

8 FLEXIBLA FODER

8.1 Metodbeskrivning och erfarenheter

Flexibla foder eller s k strumpor är en lång flexibel textilstrumpa som innan indragning impregneras med en termohärdande harts. Efter hartsens härdning bildar strumpan och hartsen tillsammans ett plastfoder i den befintliga ledningen.

Flexibla foder skall karaktäriseras individuellt pga att de inbördes kan åtskiljas åt i form av:

- * Foderväggens uppbyggnad
- * Det använda hartssystemet
- * Infodringsmetodiken
- * Metod att starta härdprocessen.

Flexibla foder blev först utvecklat till renovering av avloppsledningar. Detta skedde i England för cirka 25 år sedan. Flexibla foder till renovering av vattenledningar utvecklades i Japan och togs i bruk där 1982. De första flexibla fodren för vattenledningar i Skandinavien utfördes i Norge 1988 och i Danmark och Sverige 1991. Flexibla foder (strumpor) marknadsförs i Skandinavien till vattenledningar i diametrar från 100 mm till 900 mm.

I Skandinavien har det till dags datum utförts flexibla foder på ca 6 kilometer vattenledningar i dimensionsområdet 100 mm till 610 mm. Den normala installationslängden är beroende av diametern, från 300 m till 500 m. Rensningen av den gamla ledningen före installation kan utföras på cirka 200 m ledning per dag. Installationstiden är cirka 1 dygn. Därefter kan anborningar/servisanslutningar utföras. Den mobila utrustningen som används vid renoveringen har ett areabehov på cirka 50 m² vid installationspunkten.

8.2 Dimensioneringsvägledning

Med hänsyn till dimensionering kan flexibla foder delas upp i två grupper:

- * Foder som kan dimensioneras för att motstå såväl invändigt som utvändigt tryck utan hänsyn till den befintliga ledningens tillstånd.
- * Foder som fäster på den befintliga ledningen och som statiskt är delvis beroende av den befintliga ledningens bärighet för att motstå såväl invändigt som utvändigt tryck.

Detta avsnitt ger **inte** anvisning för hur den sist nämnda gruppen av flexibla foder kan dimensioneras.

Dimensionering av renoveringsmetoderna är allmänt beskrivna i kapitel 13. I detta kapitlet ges en vägledning i mekanisk dimensionering av *flexibla foder*, inklusive ett dimensioneringsexempel.

Ett flexibelt foder kan dimensioneras för en av följande två situationer:

- * Den gamla ledningen är otät, men kan fortsättningsvis (under sin kvarvarande livslängd) ta upp utvändiga belastningar från jord och trafik. Dimensionering utförs enligt avsnitt 8.2.1.
- * Den gamla ledningen har ingen kvarvarande hållfasthet eller förväntas i framtiden inte kunna ta upp yttre belastningar. Dimensionering utförs enligt 8.2.2.

I anslutning till infodring och placering av ett flexibelt foder kan det ske en lokal transport av harts i laminatet och under härdningen komprimeras laminatet av det invändiga trycket i ledningen. Dessutom krymper materialet vid härdningen. Dessa förhållanden medför att det flexibla fodrets godstjocklek reduceras efter härdningen och att godstjockleken varierar (lite eller mycket) över ledningens längd och omkrets. Vid dimensioneringen är det den minsta godstjockleken som skall användas. Den skall därför producenten/entreprenören kunna redovisa.

Den dimensionering som föreslås i avsnitt 8.2.1 och 8.2.2 för de olika belastningstillfällena bör betraktas som ett förslag till dimensionering vid normala förhållanden. Projektören väljer själv vilka belastningstillfällen som är relevanta för den aktuella ledningen och om den föreslagna dimensioneringen skall följas eller ej.

8.2.1 Den gamla ledningen tar belastningar från jord och trafik

8.2.1.1 Invändigt tryck

Fodrets ringspänning beräknas enligt avsnitt 13.5. Här används det största drifttrycket i ledningen samt den medeldiameter och godstjocklek, som förekommer på det stället i ledningen där s/D förhållandet är minst, d v s där diametern är störst och godstjockleken minst. Ringspänningen får inte överstiga infodringsmaterialets tillåtna ringspänning (50-års värdet).

8.2.1.2 Temperaturbelastning och krympning p g a härdning

Spänning i väggens längdriktning, som uppkommer vid infodringens nedkylning och härdningskrympning efter fixering i den befintliga ledningen, kan beräknas enligt avsnitt 13.6.4. Spänningen får inte vara större än den tillåtna spänningen vid en långtidsbelastning.

8.2.1.3 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Infodringens bucklingstryck beräknas enligt avsnitt 13.7.6 "Rör med sidostöd (lokal buckling)".

Om det uppstår ett kortvarigt undertryck i ledningen (t ex i samband med tryckstöt), används fodrets korttidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som korttidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket och eventuellt grundvattentryck.

Om det är långvarigt undertryck i ledningen (t ex hävertledningar), eller om ledningen skall stå tom eller avstängd (utan tryck) under en period, används fodrets långtidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som långtidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertryck och grundvattentryck.

8.2.2 Det nya fodret tar alla utvändiga belastningar

8.2.2.1 Invändigt tryck

Som 8.2.1.1. Töjningen, ϵ_p , i fodrets vägg beräknas efter det invändiga trycket (enligt avsnitt 13.5). $\epsilon_p + \epsilon_b$ (töjning på grund av böjning i fodrets vägg) skall tillsammans inte vara större än den tillåtna töjningen för laminatet.

8.2.2.2 Temperaturbelastning och krympning p g a härdning

Som 8.2.1.2.

8.2.2.3 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Fodrets deformation, bucklingstryck och töjning i väggen, beräknas efter avsnitt 13.7.2 och 13.7.5. Vid båda belastningstillfällena gäller följande:

- * I samband med kortvarigt undertryck i ledningen (t ex tryckstöt), används fodrets korttidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som korttidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket i ledningen och det utvändiga trycket från jord, grundvatten och trafik.
- * Vid långvarigt undertryck i ledningen (t ex hävertledningar), eller om ledningen skall kunna stå tom eller avstängd (utan tryck) under en period, används fodrets långtidsringstyvhet vid beräkningen. Bucklingstrycket som långtidsvärde skall normalt vara dubbelt så stort som den numeriska summan av undertrycket i ledningen och det utvändiga trycket från jord och grundvatten.
- * Den sammanlagda töjningen i foderväggen ($\epsilon_p + \epsilon_b$) på grund av, förslagsvis invändigt tryck och böjning av väggen skall inte vara större än materialets tillåtna töjning.

8.2.3 Dimensioneringsexempel

En huvudvattenledning av gråjärn med en invändig diameter på 380 mm är förlagd som sjöledning (ej nergrävd i sjöbotten). Sjöns vattenspegel ligger 4,5 meter över ledningens centrumlinje. Det dagliga driftrycket är 45 mvp. Det förekommer inga tryckstötar i ledningen. Ledningen skall infodras med ett flexibelt foder (strumpa).

Av hänsyn till framtida underhållsarbeten krävs att ledningen skall kunna vara stabil i trycklöst tillstånd under en period av 1 månad.

Säkerheten mot buckling skall vara minst 2,0.

Det flexibla fodrets egenskaper:

Korttidskrypmodul, $E_{3 \text{ min}}$	= 15.000 MPa	= $15 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Långtidskrypmodul, $E_{50 \text{ år}}$	= 5.000 MPa	= $5 \times 10^9 \text{ N/m}^2$
Tillåten dragspänning i axiell riktning, $\sigma_{a,till}$ (korttid)	= 45 MPa	= $45 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Tillåten ringspänning, $\sigma_{t,till}$ (50 år)	= 25 MPa	= $25 \times 10^6 \text{ N/m}^2$
Tillåten töjning, ϵ_{till} (50 år)		= 0,5 %
Längdutvidgningskoefficient, α		= $1,5 \times 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
Härdkrympning, ν		= 0,3 %
Reduktion av laminattjockleken vid härdning		= 15 %

I exemplet dimensioneras för följande två olika situationer:

- A: Gråjärnsröret har fortsättningsvis en egen styrka för yttre belastningar.
- B: Gråjärnsröret har fortsättningsvis ingen egen styrka.

A Gråjärnsröret har fortsättningsvis en egen styrka

A.1 Invändigt tryck

Fodret blir utsatt för ett invändigt tryck på 45 mvp (0,45 MPa) i såväl korttids- som långtidssituationen, varför bara långtidssituationen genomräknas.

Det nödvändiga s/D-förhållandet fås ur formel (13.3) i avsnitt 13.5.

Långtidssituationen:

$$\text{Invändigt vattentryck, } p = 0,45 \text{ MPa} = 4,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Tillåten spänning, } \sigma_{t,\text{till}} = 25 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Fodrets utvändiga diameter, } D_e = 380 \text{ mm} = 0,380 \text{ m}$$

$$\frac{s}{D} \geq \frac{p}{2 \times \sigma_{t,\text{till}}} = \frac{4,5 \times 10^5}{2 \times 25 \times 10^6} = 0,009$$

$$\text{nödvändigt } s = \frac{D_e}{1 + s/D} \times s/D = \frac{0,380}{1,009} \times 0,009 = 0,0034 \text{ m}$$

A.2 Temperaturbelastning och krympning på grund av härdning

Spänningen som kvarstår i fodrets vägg efter nedkylning och härdning, kan beräknas med formel (13.13) i avsnitt 13.6.4.

Fodrets temperatur vid fixering, T_1 upplyses av producenten till 80 °C.

Fodrets temperatur efter kylning, T_2 sätts till 7 °C (markens temperatur).

Fodrets genomsnittliga längdutvidgningskoefficient, α fås från producenten till $1,5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

Fodrets krympning vid härdning, v upplyses av producenten till 0,3%.

Såväl nedkylning som härdning uppskattas till 10 timmar. Fodermaterialets 10-timmars E-modul sätts till 10.000 MPa.

$$\sigma_a = ((80 - 7) \times 1,5 \times 10^{-5} + \frac{0,3}{100}) \times 10^{10} = 41 \times 10^6 \text{ N/m}^2 =$$

$$41 \text{ MPa} < 45 \text{ MPa } (\sigma_{a,\text{till}})$$

Denna spänning vill avta med tiden (relaxera).

A.3 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Det är inget invändigt undertryck i ledningen. Fodret skall vara stabilt utan invändigt tryck under 1 månad (tömd på vatten). Fodret beräknas som ett rör med sidostöd enligt avsnitt 13.7.6.

Fodermaterialets 1 månads E-modul sätts till $7.000 \text{ MPa} = 7 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Det utvändiga vattentrycket, $q_w = 4,5 \text{ m v p} = 4,5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.

Lokal buckling

Långtidssituationen (1 månad i det aktuella fallet).

Den nödvändiga ringstyvheten, S, kan fås ur formel (13.22) i avsnitt 13.7.6. Vinkeln α , där fodret inte har sidostöd av gråjärnröret, sätts till $90^\circ = \pi/2$.

$$S \geq \frac{P_{kn}}{120}$$

Med en säkerhet mot buckling på 2,0 skall $P_{kn} \geq q_w \times 2,0 = 4,5 \times 10^4 \times 2,0 = 9 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.

$$S \geq \frac{9 \times 10^4}{120} = 750 \text{ N/m}^2$$

Av formel (13.1 a) kan den nödvändiga s/D-förhållandet fås.

$$\frac{s}{D} \geq \left(\frac{S \times 12}{E} \right)^{1/3} = \left(\frac{750 \times 12}{7 \times 10^9} \right)^{1/3} = 0,011$$

$$\text{nödvändigt } s = \frac{D_e}{1 + s/D} \times s/D = \frac{0,380}{1,011} \times 0,011 = 0,0041 \text{ m}$$

A.4 Sammanfattning

Det dimensioneringsgivande belastningstillfallet är "Foder med sidostöd (lokal buckling)". Med en säkerhet mot buckling på 2,0 är nödvändig godstjocklek på fodret efter härdning, $s = 4,1 \text{ mm}$.

Detta svarar mot en laminatuppbyggnad före härdning på:

$$\frac{4,1}{0,85} = 4,8 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

B: Gråjärnsröret har fortsättningsvis ingen egen styrka så fodret skall kunna bära alla belastningar.

B.1 Invändigt tryck

Som A.1, där nödvändig godstjocklek bestämdes till $s = 3,4$ mm.

Långtidstöjningen i fodrets vägg som följd av det invändiga trycket beräknas här enligt formel (13.4). Här ingår

$$\begin{aligned} \text{Invändigt vattentryck, } p &= 0,45 \text{ MPa} &&= 4,5 \times 10^5 \text{ N/m}^2 \\ \text{Fodrets utvändiga diameter, } D_e &= 380 \text{ mm} &&= 0,380 \text{ m} \\ \text{Fodrets godstjocklek, } s &= 3,4 \text{ mm} &&= 0,0034 \text{ m} \\ \text{Fodermaterialets långtids E-modul, } E_{50\text{år}} &&&= 5 \times 10^9 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

$$\epsilon_p = \frac{4,5 \times 10^5 \times (0,380 - 0,0034)}{2 \times 0,0034 \times 5 \times 10^9} = 0,005 = 0,5\% = \epsilon_{\text{till}}$$

B.2 Temperaturbelastning och krympning p g a härdning

Som A.2.

B.3 Utvändigt tryck samt invändigt undertryck

Det är inget invändigt undertryck i fodret. Fodret skall vara stabilt utan något invändigt tryck under 1 månad (tömd på vatten). Fodermaterialets 1 månaders E-modul upplyses av producenten till $7.000 \text{ MPa} = 7 \times 10^9 \text{ N/m}^2$.

Fodret beräknas som ett friliggande foder enligt avsnitt 13.7.5.

Långtidssituationen (**1 månad i det aktuella fallet**).

Den nödvändiga ringstyvheten, S , kan fås ur formel (13.21) i avsnitt 13.7.5. Vi räknar med en initialdeformation på 2%.

$$S \geq \frac{P_{\text{kno}}}{24 \times ((100 - 2)/(100 + 2))^{4,62}} = \frac{P_{\text{kno}}}{19,95}$$

Det utvändiga vattentrycket, $q_w = 4,5 \text{ m v } p \approx 4,5 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.

Med en säkerhet mot buckling på 2,0 skall

$$P_{\text{kno}} \geq q_w \times 2,0 = 4,5 \times 10^4 \times 2,0 = 9 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

$$S \geq \frac{9 \times 10^4}{19,95} = 4,5 \times 10^3 \text{ N/m}^2$$

Av formel (13.1 a) kan det nödvändiga s/D -förhållandet fås:

$$\frac{s}{D} \geq \left(\frac{S \times 12}{E} \right)^{1/3} = \left(\frac{4,5 \times 10^3 \times 12}{7 \times 10^9} \right)^{1/3} = 0,020$$

$$\text{nödvändigt } s = \frac{D_e}{1 + s/D} \times s/D = \frac{0,380}{1,020} \times 0,020 = 0,0075 \text{ m}$$

B.4 Efterkontroll av töjning

Med den nödvändiga godstjockleken på, $s = 7,5$ mm kontrolleras långtidstöjningen som följd av invändigt tryck, ϵ_p , samt töjningen från utvändigt tryck, ϵ_b .

Långtidstöjningen som följd av invändigt tryck beräknas som under *B.1 Invändigt tryck* med formel (13.4) - men med godstjockleken, $s = 7,5$ mm = 0,0075 m.

$$\epsilon_p = \frac{4,5 \times 10^5 \times (0,380 - 0,0075)}{2 \times 0,0075 \times 5 \times 10^9} = 0,002 = 0,2\%$$

Eftersom det utvändiga trycket endast kommer från vattnet räknar man inte med någon tillväxt i deformationen efter installation. ϵ_b blir därför 0.

$$\epsilon_p + \epsilon_b = 0,002 + 0 = 0,002 < 0,005 (\epsilon_{\text{ill}})$$

B.5 Sammanfattning

Det dimensioneringsgivande belastningstillfället är "Friliggande foder". Med en säkerhet mot buckling på 2,0 är nödvändig godstjocklek på fodret efter härdning, $s = 7,5$ mm.

Detta svarar mot en laminatupbyggnad före härdning på:

$$\frac{7,5}{0,85} = 8,8 \text{ mm} \approx 9 \text{ mm}$$

8.3 Materialegenskaper

Flexibla foder är sammansatta av en rad olika material. Sammansättningen är beroende på fabrikatet men följande komponenter är typiska för innehållet:

- * Härdningssystem (harts)
- * Materialbärare
- * Armering
- * Innerfolie
- * Ytterfolie

De enskilda komponenternas funktion och material visas i tabell 8.1.

Hartssystem

Det finns flera hartssystem, som t ex polyester, vinylester och epoxy med tillhörande fyllmedel, additiver m m. För flexibla foder till vattenledningar används primärt epoxy.

Materialbärare och armering

Av hartsbärare och eventuella armeringsprodukter kan nämnas polyesterfibrer, glasfibrer, aramidfibrer och kolfibrer. Armeringen kan vara materialbärare, del av materialbäraren eller vara ett separat lager.

Barriärer (Innerfolie/Ytterfolie)

Innerfolie och ytterfolie har som funktion under installationen, att hålla den flytande hartsen, förhindra att det blandas luft i hartsen, samt förhindra att hartsen tvättas ur materialbäraren. Folierna kan t ex vara av polyvinylklorid (PVC), polyeten (PE) eller polyurethan (PUR).

Foder som fäster mot den befintliga ledningen har ingen yttre folie och på några flexibla fodermetoder tas innerfolien, efter uthärdning, bort.

De material som ingår i det färdiga systemet skall beskrivas av leverantören/entreprenören. Beskrivningen skall innehålla materialparametrar och en specifikation av handelsbeteckning och typ av de enskilda materialen.

Det skall finnas dokumentation för alla de material som har betydelse för egenskaperna hos det färdiga systemet. Tillsammans med värderingar för de enskilda parametrarna bör det finnas en hänvisning till provningsmetod.

I avsnittet "Råvaruegenskaper för hårdplast", under avsnitt 13.3.3 "Andra egenskaper", finns exempel på, hur materialegenskaperna kan dokumenteras.

Dessutom bör resistensen enligt följande dokumenteras:

Biologisk resistens

Produkten skall vara biologisk resistent jämför avsnitt 2.3.1.

Fysisk resistens

Produktens känslighet för t ex hydrolytisk spaltning, temperatur och UV-ljus kan medföra att egenskaperna förändras. Begränsningar i användningsmöjligheter t ex på grund av hydrolys, temperatur, UV-ljus eller annat skall därför anges. Det skall t ex anges om produkten med tiden kan delaminera.

Komponent	Typisk funktion under installationen	Möjlig funktion på slutprodukt						Exempel på material i bruk
		Täthet	Mekaniska egenskaper Styvhet	Styrka	Kemisk resistens	Råhet	Slitstyrka	
Harts-system	Ingen	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	UP harts: Omättad polyester VE harts: Vinyl ester EP harts: Epoxy Inklusive additivs och fyllmedel
Materialbärare	Bär och fördelar den flytande hartsen		*	*				Syntetiska- eller mineral fibrer
Armering	Stabiliserer dimensionerna		Ja	Ja				Syntetiska- eller mineral fibrer
Invändig folie/barriär	Avskiljer hartsen från mediat som används vid infodring/-härdning	Ja			Ja	Ja	Ja	Termoplast eller elastomera material
Utvändig folie/barriär	Håller hartsen och skyddar den mot uttvättning							Termoplast eller annat flexibelt material

* Materialbäraren kan ha en förstärkande effekt

Tabel 8.1. Flexibla foder. Komponenternas funktion och material

8.4 Produkttegenskaper

Med produkten menas i det här sammanhanget det uthärdade fodret.

För flexibla foder har installationens förlopp stort inflytande på de slutliga mekaniska egenskaperna. Därför är det vid infodring med flexibla foder särskilt viktigt att produkttegenskaperna anges genom dokumentation av installationen och/eller genom uttagande av provbitar efter installationen.

Följande produktparametrar bör dokumenteras för ett flexibelt foder:

- * Dragbrottstyrka och brottöjning som funktion av belastningstiden
- * Ringbrottstyrka som funktion av belastningstiden
- * E-modul/krypmodul som funktion av belastningstiden.

Dessa parametrar är beskrivna i avsnittet 13.3.2 "Mekaniska egenskaper".

- * Längdutvidgningskoefficient
- * Krympning p g a härdningen i anslutning till installationen
- * Måttoleranser
- * Densitet

De sista 4 parametrarna är beskrivna i avsnittet 13.3.3 "Andra egenskaper".

Kapacitet

Kapaciteten beror primärt på dimension och tryck. Andra parametrar som kan påverka kapaciteten är:

- * Ojämnheten på det installerade fodret (den påverkas av kvaliteten på den gamla ledningen och veck i fodret).
- * Det flexibla fodermateriallets råhet (den invändiga foliens råhet)

Fodret kommer att följa den befintliga ledningens ojämnheter och ovalitet med en tendens till utjämning av t ex förskjutningar och skarpa kanter. De flesta plastprodukterna har ett råhetstal på mindre än 0,05 mm. Vid hydraulisk dimensionering rekommenderas en systemråhet på 0,25 mm.

8.5 Utförande

När det har beslutats, att renovering av vattenledningen, skall utföras med ett flexibelt foder, skall det utföras en rad undersökningar och förarbeten för att säkerställa ett bra resultat.

Utförandeförloppet skall dokumenteras av entreprenören genom upprättande av kontrollplaner för respektive aktivitet under utförandet. Eventuella fel och avvikelser från det planlagda förloppet noteras och likaså noteras, hur dessa fel och avvikelser har hanterats.

8.5.1 Förundersökningar

Genom förundersökningar uppnås en tillfredsställande kännedom om den existerande ledningen.

Förundersökningen bör omfatta följande:

- * Värdering av behov av rengöring och rengöringsmetod
- * Fastläggande av ledningsdimensioner och längder
- * Observation och placering av riktning avvikelser och dimensionsförändringar
- * Placering och dimension på rördetaljer
- * Insamling av information om anborrningar
 - Instickande anborrningar
 - Anborrningar i drift eller ej
- * Registrering av grundvattennivå
- * Plats och utrymme för nödvändig utrustning
- * Dimensionering av det flexibla fodret.

Uppmätning/kontroll av det befintliga rörets innerdiameter är speciellt viktigt för flexibla foder. Om fodret är producerat med lite mindre diameter än det befintliga rörets kan det utvidga sig mer eller mindre, när den före uthärdning sätts under tryck. Denna egenskap beror på laminatets uppbyggnad. Är fodret istället producerat för stort kan man nästan garantera att långsgående veck vill uppkomma.

8.5.2 Förarbeten

Innan installationsprocessen kan påbörjas, skall följande förarbeten vara utförda:

- * Trafikreglering (ansvar, placering, m.m.)
- * Arbetsgröpar (placering, storlek, m.m.)
- * Provisorisk vattenförsörjning (antal berörda personer, tid, m.m.)
- * Ventilavstängning och proppning av ledningar (antal servisledningar, tid, m.m.)
- * Rengöring av ledningen och kontroll av rengöring
- * Borttagning av instickande anborrningar.

Abonnenter måste förberedas för en tillfällig vattenförsörjning. Det är viktigt att arbetet med att renovera de existerande ledningarna är väl planlagda så att vattenavstängningar minimeras i tid.

Det måste grävas installationsgropar t ex vid brunnar, anslutningar eller deformerade rör.

För flexibla foder som skall fästa på det befintliga röret och statiskt är beroende av detta, är det av avgörande betydelse att rengöringen är utförd korrekt och kontrollerad innan infodringen startar.

8.5.3 Rengöring

Vid infodring av flexibla foder måste den existerande ledningen vara väl rengjord och inspekterad med videokamera.

Graden av rengöring är avhängig av invändig beläggning och sedimentering på den existerande ledningen.

Högtrycksspolning och användning av mekaniska skrapor/pluggar på den gamla ledningen är normalt nödvändig (jämför 3.2 och tabell 3.1.1 och 3.1.2).

De existerande anbörningarna och eventuella dimensions- och riktningförändringar måste lokaliseras. Eventuella arkiv bör genomgå för att finna måttsatta skisser/ritningar på existerande tillkopplingar.

Eventuellt instickande anbörningar etc. skall vara borttagna för att undvika skador på fodret vid installation och vid senare drift. Rengöringen av ledningen kontrolleras med videokamera.

8.5.4 Lagerhållning och fogning

Vid leverans av flexibla foder bör följande kontrolleras:

- * Dimension och laminattjocklek
- * Längd
- * Materialkvalitet (märkning)
- * Rördelar för anslutning.

Om fodret skall lagras innan användning, bör lagringsförhållande och tid kontrolleras (temperatur, solljus, fukt).

8.5.5 Installation/Utförande

Alla faser av installationsprocessen inklusive anbörningar och anslutning till befintligt system skall beskrivas av entreprenören. Dessutom skall eventuella hjälpverktyg för infodring, acceleration av härdning m m beskrivas.

Installationen kan utföras enligt två olika principer:

- * Det platta impregnerade fodret dras på plats i den befintliga ledningen. Därefter sätts fodret under tryck så att det kommer i kontakt med den befintliga ledningen.
- * Det impregnerade fodret levereras med den framtida innersidan utåt. Därefter vrängs fodret in på plats i den befintliga ledningen med hjälp av vatten- eller lufttryck. På så sätt bringas fodret i kontakt med befintlig ledning under själva infodringen.

Beroende på fabrikat används också olika sätt att initiera och accelerera härdningsprocessen. Detta kan göras med:

- * UV-ljus
- * Varmt vatten
- * Ånga

I beskrivningen av installationsprocessen skall bl.a. ingå:

- * Processteknik
 - Impregnering
 - Transport/lagring
 - Härdningsteknik (över och under grundvattenytan)
 - Nedkylning och tryckstyrning
 - Styrenheter
- * Installation
 - Förberedelser för infodring
 - Infodring
 - Härdning
 - Tryck under installation
- * Tidåtgång för installation
- * Förankring av fodret
- * Kringpackning och återfyllnad av arbetsgropar
- * Längd på installation
- * Sköljning av fodret före driftsättande

Om det under installationen finns behov av el, vatten, m m, skall detta anges. Likaså skall ytbehov för mobila enheter uppges.

8.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar

Vid anslutning av servisledningar måste schaktning ske.

Fodret frilägges och anbörning eller kopplingar utförs enligt anvisningar från entreprenören. Arbetet utförs normalt av entreprenören som skall beskriva hur anslutningar utförs till:

- * Befintliga servisledningar
- * Existerande ledning.

8.6 Kontroll

Kontroll efter arbetets utförande kan bestå av:

- * Täthetsprov
- * Kontroll av utvidgning
- * Kontroll av produkttegenskaperna, jämför avsnitt 8.4.
- * Kontroll av vattenkvalitet

Täthetsprov

Täthetsprovning utförs enligt beskrivningen i avsnitt 3.4.2.

Kontroll av utvidgning

Utvidgningen kan kontrolleras med TV-inspektion. Acceptkriterier för eventuella veck bör vara avtalade på förhand.

Kontroll av produkttegenskaper

Produkttegenskaperna bör dokumenteras vid uttagning av prover från simulerade installationer, som utförs enligt installationsmanual. Kontrollen av produkttegenskaperna bör i så fall kunna bestå i en genomgång av dokumentationen för installationen.

Uthärtningsgrad

Vid bestämning av såväl korttids- som långtidsstyvhet genom provning anger förhållandet mellan de två provresultaten, om fodret är tillräckligt uthärdat.

Provningen av långtidsringstyvhet tar 10.000 timmar (ca. 14 månader), så det är väsentligt att uthärtningsgraden/långtidsegenskaperna kan bestämmas på kortare tid.

Här nedan anges 3 metoder till denna dokumentation. De två första är förstörande provning av fodret, den sista är ej förstörande.

1. Krypmodul 6 minuter, 1 timme, 24 timmar.

Provmethod:	DS/INSTA	211
	ISO/DIS	9967

2. Krypmodul (drag eller 3-pkt.böjning, axiellt) 6 minuter, 1 timme och 24 timmar.

Provmethod:	ISO/R	527	(dragförsök)
	ISO	178	(böjförsök)
	DIN	53457	(drag-, tryck- och böjförsök)

3. Dokumentation av, att:

- * Temperatur och tryck under härdning har ett bestämt förlopp
- * Godstjocklek är som angivets
- * För polyesterbaserade system bedöms om reststyreninnehållet i ett uttaget prov är under en viss nivå.

Provmethod:	ISO	4901
-------------	-----	------

Vilken av de 3 ovan nämnda metoderna för dokumentation av långtidsegenskaperna som skall väljas för en given infodringsmetod, beror på hur bra det angivna fodrets egenskaper i övrigt är dokumenterade med prov och erfarenhetsinsamling.

Den sista metoden för dokumentering kan användas till strumprenoveringsmetoder (flexibla foder) som genom många provningar av långtidsegenskaperna har visat att installationsprocessen och de använda materialen är så bra kvalitetssäkrade att långtidskrypmodulen endast varierar lite från jobb till jobb. För de strumprenoveringsmetoder där långtidsegenskaperna inte är dokumenterade, måste först kontrollerade långtidsprovningar genomföras.

8.6.1 Dokumentation av kontroll

Dokumentation av kontrollen lämnas till byggherren tillsammans med dokumentationen för övriga aktiviteter som är utförda i anslutning till renoveringsarbetet.

9. FLEXIBEL SLANG

9.1 Metodbeskrivning och erfarenheter

Flexibel slang kan användas som renoveringsmetod i ledningar som transporterar vätska under tryck. Renovering med slang har i de nordiska länderna mest kommit till användning i Norge och det finns endast en känd metod (Tube-In).

Totalt har ca 10 km renoverats med metoden i Skandinavien och det är framförallt gjutjärnsledningar i dimensioner mellan 100 och 150 mm som har kommit att renoveras med metoden.

9.2 Dimensioneringsvägledning

Förutsättningen för att renovera med flexibel slang är att **det gamla röret kan uppta alla utvändiga belastningar**. Slangen har ingen egen styrka som gör att den kan tåla en eventuell yttre belastning.

Det förutsätts att slangen inte utsätts för belastningar under installationen. Hur infodringen skall utföras för att förhindra detta är angivet i avsnitt 9.4.5.

En slang dimensioneras endast för att motstå invändigt tryck. Ledningen dimensioneras enligt avsnitt 13.5.

Som det framgår av avsnitt 9.3.2. levereras den existerande slangen endast i PN 10. Detta betyder att man måste ta ställning till om PN 10 är en tillräcklig tryck-klass för att motstå det aktuella drifttrycket i ledningen. Det aktuella drifttrycket bestäms utifrån tryckzon och ledningens läge, beräkning, erfarenhet och/eller mätning.

9.3 Materialegenskaper

Det skall finnas dokumentation över alla de material som ingår i den färdigställda produkten.

Eftersom Tube-In är den enda slangtypen som för närvarande existerar på marknaden är det denna typ som beskrivs i detta kapitel.

9.3.1 Materialbeteckningar

Tube-In slangen är uppbyggd på följande sätt:

Innerskikt: Etenplast (LLDPE)

Armering: Polyester

Ytterskikt: Polyuretanelastomer

9.3.2 Tillgängliga dimensioner och rörklasser

Tabell 9.1 Dimensioner och tryck-klasser för Tube-In

Nominell diameter (mm)	Invändig diameter D_i (mm)	Gods-tjocklek s (mm)	Tillåtet drifttryck PN (bar)
80	69,5	2,1	10
100	88,5	2,2	10
125	113,0	2,2	10
150	137,0	2,3	10
200	182,0	2,3	10
250	231,0	2,3	10

Slangen är tryckprovad upp till 30 bar.

9.3.3 Tryckslag

För exempelvis rör av stål och betong är både rörväggens och vattnets elasticitet av betydelse för värdet på tryckvågens utbredningshastighet (a). För dessa rör är tryckvågens hastighet ca 1000 - 1300 m/s.

För slangar av gummi eller andra liknande elastiska material är tryckvågens hastighet ca 100 - 500 m/s.

9.4 Produktgenskaper

Vid renovering med flexibel slang avskämmas vattnet från den existerande ledningen och den invändiga korrosionen på röret stoppas/reduceras. Metoden lämpar sig för renovering av asbestcementledningar där som avsikten är att avskärma vattnet från asbesten. Mindre läckage i form av korrosionshål förhindras, och vattenkvaliten kan förbättras där som utfällningar och påväxt tidigare har varit ett problem.

Metoden förhindrar inte utvändigt korrosion och den tillför inte det existerande röret någon ny styrka. Slangen ger en slät invändig yta vilket ger goda hydrauliska kapacitetsförhållanden. Kapaciteten kan därmed bibehållas då den ursprungliga invändiga dimensionen på röret uppnås efter rengöringen och röret blir glattare.

Slangen levereras på trumma till arbetsplatsen. Slangen kan levereras i längder upp till 200 m. Vid mottagandet av slangens skall det kontrolleras att det är monterat ett certifikat på trumman. Certifikatet skall innehålla produktionsdata och testresultat. Det skall också vara angivet om det t ex har funnits skador på slangens och om den har reparerats.

9.5 Utförande

När det har beslutats, att renovering av vattenledningen, skall utföras med en flexibel slang, skall det utföras en rad undersökningar och förarbeten för att säkerställa ett bra resultat.

Utförandeförloppet skall dokumenteras av entreprenören genom upprättande av kontrollplaner för respektive aktivitet under utförandet. Eventuella fel och avvikelser från det planlagda förloppet noteras och likaså noteras, hur dessa fel och avvikelser har hanterats.

9.5.1 Förundersökningar

Aktuella förundersökningar är angivna i avsnitt 3.4. Genom förundersökningarna önskar man att få tillräcklig kunskap om den existerande ledningen.

Förundersökningarna bör omfatta:

- * Värdering av behov av rengöring
- * Bestämning av ledningsdimensioner och längder
- * Bestämning av riktningssändringar och dimensionsförändringar
- * Placering och dimension av armaturer
- * Insamling av information om anborrningar
- * Registrering av grundvattennivåer
- * Placering och storlek av nödvändiga arbetsområden.

I god tid före renoveringen skall det utföras funktionskontroll av de ventiler som skall manövreras i anslutning till renoveringsutförandet. Byggherre och entreprenör måste ta ställning till hur ventiler och anborrningar på sträckan skall hanteras, om de skall behållas eller ersättas med nya.

9.5.2 Förarbeten

Innan infodringsprocessen startar skall följande förarbeten vara utförda:

- * Trafikreglering (ansvar, placering mm)
- * Klarläggande av nödvändig arbets- och installationsplats
- * Provisorisk vattenförsörjning
- * Manövrering av ventiler
- * Stängning av servisledningar
- * Rengöring inklusive borttagning av instickande anborrningar.

Det krävs driftstopp på den existerande vattenledningen som skall renoveras. Det förbereds och läggs ut eventuell provisorisk vattenförsörjning och förbipumpning.

Delar av den existerande armaturen i varje ända av ledningssträckan som skall renoveras måste demonteras. Angreppspunkterna väljs utifrån rengöringsmetod och tillgänglighet. Längder på upp till 200 m kan renoveras utan uppgrävning.

Platsen som behövs för infodringen av slangen varierar. Normalt är det tillräckligt med cirka 200 mm öppning i det existerande röret där slangen skall dras in. Det krävs lite större plats, cirka 400 mm, där dragvajern tas ut och anslutningsdelar monteras.

Det behövs ingen uppgrävning vid rörböjar då systemet är flexibelt och kan passera dessa.

9.5.3 Rengöring

Ledningen skall vara slät invändigt innan slangen dras in. Det skall kontrolleras att alla ojämnheter som kan gnaga på slangen är borttagna. Den nödvändiga rengöringen är angiven i tabell 3.1.1.

Rengöringen utförs med skrapor, pluggar och/eller högtrycksspolning. Vilken metod som skall användas för att uppnå en slät yta på ledningen, värderas i varje enskilt fall. Det bör vara entreprenörens ansvar att utföra rengöringen och godkänna jämnheten på ytan.

Rengöring och rörinspektion med videokamera utföres växelvis för att kontrollera resultatet av rengöringen.

Rengöringen skall avslutas genom att man drar en mjuk plugg genom ledningen. Detta görs för att ta bort partiklar.

Efter rengöringen företas en ny rörinspektion med videokamera för att kontrollera eventuella ojämnheter i den existerande ledningen.

Det skall redovisas vart det vatten/slam som rensas ut från ledningen skall avledas, om det skall till existerande avloppsledning eller direkt till recipient. Där stora mängder slam rensas ut från ledningen kan det vara behov för att vattnet/slammet passerar en sedimenteringstank före att det leds ut till avloppsledningen/recipient.

9.5.4 Lagerhållning och fogning

Vid mottagandet till arbetsplatsen skall det kontrolleras att slangen har den utvändiga diameter och längd som är beställt. Godstjockleken på slangen skall mätas.

En Tube-In slang skall förvaras så att den inte utsätts för solljus och temperaturen under lagringen skall vara 15 ± 5 °C. Om slangen förvaras mörkt kan högre temperaturer tillåtas under en kort tid.

Före infodring av slangen skall det kontrolleras att slangen är fri från eventuella sår, repor och jack. Slangen skall levereras med en utvändig skyddsplast. Plasten får inte vara skadad.

Slangen skall vara märkt med produktionskod, dimension och fabrikat.

Ledningen levereras till arbetsplatsen i önskade längder. Maximal längd som kan levereras på varje trumma är 200 meter. Tube-in slangen kan fogas med specialutvecklade flänsförband.

9.5.5 Installation/Utförande

Alla faser av infodringsprocessen inklusive anborningar och tillkopplingar skall beskrivas av entreprenören.

På Tube-in slangen monteras en dragvajer. Krökningsradien skall vara tillräckligt stor så att slangen inte skadas när den dras in i den existerande ledningen. Den existerande rörändan får inte skada slangen, och bör därför isoleras för att skydda slangen. Slangen dras in i den existerande ledningen med hjälp av en vinsch.

9.5.6 Inkoppling och tillkoppling av servisledningar

De existerande anborningarna/tillkopplingarna måste friläggas. Om detta skall göras före eller efter indragningen av slangen värderas i varje enskilt fall.

Vid anslutning utanför brunnar måste en minischakt grävas (minimum 1200 mm), och en servisledningstillkoppling monteras. Denna levereras med en standard av Ø 100 mm öppning för valfri servisledningsdimension.

För påkopplingar i efterhand gräves minischakter. Vattentrycket kopplas ifrån. Den gamla ledningen och slangen kapas tvärt av, slangen skjuts tillbaka på varje sida, cirka 400 mm. Rörändarna på det gamla röret kapas, slangen dras fram och skyddsror etableras på varje sida om kopplingen, var efter en ny servisledningstillkoppling monteras.

När slangen är tillkopplad till det existerande ledningsnätet är ledningen klar att desinficeras och tas i bruk. Slangen förblir vikt tills vattentrycket sätts på, men vill då utvidga sig till aktuell dimension. Där vattentrycket av en eller annan anledning senare tas bort kommer slangen åter att vika ihop sig.

9.6 Kontroll

Före indragning av slangen skall det kontrolleras att den existerande ledningen är tillräckligt rengjord. Det bör vara entreprenörens ansvar att kontrollera jämnheten.

Vid mottagandet av slangen till arbetsplatsen kontrolleras att man fått den längd och kvalitet som är beställd. Produkttegenskaperna bör dokumenteras.

Före indragning av slangen kontrolleras att den utvändiga skyddsplasten är hel och att slangen är fri från repor och jack.

Vid infodringen kontrolleras att dragvajern monterats säkert och att slangen inte skadas under indragningen.

Det kontrolleras att tillkopplingar av slangen till existerande servisledningar utföres enligt anvisningar och med de delar som är angivet.

Det existerar ingen standard för tryckprovning av flexibla slangar. Det rekommenderas ändå att man tryckprovar slangen efter att den är färdiginstallerad. Tryckprovning kan utföras genom att man under vattentillförsel ökar trycket i ledningen till t ex 1,5 x PN, och håller trycket konstant i t ex 30 minuter. Om man måste tillföra vatten för att hålla trycket konstant får man en uppfattning av eventuellt läckage.

En förutsättning för att utföra tryckprovning är antingen att prova ledningen före att eventuellt existerande servisledningar tillkopplats, eller att de existerande servisledningarna stängs vid avstängningsventilerna vid huvudledningen. Ett eventuellt läckage på servisledningen får inte påverka provresultatet på huvudledningen.

Före att slangen tas i bruk skall desinfektion ske och ett vattenprov tas, se avsnitt 3.3 och 3.4.

9.6.1 Dokumentation av kontroll

Dokumentation av utförda kontroller på infodringen med flexibel slang, överlämnas till byggherren, tillsammans med övrig dokumentation på det utförda renoveringsarbetet.

10 CEMENTBRUKSISOLERING (CBI)

10.1 Metodbeskrivning och erfarenheter

CBI är en beprövad renoveringsmetod för vattenledningar. Metoden innebär att ett cementbruksskikt anbringas invändigt i befintlig ledning, som kan vara av såväl gjutjärn som stål. Provisorisk vattenförsörjning måste som regel alltid ordnas vid renovering av distributionsledningar då ledningen måste vara ur drift i minst 1 dygn.

De första cementbruksisoleringsarna gjordes i England 1934 och i Sverige 1966. I Sverige har hittills över 130 km vattenledningar i mark isolerats med CBI. I Skandinavien är det främst i Stockholmsområdet som tekniken har kommit till användning.

I kapitlet beskrivs och definieras stora ledningar som ≥ 600 mm och små ledningar som < 600 mm. Beläggningen appliceras i tjocklekar mellan 5-15 mm beroende av dimension.

För äldre traditionella isoleringsmetoder för små ledningar placerades slangar etc på marken och kopplades till en kätting, som också låg på marken. Detta förfarande kunde medföra hygieniska problem. Därför bör utrustningen bestå av en karusell eller liknande som lindar upp brukslang, tryckluftslang och wire/kätting direkt på vinschtrumman.

10.2 Dimensioneringsvägledning

Cementbruksisoleringen är en teknik för att belägga befintliga rör med ett korrosionsskydd. Cementbruksisoleringen har ingen egen strukturell styrka, och den kan därför inte heller dimensioneras för inre eller yttre tryck. Dimensioneringen innebär endast en bestämning av skiktets tjocklek (tätheten) och den hydrauliska kapaciteten.

10.3 Materialegenskaper

10.3.1 Material

Alla ingående material skall vara varudeklarerade av leverantören/tillverkaren. Krav på arbetarskydd skall följas vid hantering av materialet. För de i cementbruket ingående materialens beskaffenhet gäller i t ex Sverige; Statens Betongkommittés "Bestämmelser för betongkonstruktioner BBK 79" /13/.

Cement	Cementen skall vara Standard Portland eller liknande. Eventuella tillsatsmedel skall vara godkända av beställaren.
Vatten	Dricksvattenkvalitet skall användas.
Ballast	Som ballastmaterial skall användas natursand som är månggraderad. Sanden skall vara tvättad och torkad samt fri från humus och andra föroreningar exempelvis kvartsitsand. Ballastupplaget skall anordnas så att separation inte uppstår.

10.3.2 Blandningsegenskaper

Cementbrukets proportionering Cement till sand proportioneras som 1;1 - 1:1,5.
Vattencementtalet skall vara 0,40 - 0,60 för små ledningar och 0,30 - 0,35 för stora ledningar.

Blandning och bearbetning Betongblandare skall vara av tvångsblandartyp.
Blandningstiden får ej understiga 3 minuter.

När cementbruket är färdigblandat skall det omedelbart transporteras in och anbringas i röret. Vid små ledningar pumpas cementbruket in genom en pumpslang. För större ledningar och vid längre sträckor transporteras cementbruket in med hjälp av en transportvagn. Arbetet skall utföras i lämpliga dagsetapper för att minska uppehåll eller skarvar.

Vid lufttemperatur under +5°C skall sådana åtgärder vidtas att cementbrukets temperatur inte understiger +5°C förrän betryggande härdning erhållits.

10.3.3 Ytstruktur

Cementbruksisoleringen fungerar som en aktiv beläggning, till skillnad från passiva inerta beläggningar (t ex asfalt, epoxy), som helt och hållet är beroende av sin förmåga att täcka hela ytan.

Den färdiga cementbruksisolerade ytan skall vara hård och med en ytstruktur motsvarande ett av entreprenören i förväg färdigställt prov som godkänts av beställaren. Råhetstalet för färdigisolerad ledning skall ej överstiga $K_s=0,1$.

Normalt bör inte avstrykare användas vid cementbruksisolering. För stora ledningar är avstrykaren en roterande "slev" som planar till ytan. Nackdelen med avstrykare i stora ledningar är att man kan få olika tjocklek på beläggningen om röret ej är exakt cirkulärt.

För små ledningar kan en konisk avstrykare med flexibelt fixerande blad användas. Avstrykaren dras av sprutmaskinen. Nackdelen med denna avstrykare är att den stryker av mer i toppen än i botten, avstrykaren "letar sig uppåt". Även servisanslutningar kan betydligt oftare sättas igen.

Utförda tester med avseende på erhållandet av råhetstal, med respektive utan avstrykare, uppvisar inga skillnader.

10.4 Produkttegenskaper

De effekter som uppnås med CBI är att invändig korrosion stoppas, mindre läckage i form av korrosionshål tätas samt att vattenkvaliteten kan förbättras om utfällningar tidigare har förekommit, Cementbruksisolering, Mot korrosion i vattenledningar, /14/. Ledningens återstående livslängd ökas väsentligt om en hög kvarvarande strukturell styrka finns i det befintliga ledningsmaterialet.

I samband med idrifttagning av distributionsledningar uppstår alltid problem med höga pH-värden som måste bemästras genom spolning, (Forskning och utveckling pågår för att finna lämpliga tillsatsmedel för att reducera pH-värdet).

Vatten med låg buffringskapacitet, så som mjukt vatten med $\text{CaCO}_3 < 50 \text{ mg/l}$, kan vid urlakning av kalk ur den nya isoleringen, ge oacceptabelt höga pH-värden under viss tid (pH kan ligga över 9.5 under flera månader), särskilt då flödet är lågt. Detta kan leda till missfärgning på t ex köksutrustning av aluminium och en ökad blyhalt i vattnet om blyledningar förekommer i t ex serviser.

Ofta är ledningar som skall renoveras utsatta för inre korrosion vilket gör att ledningen har dålig kapacitet. Genom rengöring och cementbruksisolering kan man få tillbaka stora delar av den ursprungliga kapaciteten.

10.5 Utförande

När det har beslutats, att renovering av vattenledningen, skall utföras med cementbruksisolering, skall det utföras en rad undersökningar och förarbeten för att säkerställa ett bra resultat.

Utförandeförloppet skall dokumenteras av entreprenören genom upprättande av kontrollplaner för respektive aktivitet under utförandet. Eventuella fel och avvikelser från det planlagda förloppet noteras och likaså noteras, hur dessa fel och avvikelser har hanterats.

10.5.1 Förundersökningar

Förundersökningarna bör omfatta:

- * Värdering av behov av rengöring
- * Bestämning av ledningsdimensioner och längder
- * Bestämning av riktningssändringar och dimensionsförändringar
- * Placering och dimension av armaturer
- * Insamling av information om anborrningar
- * Registrering av grundvattennivåer
- * Placering och storlek av nödvändiga arbetsområden.

I god tid före renovering utförs funktionskontroll av de ventiler och anordningar som skall manövreras i samband med genomförandet.

Angreppspunkterna väljs beroende på rengöringsmetod, transport eller pumpning av cementbruket, rörkrökar etc. Upp till 22,5° på rörkrökar kan isoleras förbi utan avbrott, beroende på utrustning, diameter och radie.

Som tumregel kan följande längder mellan angreppspunkterna användas;

Dimension (mm)	Avstånd (m)
< 300	150
300 - 500	100 ¹
> 500	500 ²

¹ Beroende på rengöringsmetod (skrapor 100 meter, waterjet 150 meter)

² Avståndet för den största ledningarna avser från två ändar, där man går i från var sitt håll, med manuellt manövrerade sprutmaskiner.

10.5.2 Förarbeten

Innan installationsprocessen startar skall följande förarbeten vara utförda:

- * Trafikreglering (ansvar, placering mm)
- * Klarläggande av nödvändig arbets- och installationsplats
- * Provisorisk vattenförsörjning
- * Manövrering av ventiler
- * Stängning av servisledning
- * Rengöring inklusive borttagning av instickande anboringar.

Före cementbruksisoleringens igångsättning skall befintliga armaturer i ledningen, som ventiler, servisanslutningar, avtappningsrör, luftningsanordningar o d skyddas genom lämplig inklädnad eller försättning. Skyddsanordningar skall antecknas till antal och läge och efter sprutningens färdigställande, noggrant avlägsnas varvid kontrolleras att det skyddade stället är fritt från cementbruk.

Schaktgropar utförs i angreppspunkter, och storlek på schaktgropen är beroende på dimension, djup, etc. Ett område på 10-20 m² krävs i anslutning till schakten för uppställning av utrustning och material.

Om det krävs cirkulation och förbipumpning av vatten, skall detta kunna ordnas i direkt anslutning till sträckan. Information om arbetet skall lämnas till brukarna.

Vid angreppspunkterna bortkapas erforderlig längd av ledningen. För ledning < 600 mm skall ca 1 meter kapas av och för ledning ≥ 600 mm ca 3 meter. Om rörskarv blir belägen inom schaktgrop anpassas kapstället så att skarven ingår i den bortkapade delen. Sådan kapbit ersätts med nytt skarvlöst rör. Där det är tekniskt lämpligt kan endast lock tas ut i stället för hel rörbit.

10.5.3 Rengöring

Rengöring skall ske med sådan metod att metallren ledning erhålls. Tömning av ledning utförs och eventuellt kvarvarande vatten i lågpunkter tas bort.

Beroende på ledningsdiameter finns olika rengöringsmetoder, se kapitel 3.2. Rengöringsgraden skall godkännas innan cementbruksisoleringen får påbörjas. Kontrollen skall ske genom TV-inspektion.

10.5.4 Installation/Utförande

CBI av ledningar < 600 mm

För ledningar ≤ 300 mm kan typen "karusell"-pump användas. För andra dimensioner finns andra typer av pumpar. Spruthuvudet styrs via en luftmotor.

Ofta kan vanliga servisanslutningar sprutas förbi utan problem. Erfarenhet har visat att cementbruket slungas in i servisledningen, ca 1-2 cm, på grund av centrifugalkraften.

CBI av ledningar ≥ 600 mm

Omedelbart efter blandning förs bruket i transportvagn eller pumpas genom ledning fram till isoleringsmaskinen. Denna skall anbringa bruket centrifugalt. Isoleringsmaskinen kan vara försedd med avstrykare för bruksytans avjämning, se dock 10.3.3 (Arbetet skall utföras i lämpliga dagsetapper utan uppehåll eller skarvar). Alla funktioner styrs manuellt från isoleringsmaskinen.

Lagningsarbetet skall beträffande huvudvattenledning utföras så snart transport kan ske in i röret utan att skada uppstår på den utförda isoleringen. Cementbruksytan som skall lagas rengörs från lösa partiklar och slam med mejsel och stålborste. Efterlagningen skall göras med bruk av samma sammansättning som det sprutade bruket och utlagningen skall ha samma tjocklek och jämnhet som omgivande isolering.

Efter arbetets färdigställande skall ledningen vara väl rengjord och de nyisolerade rören skall skyddas för snabb uttorkning genom lämplig inklädnad av rörändarna. Vattenledningen skall fyllas med vatten snarast efter utförd isoleringsetapp.

Alla faser av installationsprocessen inklusive eventuella hjälpverktyg för infodringen skall beskrivas av entreprenören.

10.5.5 Återställning och driftsättning

Vid ev återanvändning av bortkapade ledningslängder rengörs och omisoleras dessa ut- och invändigt. Kapbitarna skall vid återanvändning märkas så att återinsättning av dem kan ske på samma ställe i ledningen som de tagits från. Återinsättning av bortkapade rörbitar och förening mot befintlig ledning kan ske med rörsvep som svetsas. Rörsvepen isoleras utvändigt med bitumenmatta som värms för god vidhäftning mot underlaget. Mattan dras ut minst 0,3 m utanför respektive skarvställe in på befintliga ledningsändar.

Lock återsätts på samma sätt som rörbit, dock med stumsvets. Invändigt isoleras svetsställena med cementbruk. För mindre dimensioner samt för gjutjärnrör kan reparationsmuffar användas för ihopkoppling.

Normalt kan en distributionsledning tas i bruk efter ca 24 timmar.

Renspolning och desinfektion av ledning utförs enligt föreskrifter /8/. När prover erhålls som uppfyller myndigheternas krav, driftsätts ledningen. Under första veckan skall kontinuerlig kraftig spolning ske och därefter minskas spolningen och anpassas till erhållna provvärden avseende pH som under lågförbrukning ej får överstiga 9.

10.6 Kontroll

10.6.1 Kontroll före applicering

Kontroll av rengöring

För små ledningar utförs detta med dels videokamera och dels visuellt. För stora ledningar enbart visuellt.

Dimensionskontroll för ledningar < 300 mm

Alla sträckor skall tolkas i förväg med en överdimensionerad attrapp av stål. De slädar som används i dag är fjädrande, så att en viss dimensionsförändring kan accepteras.

10.6.2 Kontroll under applicering

Små ledningar

Tjocklek kontrolleras direkt efter startögonblicket i startpunkten. Kontroll utföres därefter i direkt anslutning till färdigisolerad ledning i slutpunkten. Under appliceringen kan åtgången av bruk kontrolleras med en typ av flödesmätare.

Stora ledningar

Tjocklek, konsistens, etc, kontrolleras visuellt av personen som styr isoleringsmaskinen.

10.6.3 Kontroll efter applicering

Provkuber

Entreprenören skall tillverka 2 serier om 3 provkroppar per normal dagsetapp, varav 1 serie utgör reserv. Proverna skall tas ut vid tidpunkt som bestäms av kontrollanten. Provkropparna skall utföras som kuber med 15 cm sida. Det åligger entreprenören att enligt betongbestämmelserna och kontrollantens anvisningar förvara provkropparna tills dessa kan transporteras till provningsanstalt. Proverna utförs som 7-dygnsprov, dvs korttidsprov för bestämning av tryckhållfastheten. Medelkubhållfastheten skall vara lägst 40 MPa, 28 dygn.

Tjocklek

För små ledningar sker tjocklekskontroll genom provtagning i utvalda rördelar. För de större ledningarna sker kontrollen med hjälp av icke förstörande magnetiska tjocklekmätare eller genom borrar i isoleringen med borrarstål av volframkarbid. Kraven på beläggningstjocklek är enligt tabell

Dimension	Tjocklek	Tolerans
100 - 300 mm	5 mm	+ 3 / - 1
300 - 600 mm	7 mm	+ 3 / - 1
600 - 900 mm	9 mm	+ 4 / - 1
900 - 1200 mm	13 mm	+ 4 / - 1
1200 mm	15 mm	+ 4 / - 1

10.6.4 Besiktning och provtryckning

Hygienanvisningar

Den personal som utför arbetet inne i ledningen skall ha väl rengjord fotbeklädning. Vid inträde i ledningen efter utförd cementbruksisolering skall fotbeklädningarna utgöras av väl rengjorda gummistövlar. Dessa skall dessutom omedelbart före inträdande i ledningen doppas i t ex 0,02 % natriumhypoklorit-lösning. Kärrhjul och handverktyg skall också vara väl rengjorda och tvättade i lösning.

Okulär besiktning (stora ledningar)

Så snart betongens härdning medger skall besiktning utföras av varje utförd delsträcka.

TV-inspektion (små ledningar)

Ledning som skall TV-inspekteras skall vara tömd och inspektionen skall genomföras så att fogar och anslutningar kan studeras. Inspektionen bör innehålla textinformation om plats, datum, ledningssträcka enligt ritning, ledningsdata och kamerans position.

TV-inspektionen skall utföras med väl rengjord och desinficerad utrustning som inte får användas till annat än vattenledningar.

Provtryckning skall ske enligt uppsatta krav.

10.6.5 Dokumentation av kontroll

Genomförd cementbruksisolering skall dokumenteras med provresultat, tid för utförandet och utförd kvalitetssäkring och överlämnas till byggherren, tillsammans med övrig dokumentation på det utförda renoveringsarbetet.

11 EPOXYBELÄGGNING

11.1 Metodbeskrivning och erfarenheter

Epoxybeläggning är en teknik för att belägga befintliga rör med ett inre korrosionsskydd av epoxyfärg.

De första epoxybeläggningarna gjordes i England för ca 25 år sedan och i Skandinavien utfördes de första beläggningarna 1988. I Skandinavien är det endast i Norge som tekniken har kommit till användning för markförlagda ledningar och där har ca 7 km vattenledningar belagts med epoxy.

Beläggningen appliceras i en tjocklek av minst 1 mm. Vid fogar i befintligt rörmaterial, där lokala dimensionsförändringar förekommer, kan metoden ge variationer i beläggningstjocklek. Ett område på 10-20 m² krävs i anslutning till schakt eller brunn för uppställning av utrustning och material.

Epoxybeläggning har under många år givit upphov till diskussioner om metodens lämplighet att användas i anslutning till renovering av dricksvattenledningar. Efter flera misslyckanden och svårigheter att säkerställa utförandet, finns det idag internationella bestämmelser för hur tekniken skall användas och utföras. I Skandinavien saknas sådana bestämmelser men metoden redovisas nedan med bl a hänvisning till brittiska krav i Water Mains Rehabilitation Manual /15/.

11.2 Dimensioneringsvägledning

Epoxybeläggning har i sig självt ingen egen strukturell styrka och kan därför inte heller dimensioneras för inre eller yttre tryck. Dimensioneringen inskränker sig därför till bestämning av skiktets maximala tjocklek för att uppnå en bestämd kapacitet.

11.3 Materialegenskaper

11.3.1 Material

De material som används för epoxybeläggning på vattenledningar skall vara godkända för livsmedelsanvändning, vara fuktresistenta och fria från lösningsmedel och bensylalkohol. Komponenterna i systemet (bas och härdare) skall ha klart åtskiljbara färger som efter ett riktigt blandningsutförande ger en tredje färg.

Bas och härdare skall tillverkas och förvaras i behållare som klart markerar tillverkningsdatum, hållbarhet, blandningsförhållande, förvaringssätt och hantering. För hantering skall gällande arbetarskydds krav följas.

Alla ingående material skall vara varudeklarerade av leverantören/ tillverkaren. Kraven för tillverkningskontroll och materialprovning i BS 5750 respektive BS 6920 (Brittisk Standard) skall uppnås. Metod och material bör vidare vara provat och godkänt vid t ex, WRC (Storbritannien), KIWA (Holland), Miljöstyrelsen (Danmark) eller motsvarande.

11.3.2 Blandningsegenskaper

Vid blandning och påförande av epoxy skall övervakning av processen ske med utrustning som mäter blandningsförhållande och flöde. Mätutrustningen skall kunna kopplas till skrivare och varningssystem som registrerar om gällande toleranser överskrids.

Innan beläggningsarbetet får starta måste bas och härdare ha pumpats genom sprutmunstycket under någon minut så att rätt viskositet och proportionering uppnås. Proportioneringen mellan härdare och bas varierar beroende av fabrikat (1:1-1:4). Av tillverkaren angivet blandningsförhållande skall följas och inga andra material får tillsättas eller komma i kontakt med blandningen på arbetsplatsen.

Materialtillverkarna försöker att optimera en låg viskositet, minimalt pumptryck och lång pumpdistans med en jämn och säker applicering av materialet.

11.3.3 Ytstruktur

Epoxybeläggningsen fungerar som ett inert skikt där en fullständig täthet skall uppnås enbart av materialet, till skillnad från en aktiv beläggning som CBI, som samverkar med det omgivande mediet för att tätheten skall bli fullgod.

Den färdiga ytan skall vara hård och med en ytstruktur motsvarande ett av entreprenören i förväg färdigställt prov som godkänts av beställaren. Om föreskrivna fordringar inte uppfylls skall beläggningsen rensas ut och ersättas med ny.

Beläggningsens tjocklek kan regleras men som minimum skall den alltid vara minst 1 mm. Tillfälliga tjockleksförändringar på upp till 5 mm kan tillåtas under förutsättning att tjockleken håller sig inom bestämda gränser.

11.4 Produktenskaper

Metoden kan användas till att tätta små läckor, försegla t ex asbestcementledningar och ge gamla rör en ny yta. Epoxyn har en relativt god vidhäftning mot de flesta material förutom mot material som är feta och oljiga som asfalt och polyeten.

Metoden förhindrar inte yttre korrosion och den tillför inte röret någon hållfasthet. Epoxyfägen ger däremot en slät yta som ger goda hydrauliska kapacitetsförhållanden. Färgen får inte avge några näringsämnen som främjar den bakteriologiska påväxten på rörväggen.

Epoxybeläggning är framförallt användbar i ändledningar och överföringsledningar som distribuerar vatten med låga pH-värden (< 7,5). Ledningsdiametrar på upp till 1000 mm har renoverats med metoden.

Ofta är ledningar som skall renoveras utsatta för inre korrosion vilket gör att ledningen har dålig kapacitet. Genom rengöring och epoxybeläggning får man i princip tillbaka den ursprungliga kapaciteten med undantag för den minskning som den påförda beläggningsen utgör.

Vid vattentemperaturer under +3° C och över + 30-40° C är det inte rekommenderbart att utföra epoxybeläggning. Vid arbete utanför detta temperaturområde bör materialtillverkaren kontaktas.

Utförandetiden för mindre ledningar ligger mellan 26-30 timmar vilket gör att insatser för att minimera störningarna till brukarna måste övervägas.

11.5 Utförande

När det har beslutats, att renovering av vattenledningen, skall utföras med epoxybeläggning, skall det utföras en rad undersökningar och förarbeten för att säkerställa ett bra resultat.

Utförandeförloppet skall dokumenteras av entreprenören genom upprättande av kontrollplaner för respektive aktivitet under utförandet. Eventuella fel och avvikelser från det planlagda förloppet noteras och likaså noteras, hur dessa fel och avvikelser har hanterats.

11.5.1 Förundersökningar

Förundersökningarna bör omfatta:

- * Värdering av behov av rengöring
- * Bestämning av ledningsdimensioner och längder
- * Bestämning av riktningsändringar och dimensionsförändringar
- * Placering och dimension av armaturer
- * Insamling av information om anbörningar
- * Registrering av grundvattennivåer
- * Placering och storlek av nödvändiga arbetsområden.

I god tid före renoveringen skall det utföras funktionskontroll av de ventiler och anordningar som skall manövreras i samband med genomförandet av renoveringen.

Beställare och entreprenör måste gemensamt ta ställning till hur anordningar på ledningssträckan skall hanteras. För varje typ av anordning som t ex ventiler, måste en separat bedömning göras över om ventilen skall rengöras och skyddas på platsen eller schaktas fram, tas bort och ersättas med en ny.

Angreppspunkterna väljs beroende på rengöringsmetod och beläggningsteknik. För beläggningstekniken kan normalt längden mellan angreppspunkterna uppgå till 100-150 meter, i vissa fall upp mot 200 meter. Beroende på diameter och radie kan rörkrökar etc på upp till 30° beläggas utan avbrott.

11.5.2 Förarbeten

Innan installationsprocessen startar skall följande förarbeten vara utförda:

- * Trafikreglering (ansvar, placering mm)
- * Klarläggande av nödvändig arbets- och installationsplats
- * Provisorisk vattenförsörjning
- * Manövrering av ventiler
- * Stängning av servisledningar
- * Rengöring inklusive borttagning av instickande anborningar.

Om brunnar inte finns skall schaktgropar utföras på ömse sidor om den sträcka som skall behandlas. Groparna skall vara så stora att rensnings-, rengörings- och beläggningsutrustning lätt kan tas ned i schakten.

Om det krävs cirkulation och förbipumpning av vatten skall detta ordnas innan arbetet påbörjas. Information om arbetet skall lämnas till brukarna.

För att underlätta tömning av ledningssträckan kan ett vattenfång, sump eller liknande utformas i ledningens lågpunkt. Om stora mängder slam rensas ur ledningen kan det också finnas behov av att vattnet passerar en sedimenteringstank innan det släpps ut i närliggande avloppsledning.

Vid angreppspunkterna bortkas erforderlig längd av ledningen. För ledning ≤ 300 mm skall ca 1 meter kapas av och för ledning > 300 mm ca 1,5 meter. Om rörskarv blir belägen inom schaktgrop anpassas kapstället så att skarven ingår i den bortkapade delen. Sådan bortkapad bit ersätts med nytt skarvlöst rör.

Kapningsutrustningen skall inspekteras regelbundet så att kapning kan ske snabbt och utan skador i form av långsgående sprickor i det kvarvarande rörmaterialet.

Efter kapning skall ledningen omedelbart proppas och isoleras så att inget förorenat vatten kan rinna tillbaka in i ledningen. Brukarna skall förhindras att tappa vatten under hela renoveringstiden.

11.5.3 Rengöring

Rensning skall ske med sådan metod att ojämnheter, avlagringar, lösa och kvarvarande beläggningar tas bort. Efter rensning skall rörets insida vara jämn och hel men områden av graffitering får förekomma. Beroende på ledningsdiameter finns olika rensnings- och rengöringsmetoder (se kapitel 3.2). Skrapor används normalt inte vid epoxybeläggning.

Rengöring i form av tvättning kan utföras genom högtrycksspolning kombinerad med rensplugg. Spolning görs för att få bort fetter och eventuella rester från mekanisk rensning. Efter rengöringen trycks skumgummisvampar eller gummiplungor genom ledningen för att driva undan eventuella vattensamlingar. Svamparna ger en torrare yta att applicera beläggnings på. All tryckluft som används skall passera genom filter så att fett och oljerester ej kan komma i kontakt med ledningen.

Rengöringsgraden skall godkännas innan beläggningsarbetet får påbörjas. Kontrollen skall ske visuellt eller genom TV-inspektion.

11.5.4 Installation/Utförande

Ändpunkterna på ledningssträckan schaktas fram och ledningen rensas och rengöres. Rensningen kan göras mekaniskt med flera olika tekniker beroende på ledningens kondition och påväxten i röret. De metoder som kan användas är renspluggar och roterande borr (se 3.2).

Efter rensningen måste ledningen rengöras och eventuellt fristående vatten tas bort. Appliceringen kan ske på fuktiga ytor och under vatten vilket är en förutsättning för att metoden skall fungera vid ledningsreovering, men ur kvalitetssynpunkt bör ledningen vara så torr som möjligt.

Före epoxybeläggningsens igångsättning skall befintliga armaturer i ledningen, som ventiler, servisanslutningar, avtappningsrör, luftanordningar o d skyddas genom lämplig åtgärd. Skyddsanordningar skall antecknas till antal och läge och efter sprutningens färdigställande noggrant avlägsnas varvid kontrolleras att det skyddade stället är fritt från epoxy. Slussventiler manövreras till full öppning ett flertal gånger direkt efter utförd beläggning.

Innan beläggningsarbetet startar måste harts och härdare ha pumpats genom sprutmunstycket under någon minut så att rätt viskositet (temperatur) och blandning (proportioner) uppnås. Testsprayning kan lämpligen göras i en burk eller hink. Innan arbetet startar tas ett prov i en rörbit eller spann för kontroll av härdning. Provet skall sparas i minst 2 år.

När förberedelserna är utförda, sprutas eller sprayas ett skikt av en tvåkomponents epoxy på rörens insida. Epoxyfärgen, som är uppvärmd till ca 20°- 40° C, pumpas in i ledningen, fram till ett roterande spridarmunstycke, som kastar ut färgen på rörväggen. Spridarmunstycket är centrerat i ledningen och monterat på en släde som kontinuerligt dras framåt med en winch. På slang- och wiretrumman skall finnas styrutrustning så att en jämn hastighet uppnås oavsett hur mycket wire som finns på trumman.

Epoxylagrets tjocklek kan varieras men det normala är ett skikt på minst 1-1,5 mm. Efter ca 4-8 timmar vid 20° C är epoxyn klibbfri och efter 16-20 timmar kan ledningen kontrolleras genom TV-inspektion. Därefter genomspolas och desinficeras ledningen. Efter genomsköljning kan ledningen tas i drift.

Omkring 200 meter kan utföras per dag, men tiden för själva beläggningsarbetet är endast någon timme eller ca 3-5 meter/minut för ett rör med diametern 100 mm.

Alla faser av installationsprocessen inklusive eventuella hjälpverktyg för infodringen skall beskrivas av entreprenören.

11.5.5 Återställning och driftsättning

Vid återanvändning av bortkapade ledningslängder rengörs och omisolerar dessa ut- och invändigt. Kapbitarna skall vid återanvändning märkas så att återinsättning av dem kan ske på samma ställe i ledningen som de tagits från. Återinsättning av bortkapade rörbitar och förening mot befintlig ledning kan ske med rörsvep som svetsas. För mindre dimensioner kan reparationsmuffar användas för ihopkoppling.

Renspolning och desinfektion (klorering) av ledning skall utföras innan ledningen får tas i drift (t ex enligt VAV P77, /8/). När prover erhålls som uppfyller kraven på dricksvatten kan ledningen driftsättas. Normalt kan en ledning tas i bruk efter 26-30 timmar.

En desinficering kan exempelvis innebära att en klorhalt på minst 50 mg/l ges en kontakttid på minst 30 minuter. Därefter skall genomspolning ske med en vattenhastighet av 0,5 m/s under 1 timme innan ledningen får kopplas in. I ändledningar skall spolning ske så att uppehållstiden i ledningen är mindre än 1 timma under det första dygnet.

11.6 Kontroll

11.6.1 Kontroll före applicering

Rengöring och att ledningen är fri från vatten skall kontrolleras med videokamera eller visuellt.

Alla sträckor skall tolkas i förväg med en något överdimensionerad attrapp av beläggningsutrustningen så att en fri passage av utrustningen kan garanteras.

11.6.2 Kontroll under applicering

Innan arbetet får starta skall en godkänd ytbeläggning ha utförts som test i ett provrör/spann eller liknande. Under applicering av beläggningen skall kontinuerlig registrering ske av blandningsförhållande, flödesmängd och hastighet på utrustningen. Utförandet skall hela tiden övervakas.

Tjocklek kontrolleras visuellt med hjälp av lampa direkt efter startögonblicket i startpunkten. Kontroll utföres också i direkt anslutning till färdigisolerad ledning i slutpunkten. Under appliceringen kan även åtgången av material kontrolleras. Se tabell 11.6.

Rördiameter (mm)	Teoretiska volymer (liter/ meter)	
	1 mm:s skikt	2 mm:s skikt
75	0.232	0.459
100	0.311	0.616
150	0.468	0.930
200	0.625	1.244
250	0.782	1.558
300	0.939	1.872
400	1.253	2.501
500	1.568	3.129
600	1.882	3.757

Tabell 11.6 Exempel på teoretiska volymer vid kontroll av materialåtgång.

11.6.3 Kontroll efter applicering

Beläggningsen skall utgöra ett heltäckande skikt med en tjocklek av minst 1 mm. Ytskiktet skall vara jämnt och utan oregelbundheter i tjocklek enligt ställda krav. Tjockleken mäts på uttagna provbitar kl 3, 6, 9 och 12 i båda rörändarna.

Provbitar skall tas på för objektet lämpliga platser och vid tidpunkt som bestäms av kontrollanten. Som minimum skall ett prov tas per objekt men minst 3 prover per kilometer belagd ledning. Provbitarna bör vara minst 0,5 meter långa. Det åligger entreprenören att förvara proverna tills dessa kan transporteras till laboratorie eller provningsanstalt. Materialprovning kan utföras i enlighet med CEN/TC164/WG3.

11.6.4 Besiktning och provtryckning

Ledningen skall efter härdning TV-inspekteras, vilket skall göras vid tömd sektion och med väl rengjord och desinficerad utrustning. TV-inspektionen skall genomföras så att fogar och anslutningar kan studeras och textinformation bör finnas om plats, datum, ledningssträcka enligt ritning, ledningsdata och kamerans position.

Efter spolning och desinficering skall alltid vattenprov tas.

Provtryckning kan ske enligt uppsatta krav och i princip enligt gällande provtryckningsnorm /11/.

11.6.5 Dokumentation av kontroll

Genomförd epoxybeläggning skall dokumenteras med provresultat, tid för utförandet och utförd kvalitetssäkring och överlämnas till byggherren, tillsammans med övrig dokumentation på det utförda renoveringsarbetet.