Notat

Til: Teknisk regelverk - godkjenningsrådet
Fra: Alberto Montafia
Telefon: 450 32 265
Dato: 2024-08-19
Saksref.: Endringsartikkel #4146
Kopi til:

Deformasjon på stikkrenner i plast Ø2000 mm pga. trafikklast

Notatet er skrevet som vedlegg til ***520 2024 Endringsartikkel 4146***
Kontrollert av Geir Svanø

Sammendrag

Teknisk regelverk tillater p.t. bruk av stikkledninger i plast med diameter 1200 mm, forutsatt minst overdekning på 1,3 m under SOK. Bane NOR ønsker å tillate bruk av stikkrenne i plast med diameter opptil 2000 mm. I denne forbindelsen har Bane NOR utført egne deformasjonsberegninger for å definere hvilke betingelser gjelder.

Beregningene følger prosedyren beskrevet i publikasjon P92 «Anvisningar för projektering och utförande av markförlagda självfallsledningar av plast», utgitt av Svenskt Vatten AB, Stockholm 2005.

Utførte beregninger tar for seg kun bidraget av trafikklasten på deformasjoner. Det benyttes til dette formålet LM71 og en α-faktor på 1,33.

Ettersom de største deformasjonene på Ø1200 rør har vist seg å være akseptable, planlegges det å tillate Ø2000 rør med en overdekning som gir tilsvarende deformasjoner som de største som tillates for Ø1200 rør. Det forutsettes rør med ringstivhet på 8 kN/m^2.

Beregningene viser at plastrør med Ø2000 må ligge mellom 0,3 og 0,4 m dypere enn plastrør med Ø1200 for å ikke få større deformasjoner. Dette tilsvarer 1,6-1,7 m under SOK. Det anbefales derfor å tillate bruk av plastrør med Ø2000 forutsatt en overdekning på minst 1,65 m under SOK**.**

Innledning

Teknisk regelverk tillater p.t. bruk av stikkledninger i plast med diameter 1200 mm, forutsatt minst overdekning på 1,3 m under SOK.

Vertikale deformasjoner på stikkrenner skyldes hovedsakelig to bidrag: Det ene er vekten av massene over og ved siden av stikkrenna (heretter, overdekning), og det andre er trafikklast fra tog. Plastlife har utført beregninger på totale deformasjoner basert på (en noe simplifisert versjon av) metodikken i Svenskt Vattens publikasjon P92. I disse beregningene skilles det ikke mellom bidraget fra overdekningen og bidraget fra trafikklasten.

Bane NOR ønsker å undersøke om det er tilrådelig å tillate bruk av stikkrenne i plast med diameter opptil 2000 mm, og eventuelt under hvilke betingelser. Bane NOR har i denne forbindelsen utført egne beregninger på deformasjoner som kun skyldes trafikklasten.

Regelverk

NS-EN 1295-1:2019 «Styrkeberegning av nedgravde rørledinger under forskjellige belastningsforhold» er gejeldene standard for Norge. Standarden er på engelsk og er generell av karakter. Appendix B av standarden viser til «Nationally established methods og design» og for Norge viser appendikset til to rapporter fra det tidligere Veglaboratoriet, internrapportene 1521 og 1664, som begge omhandler betongrør.

For plastrør viser appendikset til publikasjonen «VAV P70 Markavloppsrör av plast for självfallsledningar i jord (Buried gravity sewer plastics pipes). Stockholm 1992.», som dermed er å forstå som metode som gjelder for Norge.

Publikasjonen P70 er ikke lenger gjeldende og er erstattet av publikasjon P92 «Anvisningar för projektering och utförande av markförlagda självfallsledningar av plast», utgitt av Svenskt Vatten AB, Stockholm 2005.

Bane NOR oppfatter det slik at denne nå er gjeldende metode, og denne vil bli brukt til å beregne bæreevne av plastrør.

Deformasjon av røret

P92 angir følgende formel for beregning av deformasjoner på plastrør:

$$\left(\frac{\delta}{D}\right)_q = q_d \cdot \frac{C \cdot b_1 - 0{,}083 \cdot K_0}{8 \cdot SN_d + 0{,}061 \cdot E'_d}$$

Hvor:

- q_d = dimensjonerende last, kN/m^2
- C = lastfaktor
- b_1 = koeffisient avhengig av oppleggsvinkel. b_1 varierer mellom 0,083 og 0,096 for henholdsvis stor eller liten kontaktflate mellom rør og fundament
- K_0 = jordtrykkskoeffisient, satt på 0,5
- SN_d = dimensjonerende ringstivhet for røret, kN/m^2. Det forutsettes en dimensjonerende ringstivhet på minst 8 kN/m^2
- E'_d = dimensjonerende jordmodul, kN/m^2

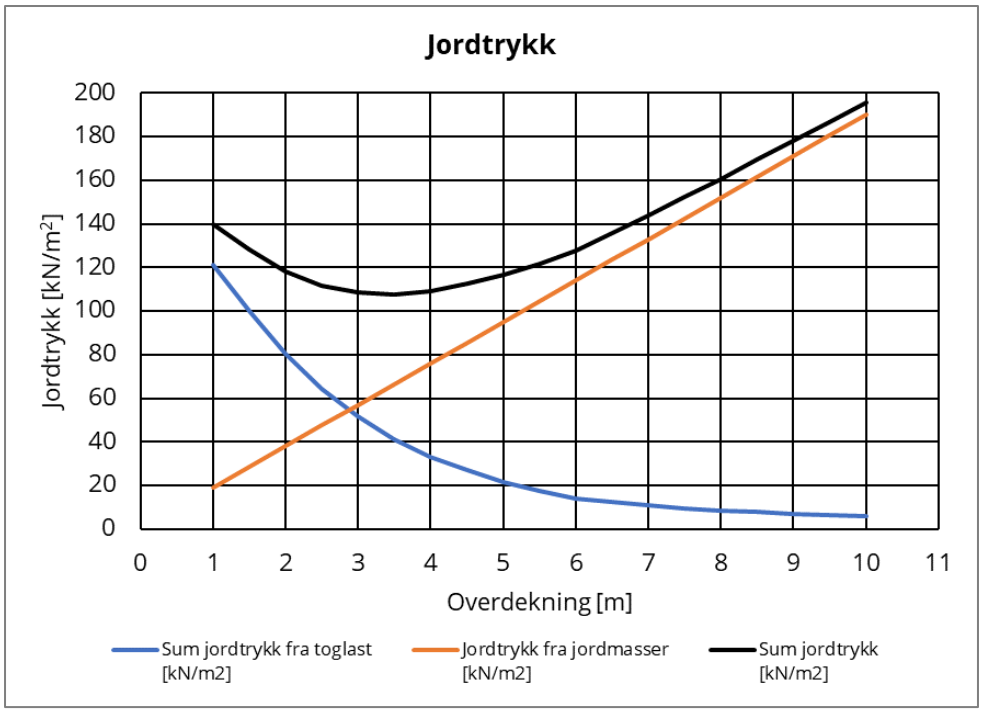
Bestemmelse av dimensjonerende last

Dimensjonerende last består av to bidrag:

Overdekning, kN/m^2. Beregnes som γ·z, hvor γ er grunnens tyngdetetthet i kN/m^3 og z er dybde målt fra underkant sville

Trafikklast, kN/m^2. Beregnes med utgangspunktet i LM71 og α-faktor på 1,33. Fordelingen med dybden avledes ved hjelp av elastisitetsteori, f.eks. Boussinesqs løsning for punktlast. Det skal anvendes dynamisk faktor på trafikklast. Iht. TRV varierer dynamisk faktor β lineært mellom verdiene som angis for de ulike dybdene

De to bidragene og resulterende jordtrykk er vist som en funksjon av dybde fra underkant sville i Figur 1. Beregningene dokumentert i foreliggende notat tar utgangspunktet i den blåe linjen alene.



Figur 1: Jordtrykk som funksjon av dybde

Bestemmelse av dimensjonerende jordmodul E'$_d$

Iht. P92 er jordmodul E_{tk} (tangentstivhet, karakteristisk) avhengig av komprimeringsgrad til standard Proctor og fyllingshøyde (dvs. overdekning). Jordmodul uttrykkes etter følgende formel:

$$E = a + b \cdot (H + \Delta H)$$

Der a og b er parametere som varierer avhengig av komprimeringsgrad og H er fyllingshøyde i meter.

Ved 95% komprimering er a = 1200 kN/m^2 og b = 1100 kN/m^3
Ved 98% komprimering er a = 1400 kN/m^2 og b = 1300 kN/m^3

ΔH er å forstå som et tilleggsbidrag til stivhet, som uttrykkes som økt fyllingshøyde, og er avhengig av fyllingshøyde og rørdiameter. For 1 m fyllingshøyde er ΔH=0 for alle rørdiametere over 1000 mm. Ved 1,5 m fyllingshøyde angir P92 ΔH=1,7 m for Ø600 og ΔH=0,4 m for Ø1000. Basert på dette velges det ΔH=0,2 m for Ø1200 og fyllingshøyde 1,5 m.

Tangentstivhet er representativ for en tilstand hvor lasten påføres raskt og i en kort periode, og ikke for situasjoner hvor lasten opptrer lenge. Tangentstivhet virker som modulen som er riktig å bruke når det kun er påvirkningen fra trafikklast man tar i betraktning, men det viser seg at beregninger utført med sekantstivhet gir mer fornuftige resultater. Sekantstivhet avleder man direkte fra tangentstivhet ved å gange tangentstivhet en faktor k=0,65.

Det velges derfor å benytte sekantstivhet i beregningene. Dimensjonerende modul E'$_d$ er oppsummert i Tabell 1 og Tabell 2.

Tabell 1: Dimensjonerende modul E'd for 95% komprimering

95% komprimering	Ø1200		Ø2000	
Fyllingshøyde	ΔH (m)	E'$_d$ (kN/m^2)	ΔH (m)	E'$_d$ (kN/m^2)
1,0	0,0	1495	0,0	1495
1,3	0,0	1710	0,0	1710
1,5	0,2	1996	0,0	1853

Tabell 2: Dimensjonerende modul E'd for 98% komprimering

98% komprimering	Ø1200		Ø2000	
Fyllingshøyde (m)	ΔH (m)	E'$_d$ (kN/m^2)	ΔH (m)	E'$_d$ (kN/m^2)
1,0	0,0	1755	0,0	1755
1,3	0,0	2009	0,0	2009
1,5	0,2	2347	0,0	2178

Bestemmelse av lastfaktor C

Iht. P92 skal C beregnes som

$$C = \frac{5 + 3n}{(1 + n) \cdot (3 + n)}$$

Hvor n = 1/(96·S) og S = SN$_d$/E'$_d$

Dette betyr at C varierer avhengig av rørdiameter, fyllingshøyde og komprimeringsgrad, se Tabell 3 og Tabell 4.

Tabell 3: Lastfaktor C for 95% komprimering

95% komprimering	C	
Fyllingshøyde	Ø1200	Ø2000
1,0	0,74	0,74
1,3	0,69	0,69
1,5	0,64	0,66

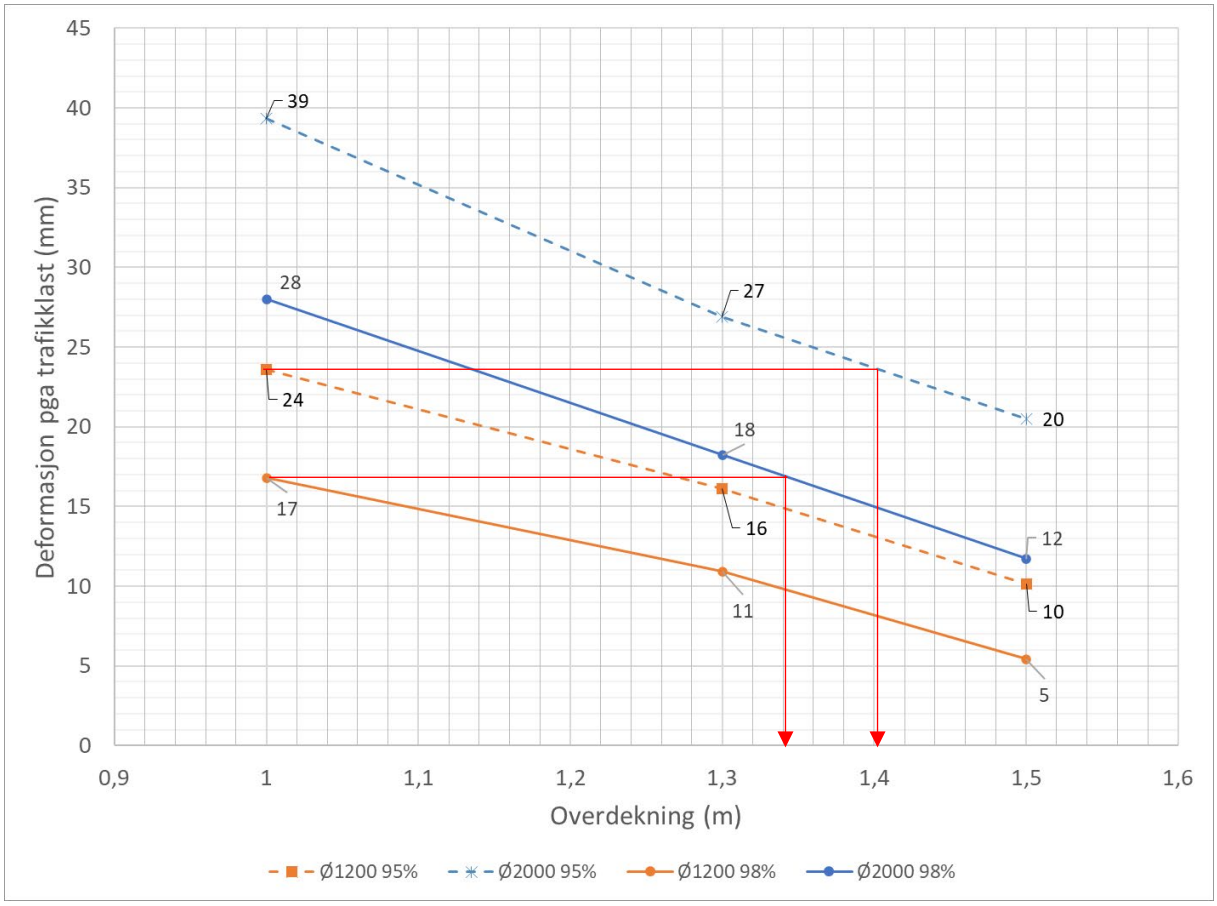
Tabell 4: Lastfaktor C for 98% komprimering

98% komprimering	C	
Fyllingshøyde	Ø1200	Ø2000
1,0	0,68	0,68
1,3	0,63	0,63
1,5	0,58	0,60

Resultater

Formelen som skal benyttes for å beregne deformasjoner gir egentlig en tøyning, dvs. en deformasjon relativ til rørdiameter. Deformasjoner i mm fås ved å gange tøyning med de respektive rørdiametere.

Resultatene er vist i Figur 2:



Figur 2: Resultatet av beregningen

Bane NOR tillater nå bruk av plastrør med diameter 1200 mm med minst 1,3 m overdekning ift. SOK. Litt forenklet antas dette å tilsvare 1 m under underkant sville (det forutsettes at systemet bestående av sville og skinner er 30 cm høyt). Ettersom de største deformasjonene på disse rørene har vist seg å være akseptable, planlegges det å tillate Ø2000 rør med en overdekning som gir tilsvarende deformasjoner som de største som tillates for Ø1200 rør.

Figur 2 viser at plastrør med Ø2000 må ligge mellom 0,3 og 0,4 m dypere enn plastrør med Ø1200 for å ikke få større deformasjoner. Dette tilsvarer 1,3-1,4 m lavere enn underkant sville eller 1,6-1,7 m under SOK. Ettersom de fleste kombinasjonene av skinne og sville bygger opp mer enn 30 cm, anbefales det å ikke legge plastrør med Ø2000 grunnere enn 1,65 m under SOK.