannsrør i PVC vil overstige 100 år ³⁾

Vi kan i alle fall trygt si at forventet levetid på moderne PVC-rør er mer enn 100 år.

Referanser:

1. Janson LE 1996, *Plastics Pipes – How long can they last?* KP Council Nov 1996
2. 60 Jahre Erfahrungen mit Rohrleitungen aus Weichmacherfreiem PVC, 1995 KRV
3. Long Term Performance of Existing PVC Water Distribution Systems by A Boersma and J Breen, 9th International PVC Conference, Brighton, 2005

Hva er forventet levetid på PE trykkrør?

PE rør er meget bestandig overfor de aller fleste kjemikalier som kan forekomme i grøftmassene. Vannets pH-verdi behøver ikke justeres fordi man skal transportere i rør av PE (dette er nødvendig ved vanntransport i støpjernsrør). Rørmaterialet PE tilsettes stabilisator for å forhindre nedbryting av materialet.

Det er gjort tilsvarende undersøkelser med hensyn på levetid som for PVC-rør. Dessuten gjelder også det samme i forhold til kjemikalier og vannkvalitet. I standardiserte PE trykkrør (NS-EN 12201) er bruddspenning beregnet ut fra ekstrapolasjon av verdier fra tester foretatt på rør under trykk opp til

20.000 timer. Denne testen tillater ekstrapolering fra 50 til 100 år.

Referanser:

1. Janson, *Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal*, 4th ed, 2003.

Levetidskurve/standtidskurve for PVC- og PE-trykkrør

For å bestemme veggtykkelsen i trykkrør av PVC og PE, forholder man seg til en bruddspenning som oppgis ved en dimensjonerende levetid – f.eks. 50 år. Dette betyr ikke at den forventede levetiden er begrenset, men at bruddspenningen er tidsavhengig og må derfor bestemmes ved en gitt tid. Det er svært liten reduksjon i bruddspenning fra 50 til 100 år.

Bruddspenningen fastsettes ved at materialet utsettes for høye materialspenninger - og tiden til brudd måles. Disse testene akselereres ved å høyne temperaturen. Verdier for 50 eller 100 år finnes ved ekstrapolasjon. På den måten er bruddspenningen for PVC-U fastsatt til 25,0 MPa, for PE 80 8,0 MPa og for PE 100 10,0 MPa ved 20°C. Bruddspenning angis som MRS-verdi for et materiale

(MRS = Minimum Required Strength) - f.eks. MRS 10,0.

Dimensjonerende spenning velges ut fra ønsket design faktor (sikkerhetsfaktor).

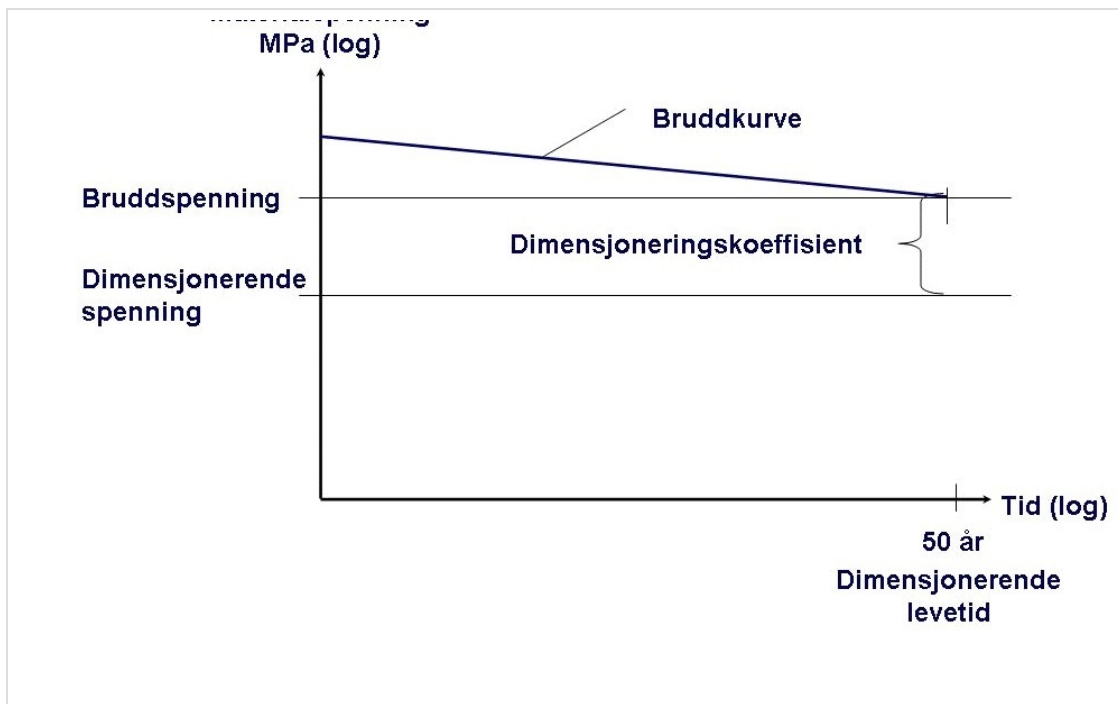
$$\text{Dimensjonerende spenning} = \frac{\text{Bruddspenning}}{\text{Design faktor}}$$

Figur

3.20

I et dobbeltlogaritmisk diagram er linjen for bruddspenning pr tidsenhet lineær, slik det fremgår av nedenstående standtidskurve (regresjonskurve) for PVC-rør:

(Den kurven som er angitt nedenfor gjelder PVC. Levetiden vil forventes å være > 100 år for PE og PVC.

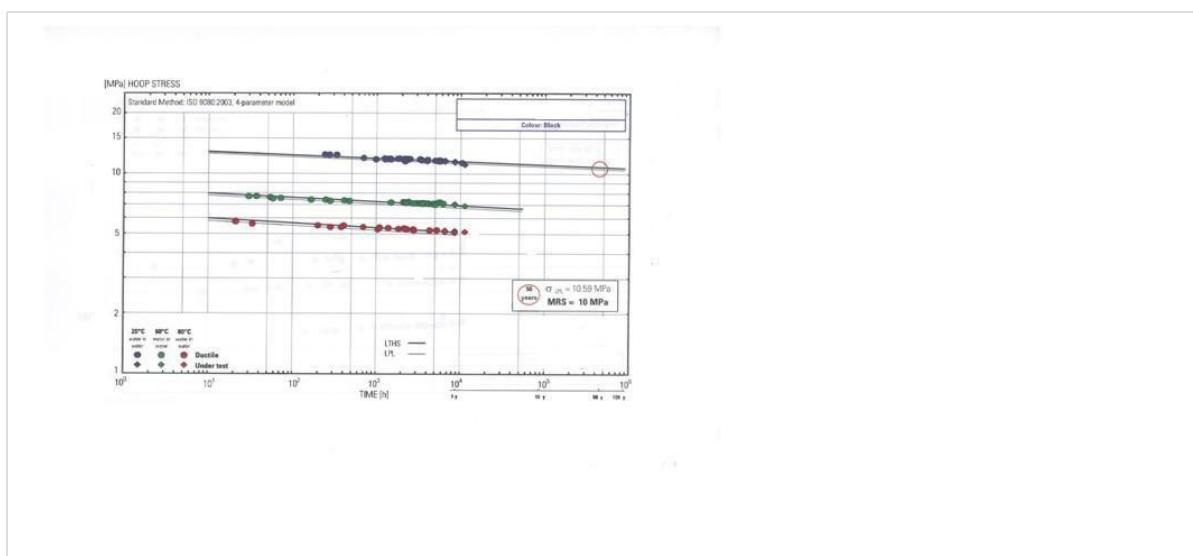


Figur 3.21

$C = \text{Dimensjoneringskoeffisient/design faktor } (C = \text{MRS} / \sigma_s)$

$\sigma_s = \text{Rørmaterialets dimensjonerende spenning}$

MRS = Minimum Required Strength = rørmaterialets bruddspenning



Figur 3.22 - Eksempel på regresjonskurve for PE-rør.

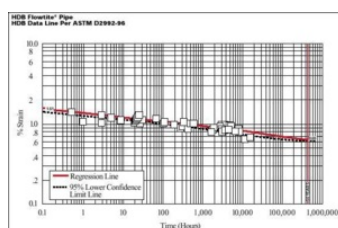
Hva er forventet levetid på GRP-trykrør?

GRP-rør, koblinger og deler er designet for å møte kravene i internasjonale standarder for GRP-rør. Langtidstester benyttes for å dokumentere rørens egenskaper over tid. Disse utføres etter standardiserte krav over 10000 timer for å danne grunnlag for beregning av 50 års verdier. På disse 50 års verdier er det krav til sikkerhetsfaktorer på mellom 1,5 og 2, alt etter hvilken test som er aktuell. For GRP-rør er det langtidsegenskapene etter 50 år som danner grunnlag for design og

dokumentasjon. Testene som utføres demonstrerer langtidsegenskapene for rørene. De viktigste testene er:

- Trykkeegenskaper
- Bøye- og stivhetsegenskaper
- Kjemisk resistens
- Skjøtemetoder

Med dagens situasjon i kommunene både i Norge og Sverige er investeringene små og utskiftings- takten



Eksempel på regresjonskurve for GRP-rør.

mange steder mellom 150 og 250 år.

Mange ledninger er dårlig installert. Dette kan føre til havari på flere av de ledningsstrekke som er installert i bakken.

Som testene og beregningene viser, vil GRP-rør møte alle krav til levetid på 100 år eller mer.

Sannsynligvis vil rørene holde i flere hundre år, dersom de er forsvarlig installert. Selv om GRP-rør stort sett har pakninger av beste kvalitet, som EPDM-gummi, er det grunn til å tro at dette er svakeste

punktet. Likevel vil dagens GRP-skjøter ha en levetid på mer enn 100 år.

GRP er et komposittmateriale og langtidsegenskaper er i stor grad avhengig av råmaterialene og den produksjonsprosess som brukes. Det bør benyttes råvarer som på forhånd er testet og godkjent fra sertifisert leverandør.

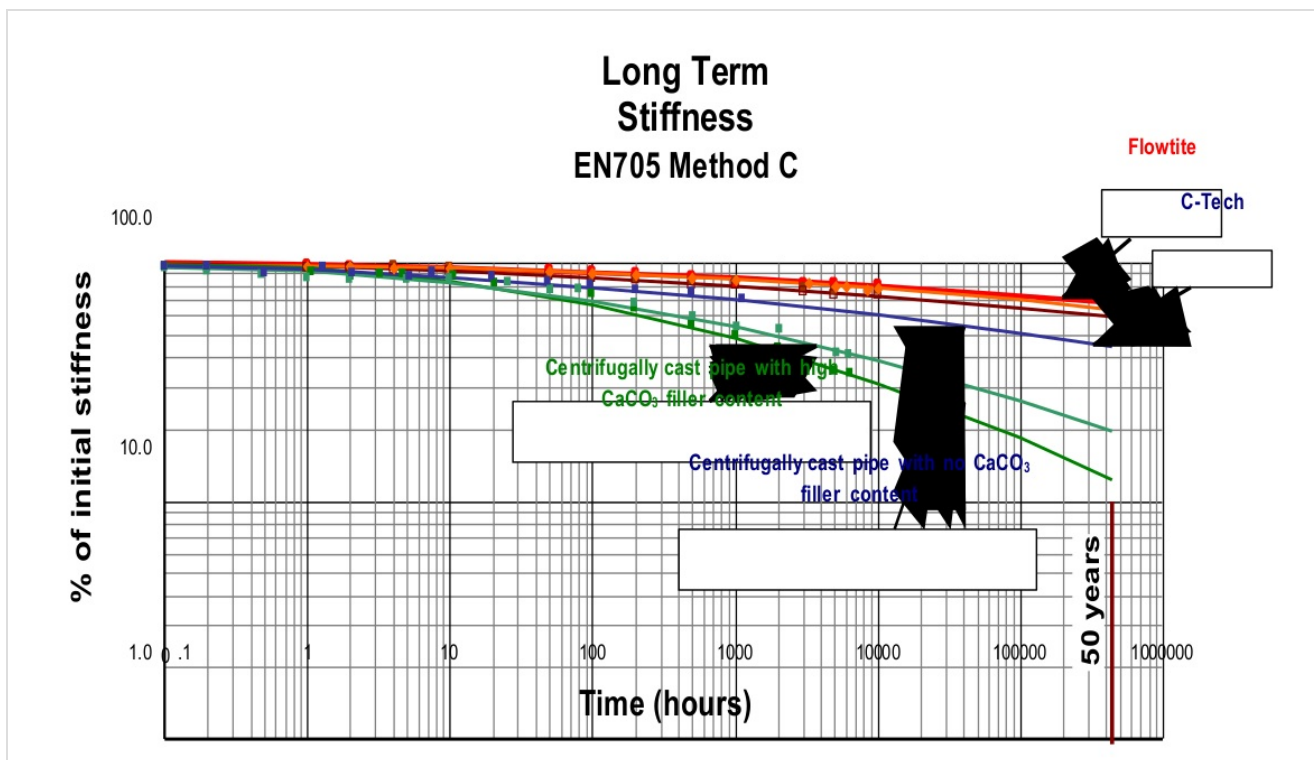
Det har vært beregnet hvilken reduksjon en ville kunne forvente i de dokumenterte 50 års verdiene for GRP-rør etter 100 år, og en har kommet frem til reduksjoner i størrelsesorden 5-6 %.

For rør som ikke utsettes for trykk tilsvarende trykklassen, eller som ikke installeres med spesielt ugunstige belastninger, vil selvsagt sikkerhetsfaktorene etter 50 år være betydelig høyere. Rør som har blitt testet etter mer enn 25 år i drift viser verdier langt over de ekstrapolerte kurvene.

Etter erfaringer med glassfiberarmert polyester, vet vi at produkter som er skikkelig utherdet ikke viser tegn til svekkelse av betydning etter 50 år.

Nedgravde tanker for olje og bensin som har vært i drift i mer enn 25 år har også blitt testet. Når laminatet vaskes, ser det ut som nytt, og det samme viser testene. GRP-rør som har vært i drift i mer enn 25 år, har blitt tatt opp og testet. Testdata ligger tett på verdier for de opprinnelige produktene. Dette viser at for GRP-rør er også de beregnede 50 års verdiene etter standardene konservativt betraktet.

Ett område som i mange tilfeller diskuteres for rør, er langtidsegenskapene for rørstivhet, og valg av stivhetsklasse, SN. Det kan være verdt å merke seg, at oppgitt stivhetsklasse for et rør er initialstivhet for røret. Denne måles kort tid etter at røret er produsert. Avhengig av råmaterialer og produksjonsmetoder er det stor forskjell på langtidsegenskapene. Nedenstående kurver gir et bilde av GRP-rør med høy langtidsstivhet. 50 års verdiene ligger her på 60-70 % av initialverdi. Andre sentrifugalstøpte rør kan i verste fall være helt nede i ca. 20 % av initialverdi.



Figur 3.23

Valg av SN dreier seg stort sett om å velge et rør med tilstrekkelig sikkerhetsfaktor for sammenklapping, buckling.

Stivheten bidrar lite i forhold til å begrense deformasjonen, hvor omfyllingen har mye større betydning. Selv for et SN 10000-rør vil ofte omfyllingen og grunnforholdene bidra mer enn 10 ganger stivheten på røret. Økt SN utover hva som er nødvendig bidrar bare til større godstykkelse, og dermed økte spenninger i rørvæggen, og kanskje redusert levetid.

Viklede GRP-rør med kontinuerlig glassfiber har høyere bøyemodul enn et sentrifugalstøpte rør. For en gitt SN har

viklede rør derfor lavere godstykkelse og installert gir dette mindre spenninger og høyere sikkerhetsfaktorer, samt levetid.

Bruddfrekvens på ulike typer rør for drikkevannsdistribusjon

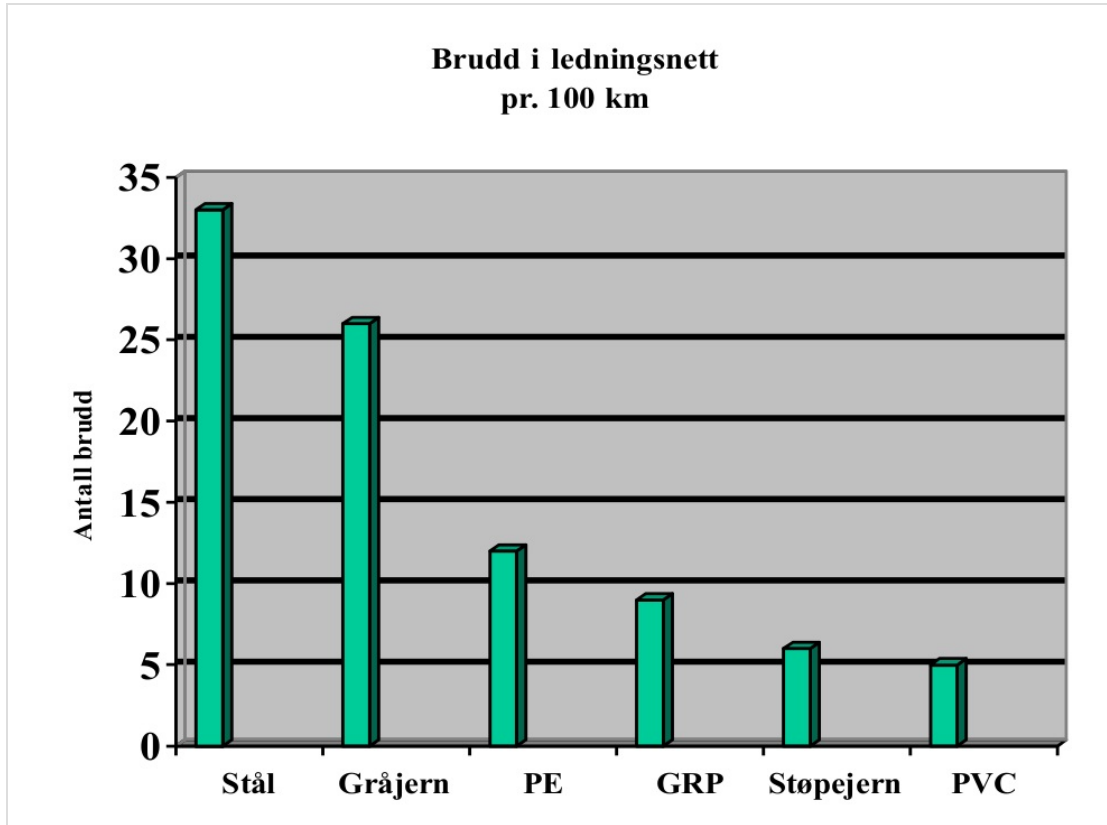
Undersøkelser fra Norden

Undersøkelser fra Norden viser at for vannledninger av PVC og PE lagt etter 1975, er antall rørskaider mindre enn 0,6 for PVC og mindre enn 1,6 for PE, målt som antall brudd pr 100 km. Tallene er hentet fra en skadeundersøkelse utført av NPG i 11 svenske kommuner i perioden 1986 – 1990.

Undersøkelser fra Tyskland

En tilsvarende undersøkelse utført i Tyskland av DVGW for årene 1997-98 viser verdiene som er gitt i diagrammet nedenfor.

Undersøkelsen omfatter ca 30% av lengden på det tyske vannledningsnettet.



Figur 3.24

Drikkevannskvalitet

Norge har gjennomgående god drikkevannskvalitet og vann kan drikkes rett fra kranen. Særlig "overflatevannkilder" har imidlertid ofte lav pH-verdi, dvs. er surt, og bør justeres med tanke på enkelte rørmaterialer (korrosjon/utfelling av kalk). Plastrør påvirkes ikke av dette og man trenger kun å ta hensyn til kvaliteten på vannet hos forbruker.



Folkehelse sier at så mye som 300.000 sykedager pr. år kan relateres til lekkasjer i vannettet. Dette er bl.a. fordi vann- og spillvannsrør ligger i samme grøft. Små rusthull på vannledningen kombinert med undertryksituasjoner og lekkasjer i spillvannsrøret kan gi forurensninger av drikkevannet.

Ansvar for drikkevannskvalitet ligger hos norske kommuner. Drikkevannsforskriften er mattilsynets ansvar (<http://www.mattilsynet.no>).

Diffusjon

Diffusjon av uønskede stoffer gjennom plastrør er normalt ikke et problem. Praktisk erfaring tilsier at dette først og fremst oppstår i de minste dimensjonene av PE-rør (mindre eller lik 50 mm) med minst veggtykkelse, eldre rørmaterialer



(PEL) og rørledninger med lang oppholdstid (fritidsboliger).

Selvsagt har mengden og typen forurensning på utsiden av røret betydning.

Enkelte flyktige forbindelser, som kan finnes i forurenset grunn (olje, drivstoff, impregneringsverk) og i enkelte jordarter (for eksempel metanrik myr), kan trenge inn i og til slutt gjennom rørveggen. Dette er smakssterke stoffer som gir uønsket lukt og smak på vannet selv ved lave konsentrasjoner.



Man bør være oppmerksom på dette ved rørlegging i slike områder. Aktuelle tiltak kan være å benytte tykkveggede rør, rør med diffusjonssperre, finne en ren trasè eller benytte andre og diffusjonstette rørmaterialer.

Stoffene kan også diffundere gjennom gummiringsskjøter, men her er arealet lite og bidraget blir uvesentlig.

Migrering

Plastrør inneholder flere kjemiske forbindelser. Dette er ulike tilsetningsstoffer og ørsmå forurensninger. For enkelte av forbindelsene skapes nye reaksjonsforbindelser.

De ulike materialene avgir ulike mengder og ulike stoffer, men innenfor grenseverdiene gitt av myndigheten.

PVC avgir lite kjemiske forbindelser på grunn av PVC-molekylens sammensetning. Det store kloratomet (57 vektprosent) gir en negativ pol som virker som en magnet på andre molekyler (materialet er polart), og holder dem fast i rørveggen.

PE og GRP har ikke samme polaritet i materialet og holder ikke så godt på tilsetningene.

PE tilsettes stabilisatorer for å hindre oksidering og nedbrytning. Disse stabilisatorene forbrukes i kontakt med oksygen på rørveggens overflate. Etter hvert som stabilisatorene forbrukes, vandrer nye til overflaten. Dette gir små, men målbare, mengder reaksjonsprodukter.



Utlekking av stoffer fra rørmaterialet kan gi følgende effekter: Smak og lukt (avhengig av oppholdstid)

Helsemessig effekt (krever meget høye konsentrasjoner, det vil si lang oppholdstid)

Næring til biofilm, som igjen kan inneholde sykdomsfremkallende bakterier (hovedsakelig finnes denne næringen i råvannet)

Vi har i Norden de strengeste krav til rørmaterialenes påvirkning av drikkevannskvalitet. Dette er i dag best ivaretatt av danske myndigheter og dansk godkjenning. Derfor har de aller fleste plastrør for drikkevann på det norske markedet inntil videre dansk godkjenningsmerke (illustrasjon) etter anbefaling gitt av Mattilsynet.

Med tiden vil EAS (European acceptance scheme) tre i kraft som godkjenningsordning for materialer i kontakt med drikkevann. EAS vil blant annet inneholde en positivliste for ulike stoffer. I tillegg vil rørmaterialer for drikkevannsforsyning måtte testes og godkjennes for å oppnå EAS – godkjenning. Denne forventes å være klar om noen år.