

1

FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet gir veiledning ved valg og forslag til kravspesifikasjon for vann- og avløpsrør av PE.

PE står for polyetylen – en av termoplastene. PE består av hydrogen- og karbonatomer (hydrokarboner), med formel $(C_2H_4)_n$ og har delkrystallinsk molekylstruktur. I dag brukes PE-materialene PE 80 og PE 100 (PE100 RC). Dagens PE-materialer kalles bimodale; som forteller at polymerisasjonen skjer i to eller flere seriekoblede reaktorer. Denne framgangsmåten for produksjon av PE-materiale gir gode muligheter for produsere materialer for forskjellige bruksområder, f. eks. for ekstrudering av rør og for sprøytestøping av rørdeler.

PE brukes blant annet til rør for transport av drikkevann, spillvann, overvann og drenevann. PE-rør er spesielt mye brukt når det er snakk om sjøledninger og grøttefrie ledningsanlegg (NoDig). Grøttefrie ledningsanlegg omfatter boring i løsmasser og fjell, samt fornying av ledninger (inntrekking/utblokking). PE brukes også for ledninger i vanlige grøfter.

Internasjonale standarder gir valgmuligheter. Dette VA/Miljø-bladet gir veiledning til kravspesifikasjoner hvor det er tatt hensyn til at man i Norge har dype grøfter, frostproblematikk, vanskelige og varierende grunn- og anleggsforhold. Samfunnsøkonomiske hensyn tilsier også at man ønsker minst 100 års levetid for ledningsanlegget.

Fordeler med PE-rør:

- Hydraulisk glatte rør.
- Lav vekt.
- Korrosjonsbestandige inn- og utvendig.
- Høy slagfasthet selv ved lave temperaturer.
- 100 % tetthet ved korrekt skjøting (sveising).
- Strekkfaste skjøter ved buttsveising eller elektromuffesveising.
- Stor fleksibilitet som kan redusere behov for bend.
- God motstand mot slitasje ved transport av sand og grus.
- Tåler store deformasjoner før brudd.
- Høyere korttids E-modul gjør det mulig å unngå store tøyninger ved senking av sjøledninger.
- Kan levere materialkvalitet som har særlig stor motstand mot langsom sprekkvekst (PE 100 RC).

Ulemper med PE-rør:

- Relativt stor termisk temperaturutvidelseskoeffisient gjør at man må ta hensyn til dette i prosjektering og ved installasjon. Dette løses ved å "låse" PE-røret til strekkfaste punkter.
- Ikke diffusjonstett mot hydrokarboner i grun-

nen (forurenset grunn, myrområder etc.). I praksis gjelder dette ledninger opp til DN 63 og spesielt i ledninger hvor vannets oppholdstid i ledningen er lang (stikkledninger og ledninger i hytteområder). For større dimensjoner er godstykkelsen så stor at diffunderende stoffer (hydrokarboner) ikke kommer igjennom i slike mengder at de påvirker vannkvaliteten.

- Rørets evne til å tåle innvendig over-/undertrykk reduseres med økende temperatur.
- PE er et mykt materiale og PE-rør som kommer i kontakt med spisse gjenstander får relativt lett riper og sår. Håndtering og installering av PE-rørene må derfor skje på en måte som reduserer risikoen for utvendige riper/skader. Dette er spesielt viktig for trykkør.
- Langtids E-modul er lav, og dette kan gi så stor tøyning at framtidige reparasjoner kan bli vanskelige å utføre. Det er viktig å ikke velge for høye SDR-verdier.

For installasjon av PE-rør i grøft henvises det til VA/Miljø-blad nr. 5 og "Legging av plastrør for vann og avløp" utgitt av NPG Norge.

2

BEGRENSNINGER

Dette VA/Miljø-bladet omhandler både trykkør og trykkløse rør for vannforsyning og avløp. Hovedemnet er rør med jevntykk og homogen rørvegg. PE-rør med konstruert rørvegg (NS-EN 13476) nevnes kort. Andre rør med konstruert rørvegg (NS-EN 13476) nevnes i noen sammenhenger.

Dette VA/Miljø-bladet tar ikke for seg spesielle krav til utvendig beskyttelse i forbindelse med grøttefrie metoder eller spesielle krav knyttet til preisolerte rør i grunne grøfter eller opphengt i bygningskonstruksjoner (broer). Det henvises blant annet til VA/Miljø-blad nr. 97 «Krav til PE-rør ved NoDig-utførelse», samt VA/Miljø-blad nr. 90 «NoDig-metoder for hovedledninger – Metodeoversikt».

Spesielle krav i forbindelse med drenerør blir ikke behandlet. Bladet omhandler heller ikke rør med konstruert rørvegg.

For ledninger under vann henvises det til VA/Miljø-bladene nr. 44, 45, 46 og 80.

3

FUNKSJONSKRAV

Levetid for PE trykkør: Minst 100 år

Levetiden for et riktig prosjektert, installert og driftet PE-rør skal være minst 100 år.

Dimensjonerende standtid for et PE-trykkør etter NS-EN 12201 er 50 år, ved en temperatur 20° C. Røret

Utarbeidet:	oktober 1997	Grøner AS	Revidert:	desember 2019	Norsk Rørsenter
-------------	--------------	-----------	-----------	---------------	-----------------

skal i denne perioden tåle et konstant driftstrykk (PFA), hvor det er tatt hensyn til en gitt "sikkerhetsfaktor", også benevnt som "designfaktor", $C = 1,25$.

I Norge er det anbefalt å bruke sikkerhetsfaktor $C = 1,6$, dette for bl.a. å sikre en levetid på minst 100 år.

Årsaken til at man fortsatt ønsker å ha en sikkerhetsfaktor $C = 1,6$ er:

- Ønsket om å oppnå en lengre funksjonstid. (>100 år)
- Ved valg av sikkerhetsfaktor, $C=1,6$ blir det større sikkerhet rundt faktorer som lagring, håndtering, transport, legging og drift.
- Standardiserte regler for tillatt dybde av utvendige riper mangler også. Det har vært vanlig å akseptere riper, som er avrundet i bunnen, på inntil 10 % av veggtykkelsen for trykkrør. Dette fordi riper virker som bruddanviser. For trykkløse rør har riper mindre betydning.
- Redusere faren for at langtids tøyning blir så stor at det skaper problemer for framtidige reparasjoner. Unngå at tøyningen blir så stor at E-modulen avtar (stor tøyning gir redusert E-modul).

Rørmaterialet skal være motstandsdyktig mot eventuelle aggressive stoffer i grunnen eller i avløpsvannet på en slik måte at rørets hydrauliske og styrkemessige egenskaper ikke svekkes.

For trykkledninger vil som regel innvendig overtrykk, innvendig undertrykk og trykkstøt være dimensjonerende for valg av trykkklasse/SDR-verdi. (SDR er definert som utvendig diameter dividert på veggtykkelse).

Levetid for PE trykkløse rør : Minst 100 år

Rørets ringstivhet og utvendige belastninger (jord-/trafikklast og eventuelt utvendig vanntrykk ved høy grunnvannstand) påvirker deformasjonsgraden. Tillatt relativ deformasjon for et nylagt PE-rør er 5 %.

For trykkløse avløpsledninger vil det være anleggsutførelsen, utvendige belastninger (jordlast/trafikklast) og ringstivhet som er avgjørende for rørets evne til å forebygge for stor deformasjon.

Bøyeradius

Ved bøyning av rør må tillatt korttids- og langtids-bøyeradius ikke overskrides. Tillatt bøyeradius skal oppgis av rørprodusent, men generelt brukes:

- Korttids bøyeradius (anleggsfasen): $30 \times DN$
- Langtids bøyeradius (ferdig lagt):
- Trykkrør: $60 \times DN/OD$
- Trykkløse rør: $30 \times DN/OD$

4

LØSNINGER

4.1 GENERELT

Temperaturpåvirkning

PE er en termoplast. Det betyr at materialstyrke og elastisitetsmodul er avhengig av temperaturen og av belastningens størrelse og varighet.

Viktige materialegenskaper for plastrør angis for en temperatur på $+20^\circ\text{C}$. Ved høyere temperaturer reduse-

res rørets evne til å tåle belastning. Ved lavere temperaturer øker materialstyrken. For nedgravde VA-rør vil temperaturen vanligvis være lavere enn 10°C og høyere enn 0°C . I PE-rørets driftsfase vil derfor varierende temperatur, innen relativt snevre grenser, vanligvis ikke skape særlige problemer.

Den termiske lengdeutvidelseskoeffisienten for PE 100 rør kan settes til $0,16 \text{ mm/m}^\circ\text{C}$. Et 100 meter langt PE-rør som blir utsatt for et temperaturfall på 20°C blir derved 320 mm kortere. Også i ringretningen vil temperaturen forårsake at diameteren på røret blir litt større når rørvæggen varmes opp av solen om sommeren og litt mindre på kalde vinterdager. I anleggsfasen kan temperaturforskjeller være en utfordring og må derfor vies oppmerksomhet.

Trykkrør av PE skal alltid tilkobles med strekkfaste løsninger. Forankringen kan skje enten i kumkonsoll, i kumvegg eller forankringskloss. Ved forankring må det kontrolleres at forankringen kan oppta de forekommende krefter. Forankring i kumvegg gjøres vanligvis ved at det støpes inn et flensrør med innmuringskrage, av duktilt støpejern eller stål. Se også VA/Miljø-blad nr. 127, "Forankring av PE-ledninger".

Spenningspåvirkning

Varige spenninger i rørvæggen skal holdes på et så lavt nivå at levetiden ikke reduseres. Avhengig av valgt sikkerhetsfaktor, trykkklasse og/eller SDR verdi er rørveggtykkelsen bestemt. Er strekkspenningen for høy, får vi stor tøyning i rørvæggen ("balloneffekt"). Det vil si at PE-rørets DN/OD vil øke noe og rørveggens tykkelse reduseres noe. Dette skjer fordi elastisitetsmodulen avtar over den tid belastningen varer, og også som en følge av spenningsnivået i rørvæggen.

For trykkrør av PE, som er utsatt for innvendig trykk, vil strekkspenningen i lengderetningen være 42 - 45 % av strekkspenningen i ringretningen. For et nedgravd og/eller forankret rør vil derfor også aksialkraften i røret øke. Den sammentrekning som dette medfører krever også at røret er tilstrekkelig forankret for dette (kontraksjon).

Vær også oppmerksom på at det kan oppstå uønskede tilleggspenninger i trykkrør, for eksempel ved bøyning av rørledningen i traseen, eller på grunn av temperaturforskjeller som oppstår. Spenninger påført i leggefase, for eksempel ved bøyning, vil over tid avta (relaksasjon). Se også VA/Miljø-blad nr. 127.

Elastisitetsmodul

PE er et viskoelastisk materiale. Tøyning er derfor avhengig av lastens varighet. I tillegg er den avhengig av temperaturen og det spenningsnivå som lasten forårsaker. Termoplaster har derfor elastisitetsmodul som synker etterhvert som lasten virker. Den synker mer ved høyere belastningsnivå og temperatur. Elastisitetsmodulen kan også variere avhengig av hvilken "kvalitet" PE materialet har. (PE 80 vs PE 100).

E-modulen for plastmaterialer har to begreper som det er viktig å være klar over:

- Sigemodul: Materialspenningen i rørvæggen holdes konstant og tøyningen øker. Dette er aktuelt for vannledninger med innvendig vanntrykk.

- Relaksasjonsmodul: Tøyningen holdes konstant og materialspenningen avtar. Dette er typisk for nedgravde trykkløse ledninger.

Tabell 1: Elastisitetsmodul for PE 100-rør ved strekkspenning på 4 MPa i rørvæggen (Sigemodul)

Lastvarighet	E-modul for PE 100 ved strekkspenning 4 MPa
3 minutter (korttid)	800 MPa
1 time	550 MPa
10 timer	425 MPa
100 timer	325 MPa
1000 timer	250 MPa
1 år	200 MPa
50 år (langtid)	150 MPa

Riper i PE-rør

Riper i plastrør kan skade røret. Særlig gjelder dette for trykkrør. Standarden NS-EN 12201 har ingen standardiserte krav til riper i PE-rør. Da riper i plastrør vil være fremtidige bruddanvisere, er det nødvendig å definere noen konkrete krav: For rør av PE-materiale er det generelle kravet at riper med en dybde på mindre enn 10 % av rørvæggtykkelsen godtas. Dette forutsatt at ripen er avrundet i bunnen. Trykkrør av PE 100 RC tåler riper bedre enn rør av PE 80 og PE 100. Likevel sier de tyske retningslinjene (PAS 1075 fra 2009) at for PE 100 RC rør brukt til utblokking må ha en utvendig kappe av PP.

Korrosjonsbestandighet

Korrosjonsbestandigheten innvendig og utvendig er meget god og små konsentrasjoner av kjemikalier i kommunalt vann og avløpsvann vil ikke påvirke materialets levetid. Påslipp av avløpsvann fra industri som slipper ut spesielle kjemikalier i høye konsentrasjoner og/eller med høy temperatur skal man være oppmerksom på. Det må fremskaffes opplysninger om type kjemisk stoff, temperatur, konsentrasjon og utslippenes varighet. Rørprodusenten kontaktes.

Fundament-, sidefylling- og gjenfyllingsmasser

Det henvises til VA/Miljø-blad nr. 5 og produsentenes leggeanvisninger.

Det henvises også til NS 3420-F53, NS 3420-UM, tabell U6 og NS 3552 «Fleksible avløpsledninger i grunnen – Metode for deformasjonsprøving». Nylagte avløpsrør av PE har anledning til å ha en relativ deformasjon på inntil 5%, ved normale krav. For å sikre at dette kravet blir oppfylt må entreprenøren/ anleggstrørlaggen sørge for riktig utførelse av grøftarbeidet.

Dimensjonering

Ved kapasitetsberegninger og trykktapsberegninger for vann- og avløpsledninger anbefales følgende bruks-ruhetkoeffisienter, der det er tatt hensyn til retningsforandringer, singulærtap, sveiseskjøter og fremtidig ruhetøkning.

Overføringsledning vann: $k_b = 0,1 - 0,25$ mm
 Fordelingsnett vann: $k_b = 0,40$ mm
 Trykkavløp: $k_b = 1,00$ mm

Pumpeledning spillvann med pumpestart minst 1 gang pr time: $k_b = 0,4$ mm

Pumpeledning spillvann med 4 – 6 timer mellom hver pumpestart: $k_b = 1,00$ mm

Pumpeledning avløp felles med mye sand: $k_b = 1,00$ mm

Trykkløse avløpsledninger: $k_b = 1,00$ mm

For inntaks- eller utslippsledninger i saltvann kan det være nødvendig å operere med enda høyere ruhetstaktorer på grunn av innvendig begroing/sedimentering.

Avløpsvann fra områder med fellessystem kan inneholde så mye sand at ruhet $k_b = 1-2$ mm bør vurderes.

For ledninger som har inntak i sjøvann, bør det alltid legges til rette for regelmessig fjerning av innvendig groe.

PE 100 RC

PE 100 RC er en variant av PE 100 som har enda høyere motstand mot sakte sprekkvekst (SCG). PE 100 RC har molekylkjeder med flere grener som gjør at de bedre klarer å motstå innvendig trykk dersom det er riper i rørvæggen eller punktlaste som presser inn i røret.

PE 100 RC anbefales brukt der hvor det er knyttet usikkerhet til utførelsesfasen, f.eks. sjøledninger i grøft under vann eller renovering med NoDig-metoder. Se også VA/Miljø-blad nr. 97.

Kjemiske brudd, varmealdring, nedbryting

For å forebygge at oksidasjon fører til brudd i molekylkjedene er PE-materialet tilsatt antioksidanter. Antioksidanter forbrukes mens de beskytter rørmaterialet. Størst er dette forbruket ved høye temperaturer. Antioksidanter tilsettes også for å hindre at denne prosessen ikke svekker rørmaterialet under ekstrudering og sveising, hvor temperaturen er hevet til over smelte-temperatur.

Når antioksidantene er brukt opp, vil rørvæggen sprekke opp. Dette kalles gjerne "kjemisk brudd". Innholdet av antioksidanter skal være så høyt at det skal holde i minst 100 år. For å hindre at kjemiske brudd oppstår for raskt stilles det krav til måling av OIT-verdi (Oxidation Induction Time) i rørvæggen.

Produsentene utfører også en SEM-analyse iht. ISO 9080. (SEM: Standard Extrapolation Method). Denne prøvingen utføres ved 20, 40 og 80°C. Analysen tar ca. 1 år, og det er mulig å ekstrapolere standtidsmålingene opp til 100 år. NS-EN 12201 viser ikke hvordan en ut fra SEM-analysene kan fastsette levetiden overfor varmealdring til minst 100 år.

Ultrafiolett lys kan bryte ned molekylkjedene direkte. PE-rør er derfor tilsatt pigmenter (fargestoffer) som fanger opp UV-lyset. Vanlig sot (finmalt kull/ "carbon black") "suger til seg UV-strålene" og hindrer at strålingsenergien bryter ned molekylkjedene.

4.2 TRYKKRØR

Gjeldende standarder

NS-EN 12201 - Rørledninger av plast for vannforsyning og for avløp under trykk- Polyetylen (PE) - Del 1 - 5.

Gjeldende standard for PE rør til vannforsyning og for avløp under trykk er NS-EN 12201. Her er det beskrevet at røret skal merkes med trykkklasse med den lave sikkerhetsfaktoren $C = 1,25$.

Dette gir da en dimensjonerende materialspenning:

PE 100: 8,0 MPa (MRS/C, 10/1,25)

PE 80 : 6,4 MPa (MRS/C, 8/1,25)

Tidligere standarder i Norden hadde sikkerhetsfaktor på C = 1,6.

I Norge har vi valgt å beholde sikkerhetsfaktoren C = 1,6.

Dette gir da en dimensjonerende materialspenning:

PE 100: 6,3 MPa (MRS/C, 10/1,6)

PE 80 : 5,0 MPa (MRS/C, 8/1,6)

Rørprodusentene i Norge produserer i dag PE rør i PE 100 materiale.

Materiale

MRS-verdi er 8,0 MPa for PE 80 rør og 10,0 MPa for PE 100 rør. Materialene skal tilfredsstillere kravene i NS-EN 12201. MRS = Minimum Required Strength (minimum bruddspenning) ved 20°C og 50 år belastning.

Nominell trykkklasse

Nominell trykkklasse (PN) tar utgangspunkt i MRS verdi, rørets diameter og veggtykkelse (SDR), samt sikkerhetsfaktor, C.

$$PN = \frac{20 \cdot MRS}{C \cdot (SDR - 1)}$$

Siden begrepet PN er avhengig av sikkerhetsfaktoren C, får man ikke en entydig angivelse av PN, siden sikkerhetsfaktoren kan være 1,6 (Norge) eller 1,25 (europiske standarden, EN 12201). For å unngå misforståelser brukes derfor begrepet SDR i kravspesifikasjoner, siden denne angir rørets geometri entydig. (Utvendig dimensjon dividert på veggtykkelse).

I tabell 2 vises sammenhengen mellom SDR-verdi, trykkklasse og sikkerhetsfaktor. Det skal i Norge brukes sikkerhetsfaktor C = 1,6.

Tabell 2. Sammenheng mellom trykkklasse, SDR og sikkerhetsfaktor, C.

SDR	Nominelt trykk i bar (PN)			
	PE 80 MRS = 8 MPa		PE 100 MRS = 10 MPa	
	C = 1,25	C = 1,6	C = 1,25	C = 1,6
26	5	4	6	5
21	6	5	8	6,3
17	8	6,3	10	8
13,6	10	8	12,5	10
11	12,5	10	16	12,5
9	16	12,5	20	16
7,4	20	16	25	20

PE 80 materialet fases etterhvert ut og norske produsenter produserer ikke lenger VA-rør i PE 80 materiale. SDR 26 blir sjelden brukt i Norge, pga. den relativt lave rørveggtykkelsen og derav relativt lave ringstivhet.

Merking

I henhold til NS-EN 12201-Del 2 skal PE trykrør minst merkes med produktstandard, produsentens navn eller varemerke, dimensjoner (diameter (DN/OD) og veggtykkelse), SDR-verdi, formålet ved bruk (W, P eller W/P),

materiale og betegnelse, trykkklasse i bar og fabrikkoppløsninger.

I tillegg kan rør merkes med kvalitetsmerke og referanser til KS-systemer, samt sertifiseringsmerke for drikkevann (DK-VAND). Noen produsenter merker trykrør med flere trykklasser for å synliggjøre at man har ulike sikkerhetsfaktorer. Når røret er merket med kun en trykkklasse, så er denne vanligvis relatert til laveste sikkerhetsfaktor.

Alle PE-rør merkes vanligvis med hvit farge og minst en gang pr. meter. Kravet i NS-EN 12201 er kun at merkingens farge skal avvike fra rørets farge.

Trykrør av PE 100 og PE 80 skal være gjennomfarget sorte eller sorte med blå striper. Sorte rør har bedre UV-bestandighet enn blå rør, derfor anbefales sorte rør. Andre farger på stripen er; rødbrun, som brukes på spillvannsrør. PE-rørene skal tilfredsstillere kravene i NS-EN 12201 del 1-5, og være merket med sertifiseringsmerke for tredjepartskontroll.

Dette skal være kontrollert gjennom tredjepartskontroll bestyrt av INSTA-CERT og produktene skal være merket med sertifiseringsmerket Nordic Poly Mark - eller tredjepartsverifisert til samme kvalitetsnivå.

Tabell 3: Merking av PE rør i Norge:

Merking	Merking eller symbol
Rørprodusent	Navn eller symbol
Materiale og betegnelse	PE 100
Produktstandard	EN 12201
Diameter og godstykkelse	f.eks. 110x10
SDR klasse	f.eks. SDR 11
Høy trykkklasse med tilhørende lav sikkerhetsfaktor	PN 16 - C 1,25
Lav trykkklasse med tilhørende høy sikkerhetsfaktor	PN 12,5 - C 1,6
Referanse til internkontroll-skjema	=2426=
Produksjonsperiode (uke.år)	f.eks. =0317=
Godkjenningsmerke i h.t. akseptert godkjenningsordning	f.eks. Nordic Poly Mark
Godkjenningsmerke som viser at røret er godkjent for drikkevannforsyning	DK-VAND Dansk sertifisering for bruk som drikkevannsledning

Merking av PE 100 RC

PE 100 RC rør merkes med PE 100 RC. PE 100 RC er ikke angitt i EN 12201. Skal man stille noen krav i forbindelse med PE 100 RC-rør, kan man henviser til at man skal ha PE 100 RC-rør av PE-materiale som oppfyller kravene i PAS 1075.

Trykkstøt

For å unngå utmattingsbrudd bør det utføres beregninger og ut fra dette bestemmes om det er nødvendig med tiltak for å begrense trykksvingningene.

Følgende tommelfingerregler gjelder:

- Summen av driftstrykk og maks. positivt trykkstøt skal ikke overstige rørets nominelle trykkklasse, PN.

- For å unngå utmatting av rørmaterialet og derved rørbrudd, som for eksempel ved hyppig start og stopp av pumper, skal forskjellen mellom maks. positivt og negativt trykkstøt ikke overstige 50 % av rørets nominelle trykkklasse, dvs. 5 bar for PN 10.
- For rør med tillatt driftstrykk PN 10 bar eller mer skal undertrykk ved trykksvingninger ikke overskride 0,5 bar (5 mVs).
- For rør med tillatt driftstrykk PN 6 bar eller mindre tillates ikke undertrykk.

Det kan imidlertid tillates større undertrykk dersom det ved nærmere beregninger viser at dette er forsvarlig. For rør med SDR >17 tillates ikke undertrykk.

Disse reglene bygger på "British Code of Practice Part 2" fra 1973. Reglene er forsiktige, og de har vært nyttige. Det er i Storbritannia utført nye undersøkelser, og det viser seg at dagens trykkør av PE tåler trykkstøt bedre enn trykkørerne fra 1970-tallet.

PE, dimensjoner og SDR-klasser

Rør i PE 100 kvalitet produseres i rette lengder a 6, 12 eller 20 m, hvor 6 m og 12 m er standard. Produsentene kan også produsere på prosjekt, bl.a. lange lengder, som sjøslep. PE 100 kvalitet produseres også på kveil. I dag er stort sett rør av PE 80 kvalitet tilgjengelig som kveilrør, men flere produsenter har faset ut denne materialkvaliteten.

Etter NS-EN 12201 produseres PE rør i dimensjoner fra DN/OD 16 til og med DN/OD 2500.

Tabell 4: SDR-verdi og dimensjonsområde

SDR - verdi	Dimensjonsområde
SDR 7,4	DN 16 - DN 560
SDR 9	DN 16 - DN 800
SDR 11	DN 20 - DN 1000
SDR 13,6	DN 25 - DN 1400
SDR 17	DN 32 - DN 2000
SDR 21	DN 40- DN 2500
SDR 26	DN 50 - DN 2500

I forbindelse med dimensjonering av ledningsanlegg med PE rør må det, blant annet, tas hensyn til følgende:

- Trykk/trykkløs ledning.
- Innvendig overtrykk/undertrykk.
- Valg av sikkerhetsfaktor (C = 1,6).
- Jordlast/trafikklast.
- Trykkstøt/ Utmatting.
- Ringstivhet.

Anboring

Det er viktig ved anboring på trykkør av PE at en bruker riktig utstyr og at man følger de anvisninger som er gitt i VA/Miljø-blad nr. 7. Tilknytning av stikkledning

til hovedvannledning. Der det er mulig, anbefales det å bruke elektrosadelstykker når stikkledninger skal anbores til hovedledninger av PE. Utførelse av slike elektrosadelstykker skal gjøres av sertifisert sveiser og etter produsentens monteringsanvisning.

4.3 TRYKKLØSE RØR

Gjeldende standarder

Det finnes en europeisk standard for trykkløse avløpsledninger av PE (NS-EN 12666). Dette er rør med jevn veggtykkelse. Rør etter NS-EN 12666 brukes ikke i Norge.

NS-EN 13476 gjelder rør med konstruert rørvegg. Disse rørtypene omtales ikke her.

Norske rørprodusenter produserer trykkløse avløpsrør av PE etter NS-EN 12201.

Ved å benytte denne standarden sikrer man en god og høy kvalitet også på PE-trykkløse avløpsrør.

Ringstivhet

For trykkløse anlegg med PE-rør skal rørene ha en korttids ringstivhet (SN) på minst 8,0 kN/m² (kPa). I praksis betyr dette mindre eller lik SDR 21.

Formel for ringstivhet er (for runde rør med jevn vegg):

$$SN = \frac{E \cdot e^3}{12 \cdot D_m^3}$$

hvor D_m er rørveggens midlere diameter (DN/OD - e) og e er veggtykkelsen. Pga. synkende langtids elastisitetmodul vil ringstivheten avta i takt med belastningens varighet.

Tabell 5: Korttids ringstivhet som funksjon av SDR-verdi og korttids E-modul.

SDR- verdi	Korttids E-modul (MPa)		
	800	1000	1200
41	1,0	1,3	1,6
33	2,0	2,5	3,1
26	4,3	5,3	6,4
¹⁾ 21	8,3	10,4	12,5
17	16,3	20,3	24,4
13,6	33,3	41,7	50,0
11	66,7	83,3	100,0
9	130,2	162,8	195,3
7,4	254,3	317,9	381,5
6	533,3	668,7	800,0

¹⁾ Det anbefales å velge SDR 17 rør og deler, i stedet for SDR 21 rør og deler. SDR 21 lagerføres ikke og det lages ikke sprøytstøpte deler i SDR 21.

4.4 SKJØTEMETODE

Oversikt

Skjøting av PE rør i dimensjonene DN/OD 75 - DN 2500 skal utføres enten ved buttsveising eller elektromuffe-sveising, evt. med påsveisede PE-krager og løsfenser.

Buttsveising er kvalitetsmessig den beste måten for skjøting av PE rør. Dette begrunnes med at sveiseren har bedre kontroll på de parametre som påvirker sveiseforløpet, spesielt temperatur på varmespeil, sveisetrykk og sveisetid. I tillegg gir buttsveising større mulighet for visuell kontroll av sveisen (form og størrelse på vulster). Erfaringer viser også at sveiseoperatøren ofte er bedre opplært og trent ved buttsveising.

Elektromuffesveising er best egnet for mindre dimensjoner (DN/OD < 400), ved mindre anlegg, trange arbeidsforhold o.l.

PE kan ikke limes. PE (rør eller deler) kan ikke sveises sammen med andre materialer. Skal to forskjellige rørmaterialer skjøtes skal det brukes påsveist PE krage med løslens i varmforsinket stål, boret for aktuell trykkklasse.

I tilfeller hvor det er fare for at tilkoblingspunktet kan sette seg ulikt med rør i grøft, anbefales bruk av styrerør (varmforsinket eller syrefast) på PE røret for å unngå eller redusere spenninger i PE-rør/ krage.

Ved kobling/skjøting av PE-rør mot flenser skal det benyttes armerte flenspakninger med innvulket O-ring.

For PE rør med DN/OD ≤ 63 tillates brukt strekkfaste, mekaniske klemringskoblinger i avsinkningsfri messing med støttehylse (helst i messing) tilpasset indre rørdiameter. Det er viktig at fabrikantenes anvisninger følges.

Støttehylse

Ved bruk av mekaniske koblinger er det viktig å følge produsentenes monteringsanvisninger. Kravet til støttehylse kan variere avhengig av hvordan koblingen geometrisk er utformet. Dersom låseringen sitter tilstrekkelig langt unna PE rørets spissende, vil det vanligvis ikke være behov for støttehylse. Likeledes vil det være nødvendig at tetningsringen har en viss avstand fra PE rørets spissende.

Støttehylse anbefales generelt der hvor tetting og låsing skjer nær PE rørets spissende.

Støttehylse anbefales også generelt der hvor gjenger skal trekkes til, bl.a. for å skape spenn i tetningsring og låsering. På enkelte mekaniske koblinger, som har hydraulisk tetningsring, krever man ikke støttehylse på ledninger med trykkklasse PN 6 - 10 - 16, mens man på lavere trykkklasser, PN 2,5 - 4, må ha støttehylse.

Generelt skal lave trykk i ledningen, fare for undertrykk og muligheter for lengdeforandringer på PE røret, for eksempel som følge av temperaturforskjeller eller kontraksjon grunnet indre overtrykk, føre til krav om støttehylse.

Konklusjon er derfor at støttehylse alltid skal brukes der hvor produsenten av den mekaniske koblingen anbefaler bruk av støttehylse.

4.5 SVEISING

Krav

Hovedregelen er at sveisen/skjøten minimum skal ha en levetid som tilsvarer rørets levetid, dvs. en forventet levetid på mer enn 100 år. All sveising av PE rør skal utføres etter krav i NS 416- Del 1- 2.

Krav til utførende sveiser

Sveiserne skal ha gyldig sertifikat utstedt etter krav stilt i NS 416 del 1-2, for den aktuelle sveisemetode og den aktuelle dimensjonen som skal sveises.

Krav til sveiseutstyr

Sveisemaskiner for elektro- og speilsveising skal være kalibrert og sertifisert i løpet av de siste 12 måneder. For buttsveis etter INSTA 2072. Sveisetrafo for elektromuffer skal være en type som egnet for sveising av de aktuelle elektromuffene.

Klargjøring, utførelse og sveiseprotokoll

Prosedyrer for rigging og sveising skal godkjennes av tiltakshaver eller rørprodusent før sveisearbeidet starter. Alt sveisearbeid skal utføres i henhold til NS 416 - 2, og det skal alltid føres sveiseprotokoll for hver sveis, som vist NS 416 - 2.

All sveising skal, når forholdene tilsier det, foregå i telt, eller i en container, for å beskytte mot støv, vind og nedbør, samt sikre et godt arbeidsmiljø (bedre forutsetninger for å få en god sveis).

Mange reiser spørsmål om sveising av PE-rør i kaldt vær er forsvarlig. Med kaldt vær menes her temperaturer lavere enn - 10°C. PE-materialet er en dårlig varmeleder og i kaldt vær tar det, ved buttsveising, lenger tid å oppnå forvarmingsvulst (som skal ha en definert bredde). Dette kompenseres, i en viss grad, for den lave temperaturen som PE-rørene har før sveisingen starter. I tillegg kan man også øke oppvarmingstiden uten trykk, den såkalte varmesivetiden, for å oppnå at man, også i kaldt vær, får sveisevulster med størrelser innenfor de krav som standarden setter.

Selve sveisearbeidet bør foregå i oppvarmet container. Det kan også være nødvendig å forlenge kjøletiden slik at temperaturen på rør og sveis samsvarer bedre. Ved lavere temperaturer blir PE-røret stivere og sprøere, hvilket krever større forsiktighet ved håndtering av rørene. Tildekking av rørene og forvarming med egnet varmovn, kan også være et alternativ.

Ved elektromuffesveising vil de fleste sveisemaskiner (men ikke alle) automatisk korrigerer sveisetiden ved temperaturforskjeller.

Ved elektromuffesveising skal rørendene spennes fast, med egnet verktøy, for å sikre spenningsfri sveiseskjøt. Oksidert belegg utvendig på PE rørene fjernes mekanisk før sveising, for eksempel med roterende rørskraper eller annet egnet utstyr. Bruk av fil, sandpapir, pussefiller eller rasp tillates ikke. Elektromuffen skal være tilpasset rørmaterialet og de aktuelle geometriske størrelser.

4.6 TETTHETSKRAV

Det henvises til VA/Miljø-blad nr. 24 og 25 som omhandler henholdsvis tetthetsprøving av trykkløse ledninger og trykkprøving av trykkledninger.

4.7 UTVENDIG BESKYTTELSESKAPPE

Beskyttelseskappe

Rørledningen skal ikke påføres ytre mekaniske påkjenninger, som kan medføre utvendige riper og skader, over anbefalte grenseverdier, som settes til 10 % av rørets veggtykkelse. Som en sikring mot dette, kan det benyttes PE-rør med utvendig beskyttelseskappe. Flere varianter

er på markedet, men for å oppnå effektiv beskyttelse anbefales PP-kappe med min. tykkelse 2,0 mm, for DN110, økende kappetykkelse med økende DN. Beskyttelseskappen er fysisk og styrkemessig adskilt fra medierøret, og må fjernes lokalt før sammensveising av rør og ved montering av avgreninger. Se også VA/Miljø-blad nr. 97. Se også de tyske normene, PAS 1075.

Diffusjonssperre

PE-materialet er i seg selv ikke diffusjonstett mot hydrokarboner i jordsmonnet. Det er eksempler på at drikkevann har fått smak/lukt når PE ledninger har ligget i forurenset grunn eller jordsmonn med hydrokarboner, f.eks. i myrområder. Ved installasjon av PE rør for drikkevann i forurenset grunn eller i jordsmonn med organiske forbindelser, må det vurderes å bruke et PE-rør som har diffusjonsbarriere på utsiden av røret. Beskyttelseskappe av PP er ikke diffusjonstett, det må være en diffusjonsbarriere av f.eks. EVOH eller aluminium på innsiden av kappen for å danne en barriere. Dette er spesielt viktig ved små dimensjoner, tynne rørvegger eller ved lang oppholdstid.

4.8 EKSEMPEL PÅ KRAVSPESIFIKASJON FOR EN DN/OD 200 VANNLEDNING

Samlet spesifisering

Nedenfor følger et forslag til kravspesifisering for DN/OD 200 PE 100 trykkrør for vannforsyning, der nominelt vanntrykk (PN) er 10 bar. Kravspesifiseringen tar utgangspunkt i NS 3420-U, NS-EN 12201 og de momenter som er trukket fram i dette VA/Miljø-bladet.

Utendørs vannledning - rør av termoplast

Materiale:	PE 100
Skjøt:	Buttsveisskjøt
Nominell diameter:	DN/OD 200
SDR-verdi:	SDR 11
Største tillatte driftstrykk (PMA):	PN 12,5
Tillatt prøvingstrykk på byggeplass (PEA):	PN 15

Dersom man i kravspesifiseringen spesifiserer at krav som er gitt i NS-EN 12201, del 1-5 skal gjelde, vil man automatisk få spesifisert de krav som der stilles. Det er også vanlig å stille krav om rørprodusenten skal være underlagt 3. parts kontroll, f.eks. Nordic Poly Mark, eller ordning med tilsvarende kvalitetsnivå. Rør som brukes til drikkevann må også være "DK-VAND" godkjent, siden Norge ikke har noen egen godkjenningssystem for drikkevannsrør. Det finnes en rekke andre godkjenningssystemer for materiale i kontakt med drikkevann. Er en usikker på noen av de andre godkjenningssystemene, bør en kontakte Statens institutt for folkehelse.

Enkel forklaring på spesifiseringene som er gitt over:

MATERIALE: PE 100

PE 100 trykkrør beregnet for vannforsyning skal tilfredsstillende de krav som stilles i NS-EN 12201 - Del 1 - 5. Rørene produseres i standard lengder à 6 eller 12 meter. På prosjekt kan lengde på rør avtales mellom produsent og kjøper.

PE-materialet skal tilfredsstillende kravene i NS-EN 12201- Del 1-5. Her stilles det en rekke krav, bl.a.:

NS-EN 12201 Del 1, tabell 4: MRS = 10,0 MPa.

NS-EN 12201 Del 1, tabell 1: OIT > 20 min

NS-EN 12201 Del 1, tabell 1: MFR: (0,2-1,4) g/10 min.

MRS-verdien angir minste krav til bruddstyrke til rørmaterialet. MRS verdien danner grunnlag for å beregne den dimensjonerende spenning som rørmaterialet skal tåle.

Med OIT menes "Oksidasjon-Induksjon-Tid", som er en standard test som måler restverdien på stabilisatorene (antioksidantene) som er tilsatt PE materialet.

Med MFR, melt mass flow rate, menes polyetylenets smelteindeks, og denne sier indirekte litt om molekylvekt, viskositet, sveisbarhet.

MFR måles ved at polyetylenet varmes opp til 190°C og presses gjennom en standardisert dyse, med et trykk på 5 kg, i en periode på 10 minutter. Man veier så hvor mange gram PE man har trykket igjennom i løpet av 10 minutter.

Smelteindeksen skal være mellom 0,2 - 1,4 g/10 minutter. Ved en temperatur på 190°C vil polyetylenet være i smelteform, men likevel seigtflytende og viskøs.

Den sveisemetodikk som er beskrevet i NS 416 - Del 2 (DS/INF 70-2) krever at MFR-verdien skal ligge innenfor dette området, jmf. NS-EN 12201, punkt 4.5. Ved bruk av elektromuffer stilles det også krav til smelteindeks, vanligvis innenfor samme definisjonsområde.

Buttsveisskjøt (speilsveisskjøt)

Skjøting av PE-rør kan gjøres på flere måter og byggherren/konsulenten kan bestemme skjøtemetode i kravspesifiseringen. I dette eksemplet skal rørene skjøtes med buttsveis.

Korrekt utførelse av sveisearbeidet er viktig. Det kreves at det benyttes sertifiserte sveisere og at sveisemaskinen er godkjent. Sveisemaskinen skal være gjenstand for årlig kontroll. Buttsveisen skal utføres iht. de prosedyrer som er beskrevet i NS 416 -2.

Produsentene av PE rør rangerer skjøting av PE rør etter følgende prioritering:

1. Buttsveising.
2. Elektromuffesveis.
3. PE - krager med løslensler (flensskjøt).
4. Mekaniske strekkfaste koblinger.

I de fleste tilfeller, bortsett fra de minste dimensjoner, vil som oftest buttsveising også være det rimeligste alternativet.

NOMINELL DIAMETER DN/OD 200

Nominell utvendig diameter skal være DN 200.

Krav til toleranser:

Tabell 1 i NS-EN 12201- Del 2 Rør:

Midlere minste utvendig diameter: 200 mm

Midlere største utvendig diameter: 201,2 mm

Krav til ovalitet (ut av rundhet): 4,0 mm (2 % AV DN)

Kommentar: Alle skjøtemetodene stiller krav til rørets geometriske fasong. Både diameter og ovalitet må sjekkes før skjøting finner sted, spesielt ved bruk av elektromuffer, som bl.a. stiller strengere krav til ovalitet for elektromuffen enn de krav som stilles i NS-EN 12201-2.

SDR 11

Forholdet mellom diameter og veggtykkelse skal være lik 11, dvs. veggtykkelsen skal være $200/11 = 18,2$ mm.

Ved å bruke SDR verdien som en kravspesifikasjon klassifiserer man røret entydig uten å ta hensyn til sikkerhetsfaktor. Ved buttsveising må rørene som skjøtes ha samme SDR - verdi.

Kommentar: Dersom man bruker PE 100 materiale og velger SDR 11, der man dimensjonerer for et PN 10 anlegg, får man i realiteten et rør med sikkerhetsfaktor, $C = 2,0$.

STØRSTE TILLATTE DRIFTSTRYKK (PMA) PN 12,5

Med PMA menes; Største trykk som oppstår fra tid til annen, inkludert trykkstøt, som en komponent kan motstå under drift.

NS-EN 805, tabell 2 sier at $PMA \geq MDP$

Leverandørene skal levere komponenter, med PFA, PMA og PEA, som tilfredsstillers systemets krav til DP, MDP og STP.

MDP er største dimensjonerende trykk (driftstrykk) for systemet, inklusive trykkstøt.

Brukes som grunnlag for dimensjonering av forankringer, flenser og rørdeler (komponenter), samt som utgangspunkt for systemprøvetrykk.

Kommentar: I dette eksemplet er nominelt vanntrykk 10 bar (PN 10), dvs. , en trykkklasse som er ganske vanlig i Norge. Man bør dimensjonere forankringer, komponenter etc. etter dette trykket, hvis man ikke velger det faktiske maksimale driftstrykket, MDP. Dette har store konsekvenser for kostnader, spesielt på store dimensjoner. Trykklassen på PE-røret man bruker, PE 100 SDR 11, kan man tolke til å være 16 bar, 12,5 bar eller 10 bar, avhengig av øyet som ser.

TILLATT PRØVINGSSTRYKK PÅ BYGGEPLASS(PEA)

Med PEA menes; Største hydrostatiske driftstrykk som en nylig installert komponent kan motstå i et relativt kort tidsrom, for å kontrollere at rørdelingen er uskadd og tett.

NS-EN 805, tabell 2 sier at $PEA \geq STP$

Leverandørene skal levere komponenter, med PFA, PMA og PEA, som tilfredsstillers systemets krav til DP, MDP og STP.

STP er systemprøvetrykket og beregnes med utgangspunkt i MDP.

Brukes som grunnlag for dimensjonering av forankringer, flenser og rørdeler, samt som utgangspunkt for systemprøvetrykk.

Kommentar: Dette trykket vil vanligvis være det samme som systemprøvetrykket, STP; som for $PN > 10$ vil være; $MDP + 5$ bar og ved $PN < 10$, vil STP være; $MDP \cdot 1,5$.

Øvrige krav i Norge

Rør og rørdeler skal oppfylle de tekniske bestemmelsene i NS - EN 12201 og INSTA SBC12201 (se www.insta-cert.net). Dette skal være kontrollert gjennom tredjeparts-kontroll bestyrt av INSTA-Cert og produktene skal være merket med sertifiseringsmerke, f.eks. Nordic Poly mark, eller tredjepartsverifisert til samme kvalitetsnivå. Rørene skal minst merkes i henhold til NS-EN 12201 - 2 (tabell 3 i dette blad) og være forsynt med et akseptert sertifiseringsmerke (f.eks. Nordic Poly Mark). I Europa er det flere andre ordninger som tilsvarer Nordic Poly Mark.

Bruk av strammebånd og stabling av rør må være utført slik at rørene ikke blir skadet eller varig deformert. Maks stablehøyde er vanligvis 2 rørbunter eller 2,5 meter.

Rørprodusenten skal ha et sertifisert og fungerende KS-system minst ihht. NS-EN ISO 9001. Rørleverandøren har ansvar for rørets kvalitet frem til tiltakshavers lagerplass avhengig av leveringsbetingelsene. Rørene skal leveres i arbeidstiden med en representant for tiltakshaver tilstede.

Leggeanvisning på norsk skal fremskaffes, eller henvises til, senest ved levering av rør og deler, såfremt ikke annet er avtalt.

Rørene skal leveres med endelukk/beskyttelses-lokk. For dimensjoner større enn DN/OD 315 må krav til beskyttelseslokk spesifiseres.

Etter bruk samles plastlokk inn til gjenvinning.

Henvisninger:		Utarbeidet:	oktober 1997	Grøner AS
/1/	NS-EN 12201 - Rørledninger av plast for vannforsyning og avløp under trykk - Polyetylen (PE) - del 1 - 5	Revidert:	desember 2019	Norsk Rørsenter AS
/2/	NS-EN 12666 - Rørledninger av plast for trykkkløse avløpsledninger i grunnen - Polyetylen (PE) - Del 1 Krav til ledninger, rørdeler og system.	/5/	Legging av plastrør for vann og avløp, NPG - Norge	
/3/	NS 416 del 1 og 2 (krav til sveising)	/6/	VA/Miljø-blad nr. 3, 5, 7, 24, 25, 44, 45 og 46, 90, 97 og 127	
/4/	DS/INF 70 del 1-7 (krav til sveising)	/7/	Norsk Vann rapport 232/2018	