

«Plastrør for vannforsyning og avløp:
Hvordan skal vi oppnå 100 års levetid ?»

Gunnar Mosevoll, Skien



29. mars 2012:

*En ny rørledning av plast
blir trukket inn i en
vannledning fra 1892.*

*Vil den nye ledningen holde
i minst 100 år ?*

Ny ledning:

*DN 315 PE 100 SDR 11
Utvendig kappe av PP*

Gammel ledning:

DN 330 Grått støpejern

Innhold

Kan vi oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast ?

- ▶ **Store framskritt – status for materialer, produksjonsmetoder og skjøting**
- ▶ **Problemer**

Oversikt over foredraget

I. Norsk vanns utredninger om rørmaterialer

II. Hvorfor krav om minst 100 års levetid for nye VA-ledninger ?

III. Hvordan svikter VA-ledningene ?

IV. Brudd i vannledninger (trykkledninger): Følger og forebyggende tiltak

V. Dokumentasjon av levetid for ulike rørtyper

VI. Særskilte krav til dokumentasjon av materialeegenskaper

Kan vi oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast ?

To anlegg på E134 mellom Kongsberg og Hokksund:



Stål:

*E-modul er ikke
avhengig av
materialspenning
og av
lastens varighet*



Polyetylen:

*E-modul synker med økende materialspenning og
med økende varighet av lasten.*

**Stikkrenne av polyetylen, konstruert rørvegg,
diameter 2,0 m (anslag) og
overdekning om lag 1 m (anslag).**

Krevende dimensjonering for 100 års levetid !

Kan vi oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast ?

Vi kan oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast.

Store framskritt – status for materialer, produksjonsmetoder og skjøting:

- Rørmaterialene PEH, PVC-U, PP-B-HM er gode.
- Produksjonsmetodene er gode.
- Metoder og regler for installasjon og skjøting er gode, men det er mange eksempler på at reglene ikke blir fulgt.

Kan vi oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast ?

Vi kan oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast.

Problemer:

- Flere av NS-EN-standardene beskriver rør som neppe vil nå 100 års levetid.
Dvs. : **En NS-EN-standard gir ingen garanti for 100 års levetid.**
- Flere av NS-EN-standardene mangler krav som vil sikre at 100 års levetid blir nådd.
Framdriften i arbeidet med å forbedre standardene er delvis svært dårlig.

Kan vi oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast ?

Vi kan oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast.

Problemer:

- For flere rørtyper er det for dårlig dokumentasjon av 100 års levetid.

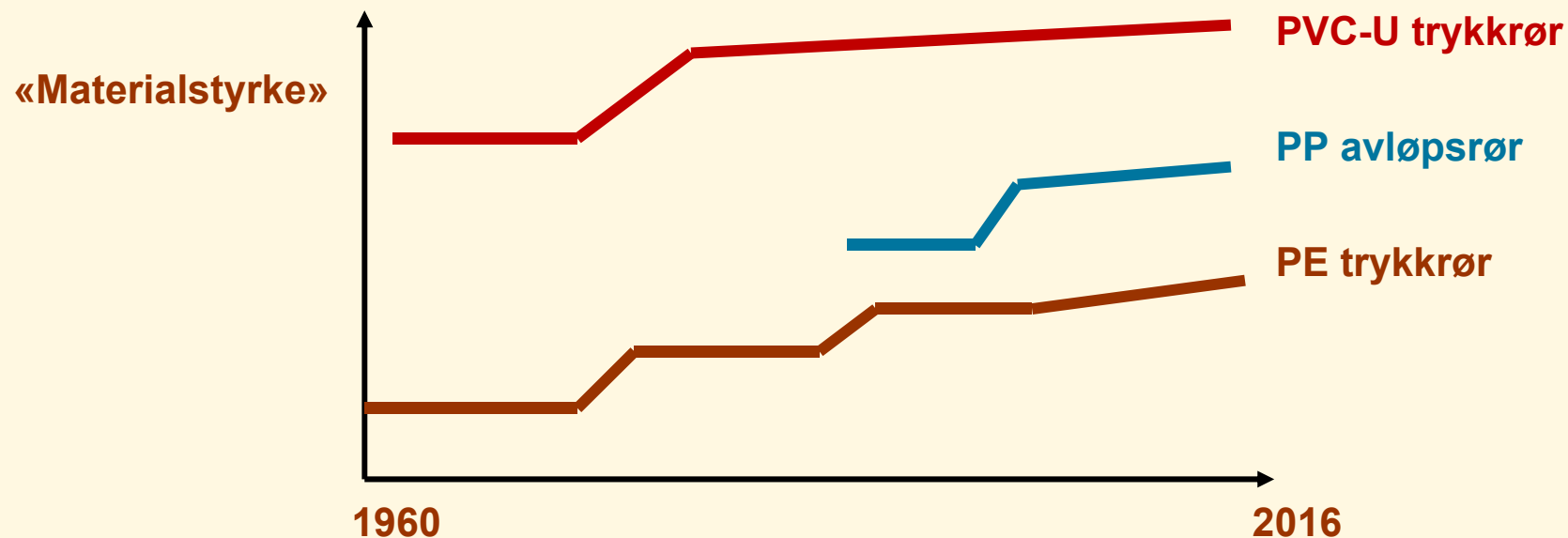
Kan deles i følgende grupper:

- **Mindre svakheter:** Dokumentasjonen kan forbedres.
- **Vesentlige svakheter:** Dokumentasjonen kan forbedres.
- **Alvorlige svakheter:** Det vil neppe bli mulig å dokumentere 100 års levetid.

God dokumentasjon av rørtypenes styrke-egenskaper
er nødvendig for å stille gode krav i standardene.

- Dårlig anleggsarbeid kan skade gode rør så mye at 100 års levetid ikke blir nådd.

Plastmaterialene har blitt bedre



- Plastmaterialene er blitt langt bedre enn for 50 år siden.
- Kunnskapen om endringene i «materialstyrke» er viktig når en skal forvalte det eksisterende ledningsnett *(Når må trykkrør av PVC-U lagt før 1980 fornyes ?)*
- Erfaringene fra de eldste plastrørene kan være vanskelig å utnytte i bedømmingen av dagens, nye plastrør.

Vegen videre mot minst 100 års levetid

- Det finnes både gode og dårlige plastrør.
- Selv det beste plastrøret kan skades alvorlig under legging.



Hvordan blir vegen mot «minst 100 års levetid» ?

Viktige anbefalinger for vegen fram mot gode og sikre valg av rørkvalitet

Plast er et komplisert rørmateriale,
og det finnes både gode og dårlige materialkvaliteter og tekniske løsninger.

Det er derfor viktig å ikke fire på materialkravene.

Norske kommuner og Statens vegvesen
bør bruke sin markedsrett til å motivere:

- **Norsk standard og den europeiske standardiseringsorganisasjonen CEN til å stille strengere materialkrav i standardene for VA-rør**
- **Rørprodusentene til bedre dokumentasjon av langtids materialegenskaper.**

I Østerrike er markedsføringen av avløpsrør noe mer «direkte» enn i Norge:

**Finger weg von Billigrohren im Kanalbau !
Greifen Sie zu Top-Qualität für Generationen**

Fra nettsiden til Pipelife Österreich

Oversikt over foredraget

- Norsk vanns utredninger om rørmaterialer
- Hvorfor krav om minst 100 års levetid for nye VA-ledninger ?
- Hvordan svikter VA-ledningene ?
- Brudd i vannledninger (trykkledninger): Følger og forebyggende tiltak.
- Dokumentasjon av levetid for ulike rørtyper:
 - *Trykkrør av PE og PVC*
 - *Avløpsrør med ensartet rørmateriale og jevn veggtykkelse*
 - *Avløpsrør med konstruert rørvegg: Tolags rørvegg (DV-rør)*
 - *Avløpsrør med konstruert rørvegg: Trelags rørvegg*

Kilder: Norsk vanns kommende rapport: *«Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå 100 års levetid ?»*

*Tolkningen av denne rapporten i dette foredraget
står for foredragsholderens ansvar.*

I. Norsk vanns utredninger om rørmaterialer

Rør av • **plast**

Stor vekt på termoplast

*Termoplast: Polyetylen PE
Polyvinylklorid PVC-U
Polypropylen PP*

Mindre vekt på fiberarmert plast.

• **støpejern** duktilt eller seigt støpejern

• **betong** uarmert eller armert

Norsk Vanns utredninger om rørmaterialer

Norsk vann har gjennomført noen utredninger om rørmaterialer:



Termoplastrør i Norge – før og nå



Veiledning for bruk av duktile
støpejernsrør



Norsk Vanns utredninger om rørmaterialer

Norsk vann har gjennomført noen utredninger om rørmaterialer:

Rapport 158:2008 «Termoplastrør i Norge – Før og nå»

gir en oversikt over 50 års bruk av termoplastrør og erfaringer.

Rapporten viste at det var vesentlige mangler i vår kunnskap om dimensjonering for minst 100 års levetid.

I 2012 ble det derfor satt i gang et utredningsprosjekt som skulle legge vekt på dimensjonering i forhold til minst 100 års levetid.

Norsk Vanns utredninger om rørmaterialer

Norsk vann har gjennomført noen utredninger om rørmaterialer:

Rapport 173:2010 «Veiledning i bruk av duktile støpejernsrør»

tok utgangspunkt i :

- Endringer av NS-EN 545: Beregning av veggtykkelse
(fra K-faktor til C-faktor)
- En av rørfabrikantenes ønske om å redusere veggtykkelsen for vanlig bruk
- Usikkerhet i valg av korrosjonsbeskyttelse.
- Krav om minst 100 års levetid

Det produseres fortsatt rør med veggtykkelse svarende til K9,
og det er derfor planlagt å oppdatere rapporten.

Norsk Vanns utredninger om rørmaterialer

Norsk vann har gjennomført noen utredninger om rørmaterialer:

Tidlig i 2016 startet Norsk Vann et prosjekt om bruk av betongrør.

Viktige emner:

- Dagens betongrørsteknologi og aktuelle bruksområder
- Krav om minst 100 års levetid

Rapporten blir trolig ferdig i løpet av 2017.

Norsk Vanns utredninger om rørmaterialer

Norsk vanns neste rapport:

«Plastrør for vannforsyning og avløp: Hvordan skal vi oppnå 100 års levetid ?»

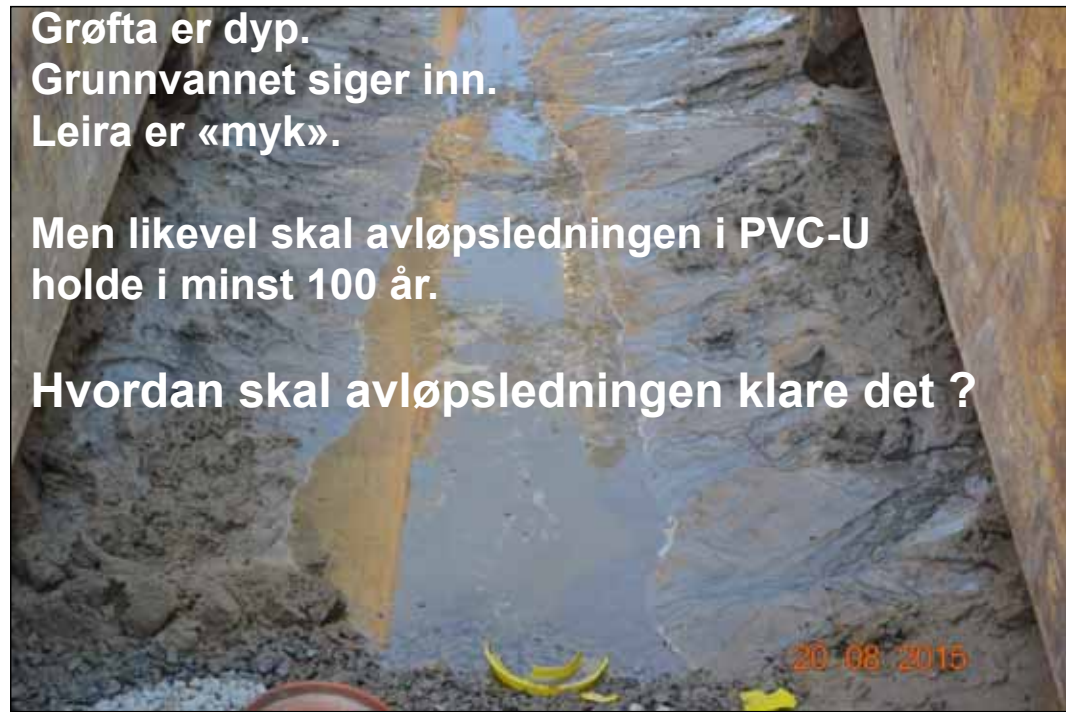


Rapporten blir utgitt i løpet av 2017.

Grøfta er dyp.
Grunnvannet siger inn.
Leira er «myk».

Men likevel skal avløpsledningen i PVC-U
holde i minst 100 år.

Hvordan skal avløpsledningen klare det ?



Legg merke til den lange strekningen med helt eller delvis åpen grøft !!

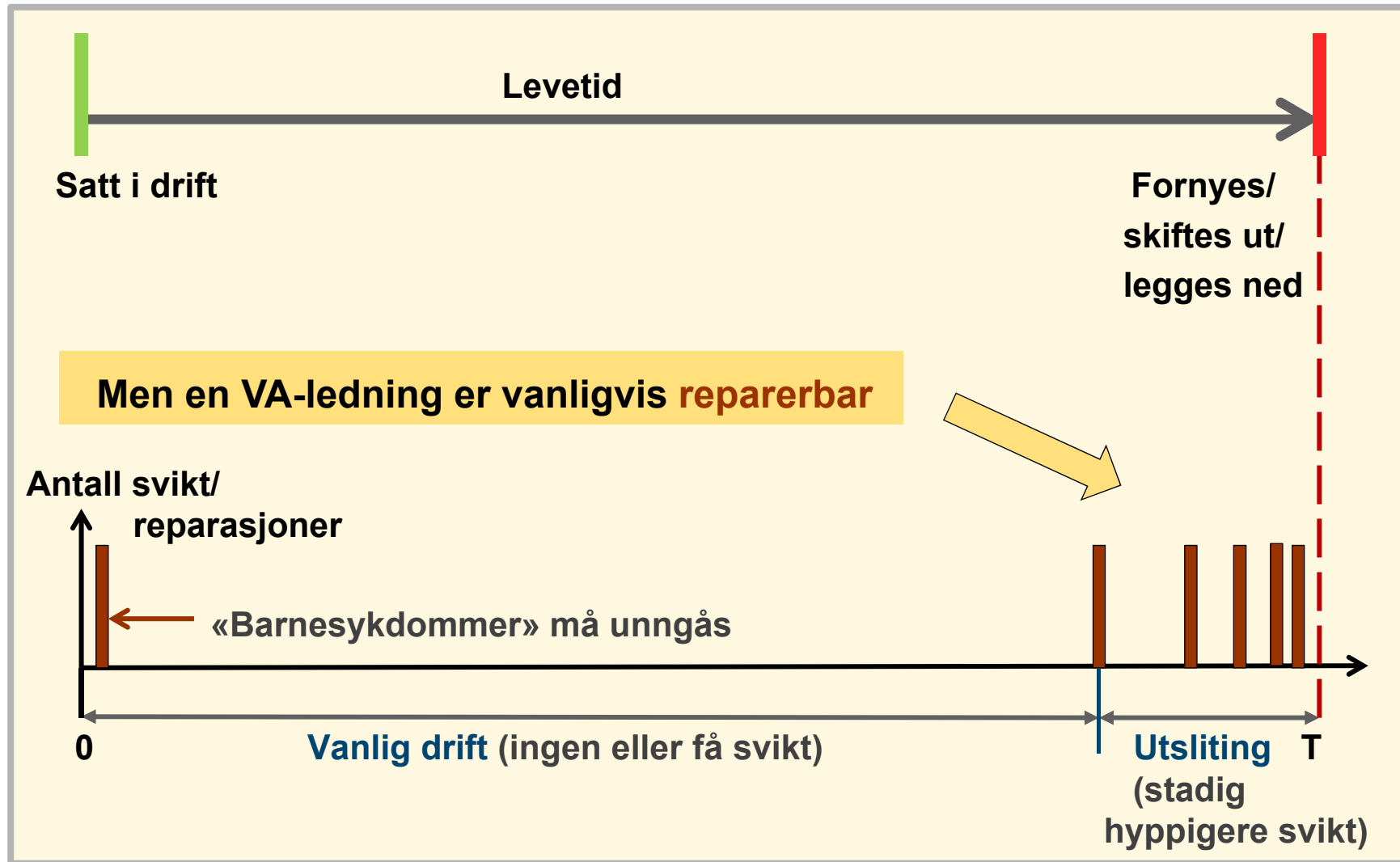
II. Hvorfor krav om minst 100 års levetid for nye VA-ledninger ?

- Levetiden til en VA-ledning: **Hva mener vi med det ?**
- Mål for levetid for VA-ledninger: **Minst 100 år**
- Kunnskap om forventet levetid: **Når trenger vi den ?**

Hva mener vi med levetiden til en VA-ledning ?



Hva mener vi med levetiden til en VA-ledning ?

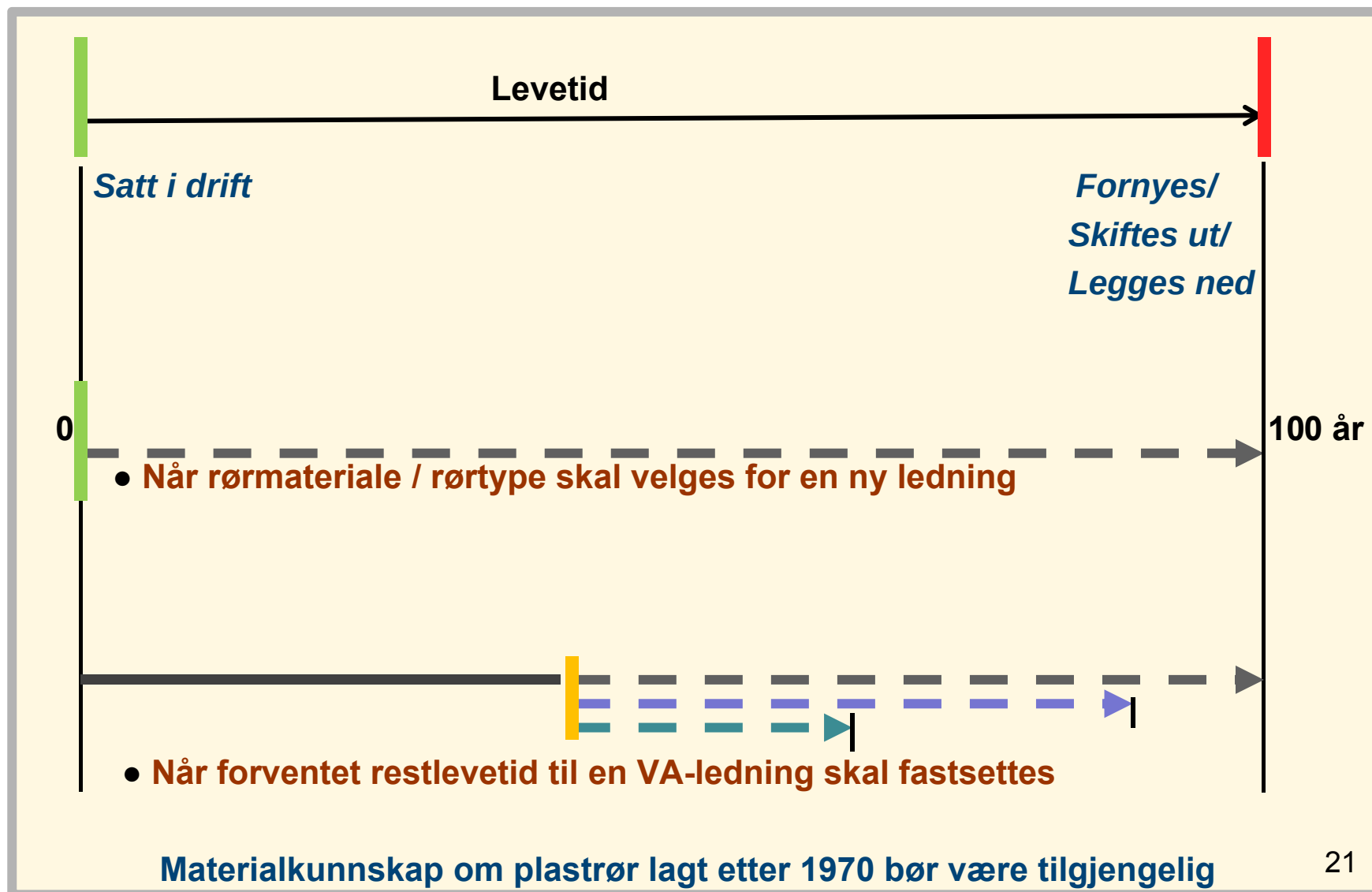


Mål for levetid for VA-ledninger : **Minst 100 år**

Hvorfor setter vi dette målet:

- **Det koster < 5 % i økte anleggskostnader å forlenge levetiden fra 50 til 100 år. Gjennomsnittskostnaden over 100 år reduseres med minst 40 %.**
- **Det er lite sannsynlig at den teknologiske utviklingen vil bli så stor at dagens nye VA-ledninger bør fornyes før de blir 100 år.**
- **Det er mulig å bygge VA-ledninger slik at tiden fram til første svikt blir lengre enn 90 år.**
- **Det er mulig å bygge VA-ledninger slik at utslitingstiden blir tilstrekkelig lang.**
- **Trykkrør: Det er mulig å velge materiale og dimensjonerende spenning slik at følgeskadene ved ledningsbrudd ikke blir for store.**

Kunnskap om forventet levetid: **Når trenger vi den ?**



III. Hvordan svikter VA-ledningene ?

- **Ruster hull**
- **Sprekker (mer eller mindre kombinert med rust / tæring)**
- **Deformeres /flatklemmes**
- **Tøyes: Rørdiameter øker**
- **Skades ved seinere graving langs ledningen**

4. Kunnskap om forventet levetid for VA-ledninger av termoplast: **Hvordan svikter ledningene ?**

Hvordan svikter VA-ledninger av termoplast:

- **Ledninger av grått støpejern (uten god innvendig korrosjonsbeskyttelse) ruster:**



ND 325 fra 1892 (fotografert da den ble fornyet våren 2012 – Skien kommune)



Prøve av samme vannledningen etter sandblåsing i 2009 (Breivoll inspection)

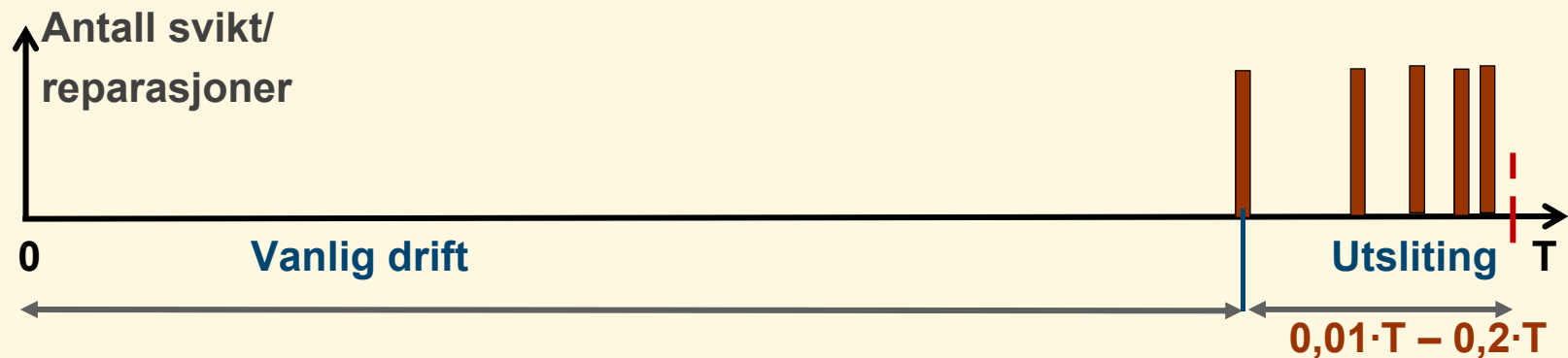
- **Ledninger av termoplast ruster ikke, men ledninger av termoplast har andre materialegenskaper som det må tas hensyn til.**

Kunnskap om forventet levetid: - Hvordan svikter ledningene ?
- Hvor lang er utslitingsfasen ?

Hvordan svikter trykkledninger av termoplast:

- **Trykkledninger:**
 - Tverrbrudd / kort sprekk i lengderetning
 - Lang sprekk i lengderetning / utsprunget flak
 - Stor tøyning, som gjør reparasjon av brudd vanskelig
- **Avløpsledninger:**
 - Stor deformasjon av rørtverrsnittet
 - Korte sprekker

Hvor lang er utslitingsfasen:



Utslitingsfasen bør strekke seg over flere år, dvs. ikke for tett mellom bruddene.

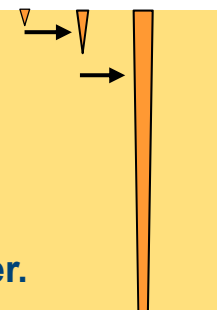
Kunnskap om forventet levetid for VA-ledninger : Hvordan svikter ledningene ?

Hvordan svikter VA-ledninger av termoplast:

- **Trykkledninger:**
 - Sakte sprekkvekst og brudd, eller
 - Varmealdring / kjemisk brudd, eller
 - For stor tøyning og for kostbar reparasjon
 - Blir det vanskelig å sveise et PE-rør fra 2017 med et rør fra 2067 ?

Sakte sprekkvekst og brudd:

- Sprekken starter i en mikroskopisk svakhet i rørveggen.
- Sprekken vokser sakte.
- Når sprekk lengden når en kritisk verdi, vokser sprekk gjennom rørveggen i løpet av noen få sekunder.

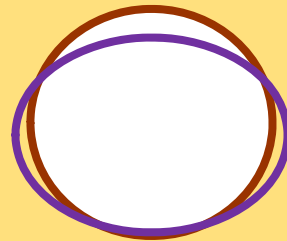


Kunnskap om forventet levetid for VA-ledninger : Hvordan svikter ledningene ?

Hvordan svikter VA-ledninger av termoplast:

- **Avløpsledninger:**
(trykkløse ledninger)
 - For stor deformasjon, eller
 - Sakte sprekkvekst og brudd, eller
 - Varmealdring / kjemisk brudd
- **Både trykkledninger og trykløse ledninger:**
 - Skader pga. graving nær ledningen

Deformasjon av trykkløs ledning:

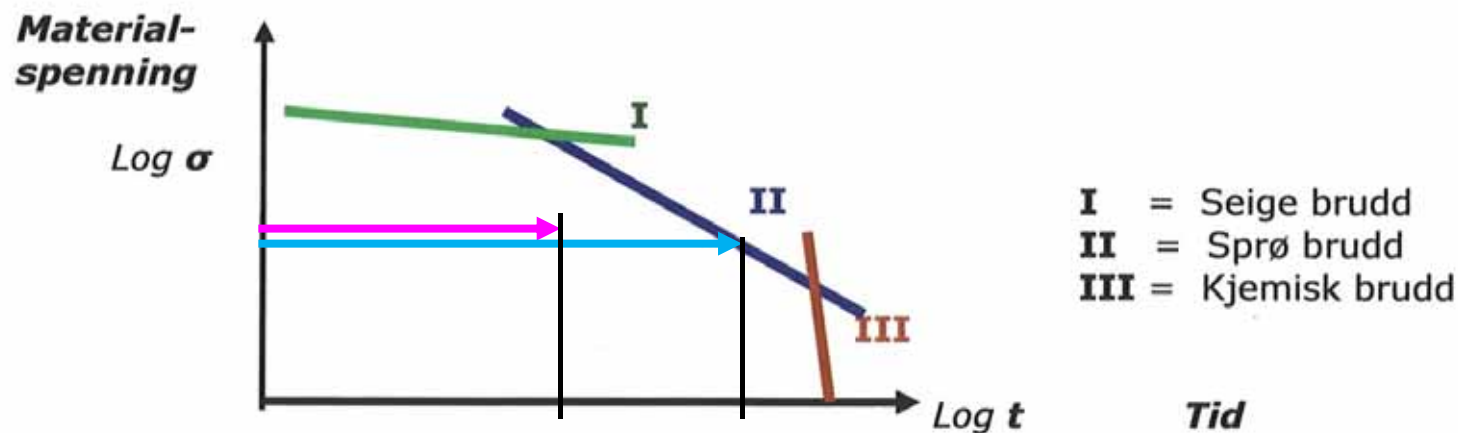


Termoplastrør - Bruddtyper

I plastkonstruksjoner kan vi ha tre typer brudd:

- **Seige brudd** (ikke aktuelt for vanlig dimensjonerte ledninger)
- **Sprø brudd** (gjerne 1 vesentlig sprekke som vokser)
- **Varmealdring / kjemisk brudd** (kan være flere, vesentlige sprekker som vokser)

Termoplastrør - Bruddtyper



Figur: Sammenhengen mellom materialspenning og tiden fram til brudd (standtidskurver).

Tallverdiene i disse kurvene er sterkt avhengig av plastmaterialets temperatur.

Ved å bruke et logaritmisk målestokk på begge aksene, blir linjene for alle de tre prosessene tilnærmet rettlinjete.

De tre bruddprosessene er uavhengig av hverandre, og alle prosessene pågår samtidig.

Sakte sprekkvekst og store brudd

Kjent fra grått støpejern



12. november 2009:

Brudd i vannledning
i Skien (Kapittelgata)

DN 250 mm
Grått støpejern
Lagt i 1950

Langsgående sprekk

Men både PE, PP og PVC-U sprekker



10. februar 2016:

Brudd i ledning på Gulset, Skien,

DN 225 mm
PVC-U
lagt 1975 - 1980

Langsgående sprekk i hele rørets lengde på 5 m
med en greinsprekk

Varmealdring / kjemisk brudd

- **Eksempel på varmealdring / kjemisk brudd:**

Hesselbergs gate i Skien Foto tatt 9.juli 2011

Trekkerør fot kabler fra 1980-tallet ? Polypropylen av ukjent kvalitet



Legging av trekkerør for fjernvarme i Lundegata.

Trekkerørene for fjernvarme krysser under trekkerørene for kabler.

Egenskaper til VA-ledninger i drift

- **Alle typer VA-ledninger:** Hvordan tåler en ledning at det graves tett inntil ledningen ?



Egenskaper til VA-ledninger i drift

- **Vannledninger:** Hvordan påvirkes drikkevannskvaliteten av rørmaterialet ?

Drikkevannsforskriften:

§ 16.Materialer

Vannverkseieren og eieren av internt fordelingsnett skal sikre at de materialene som kommer i kontakt med drikkevannet, er helsemessig trygge. Materialene skal ikke avgi stoffer til drikkevannet i helsefarlige mengder eller i mengder som bidrar til at drikkevannet blir mindre klart eller får framtrædende lukt, smak eller farge.

Om valg av godkjenningsordning:

Vannrapport 127: Vannforsyning og helse.

Veiledning i drikkevannshygiene, desember 2016.

De fleste termoplastrør som brukes i Norge, godkjennes etter den danske ordningen «DK Vand».

VA-ledninger av termoplast - svakheter ved anleggsarbeidet kan redusere levetiden

Eksempel på enkel kontroll av vinkelavvik i
elektromuffesveis (PE 100 DN 180 SDR 11)
Denne skjøten vil neppe holde i 50 år.



Krav til avkjølingstid her: Minst 25 minutter

- Skraping / reingjøring
- Vinkelavvik
- Avkjølingstid

Om britiske erfaringer med
elektromuffesveiser:

Se foredrag av Edward Ingham
på 4S Ledningsnät-
konferansen i Stockholm
15. oktober 2014

<http://www.4sledningsnat.se/utbildning-events/dokumentation-konferens-2014-23784594>

Eksempel:

Rørene kan være bra, men en dårlig utført elektromuffe
kan svekke en PE-ledning vesentlig.

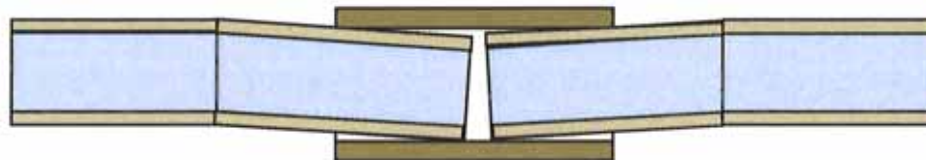
Det tillates ikke mye vinkelavvik i elektromuffer.

Det er som regel enkelt å finne ut om det er brukt verktøy for innspenning og
sentrering (se fotoet ovenfor). Slikt utstyr er ikke brukt på anlegget vist på fotoet.

Elektromuffesveising: Følg reglene !

Elektromuffesveising: Det kan være nødvendig med **forvarming** muffe og rør. Følg mufteleverandørens regler fullt ut.

En god skjõt krever at rørendene sentreres riktig i muffen. Særlig hvis temperaturen er lav, kan det være vanskelig å få rettet opp endene av rør fra kveil slik at sentreringen av rørendene blir god nok. **En elektromuffesveis med vinkelavvik og dårlig sentrering er en dårlig sveis.** Det skal derfor brukes **sentreringsverktøy** med to innspenningspunkter per rørende, samt å sette en nedre temperaturgrense for slike sveiser. Også for rør som ikke har vært på kveil, skal det brukes verktøy for sentrering og fastholding. Hvis rørenden avviker for mye fra sirkelform, må rørenden «rerundes» før sveising,



Figur 2.6-1: Elektromuffesveis

Husk: Under sveisingen er PE-materialet ved varmeelementene flytende, og en god sveis er helt avhengig av at det brukes verktøy for sentrering og fastholding av muffe og rørender.

På internett ligger mange **instruksjonsfilmer** for elektromuffesveising. Søkord: *electrofusion, PE, animation*. NB! Velg ut noen filmer som viser bruk av verktøy for sentrering og fastholding.

Elektromuffesveising: Følg reglene !



Elektromuffesveis – riktig montert:
*Fotoet fra 2012 viser at
utstyr for sentrering og innspenning
ikke trenger å være for komplisert.*

*Når en del av PE-materialet
smelter under sveisingen, **vil**
innspenningsutstyret **hindre** at
rørendene beveger **seg**.*

Er dette utstyret godt nok ?

Strekkefaste skjøter i trykkrør av PVC-U: Hvor store riper tåler rørene ?

Strekkefast skjõt for rør av PVC-U:

Den strekkefaste muffen av støpejern har «gripeflater» som lager riper i PVC-materialet.

Nederlandske undersøkelser viser at PVC-U tåler riper langt dårligere enn PE.

Vil disse ripene forkorte levetiden til røret av PVC-U ?



IV. Brudd i vannledninger (trykkledninger): Følger og forebyggende tiltak

5. Kunnskap om forventet levetid: **Bruddforløp i vannledninger (trykkrør)**

Hvordan brytes vannledninger ned ?

Rørmateriale

«Bruddforløp»

Grått støpejern

- **Sakte sprekkvekst og sprøtt brudd**

Seigt støpejern

- **Korrosjonshull (hullet vokser sakte)**

Stål (vanlig karbonstål)

- **Korrosjonshull (hullet vokser sakte)**

PVC-U

- **Sakte sprekkvekst og sprøtt brudd**

PE, PP

- **Sakte sprekkvekst og sprøtt brudd eller**
- **«Kjemisk brudd» (oksidasjon og sprøtt brudd)**

Ved sakte sprekkvekst og sprøtt brudd:

- 1. Sprekken skapes og vokser sakte, gjerne over mange år.**
- 2. Når sprekken har nådd kritisk størrelse tar det som regel mindre enn 1 minutt fra røret er helt tett til det det er full utlekking.**

Store brudd kan føre til trykløst vannledningsnett.

Brudd i vannledninger: Følger og forebyggende tiltak

- **Følger av brudd:**
 - Stor utstrømmende vannføring
 - Deler av vannledningsnettet kan bli trykkløst
- **Tiltak som forebygger trykkløst vannledningsnett:**
 - Ledningsnett i sløyfeform (tosidig vannforsyning)
 - Velge rørmateriale som ikke gir lange sprekker
 - For rør av et sprøtt ledningsmateriale:
Prøv å unngå rør med stor diameter



Tverrbrudd i vannledning januar 2014

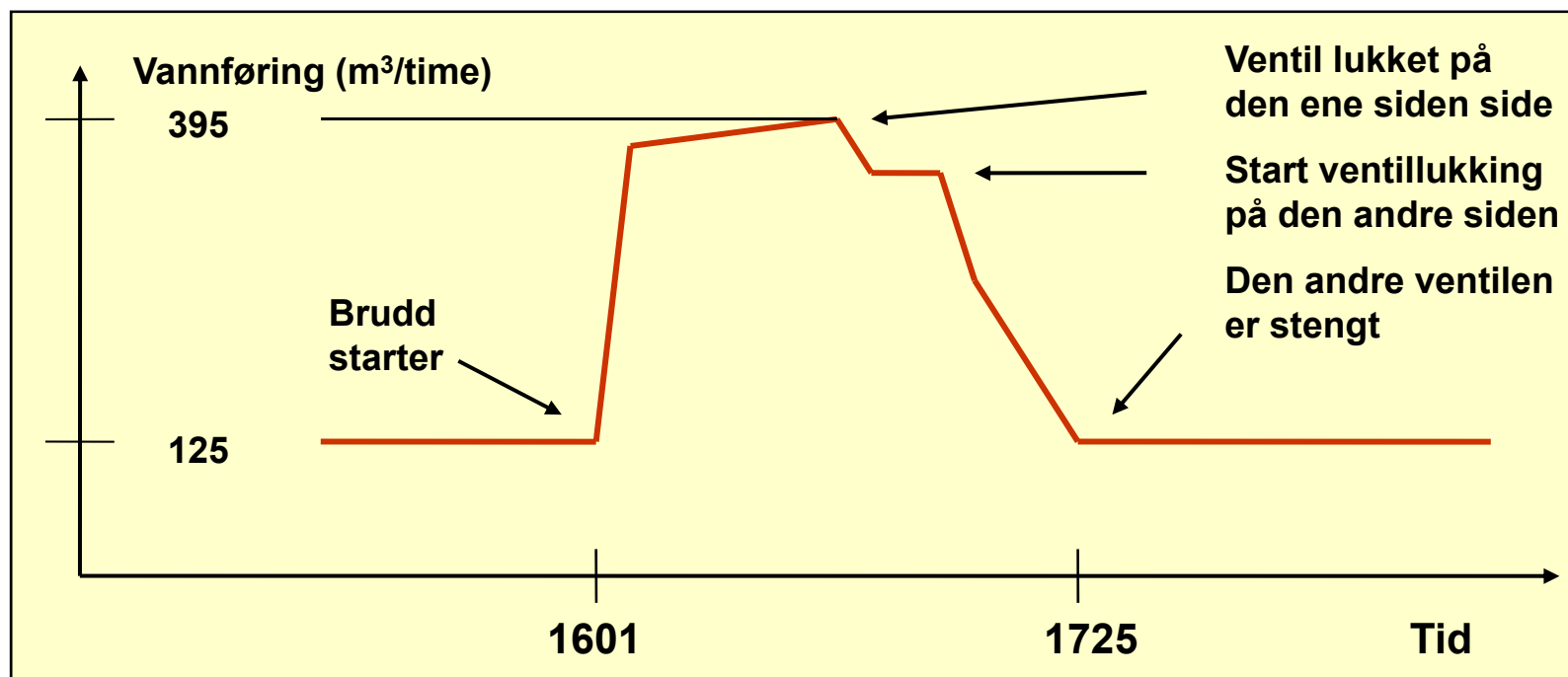
Grått støpejern

DN 150, anleggsår om lag 1955

*God tosidig vannforsyning –
ingen fare for trykkløst ledningsnett*

Foto Karl Kristian Kleven, Skien kommune

Vannføringsmønster ved ledningsbrudd i fordelingsnett for vannforsyning - Et eksempel:



Vannføring i et vannledningsnett forårsaket av en langsprekk i en vannledning av asbestsement (diameter 150 mm) i Skien (2. mai 2012).

Overføringsledningen i dette området har høy kapasitet.

Ekstra vannføring 270 m³/time (75 liter/sekund). Volum av lekkasjevannet: 300 m³.

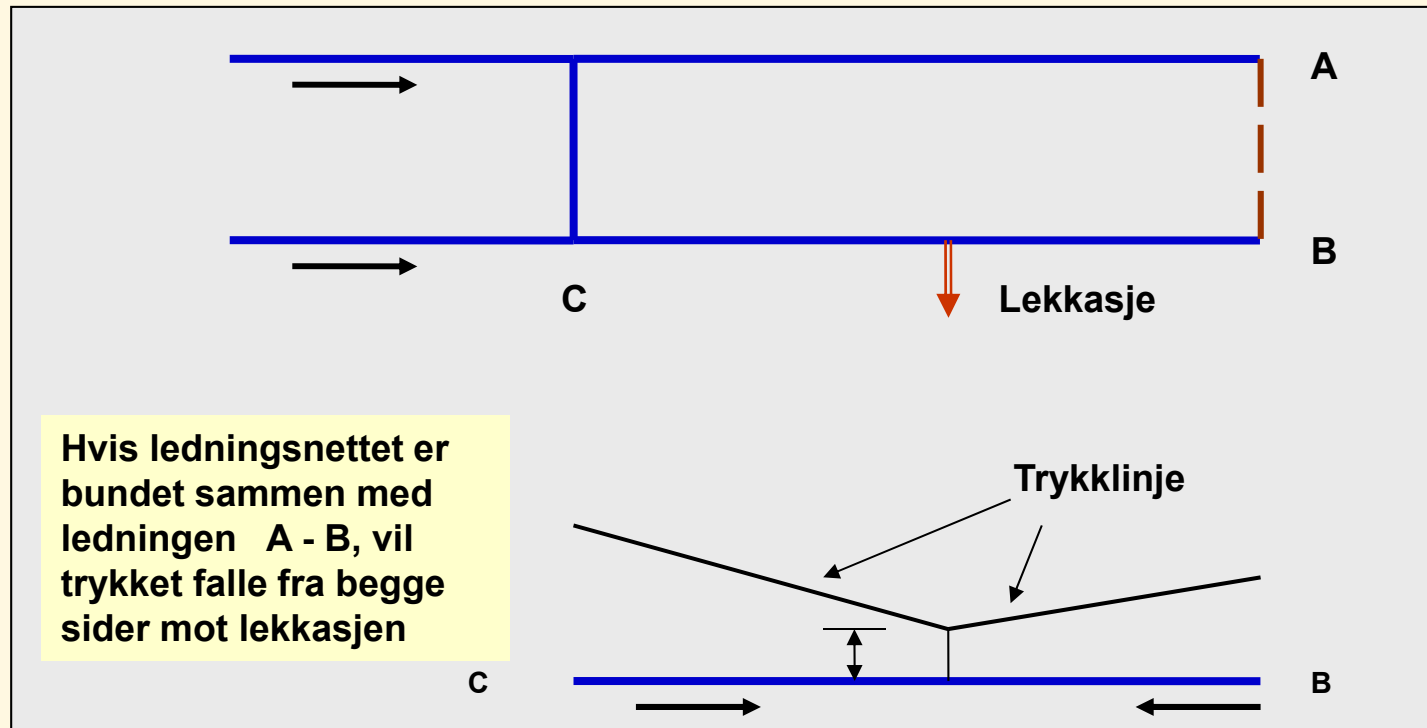
Slike brudd er så store at det er umulig å unngå trykkløst nett nær bruddstedet. 40

Årsaker til høy vannføring i fordelingsnettet for vannforsyning

- Norske fordelingsnett for vannforsyning har vanligvis et vanntrykk mellom 30 og 80 meter vannsøyle.
- Tabellen nedenfor viser noen typiske verdier for vannføringen i lekkasjer i fordelingsnettet ved vannføring 50 – 70 m vannsøyle.
- Mesteparten av fordelingsnettet er dimensjonert for brannslukking.

Type lekkasje eller forbruk	Vannføring (liter / sekund)
En svært stor lekkasje i en stikkledning til en enebolig	3 – 5
Tverrbrudd i en vannledning av grått støpejern , diameter 100 mm	8 – 12
Langbrudd i en vannledning av grått støpejern, diameter 250 mm	80 – 100
Langbrudd i en rørledning av asbestsement eller av PVC-U, 150 mm	50 – 80
Brannslukking i boligområder	20 – 40
Brannslukking ved hjelp sprinkleranlegg i næringsområder	inntil 50
Spyling av vannledninger, vannhastighet 1,0 m/s , diameter 150 mm	18

Forebyggende tiltak mot undertrykk i fordelingsnett: Eksempel



I et ledningsnett knyttet sammen i sløyfer strømmer vannet fra begge sider mot en stor lekkasje.

Ventilene på begge sider av lekkasjen stenges ikke helt; noe som opprettholder overtrykk i ledningen inntil den er reparert.



Trykkrør av PVC-U - Bruddform

Trykkrør av PVC-U produsert før om lag 1980:

- Vesentlig større bruddhyppighet enn for nyere rør.
- Store og lange brudd.

Trykkrør av PVC-U produsert etter 1980:

- Langt bedre styring av produksjonene av rør
- Lavere bruddhyppighet enn tidligere.
- Hvor mye bedre er rørene blitt ?

**Viktig å registrere brudd !
Hvor store er bruddene ?**

V. Dokumentasjon av levetid for ulike rørtyper

- Dokumentasjon av levetid for ulike rørtyper:

- | | |
|--|------------------|
| • <i>Trykkrør</i> | <i>PE, PVC-U</i> |
| • <i>Avløpsrør med ensartet rørmateriale og jevn veggtykkelse</i> | <i>PVC-U, PP</i> |
| • <i>Avløpsrør med konstruert rørvegg: Tolags rørvegg (DV-rør)</i> | <i>PE, PP</i> |
| • <i>Avløpsrør med konstruert rørvegg: Trelags rørvegg</i> | <i>PP, PVC-U</i> |

Rør produsert i 2017

Det forutsettes at alle rør er merket Nordic Poly Mark eller tilsvarende («nordiske» krav til materialegenskaper, tredjepartskontroll)

Trykkrør av PVC-U (PVC 250)



- NS-EN ISO 1452:2009 er tilfredsstillende.
- Sannsynlig levetid på minst 100 år er godt dokumentert (sikkerhetsfaktor 2,5). Følsom for riper dypere enn 1 mm.
- Usikkerhet knyttet til store brudd og lange sprekker

Trykkrør av PE (PE 100)



- NS-EN ISO 12201:2011/2013 er tilfredsstillende for PE 100. men kravet til innhold av antioksidanter bør forbedres.
- Sannsynlig levetid på minst 100 år er godt dokumentert (sikkerhetsfaktor 1,6 eller 2,0). Følsom for «dype» riper.
- E-modul ved høy strekkspenning i rørveggen er dårlig dokumentert. Inntil videre bør det derfor velges SDR 11 for vanntrykk inntil 10 bar. Viktig å kontrollere tøyningen (SDR 17 kan gi for stor tøyning)

Avløpsrør av PVC-U

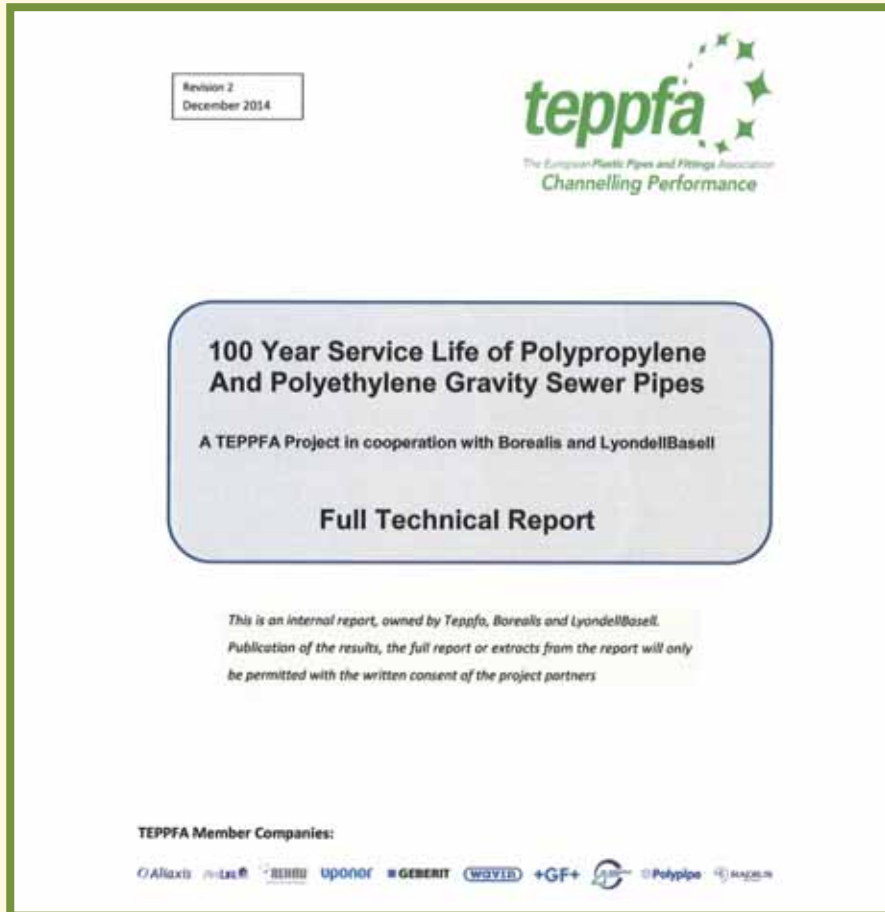


Forutsetter SN 8 og at reglene for legging av rør er fulgt.



- NS-EN 1401:2009 begrunner ikke øvre, tillatte grense for tilsetning av finmalt pulver av kalkstein. (blir tilsetningen for høy, kan det øke bruddfaren) Det burde vært stilt krav til måling av sigefaktor (som i EN 13476).
- Nederlandske undersøkelser + driftserfaringer i 40 år i mange land viser at det er sannsynlig med levetid minst 100 år.

Avløpsrør av PP



Rørdeler for avløpsrør av PVC-U produseres vanligvis av PP.

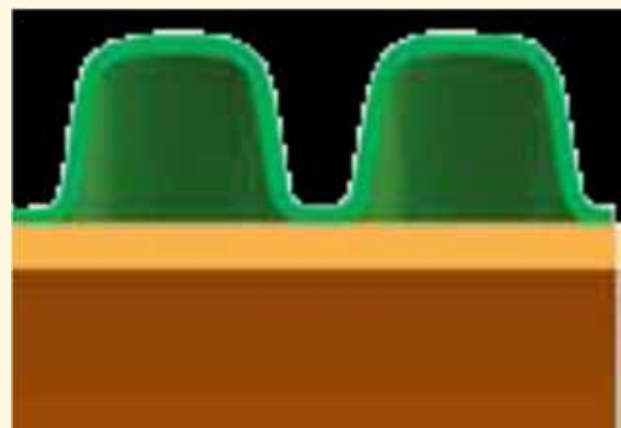
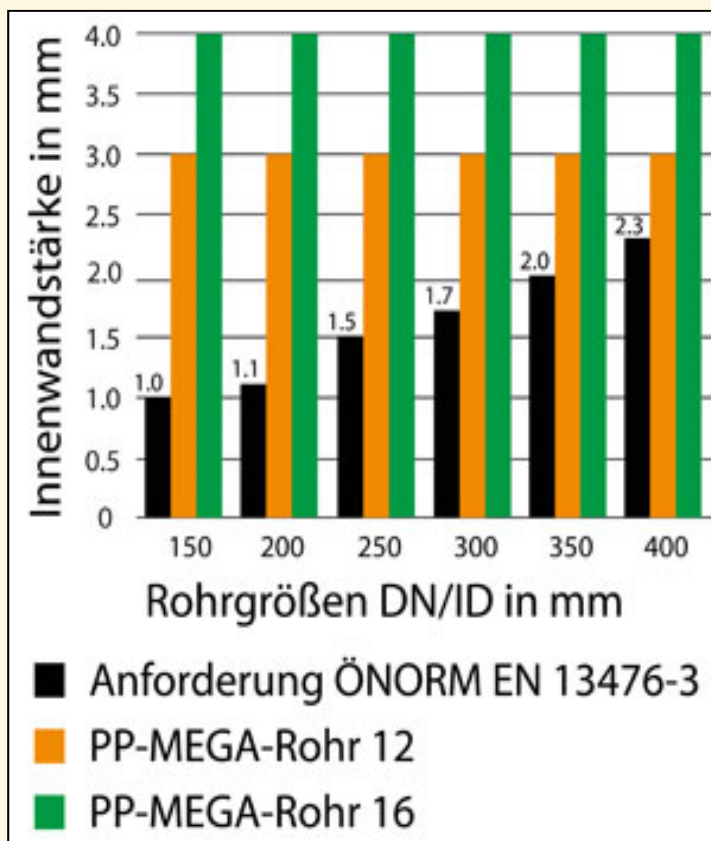
Rapporten fra Teppfa (2014) viser at rørene sannsynligvis vil nå minst 100 års levetid, men standarden NS-EN 1852:2009 må forbedres i samsvar med anbefalinger i rapporten.

Avløpsrør av PE og PP (konstruert rørvegg med to lag)



- For små diametere er lagtykkelsen sannsynligvis for liten til at rørene får en levetid på minst 100 år. For store diametere er veggtykkelsen stor nok.
- Standarden NS-EN 13476:2007/2009 har viktige svakheter, og den må revideres i samsvar med anbefalingene i rapporten fra Teppfa (2014).

Dobbeltveggete rør : Øke lagtykkelse

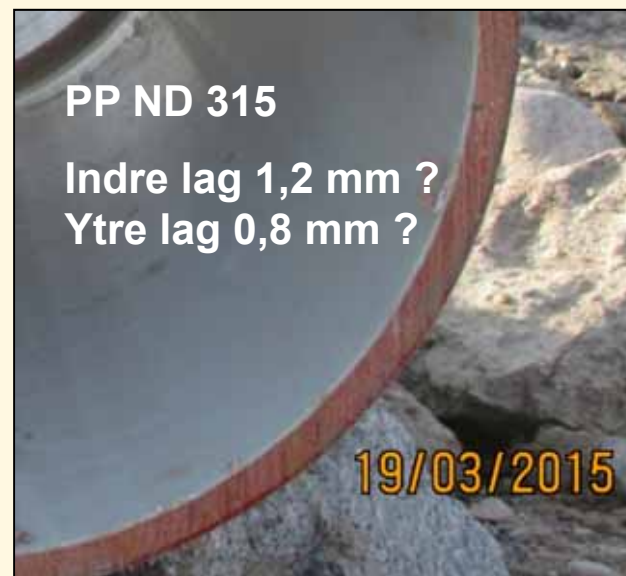


For å oppnå lengre levetid tilbyr enkelte rørfabrikker i Østerrike et tykkere innerlag.

Hva er nødvendig ?

Nok et eksempel som illustrerer at standarden EN 13476 ikke er god nok.

Avløpsrør av PP og PVC-U (konstruert rørvegg med tre lag)



Ytre lag og indre lag: Vanlig PP-B-HM eller PVC-U

Midtre lag: Skummet PP eller PVC-U tilsatt finmalt pulver av kalkstein

- **NS-EN 13476 er ikke god nok.**
- **Det er ikke dokumentert at denne rørtypen vil holde i minst 100 år.**
- **Rørenes egenskaper bør dokumenteres i samsvar med tankegangen i rapporten fra Teppfa 2014**

Minst 100 års levetid ?

Vi kan oppnå 100 års levetid for utvendige vann- og avløpsledninger av plast.

En viktig forutsetning er at de europeiske standardene tilpasses dette målet, slik at det er mulig å stille de riktige kravene.

På de tre neste lysarkene er det belyst to krav til bedre dokumentasjon av plastrør, som bør tas inn i de respektive standarder

Til slutt kommer fire lysark, gir viser grovt hvordan aktuelle rørtyper er bedømt.

VI. Særskilte krav til dokumentasjon av materialegenskaper

- Jordlast og rørets motstand mot sakte sprekkevekst:
 - *Det neste lysarket viser deformasjon pga. jordlast (trykkløst rør)*
 - *Lysarket deretter viser hvordan den elastiske tøyningen avtar med tiden.*
 - *Rørveggs motstand mot sakte sprekkvekst skal være så stor at den elastiske tøyningen / strekkspenningen ikke fører til sakte sprekkvekst og brudd*
- Innvendig vanntrykk og tøyning i trykkrør av PE:
 - *Det tredje lysarket viser tøyningen i et trykkrør av PE etter 50 år varighet av det innvendige vanntrykket.*
 - *Innvendig vanntrykk på 10 bar i et rør med DN 225 og SDR 11 vil gi en strekkspenning i ringretning på om lag 5 N/mm².*
 - *Sikre tall for E-modulen ved strekkspenning 5 N/mm² er ikke lett tilgjengelig, og beregningen av tøyningen er derfor usikker. Gode opplysninger om E-modul bør være lett tilgjengelig.*

Trykkløse ledninger av plast - deformasjon og tøyning pga. jordlast

Deformasjon d/D_m av nedgravde, fleksible rør pga. jordlast .

Beregnes gjerne ved hjelp av formler på følgende form:

$$d/D_m = K \cdot Q_j / (SR + SS) \quad (\text{m/m})$$

der:

d = deformasjon (m)

D_m = midlere rørdiameter (m) (i rørveggenes nøytralakse)

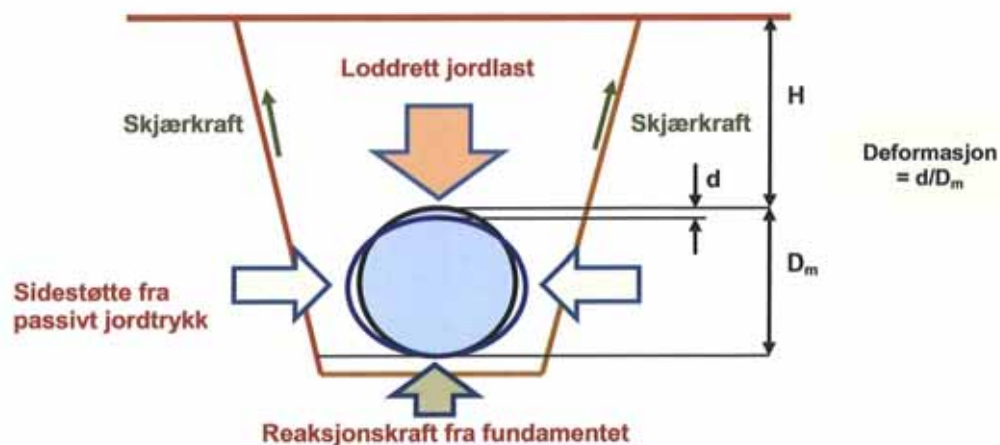
Q_j = jordlast (MPa) (1 MPa = 10^6 N/m²)

SR = rørets ringstivhet (MPa)

(avhengig av rørmaterialets elastisitetsmodul E ,
og derfor av varigheten på jordlasten)

SS = stivheten til omfyllingsmasser
og fundament (MPa)

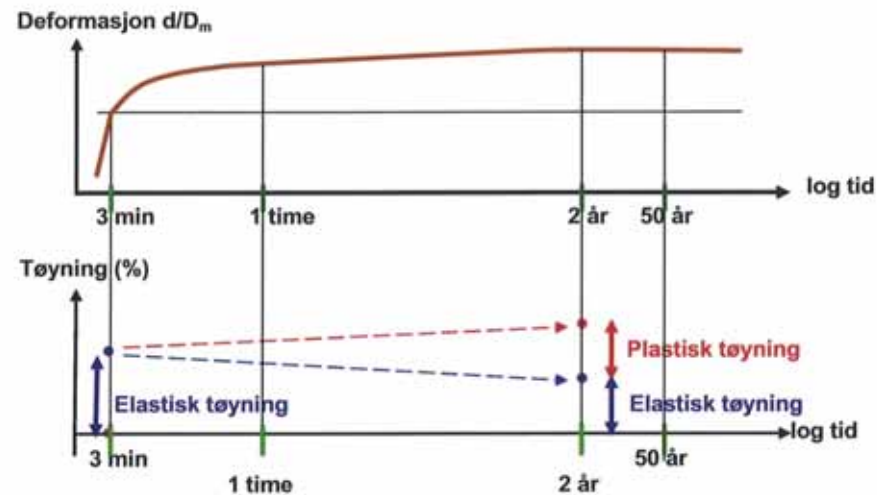
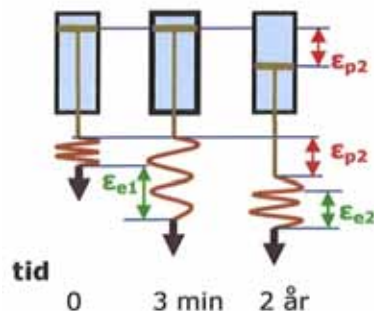
K = konstant



Deformasjon av nedgravd, fleksibel rørledning: Deformasjon og kraftbilde

Trykkløse ledninger: Samvirke mellom rørledning og jordlast

- Like etter igjennfylling av ledningsgrøften er det kun **elastisk tøying** i rørveggen
- Etter 2 år (vanligvis 1 – 3 år) er den samlede tøyingen økt vesentlig på grunn av **siging** i rørveggen av plast:
 - Den elastiske tøyingen er blitt mindre
 - Den plastiske tøyingen er blitt større



Deformasjon og tøying i ringretning – prinsippsskisse.

Straks ledningsgrøften fylles igjen, deformeres rørtverrsnittet **elastisk**. Dette gir en tilsvarende **elastisk** tøying i ringretning i rørveggen.

På grunn av at elastisitetsmodulen avtar pga. **siging** i rørmaterialet, fortsetter deformasjonen. I en riktig lagt ledning vil veksten i deformasjonen stoppe opp.

Figuren viser at **den elastiske tøyingen avtar**, mens **den plastiske tøyingen øker** (forenklet illustrasjon). Den elastiske tøyingen opprettholder strekkspenning i deler av rørveggen, og strekkspenningen avtar i takt med reduksjonen i den elastiske tøyingen.

Etter 3 minutter har den **elastiske tøyingen** økt til ϵ_{e1} . Den plastiske tøyingen er da tilnærmet 0. Etter 2 år er den **plastiske tøyingen** økt fra 0 til ϵ_{p2} , mens den **elastiske tøyingen** er redusert fra ϵ_{e2} til ϵ_{e1} .

Trykkledninger av PE med innvendig overtrykk: Rørdiameteren øker

- For stor deformasjon av ledningen pga. siging gjør det vanskelig å skjøte ledningen etter flere års driftstid:

Diameteren på en trykkledning har over tid økt så mye at en standard muffe har for liten diameter til å passe. Dette gjelder i hovedsak PE-ledninger, som har lavest E-modul.

I dag (2017) brukes mest **PE 100**. For å unngå for stor tøyning i trykkledninger anbefales det å bruke **SDR 11** for nominelt trykk PN 10. For PE 100 gir SDR 11 en sikkerhetsfaktor **C = 2,0**.

Eksempel:

Strekkspenning $\sigma = 5 \text{ N/mm}^2$

E-modul for lastvarighet 50 år: $E_{50 \text{ år}} = 150 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$

Tøyning etter 50 år: $\epsilon_{50 \text{ år}} = \sigma / E_{50 \text{ år}} = 5 / 150 = 0,033$

For et rør med utvendig diameter 200 mm vil utvendig diameter øke med $200 \text{ mm} \cdot 0,033 = \mathbf{6,6 \text{ mm}}$

Eksempler på stor tøyning i PE-ledninger, se:

«Provtrykning – Svenskt Vatten utvecklingsprojekt»,

Foredrag av Gunnar Bergsman på konferansen til **4S ledningsnät** 2. oktober 2013.

Kvalitet sett i forhold til «Minst 100 års levetid»

Trykkrør av termoplast

Materiale	Dokumentasjon av råmaterialer		Produksjon av rør	Dokumentasjon av 100 års levetid for rørtypen	Krav i standarden sett i forhold til 100 års levetid
	Hoved-materiale	Forsterkning i kompositt			
PEH (PE 100)	Svært god	Brukes ikke	Svært god	Svært god	God
PVC –U (PVC 250)	Svært god	Brukes ikke	Svært god	God	God

For PVC-U: Kunnskapen om bruddhyppighet og bruddform/størrelse for rør produsert etter 1980/1985 er utilstrekkelig.

Kvalitet sett i forhold til «Minst 100 års levetid»

Trykkløse rør (avløpsrør) av termoplast (rør med jevntykk rørvegg og ensartet rørmateriale)

Materiale	Dokumentasjon av råmaterialer		Produksjon av rør	Dokumentasjon av 100 års levetid for rørtypen	Krav i standarden sett i forhold til 100 års levetid
	Hoved-materiale	Forsterkning i kompositt			
PVC-U	Svært god	Dårlig	Svært god	God	Dårlig (EN 1401)
PP (PP-B-HM)	Svært god	Brukes ikke	Svært god	God	Dårlig (EN 1852)

PVC-U: Kompositt: Tilsetting av finmalt pulver av kalkstein øker E-modulen til rørmaterialet. For mye mineralsk pulver øker faren for sprøbrudd:
Hvor går grensen ?

PP: Rapporten fra Teppfa (2014) viser hvordan EN 1852 kan forbedres).

Kvalitet sett i forhold til «Minst 100 års levetid»

Trykkløse rør (avløpsrør) av termoplast (rør med konstruert rørvegg: to-lags rør/DV-rør)

Materiale	Dokumentasjon av råmaterialer		Produksjon av rør	Dokumentasjon av 100 års levetid for rørtypen	Krav i standarden sett i forhold til 100 års levetid
	Hoved-Materiale	Forsterkning i kompositt			
PE (PE 100)	Svært god	Dårlig	Svært god	Stor diameter: God	Svært dårlig (EN 13476)
				Liten diameter: Dårlig	
PP (PP-B-HM)	Svært god	Dårlig	Svært god	Stor diameter: God	Svært dårlig (EN 13476)
				Liten diameter: Dårlig	

- Rør med liten diameter har liten lagtykkelse:
Hva med f.eks. motstanden mot varmealdring.
- Rapporten fra Teppfa (2014) viser hvordan standarden kan forbedres.

Kvalitet sett i forhold til «Minst 100 års levetid»

Trykkløse rør (avløpsrør) av termoplast (rør med konstruert rørvegg: tre-lags rør)

Materiale	Dokumentasjon av råmaterialer		Produksjon av rør	Dokumentasjon av 100 års levetid for rørtypen	Krav i standarden sett i forhold til 100 års levetid
	Hoved-materiale	Forsterkning i kompositt			
PVC-U	Svært god	Dårlig	Svært god	Dårlig	Svært dårlig (EN 13476)
PP (PP-B-HM)	Svært god	Dårlig	Svært god	Dårlig	Svært dårlig (EN 13 476)

Kravene i standarden (NS-EN 13476) er utilstrekkelige. Dette er trolig en viktig årsak til at rørtypens egenskaper er dårlig dokumentert.

Kompositt: Tilsetting av finmalt pulver av kalkstein øker E-modulen til rørmaterialet.

Hvor er øvre grense for tilsetting av mineralsk pulver (økt fare for sprøbrudd)?



Stort rør av PE med konstruert rørvegg (Stasjonsvegen, Bø i Telemark 2016)



Innvendig diameter 3500 mm,
Veggtykkelse om lag 185 mm

Dette røret har så stor diameter at EN 13476
Ikke gjelder.



Hvordan utforme kravene som gir f.eks. 100 års levetid ?