

R: Rehabilitering, inntrekking av rør

Inntrekking av nye PE-rør er en mye brukt rehabiliteringsmetode både på vann- og avløpssiden. Vi kan enten bruke den gamle rørledningen som varerør eller blokke ut det gamle røret for å opprettholde eller øke rørdimensjonen. Retningsstyrt boring både i fjell og løsmasser med påfølgende inntrekking av rør er også populært. Det nye røret kan trekkes inn i rørledningen ved hjelp av vinsj, det kan skyves inn – eller ved en kombinasjon av trekking og skyving. I dette kapittelet tar vi for oss beregninger som er aktuelle for slike installasjoner.

Trekkekrefter

Når røret trekkes/skyves inn må friksjonskrefter mellom rør og omgivelser overvinnes. Disse friksjonskreftene vil variere og kan være vanskelig å forutsi. Under krevende forhold brukes gjerne bentonitt for å redusere friksjonen. Kreftene vi drar eller skyver røret med må holdes under tålegrensen for røret – materialspenningene i rørveggen ($\sigma_{a,maks}$) bør normalt være mindre enn 12,0 N/mm² (MPa).

Maksimum trekkekraft finner vi ved hjelp av formelen

$$F_{maks} = \sigma_{a,maks} \cdot A_{rør} = \sigma_a \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)$$

$\sigma_{a,maks}$: Maksimum tillatt materialspenning i aksiell retning (lengderetning) [N/mm²]

$A_{rør}$: Rørveggs tverrsnittsareal [mm²]

D: Rørets utvendige diameter [mm]

d: Rørets innvendige diameter [mm]

Eksempel:

Hva er maksimum trekkekraft for et 250 mm PE 100 SDR 17 rør? Maksimum materialspenning settes til 12,0 N/mm² og rørets innvendige diameter er 220,4 mm.

$$\begin{aligned} F_{maks} &= \sigma_{a,maks} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) = 12,0 \text{ N/mm}^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot ((250 \text{ mm})^2 - (220,4 \text{ mm})^2) \\ &= 131229 \text{ N} = 131 \text{ kN} = 13,4 \text{ tonn} \end{aligned}$$

Tabell trekkekrefter ved inntrekking

D [mm]	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
32	2,26	2,68	3,28	3,85	4,58
40	3,40	4,18	5,06	6,02	7,15
50	5,32	6,46	7,87	9,37	11,2
63	8,48	10,3	12,5	15,0	17,6
75	12,0	14,7	17,5	21,1	25,1
90	17,2	21,0	25,3	30,4	36,0
110	25,7	31,1	37,7	45,3	54,0
125	32,8	40,2	48,8	58,6	69,6
140	41,2	50,4	60,9	73,6	87,4
160	53,9	65,9	80,0	95,9	114
180	68,3	83,6	101	121	144
200	84,4	103	125	150	178
225	107	130	158	190	225
250	131	161	195	234	278
280	165	201	244	293	349
315	209	255	309	371	442
355	266	324	392	472	560
400	336	411	498	599	712
450	426	520	631	758	901
500	527	643	778	934	
560	659	806	975	1172	
600	758	924	1121	1357	
630	836	1019	1235	1483	
710	1060	1294	1570	1886	
800	1345	1643	1991	2393	
900	1701	2078	2520		
1000	2103	2564	3112		
1100	2544	3108			
1200	3026	3697			
1400	4121	5032			
1600	5379	6567			

Maksimum trekkekraft i kN for PE 100 rør ved materialspenning 12,0 N/mm²

Maksimum bøyeradius ved inntrekking

Normalt må det graves ut en trekkegrøp for å få røret inn i hullet sitt. Så bøyes røret ned og inn i hullet. Bøyeradiene må ikke bli så store at røret knekker eller at tøyningen i røveggen blir for stor. Det er altså bøyeradien til røret som bestemmer minimum lengde på trekkegrøpa i forhold til dybden.

For rør med høy SDR-klasse (slanke rør) er deformasjonen som oppstår ved bøyning bestemmende for bøyeradius. Forsøk viser at rør kollapser ved cirka 8 % deformasjon. Vi

beregner tillatt bøyeradius med en sikkerhetsfaktor 2,0 – altså ved 4 % deformasjon. I denne sammenhengen forutsetter vi at temperaturen er under 20°C.

For rør med lav SDR-klasse (tykkvegga rør) er tøyningen i aksial retning dimensjonerende. Tillatt tøyning for PE er 5 % – og her benytter vi fortsatt en sikkerhetsfaktor på 2,0 og beregner bøyeradius ved 2,5 % tøyning.

Den høye sikkerhetsfaktoren ivaretar flere usikre forhold. Men for eksempel kraftig soloppvarming gir svært høye temperaturer i rørveggen – og da kan det være lurt å forlenge gropa.

Bøyeradien er avhengig av rørdimensjonen og for PE-rør med homogen rørvegg er dette forholdet konstant for hver SDR-verdi. Denne konstanten kaller vi bøyetall (k).

$$k = \frac{R}{D} [\quad]$$

R: Bøyeradius [m]
D: Utvendig diameter [m]

Så, for å finne bøyeradius når bøyetall og rørdimensjon er kjent:

$$R = k \cdot D [m]$$

Anbefalte bøyetall for PE trykrør ved inntrekking av rør via trekkegrop og ved senking av sjøledninger:

Rørklasse	SDR 33	SDR 26	SDR 21	SDR 17	SDR 13,6	SDR 11	SDR 9	SDR 7,4
Bøyetall, $k = \frac{R}{D} [\quad]$	40	31	25	20	20	20	20	20

I andre sammenhenger anbefaler vi bøyetallet 30 for trykløse rørledninger og rørledninger under installasjon og bøyetallet 60 for rør med innvendig trykk. For SDR 21 og høyere bør man ifølge tabellen bruke høyere bøyetall. Vi kan tillate lavere bøyetall i forbindelse med inntrekking og senking fordi bøyepåkjenningen er kortvarig.

Eksempel:

Hva er maksimum bøyeradius for et 250 mm PE 100 SDR 17 rør ved inntrekking?

Bøyetallet for SDR 17 rør er 20: $k = \frac{R}{D} = 20$

Vi løser formelen med hensyn på R og regner ut:

$$R = k \cdot D = 20 \cdot 0,250 \text{ m} = 5 \text{ m}$$

Lengde av trekkegrop

Når vi forutsetter at røret bøyes like mye ved toppen av gropa som ved hullet og at rørledningen er horisontal begge steder, er resten geometri.

Minimum lengde av trekkegropa:

$$L_{\text{grop}} = \sqrt{4 \cdot H_{\text{grop}} \cdot R - H_{\text{grop}}^2}$$

Ettersom $R=k \cdot D$ erstatter vi R med $k \cdot D$ formelen og får:

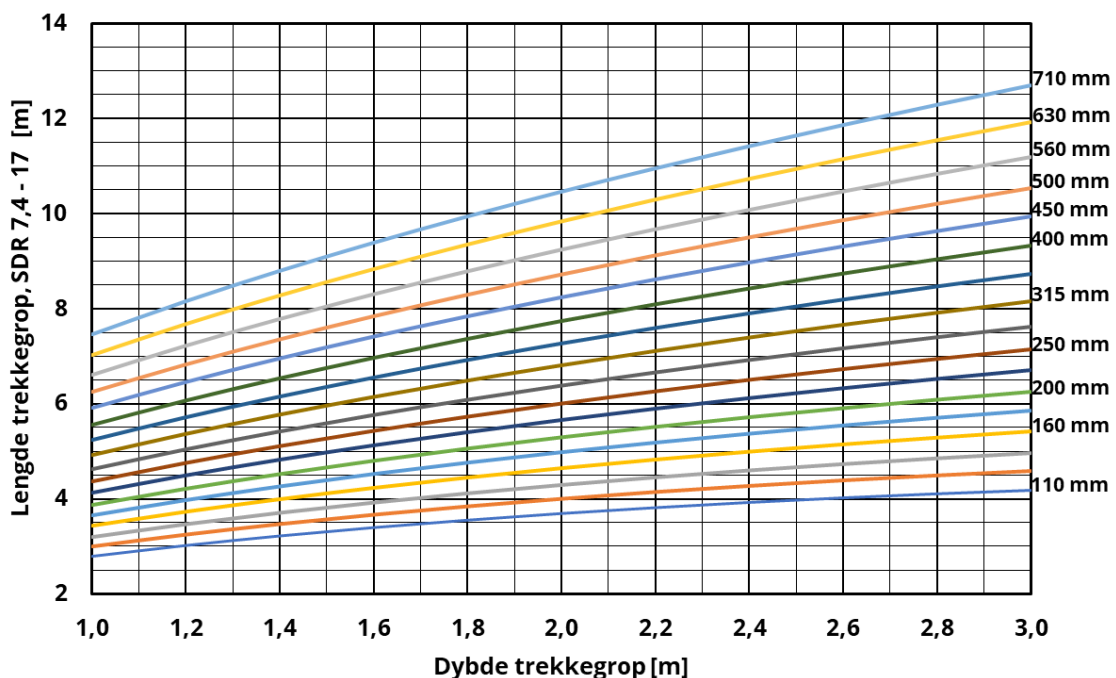
$$L_{\text{grop}} = \sqrt{4 \cdot H_{\text{grop}} \cdot k \cdot D - H_{\text{grop}}^2}$$

Formlene gjelder ikke hvis terrenget eller hullet skråner mye.

Eksempel:

Hva blir lengden av trekkegropa for et 250 mm PE 100 SDR 17 rør når høyden fra bunnen av hullet til topp terrenget er 1,8 meter? Bøyetallet (k) for SDR 17 rør er 20.

$$L_{\text{grop}} = \sqrt{4 \cdot H_{\text{grop}} \cdot k \cdot D - H_{\text{grop}}^2} = \sqrt{4 \cdot 1,8 \text{ m} \cdot 20 \cdot 0,250 \text{ m} - (1,8 \text{ m})^2} = 5,7 \text{ m}$$



Minimum lengde av trekkegrop for PE 100 rør fra og med SDR 7,4 til og med SDR 17

Utkappingslengde

Skal PE-røret trekkes inn i et eksisterende rør, så må det kappes ut et stykke av den eksisterende rørledningen. Høyden fra bunn rør av ny ledning og topp rør av gammel ledning må måles.

Utkappingslengden er avhengig av denne høyden og rørets bøyeradius:

$$L_{\text{utkapp}} = \sqrt{2 \cdot h \cdot (k \cdot D - h)} \text{ [m]}$$

h: Høyden fra innvendig bunn til utvendig topp eksisterende rør [m]

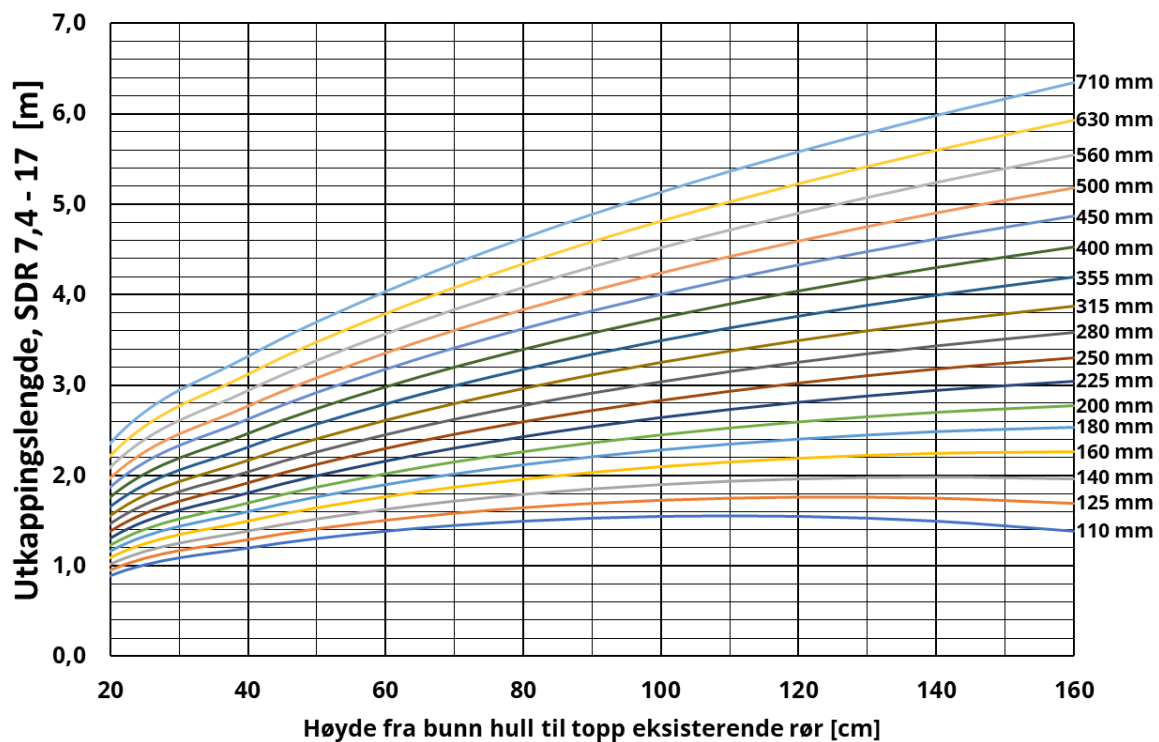
k: Bøyetallet for PE-røret []

D: PE-rørets utvendige diameter [m]

Eksempel:

Hva blir utkappingslengden for et 250 mm PE 100 SDR 17 rør når høyden fra innvendig bunn til utvendig topp av eksisterende rør er 43 centimeter? Bøyetallet (k) for SDR 17 rør er 20.

$$L_{\text{utkapp}} = \sqrt{2 \cdot h \cdot (k \cdot D - h)} = \sqrt{2 \cdot 0,43 \text{ m} \cdot (20 \cdot 0,250 \text{ m} - 0,43 \text{ m})} = 2,0 \text{ m}$$



Minimum utkappingslengde for PE 100 rør fra og med SDR 7,4 til og med SDR 17