

1 FORMÅL

Dette VA/Miljø-bladet gir veiledning ved valg og forslag til kravspesifikasjon for duktile støpejernsrør og rørdeler for vannforsyning tilpasset norske forhold og praksis. Det skal forenkle valg av produkter hvor det er tatt hensyn til at vi i Norge har dype grøfter, mye fjell, frost og vanskelige anleggsforhold.

Ved bruk av duktile støpejernsrør gjelder NS-EN 545, «Rør, rørdeler og tilbehør av duktilt støpejern samt deres sammenføyninger for vannledninger. Krav og prøvingsmetoder». VA/Miljø-bladet har tatt hensyn til de anbefalinger som er drøftet i Norsk Vann Rapport nr. 173/2010: "Veiledning for bruk av duktile støpejernsrør."

2 BEGRENSNINGER

Dette VA/Miljø-bladet tar kun opp krav til standard rør og deler som leveres for legging i grøft, men omfatter ikke:

- Spesielle krav i forbindelse med NO-DIG metoder, som f.eks strekkfaste muffeskjøter.
- Monteringsprosedyre for rørene.

3 FUNKSJONSKRAV

Funksjonskravene gjelder hele levetiden og omfatter:

- Dimensjon (DN).
- Trykkklasse, C-klasse (PN eller PFA).
- Styrke (mekaniske egenskaper).
- Tetthet (muffeskjøt og tetningsring).
- Levetid/korrosjonsmotstand.

Levetiden for en duktil støpejernsledning skal være minst 100 år. Kravet til levetiden for tetningsringen er lik kravet til røret.

4 LØSNINGER

4.1 DIMENSJONER OG TRYKK

Største tillatte kontinuerlige driftstrykk, som er tallfestet ved trykkklassebetegnelsen "C", er sammen med minste tillatte veggykkelse gitt i tabell 1. I NS-EN 545 er de samme verdier gitt i tabell 17.

I tabell 1 i dette VA/Miljø-bladet er for sammenligningens skyld også medtatt de tidligere standardiserte veggykkelsesklassene K9 og K10.

Tidligere ble rør og rørdeler klassifisert etter veggykkelsesklasse, K. Konstanten K brukes som faktor for å beregne veggykkelsen. Den nominelle veggykkelsen (ikke hensyntatt +/- toleranser) beregnes etter følgende formel, med e minimum lik 6 mm for rør og 7 mm for rørdeler:

Veggykkelse, $e = K (0,5 + 0,001 DN)$

I dag klassifiseres rør etter maks tillatt driftstrykk, "C". Med dette menes at røret skal tåle et maksimalt driftstrykk på henholdsvis minst 20, 25 30, 40, 50, 64 eller 100 bar avhengig av "C"-verdien.

I tabell 2 er anbefalte trykkklasser "C" og tilhørende minimum rørvæggykkelser " e_{min} " for ulike rørdimensjoner, DN, sammen med tidligere brukte K verdier, K9 og K10, og deres minimum rørvæggykkelse, ført opp.

Mufferør leveres etter gjeldene standard med følgende nominelle byggelengder: Se NS-EN 545, punkt 4.3.3.1 tabell 4.

DN	Nominell byggelengde m
40 og 50	3,0
$60 \leq DN \leq 600$	5,0 eller 5,5 eller 6,0
700 og 800	5,5 eller 6,0 eller 7,0
$900 \leq DN \leq 1\ 400$	5,5 eller 6,0 eller 7,0 eller 8,15
$1\ 500 \leq DN \leq 2\ 000$	8,15

Tillatte avvik:

- For standard lengde $8,15 \pm 150$ mm
- For alle andre lengder ± 100 mm

I tillegg kan av det totale antall mufferør som leveres i hver dimensjon, DN, maks. 10 % av rørende ha kortere nominell byggelengde.

I slike tilfeller skal maksimal tillatt reduksjon være:

- opp til 0,15 m for rør som har blitt kuttet for prøving
- opp til 2,0 m for rør som har blitt kuttet og med kutt lengder i multipler av 0,5 m for DN < 700.
- opp til 3,0 m og med kutt lengder i multipler av 0,1 m for DN ≥ 700 .

For standardiserte byggelengder og tillatte avvik, \pm toleranser av flensrør; se NS-EN 545 punkt 4.3.3.2 og for rørdeler se punkt 4.3.3.3.

Tabell 1: Trykklasser "C", dimensjoner rør, minste tillatte rørveggtykkelser.

DN	Utvendig diameter DE mm		Minste tillatte rørveggtykkelser, e _{min} mm								
	Nominal	Tillatt avvik	Class 20	Class 25	Class 30	Class 40	Class 50	Class 64	Class 100	K9	K10
40	56	+ 1/ - 1,2				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
50	66	+ 1/ - 1,2				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
60	77	+ 1/ - 1,2				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
65	82	+ 1/ - 1,2				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
80	98	+ 1/ - 2,7				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
100	118	+ 1/ - 2,8				3,0	3,5	4,0	4,7	4,7	4,7
125	144	+ 1/ - 2,8				3,0	3,5	4,0	5,0	4,7	4,8
150	170	+ 1/ - 2,9				3,0	3,5	4,0	5,9	4,7	5,0
200	222	+ 1/ - 3,0				3,1	3,9	5,0	7,7	4,8	5,5
250	274	+ 1/ - 3,1				3,9	4,8	6,1	9,5	5,2	5,9
300	326	+ 1/ - 3,3				4,6	5,7	7,3	11,2	5,6	6,4
350	378	+ 1/ - 3,4			4,7	5,3	6,6	8,5	13,0	6,0	6,8
400	429	+ 1/ - 3,5			4,8	6,0	7,5	9,6	14,8	6,4	7,3
450	480	+ 1/ - 3,6			5,1	6,8	8,4	10,7	16,6	6,8	7,7
500	532	+ 1/ - 3,8			5,6	7,5	9,3	11,9	18,3	7,2	8,2
600	635	+ 1/ - 4,0			6,7	8,9	11,1	14,2	21,9	8,0	9,1
700	738	+ 1/ - 4,3		6,8	7,8	10,4	13,0	16,5		8,8	10,1
800	842	+ 1/ - 4,5		7,5	8,9	11,9	14,8	18,8		9,6	10,9
900	945	+ 1/ - 4,8		8,4	10,0	13,3	16,6			10,4	11,8
1000	1 048	+ 1/ - 5,0		9,3	11,1	14,8	18,4			11,2	12,7
1 100	1 152	+ 1/ - 6,0	8,2	10,2	12,2	16,2	20,2			12,0	13,6
1 200	1 255	+ 1/ - 5,8	8,9	11,9	13,3	17,7	22,0			12,8	14,5
1 400	1 462	+ 1/ - 6,6	10,4	12,9	15,5					14,4	16,3
1 500	1 565	+ 1/ - 7,0	11,1	13,9	16,6					15,2	17,2
1 600	1 668	+ 1/ - 7,4	11,9	14,8	17,7					16,0	18,1
1 800	1 875	+ 1/ - 8,2	13,3	16,6	19,9					17,6	19,9
2 000	2 082	+ 1/ - 9,0	14,8	18,4	22,1					19,2	21,7

For tillatte avvik i byggelengder for mufferør med full lengde eller avkortet, er byggelengdetoleransene -30/+70 mm.

4.2 STYRKE

4.2.1 TRYKK

I praksis angis maks. kontinuerlig hydrostatisk trykk (PFA) for vannledninger med PN, nominelt trykk, i bar, PN 10, PN 16, PN 25. For vannledninger er følgende trykkdefinisjoner innført (komponentrelatert) /5/:

- PFA, største hydrostatisk trykk som en komponent kan motså under kontinuerlig drift, kfr. tabell 1. Dette tilsvarer maksimalt tillatt kontinuerlig driftstrykk.
- PMA, største tillatte kortvarig driftstrykk som oppstår fra tid til annen, medregnet trykkstøt, og som en komponent kan motstå under drift. PMA = 1,2 x PFA.
- PEA, største hydrostatiske prøvetrykk som en nylig installert komponent kan motstå i et relativt kort tidsrom, for å kontrollere at

rørledningen er uskadd og tett. Generelt gjelder at PEA = PMA + 5 bar.

Det fremgår av tabell 1 av tallverdien til trykklassene "C" at den trykkmessige styrken til duktile støpejernsrør er mer enn tilstrekkelig for vannforsyningsformål.

Maksimumsverdiene for tillatt kontinuerlig nominelt trykk, dvs. trykkklasse "C" eller PFA regnes ut etter formelen:

$$C = PFA = \frac{20 \cdot e_{\min} \cdot R_m}{D_m \cdot S_f} \text{ (bar)}$$

hvor: e_m = minimum rørveggtykkelse (mm)
 R_m = minimum strekkfasthet for duktilt støpejern i MPa (R_m = 420 MPa)
 S_f = sikkerhetsfaktor = 3,0
 D_m = midlere rørdiameter (DE - e_{min}) (mm).

PMA = 1,2 PFA (med S_f = 2,5).

PEA = PMA + 5 bar.

Tabell 2: Norsk Vanns materialgruppes anbefalte trykklasser og tilhørende minimum rørvægtykkelser for ulike rørdimensjoner sammenliknet med K9 og K10.

DN	Anbefalte trykklasser Bar	e_{\min} for anbefalte trykklasser mm	e_{\min} for K9 mm	e_{\min} for K10 mm
≤ 100	Class 64 / C64	4,0	4,7	4,7
125	Class 64 / C64	4,0	4,7	4,8
150	Class 64 / C64	4,0	4,7	5,0
200	Class 64 / C64	5,0	4,8	5,5
250	Class 50 / C50	4,8	5,2	5,9
300	Class 50 / C50	5,7	5,6	6,4
350	Class 50 / C50	6,6	6,0	6,8
400	Class 50 / C50	7,5	6,4	7,3
450	Class 40 / C40	6,8	6,8	7,7
500	Class 40 / C40	7,5	7,2	8,2
600	Class 40 / C40	8,9	8,0	9,1
700	Class 40 / C40	10,4	8,8	10,0
800	Class 40 / C40	11,9	9,6	10,9
900	Class 30 / C30	10,0	10,4	11,8
1 000	Class 30 / C30	11,1	11,2	12,7
1 100	Class 30 / C30	12,2	12,0	13,6
1 200	Class 30 / C30	13,4	12,8	14,5
1 400	Class 30 / C30	15,5	14,4	16,3
1 500	Class 30 / C30	16,6	15,2	17,2
1 600	Class 25 / C25	14,8	16,0	18,1
1 800	Class 25 / C25	16,6	17,6	19,9
2 000	Class 25 / C25	18,4	19,2	21,7

4.2.2 OVERDEKNING

Ut fra styrke kan duktile støpejernsrør legges i hovedveier med overdekninger minimum 800 mm, under forutsetning av at rørene legges som beskrevet i VA/Miljø-blad nr. 6. Ønskes mindre overdekning, kontakt rørprodusenten. Uten trafikklast kan overdekning ned til 300 mm tillates.

Når det gjelder maksimal overdekning vil overdekning på 10 - 12 meter normalt ikke være noe problem. Ønskes større overdekning, kontakt rørprodusenten. Begrensningen er vanligvis det innvendige sementmørtelbelegget som tåler opp til 4 % deformasjon (ovalitet) i røret. Se "Annex F" i NS-EN 545 for beregning av tillatte overdekningshøyder.

4.2.3 FUNDAMENT-, SIDEFYLLING OG BESKYTTELSESLAG

For grøfteutforming og valg av masser til fundament, sidefylling og beskyttelseslag, henvises til VA/Miljø-blad nr. 6, "Grøfteutførelse stive rør".

4.3 TETHET

4.3.1 MUFFESKJØTER

Rør for bruk i grøft skjøtes med muffe som gir fleksible skjøter.

Av muffeskjøter finnes funksjonsmessig to hovedtyper, ikke strekkfaste og strekkfaste.

Produsentene oppgir maksimalt tillatt avvinkling ut fra kravet om ikke metallisk kontakt i muffene. Avhengig av muffetype må de forskjellige produsenters krav til maksimal avvinkling følges. Produsentenes krav til maksimal avvinkling kan brukes fullt ut ved rørlegging da det allerede er innlagt sikkerhet i den oppgitte maksimale avvinklingen.

4.3.2 TETNINGSRINGER

Tetningsringene er en del av rørløyperans. De skal tåle de fysiske og kjemiske påkjenningene fra vannet på utsiden og innsiden, og være godkjent for kontakt med drikkevann.

Tetningsringene skal tilfredsstillere kravene i NS-EN 681-1 og være i en syntetisk gummikvalitet, helst EPDM (Etylen-Propylen-Dienpolymer) eller en annen syntetisk kvalitet med tilsvarende gode ozon- og aldringsegenskaper.

Dersom tetningsringene kan bli utsatt for olje eller oljeholdig ledningsgrunn skal det brukes NBR-gummi (Nitril-Butadien-Rubber), eller en annen syntetisk kvalitet med tilsvarende gode olje-, ozon- og aldringsegenskaper.

4.4 KORROSJON, LEVETID

Ubeskyttede produkter av duktilt støpejern er utsatt for korrosjon og må beskyttes inn- og utvendig. Metode og omfang av beskyttelsen er avhengig av vannet som transporteres (innvendig beskyttelse), og grunnforhold/ omfyllingsmasser (utvendig beskyttelse).

Miljøer som gir utvendig korrosjon kan deles opp i følgende korrosjonsgrader, ut fra verdiene for spesifikk elektrisk jordmotstand, gitt i Ohm/cm:

Ved spesifikk motstandsevne < 5000 Ohm/cm anbefales det å studere vedlegg D i NS-EN 545

1. Ikke korrosiv (> 5000 Ohm/cm)
2. Mulig korrosiv (2500-1500 Ohm/cm)
3. Sterk/meget sterk korrosiv (< 1500 Ohm/cm)

Vannet som transporteres kan også deles inn i korrosjonsgrader:

1. Behandlet vann som imøtekommer kravene som er satt i Drikkevannsforskriften.
2. Andre vannkvaliteter og råvann som må vurderes særskilt.

Se også /2/ og /3/.

4.4.1 UTVENDIG BESKYTTELSE

Standardens krav til utvendig korrosjonsbeskyttelse etter NS-EN 545 er:

- Et varmpåført metallisk sinkbelegg med midlere min. 200 g/m² (ca. 29 µm) og belagt med et midlere 70 µm bitumenbelegg.

En ny type korrosjonsbeskyttelse har kommet på markedet. Det korrosjonsbeskyttende belegget består av:

- Et belegg av min. 400 g/m² (57 µm) sink-aluminiumlegering (15% aluminium og 85% sink) med et utvendig belegg av blå epoksy, tykkelse 70 µm til 100 µm.

For korrosjonsgrad 2 og 3 må undersøkelse gjøres før korrosjonsbeskyttelse velges. Erfaringer viser at følgende grunnforhold kan gi økt korrosjon:

- Marin leire, særlig i øvre forvitringssone med tilgang på humussyrer og organisk materiale kan føre til stor utvendig pitting/gropkorrosjon, som regel forårsaket av sulfatreducerende bakterier som lever under anaerobe forhold og tilgang på organisk materiale.
- Lettklinker for isolasjon eller som lett fyllmasse i grøfter. Kan gi stor jevn overflatekorrosjon, men også pitting (groptæring).
- Eldre fyllmasser, avfallsfyllinger, omfylling med oppgravde blandingsmasser, kryptstrømmer fra jordingsanlegg for katodisk beskyttelse, jernbane, sporvei, høyspent kabler, likestrømsanlegg.
- Vekslende grunnforhold, myr, m.m.

- Saltvannssoner.

Aktuelle tiltak kan være:

- PE-belegg, etter NS-EN 14628, viklet eller ekstrudert på rørveggen, med egen skjøtbeskyttelse (krympemuffe). Tykkelsen på PE belegget er normalt 1,8 mm til 3,5 mm, avhengig av DN. (også øket tykkelse, 2,5 til 4,0 mm, avhengig av diameter). Mellom PE belegget og rørveggen legges et lag med sink (200 g/m²) og utenpå sinken et klebende materiale, for å sikre vedheft. Det finnes også et alternativ med PE belegg uten sinkbelegg mellom røret og PE belegget.
- Utvendig belegg av sink og fiberarmert sementmørtel, etter NS-EN 15542, tykkelse ca. 5 mm. Belegget består av: Sink nærmest rørveggen (200 g/m²). Utenpå sinken legges et belegg av fiberarmert sementmørtel, ca 5 mm tykt. Mellom sinken og sementmørtel er det et lag av epoxy eller alternativt mørtelen er tilsatt en plastemulsjon for å hindre en reaksjon mellom sink og sement. Utenpå sementbelegget kan det også vikles et PE nett som forsterkning. (avhengig av produsent). Som skjøtbeskyttelse benyttes en overtrekkbar gummimuffe.
- Påsprøytet polyuretan-belegg, også benevnt som PUR eller PUX-belegg, etter NS-EN 15189, som krever en minimum tykkelse på 0,7 mm. Det leveres også beleggtykkelse ca. 900 µm. Eventuelt 1,8 mm (2 lag). Ingen produsenter tilbyr sink mellom plastbelegget og rørveggen. Dette skyldes kravet til tilstrekkelig vedheft.

For anbefalte korrosjonsbeskyttelse se tabell nr 3.

4.4.2 INNVENDIG BESKYTTELSE

Rør av ubeskyttet duktilt støpejern vil ruste innvendig og slike rør skal derfor alltid ha et innvendig korrosjonsbeskyttende belegg. Som belegg benyttes:

Sementmørtelbelegg

Innvendig sementmørtelbelegg som hever pH verdien ved rørveggen til minst 9. Dette fører til at jernoverflaten blir passivert og derved hindrer at korrosjon oppstår. Det er kalsium i sementmørtelen som bidrar til at pH verdien øker til mer enn 9. Drikkevannet har vanligvis en pH verdi på mellom 7,5 og 8,2. Kalsium vil over tid løses ut fra sementmørtelen og dette fører til at pH verdien synker. Sementmørtel med høyt innhold av silisium bremser nedbrytningen av mørtelen. Høyovn slaggsement, som er rester etter produksjon av jern og stål, har et høyere innhold av silisium enn vanlig portlandsement. Pozzolan er et silisiumholdig materiale som også egner seg brukt i sementmørtel til dette formålet.

For transport av vann som imøtekommer drikkevannsforskriftens krav, skal den innvendige korrosjonsbeskyttelsen være en sementmørtelforing med høyovn slaggsement, lagtykkelse fra 4,0 - 9,0 mm og med avvikstoleranser < 1,5 til - 3,6,

avhengig av rørdimensjon, DN. Ref. NS-EN 545 punkt 4.5.3. Aluminatsement skal ikke brukes for behandlet drikkevann. For råvann ned til behandlingsanlegg kan aluminatsement brukes.

Plastbelegg

Innvendig plastbelegg som hindrer transport av ioner og oksygen til rørveggen. Eksempler på slike belegg kan være:

- Epoxy (to-komponent herdeplast)
- Polyuretan (to-komponent herdeplast)
- Polyetylen

Når epoxy legges på like etter at røret er produsert vil vedheften være god.

For å sikre god vedheft for polyuretan er sandblåsing vanligvis nødvendig.

Innvendig belegg av polyetylen er ikke mye brukt og består av et tynt belegg, om lag 0,5 mm, som hindrer vann og oksygen å trenge inn til det duktile støpejernnet.

For anbefalte korrosjonsbeskyttelse se tabell nr 4.

4.4.3 RØRDELER

Rørdeler leveres med effektiv lengde etter NS-EN 545. Eksakt lengde har normalt liten praktisk betydning for legging i grøft.

Rørdeler leveres med inn- og utvendig korrosjonsbeskyttelse som gir tilsvarende levetid som for rørene.

Vanlig overflatebehandling er inn- og utvendig epoksybelegg. Epoksybelegget skal være gjennomsnittlig 250 µm tykt, og minst 150 µm på enkeltsteder. Belegget skal være elektrostatisk varm påført pulverepoksy etter DIN 30677 T2 og DIN 3476 (pulverkvalitet DIN 55690). Umiddelbart før påføringen sandblåses overflaten til SA 2,5. Alternativt kan epoxy påføres ved hjelp av en elektroporese prosess. Krav til beleggtykkelse vil da være minst 200 µm.

I stedet for epoksy kan det også velges innvendig belegg av sementmørtel og utvendig av bitumen.

4.5 KONTROLL OG KVALITETSSIKRING

Leverandøren skal kunne dokumentere at produsentens anvisninger til håndtering, transport og lagring følges. Rør levert til anleggsplassen skal innvendig og utvendig være jevne, glatte og uten synlige feil av betydning for bruken. Mindre skader i overflatebelegget tillates, men entreprenøren må utbedre disse før legging. Dette må medtas i kravspesifikasjonen til entreprenøren. Ved større skader, som bulker, staking av spisser eller der innvendig røroverflate er uten sementmørtelforing skal rørene legges til side og ikke brukes. Rørleverandøren kontaktes omgående. For rør med $DN \leq 350$ leveres rørendene terset. For $DN \geq 400$ må dette spesifiseres.

4.5.1 LEVERANDØRKONTROLL

Det er i NS-EN 545 anbefalt at produsenten av rør, rørdeler og tetningsringer skal ha et aktivt KS-system basert på NS EN ISO 9001 eller tilsvarende. Dersom et 3. parts sertifiseringsorgan er involvert, anbefales at dette er akkreditert. Kvalitetsplaner skal inkludere:

- Produktkontroll ved produksjon.
- Tidsplan for levering.
- Retningslinjer for lagring og transport.
- Rutiner for kontroll ved levering, særlig med tanke på transportskader.
- Prosedyre for utbedring av skader.

Med leveransen skal det følge monteringsveiledning etter NS-EN 45011 eller NS-EN 45012 på norsk som beskriver, metoder verktøy og glide-middel som skal brukes.

4.5.2 KRAVTIL MERKING AV RØR OG DELER

Merking skal være i henhold til krav gitt i NS-EN 545, punkt 4.7. Varig merking finnes i muffen og skal minst bestå av produsentens navn eller identifikasjonsmerke, produksjonsår, symbol for duktilt støpejern, DN, referanse til EN standard (trykkklasse, C-klasse) (EN 545). Kalibrerte rør merkes med en hvit rund ring på muffeflensen. Rørdeler med flenser merkes varig utvendig med PN. Bend merkes varig utvendig med grader (evt. brøkdeler av en sirkel).

4.6 EKSEMPEL PÅ KRAVSPESIFIKASJON

Nedenfor følger et forslag til kravspesifikasjon for DN 300 duktile støpejernsrør for vannforsyning.

Teksten sikrer ledningsanlegg med kvalitet tilsvarende dagens standard.

- Vannledning av duktile støpejernsrør
- Nominell diameter, DN : Her DN 300
- Muffeskjøt, type Tyton eller Standard
- Trykkklasse C 50
- Innvendig korrosjonsbeskyttelse av type høy-ovn slaggsement
- Utvendig korrosjonsbeskyttelse av type "Alu-sink" og epoxy
- Kommentar til veggtykkelse:
NS-EN 545, tabell 17 gir følgende minimum veggtykkelse, e:
DN 300 Class 50: 5,7 mm
Tillatt avvik på veggtykkelse: -1,6 mm
- Utvendig korrosjonsbeskyttelse for rør og rørdeler må tilpasses stedelige forhold.

Rørdeler med korrosjonsbeskyttelse bestå ende av:

Inn- og utvendig epoxy, min. 250 µm, min. 150 µm på enkeltsteder (DIN 30677T2 og DIN 55690)

- Tetningsringene eller forpakningene skal merkes med type, dimensjon (DN), og material kvalitet.
- Leveransen skal kvalitetssikres for produksjon og levering basert på NS-EN ISO 9001.

spesifikasjonen imøtekommes i alle ledd med:

- Produksjon.
- Lagring og handtering.
- Transport fram til leveringssted.
- Leveringskontroll med prosedyrer og kriterier for kassasjon evt. utbedring av skader.
- Prosedyre for utbedring av skadet materiale.
- Tidsplan for levering.

Planen skal omfatte tiltak for å sikre at

Tabell 3: Anbefalt utvendig korrosjonsbeskyttelse

Utvendig korrosjonsbeskyttelse	Grunnforhold					
	Godt drenerte masser	Marin Leire	Under grunnvannstand	Under sjøvannstand	Alunskifer	Blandingsjordarter
Sink + bitumen	Meget godt	Meget dårlig	Meget dårlig	Meget dårlig	Meget dårlig	Meget dårlig
Aluzink + epoksy	Meget godt	Middels godt *	Nokså godt *	Nokså godt *	Dårlig	Nokså godt *
Sink + PE	Meget godt	Meget godt	Middels godt	Middels godt **	Nokså godt	Middels godt
Fiberarmert sementmørtel + sink + epoksy, eller plastemulsjon i mørtelen	Meget godt	Meget godt	Middels godt	Middels godt ****	Meget dårlig ***	Middels godt *****
PUR ***** (PUX))	Middels godt	Nokså godt	Dårlig	Dårlig	Meget dårlig	Dårlig

*) Dokumentasjon av korrosjonsegenskapene er noe mangelfull.

**) Sårbar for rifter og inntrenging av kloridioner

***) Ubeskyttet sementmørtelbelegg vil tæres bort ved kontakt med alunskifer. Eventuelt epoksybelegg på sementmørtelbelegget vil bare delvis beskytte mot alunskifer.

****) Ekstra beskyttelse kan være nødvendig mot inntrenging av kloridioner.

*****) Ekstra beskyttelse kan være nødvendig, særlig i sure jordarter.

*****) Vurderingen er litt streng pga. begrenset bruk og kjennskap. PUX er et produsentnavn på utvendig polyuretanbelegg (PAM/Saint Gobain)

Tabell 4: Anbefalt innvendig korrosjonsbeskyttelse.

Innvendig korrosjonsbeskyttelse	Drikkevannskvalitet *	
	pH: < 7 Alkalitet: < 0,1 mmol/liter Kalsium: < 1 mg Ca/l	pH: < 7,8 - 8,2 Alkalitet: 0,8 - 1,0 mmol/liter Kalsium: 15 - 20 mg Ca/l
Høyovnslagsement	Nokså godt	Middels godt **
Høyaluminatsement	Middels godt	Meget dårlig
Portlandsement	Meget dårlig	Dårlig
PUR/PUX	Nokså godt	Nokså godt ***

*) Så sant tilsetting av vannglass gir tilstrekkelig utfelling av silikat, stiller ikke vann med vannglass særskilte krav til de innvendige beleggene.

**) I de senere årene har det vært en betydelig forbedring av kvaliteten på sementmørtelbelegget (blant annet pga. bruk av kontrollerte herdekammer).

***) Det er ønskelig med bedre dokumentasjon av langtids holdbarhet og heft.

Henvisninger:	Utarbeidet:	oktober 1997	Hjellnes COWI AS
/1/	NS-EN 545, siste utgave (2010)	Revidert:	mars 2003 Hjellnes COWI AS
/2/	Norsk Vann Rapport 173/2010		april 2007 Norsk Rørsenter AS
/3/	VA/Miljø-blad 6, 18, 30		mars 2012 Norsk Rørsenter AS