

Styrbare metoder

Bygherrevejledning

Januar 2012

(Revideret januar 2024)



**Kontrolordning for styret
boring og gennempresning**

Forord

Denne bygherrevejledning er udarbejdet af Kontroludvalget for Kontrolordningen for styret boring og gennempresning.

Vejledningen beskriver de mest anvendte styrbare metoder i Danmark, der anvendes til nyanlæg af ledninger med indvendig diameter op til 3 m.

Vejledningens formål er at bistå bygherren med at få et vellykket projekt ved at give en indføring i de muligheder og begrænsninger, der findes ved forskellige udførelsesmetoder, samt viden om de nødvendige forundersøgelser forud for valg af metode og projektering, og værdien af at der gennemføres de nødvendige tilsyns- og kontrolaktiviteter under udførelsen jævnfør kontrolordningens tekniske bestemmelser.

Vejledningen kan anvendes af alle, der arbejder med distribution af spildevand, gas, vand, fjern- varme, føringsrør for forsyningsledninger, tunneller mv.

De oplysninger og den vejledning bygherrevejledningen indeholder, bør ikke bruges som en erstatning for relevant vejledning fra professionelle rådgivere og entreprenører.

Kontroludvalget for Kontrolordningen for styret boring og gennempresning påtager sig intet økonomisk eller juridisk ansvar for handlinger baseret på indholdet i vejledningen.

Forfattere

Er udarbejdet i 2012 af en arbejdsgruppe bestående af:-

Morten Hansen, Østergaard A/S,

Olav Bennike, Aalborg Forsyning, Kloak A/S

Jan Laursen, EnviDan A/S

Jens Albrechtsen, EnviDan A/S

Søren Barbré Pedersen, EnviDan A/S

Senest revideret januar 2024 af Jens Peder Guldborg, Byggeriets Kvalitetskontrol

Contents

Forord	2
Forfattere	2
Indledning.....	5
Metoder og metoders anvendelighed	6
Styrbare metoder - En oversigt	6
Fælles for de styrbare metoder	7
Boremudder	7
Rørmaterialer	9
Styret boring	11
Første fase - Fremboring af borestænger.....	13
Anden fase - itrækning af medierør	16
Opsummering - styret boring	18
Pilotrørsmetoden.....	20
Pilotrørsmetoden minder i metode om styret boring. I stedet for pilotstænger anvendes blot pilotrør med udvendig diameter på ca. 10 cm.....	20
Første fase - Fremboring af pilotrør	21
Anden fase - Fremføring af medierør eller føringsrør.....	23
Opsummering - Pilotrørsmetode.....	24
Tunnelering	25
Generelt for tunnelering	25
Mikrotunnelering.....	27
Opsummering - mikrotunnelering	31
Tunnelering med åben front.....	31
Planlægning og gennemførelse.....	33
Planlægning, projektering og udbud.....	33
Generelt	33
Ansvarsfordeling ved uforudsete forhold eller manglende planlægning.....	33
Arealbegrænsninger	34
Registrering af eksisterende bygninger og anlæg.....	34
Særlige bygninger og anlæg	34
Fortidsminder	34
Hensyn til fremtidige anlæg.....	35
Jord og grundvand	35
Myndighedsforhold	35
Miljøtekniske undersøgelser.....	36

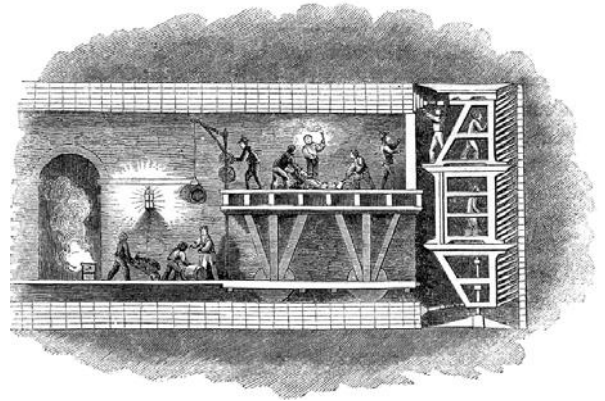
Eksternt miljø	36
Mindste dimensioner ved tunnelering med åben front.....	37
Krumme linjeføringer	37
Hindringer	37
Tolerancer	37
Start-, mellem- og slutgruber	38
Stabilisering af jordfront ved borehoved	38
Yderligere foranstaltninger i vandførende jord.....	38
Boremudder og blowups	39
Byggeplads.....	39
Udbud og kontraktindgåelse	40
Udførelse	40
Entreprenørens egenkontrol og dokumentation	40
Bygherrens tilsynsforpligtigelse.....	40
Sikkerheds- og sundhedsforhold	41
Oversigt over metodernes anvendelighed.....	42
Ordforklaring	44

Indledning

Anvendelsen af tunnelering fik sit gennembrud allerede i 1825 med etablering af "The Thames Tunnel". Tunnelering under Themsen er 396 m lang og tog 18 år at udføre. Tunnelen er stadig i brug som en del af Londons undergrundsbane.



Længdesnit af The Thames Tunnel



Manuel udgravning af jord under Themsen.

Siden etableringen af The Thames Tunnel, har metoderne og anvendelsesmulighederne samt - omfang for de styrbare metoder udviklet sig meget - lige fra føringsrør for kommunikationskabler til tunnelen under den Engelske kanal.

Fælles for de styrbare metoder er, at de anvendes, når der kan opnås fordele med hensyn til trafikale-, bygnings-, anlægs-, miljømæssige og/eller økonomiske forhold.

Afhængig af den valgte metode kan ledninger etableres enten med retlinede eller kurvede forløb.

De styrbare metoder finder anvendelse indenfor stort set alle forsyningsområder.

Anvendelsesmulighederne er således mange, og de styrbare metoder finder anvendelse i stadigt større og større omfang.

Nærværende bygherrevejledning begrænser sig til at beskrive de i Danmark mest anvendte styrbare metoder med dimensioner op til indvendig diameter på 3 meter.

Metoder og metoders anvendelighed

Princippet i de styrbare metoder er enkelt. Et præfabrikeret rør presses eller trækkes gennem jorden. Jorden bliver enten fortrængt eller transporteres væk.

Røret kan være medie bærende for trykløse eller tryksatte medier eller fungere som føringsrør for et eller flere andre rør.

Princippet er enkelt. Metoderne er knap så enkle og er grundlæggende forskellige. Metodernes anvendelighed afhænger af mange parametre, f.eks. den ønskede funktion, diameter, jord- og grundvandsforhold, eksisterende bygninger og anlæg mv.

Metoderne udvikles fortsat, hvorfor metodebeskrivelserne i denne vejledning ikke er endelige. F.eks. kan det forventes, at nogle metoder fremover vil kunne etableres i endnu større dimensioner.

Valg af metodetype afhænger blandt andet af følgende:

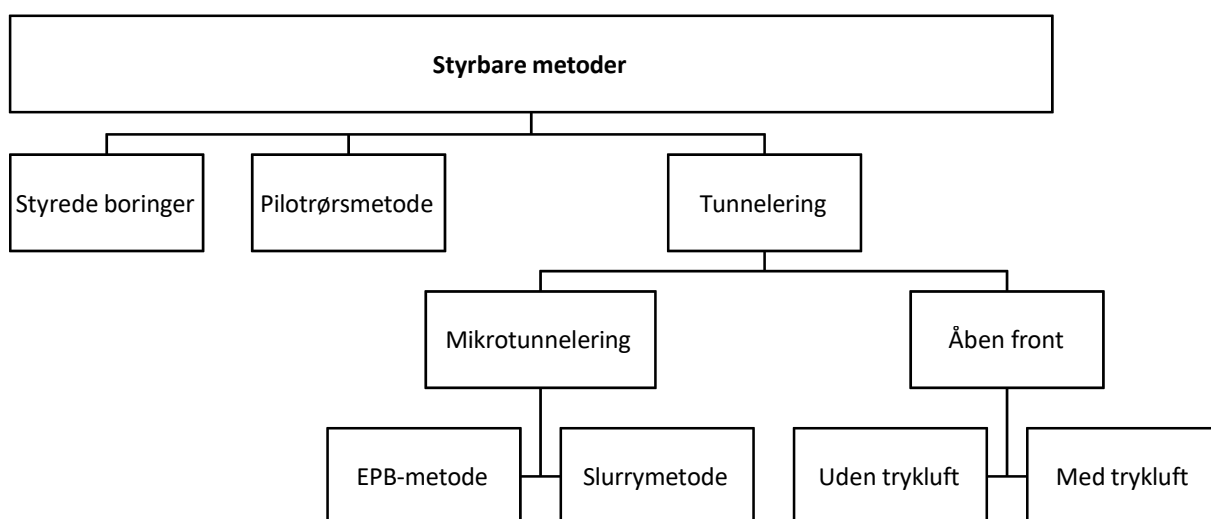
- ledningens funktion
- ledningstype (trykløse eller tryksatte rør)
- ønsket præcision
- afstand til over- og underjordiske anlæg, bygninger, kabler og rør mv.
- den ydre diameter af røret
- den samlede rørlængde
- geotekniske forhold
- grundvandsforhold
- jorddækningskrav

En oversigt over metodernes anvendelighed [findes her](#). Oversigten omfatter muligheder under optimale betingelser.

Ordforklaring kan findes [her](#).

Styrbare metoder - En oversigt

De styrbare metoder opdeles i nedenstående hovedkategorier



Fælles for de styrbare metoder

Boremudder

Anvendelse af boremudder er fælles for alle styrbare metoder. Anvendelse af boremudder er en forudsætning for, at kunne udføre styrbare borer. Boremudderet vil bestå af en fraktion af tilsat borevæske (vand, bentonit og/eller polymerer og soda) afhængig af jordens beskaffenhed.

Et bentonitbaseret boremudder vil typisk indeholde fra 20 til 50 kg bentonit pr. 1000 l vand. Når boremudderet blandes med den omkringliggende jord, fås et restprodukt i form af boreslam.

I nærværende vejledning anvendes begrebet boremudder om såvel begrebet borevæske og boreslammet. Boremudderet tjener flere formål:

- løsner og blødgør jorden foran borehovedet
- renses, smører og køler borehovedet og borestænger
- transporterer løsnet jord til gruber eller separationsanlæg
- filterkage af boremudder nedsætter friktionen mellem rørvæg og intakt jord
- erstatter den jord, der er fjernet, ved anvendelse af reamer med større diameter end rør (overcut)
- stabiliserer midlertidig borehullet omkring røret

De væsentligste bestanddele i boremudder, udover vand, er typisk bentonit og/eller polymerer. Der anvendes ofte en blanding af bentonit og polymer. Foruden bentonit og polymer kan tilsættes forskellige additiver, der regulerer boremudderets egenskaber, f.eks. kan densitet og viskositet reguleres.

Boremudderets egenskaber varieres afhængig af den aktuelle opgave og kan have afgørende betydning for udførelsen. Boremudderets egenskaber vælges ud fra parametre som diameter, længde af røret, jordbunds- og grundvandsforhold, konsekvens ved udpresning af boremudder til det omgivende miljø (blowups) mv. Overskydende boremudder skal som udgangspunkt behandles som forurenede jord iht. Jordforureningsloven og bortkøres til godkendt og anvist deponi. Hvis det kan dokumenteres at overskydende boremudder ikke er forurenede, kan det ved dokumenteret myndighedstilladelse, udbringes på landbrugsarealer.

Det er operatøren, der justerer egenskaberne af boremudderet. Ved komplicerede opgaver bør operatørens erfaring og referencer indgå som en parameter ved valg af entreprenør.

Blowups

Under boringens udførelse kan opstå høje tryk i boremudderet. De høje tryk kan forårsage, at boremudderet frigives til det omgivende miljø gennem sprækker, tidligere omgravet jord og lignende, såkaldte "blowups".

Særlig ved små jorddækninger er der risiko for blowups. I tidligere omgravet jord, ofte hvor der er mange andre forsyningsanlæg, er risikoen for blowup ligeledes stor.

Da lokaliteten og omfanget af et blowup er ukontrolleret, er blowups uhensigtsmæssige. I nogle tilfælde kan blowups endda medføre forureninger af alvorlig karakter. Særligt ved krydsning af vandløb og vådområder skal der træffes foranstaltninger for at undgå blowups til vandmiljøet. Den meget lille partikelstørrelse i boremudderet er særlig farlig ved blowups til vandmiljøer med fisk, idet partiklerne sætter sig i gællerne og hindrer iltoptagelse. I forbindelse med boring ved vandmiljøer bør anvendes boremudder baseret på biologisk nedbrydelig polymer.



Store mængder boremudder kan presses til overfladen ved et blowup. Boremudderet kan afstrømme via overfladen til lavninger eller følsomme vandmiljøer

Et blowup under stort tryk kan medføre hævnninger af befæstede arealer og skred i vej- og jernbandedæmninger.

Foranstaltninger mod blowups kan være ekstra stor jorddækning (herunder midlertidig oplægning af ekstra jord), forreaming, anvendelse af boremudder med egenskaber, der reducerer risiko for blowup samt etablering af aflastningshuller fra terræn og ned til boringen med passende intervaller langs ledningstracéet.

Overcut

Styrede boringer udføres altid med et overcut (borehullets diameter er større end medierøret). Hulrummet mellem borehullet og medierøret stabiliseres midlertidigt med boremudder. Typisk opbores borehullet med overcut på ca. 30 % af medierøret. Størrelsen af overcut skal vurderes ud fra jordbundsforholdene og ud fra længden af boringen. Overcutter er en nødvendighed for at få jorden transporteret ud langs med røret. Under særlige forhold fx ved jernbanekrydsninger kan der opsættes krav til max. overcut, hvis risiko for sætninger som følge af boringen skal reduceres/elimineres. En mulighed er at anvende "åbent" trækhead - dvs. at jorden ledes gennem medierøret for at mindske overcutter. Anvendelse af åbent trækhead kan give andre gener, fx tillader vandforsyninger ofte ikke forurening af deres ledninger under udførelse, dog kan der i disse tilfælde kræves skærpet rensning af rørene for at imødegå dette. Alternativ kan der injiceres med skumbeton, hvis overcutter overstiger det tilladelige.

Efter boringen er afsluttet, vil der gradvist ske et svind i volumen af boremudderet, efterhånden som boremudderets høje vandindhold udlignes med den omgivende jord. Som følge heraf sker en volumenreduktion af boremudderet, hvilket kan give anledning til sætninger på overfladen. Overholdes de anbefalede minimum jorddækninger, er der normalt ikke problemer med sætninger på overfladen, men afhængig af overcutterens størrelse kan der forekomme sætninger på overfladen ved dybder mindre end de anbefalede minimumsdybder.

Desto større tværsnitsareal af en boring, der udgøres af boremudder, desto større er sandsynligheden for sætninger, for eksempel ved trækning af flere rør på én gang. Det er vigtigt her, at det tilstræbes at trække et antal rør, det danner et cirkulært snit. Derved reduceres hulrummet med bentonit, og dermed også risikoen for sætninger. Det betyder bl.a., at det kan være u hensigtsmæssigt at trække f.eks. 2 stk. rør, idet det afhængig af rørdimensionen kan være en dårlig løsning, med mindre den styrede boring foregår på en lokalitet, hvor sætninger kan tillades.

Separationsanlæg

Ved brug af separationsanlæg kan en del af boremudderet (bentonit og vand) genbruges, idet dette separeres fra jord mv. i et anlæg. Herved opnås fordele i forbindelse med styret underboring og mikrotunneling med lukket front/slurrysystem.

- Miljøgevinst: Vand og bentonit genbruges og reducerer derfor kraftigt deponeringen af boremudderet.
- Økonomisk gevinst: Grundet den store genanvendelse er der stor besparelse på deponeringsudgifter og udgifter til slamsugere.



Separationsanlæg opbygget på sættevogn



Større mobilt separationsanlæg anvendt ved krydsning af Limfjorden med 2 stk. Ø400 mm ledninger

Rørmaterialer

Der kan anvendes forskellige rørmaterialer i forbindelse med de styrbare metoder afhængig af den anvendte metode med hver deres brugs- og udførelsessegenskaber (se mere i "[Oversigt over metodernes anvendelighed](#)").

De oftest anvendte rørtyper er:

- PE-rør SDR 17
- Betonrør
- Glasfiberarmeret polyester (GAP)
- Klikrør (PP)
- Stålrør (anvendes som føringsrør)

PE-rør

PE-rør anvendes typisk i dimensioner fra 32 mm til 1000 mm. PE-rør anvendes udelukkende til metoder, hvor der anvendes itrækning.



PE-rør monteret med trækhoved klar til itrækning

Betonrør

Betonrør anvendes typisk i dimensioner fra 800 til 3.000 mm, dog kan der anvendes betonrør ned 300 mm. I dimensioner mindre end 1.400 mm anvendes typisk tørstøbte rør og i dimensioner fra 1.600 mm til 3.000 mm typisk vådstøbte rør. Betonrør anvendes udelukkende til metoder, hvor der anvendes presning.



Vådstøbt armeret betonrør

Glasfiberarmeret polyester (GAP)

GAP-rør anvendes typisk i dimensioner fra 300 til 3.000 mm. GAP-rør anvendes udelukkende til metoder, hvor der anvendes presning.



Ipresning af GAP-rør



GAP-presserør

Klikrør (PP)

Klikrør anvendes typisk i dimensioner fra 110 til 560 mm.

Klikrør kan fås i længder ned til 60 cm, og kan anvendes ved meget små modtagegruber, f.eks. brønde med diameter helt ned til 120 cm.

Efter at klikrørene er klikket sammen, sørger modhagerne i samlingerne for, at der kan trækkes adskillige tons i rørene, uden at de glider fra hinanden i samlingerne.



Montering af klikrør fra eksisterende brønd



Illustration af muffekliksamling. Bemærk modhagerne i spidsenden. Tilsvarende er der modhagere i muffen. Samlingen er forsynet med 2 gummiringstætninger

Stålrør

Stålrør anvendes som føringsrør for medierør. Stålrør anvendes typisk i dimensioner fra 150 til 1.200 mm. Afhængig af dimension kan stålrør både anvendes til metoder, hvor der anvendes itrækning og presning.



Stålrør under ipresning

Styret boring

Styret boring er den mest anvendte styrbare metode og anvendes til mange formål, f.eks. fjernvarme, gas, vandforsyning, afløb, dræn, føringsrør for telekabler mv.

Der findes mange operatører, der udfører metoden, og metoden er den billigste af alle styrbare metoder.

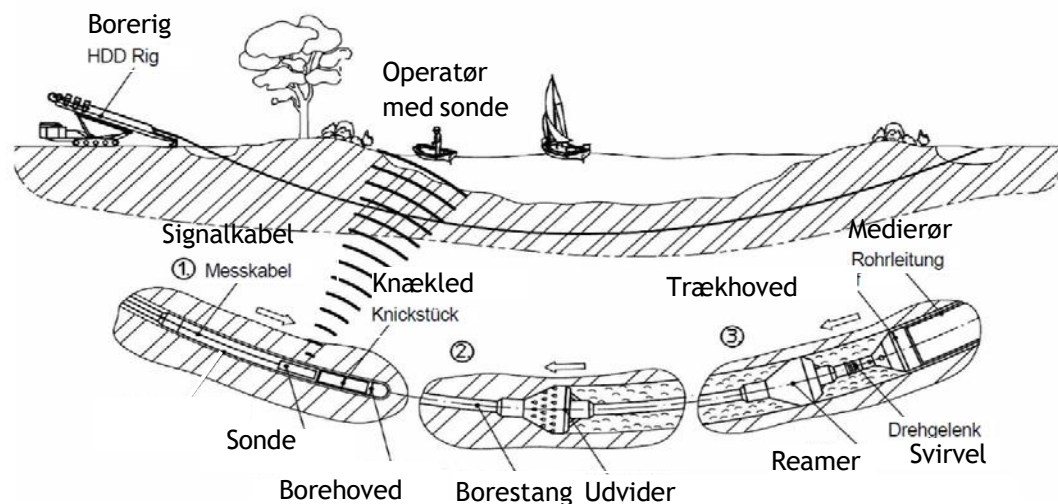
Boringen kan udføres med både vertikale og horisontale kurver. Blandt de styrbare metoder er styret boring den bedste egnede til boring i jord med meget dårlig bæreevne, når blot der ikke stilles krav om meget små udførelsestolerancer.

Lægningstolerance:

- Afhænger af de stedlige jordbundstyper og -forhold, dybde af boring og måleudstyrets specifikke nøjagtighed.
- Erfaringsmæssigt kan en styret boring ikke udføres fuldstændigt mireret.
- Boringer med fald (eller stigning) på mindre end ca. 15 ‰ kan ikke forventes udført uden lokale bagfald.

Styret boring benævnes internationalt Horizontal Directional Drilling, forkortet HDD.

Boringen kan udføres fra og til jordoverfladen, fra en start- til en modtagegrube eller en kombination heraf.

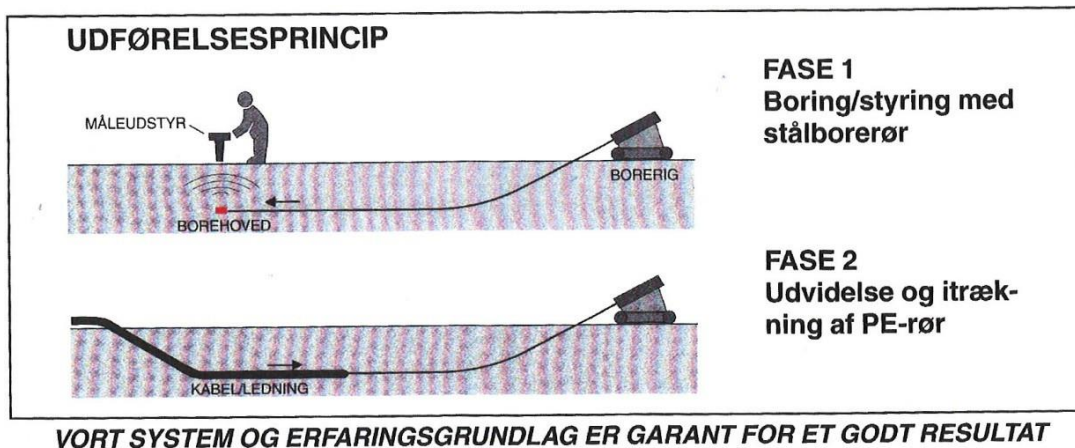


Principskitse for udførelse af styret boring

- ① I boringens første fase presses og bores borestænger frem til modtagegruben
- ② I boringens anden fase trækkes borestængerne tilbage under rotation, eventuel med udvider foran
- ③ (reamer) Reameren opborer borehullet med overcut på ca. 30 %. Efter reameren trækkes medierøret.

I forhold til ovenstående principskitse kan der ved særlige forhold anvendes alternative styresystemer som fx Gyro eller systemer, hvor der udlægges kabler langs tracéet, der danner et spændings-/magnetfelt, hvis ændring kan monitoreres via sonde på overfladen.

Styret boring udføres i to faser. Først boring og presning af borestænger og dernæst itrækning af medierør fra modtagegruben.

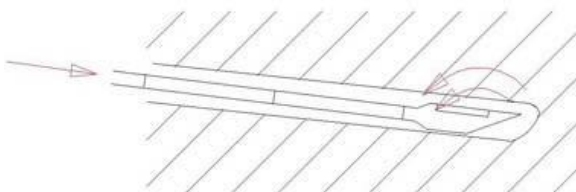


Første fase - Fremboring af borestænger

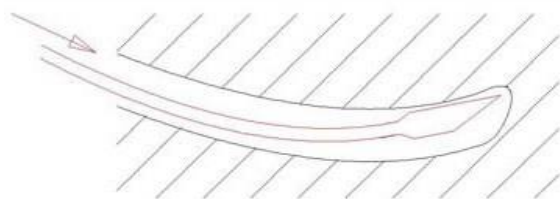
I første fase borer og presser en borerig et borehoved med påmonterede borestænger gennem jorden. Borestængerne har typisk hver en længde på 3-6 m og monteres i forlængelse af hinanden ved boreriggen efterhånden som borehovedet presses og bores frem gennem jorden.

På trods af benævnelsen "borestænger" er stængerne hule, hvilket muliggør transport af boremudder fra boreriggen og ud gennem dyser i borehovedet.

Boringen sker ved en kombination af mekanisk og hydromekanisk påvirkning.



Ved samtidig rotation og tryk sker ingen ændring i retning af boringen



Ved tryk uden samtidig rotation ændrer boringen retning som følge af borehovedets skrå front



Typisk anvendt borehoved med skråtstillet front.

Den mekaniske påvirkning består i, at borehovedet trykkes fremad med eller uden samtidig rotation. Trykkes borehovedet frem med rotation, vil boringen ikke ændre retning. Trykkes borehovedet frem uden rotation, vil den skrå front bevirke, at boringen ændrer retning.

Den hydromekaniske påvirkning består i, at der tilføres boremudder ud gennem huller i borehovedet. Herved reduceres friktionen mellem jord og borehoved, og der skabes en "filterkage" på indersiden af borehullet, hvilket har en stabiliserende effekt.

Overskydende indpumpet boremudder transporteres sammen med den løsnede jord til afsendegruben og/eller eventuelle trykaflastningsgruber. Afhængig af boremetode kan en del af boremudderet også blive transporteret til modtagegruben.

I boring i hårde jordbundstyper, f.eks. kridt eller kalk, vil det i sjældne tilfælde være nødvendigt at anvende særlige boremetoder, der adskiller sig ved forskellige typer af borestænger i form af "rør-i-rør" eller "mudmotor". Rør-i-rør omfatter et ydre rør, hvori der roterer en stang, der roterer borehovedet. Mudmotor omfatter et rør, hvori boremudder under højt tryk pumpes frem til borehovedet. Borehovedet er udformet, så det roteres under den hydrauliske påvirkning af boremudderet, der strømmer gennem borehovedet.



Borerig under ipresning/-boring af borestænger

Pitmaskine

I tilfælde, hvor der er særlig begrænset plads, kan, som alternativ til en borerig, anvendes en såkaldt "pitmaskine". Pitmaskinen kan nedgraves i startgrube på helt ned til 1,5x1.0 m. Der anvendes korte borestænger på ca. 0,5 m. Metoden er begrænsende i forhold til dimension og længde sammenlignet med anvendelse af en borerig.



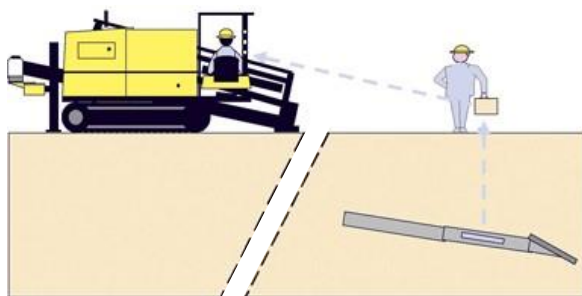
Pitmaskine under installation



Pitmaskine

Styring af boring vha. af sonde

Forud for udførelse af boring af borestænger udføres en nivellering af overfladen langs hele strækningen, således den målte dybde kan sammenlignes med den planlagte dybde.



Oftest udføres styrede boringer med en sonde, der er integreret i borehovedet

Oftest udføres styrede boringer med en sonde placeret umiddelbart bag borehovedet. Sonden udsender radiosignaler. En operatør på overfladen med en håndholdt søger, giver operatøren i boreriggen oplysninger om aktuell placering, dybde, hældning og retning. Operatøren korrigerer på baggrund heraf retning af borehovedet og dermed boringen.



Operatør med håndholdt søger



Håndholdt søger

Styring af boring vha. af elektromagnetfelt

Flere forhold kan forstyrre eller vanskeliggøre modtagelse af radiosignaler fra sonden, f.eks. boring i stor dybde, tæt på strømførende kabler, jernbeton o.l. samt i vådområder. I stedet for registrering af sonde med håndholdt søger, kan registrering i disse tilfælde i stedet ske ved udlægning af 2 indmålte strømførende kabler på overfladen. En computerbehandling af det elektromagnetiske felt, de 2 strømførende kabler danner, anvendes til styring af borehovedet.

Gyro-styring

Endelig kan styring af borehovedet ske ved anvendelse af et borehoved med gyroskop. Denne metode kan dog kun anvendes ved rørdimensioner over 170 mm pga. gyroskopets fysiske størrelse.

Anden fase - itrækning af medierør

I slutpunktet/modtagegruben påbegyndes anden fase. Borehovedet fjernes, og der påmonteres en reamer (en udvider). Reameren opborer et hul med en vis overstørrelse, ca. 30 % større end medierøret. Fra huller i reameren tilsættes løbende boremudder. Herved blødgøres jorden foran reameren, og friktionen mellem jord og medierøret reduceres. Reamere kan have vidt forskelligt udseende afhængigt af, hvilken jordbundstype der er beregnet til.



Universalreamer monteret med sirvel

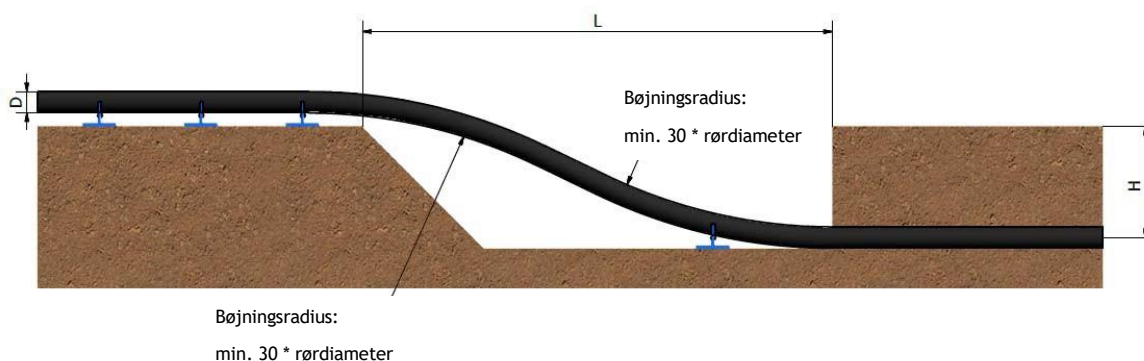
Ved vanskelige jordbundsforhold samt lange og store boringer kan en forreaming af borehullet være nødvendig.

Medierøret monteres bag reameren, og reamer samt medierør trækkes tilbage mod boreriggen. Tilbagetrækning sker med kontinuerlig rotation af pilotstænger og reamer samt tilsætning af boremudder. Mellem reamer og medierør sidder en svirvel, der sikrer, at medierøret ikke roteres under itrækning.

Medierøret bør itrækkes i en lang og ubrudt bevægelse. Afbrydes itrækningen, er der risiko for, at boremudderet under stilstand får en fast konsistens og "sætter sig", og at genoptagelse af itrækning besværlig- eller umuliggøres.

Ved for små itrækningsgruber udsættes røret for små bøjningsradier under itrækning, hvilket kan medføre et vertikalt bølget forløb af det installerede PE-rør (Osteskæreeffekt). Effekten kan også forstærkes af bløde overliggende jordlag. Bølgerne på røret aftager fra itrækningsgrube og frem mod startgruben.

Fænomenet kan undgås ved etablering af langstrakte itrækningsgruber. I områder med mange andre forsyningsledninger, kan langstrakte itrækningsgruber dog være meget vanskelige og relativt dyre at etablere. Minimums størrelse af byggegruber fremgår af tabel side 43. Supplerende information om byggegrubelængder kan findes i de "Tekniske Bestemmelser" for Kontrolordning for Styret Boring og Gennempresning.



Mindste størrelse af itrækningsgrube bør fastlægges ud fra mindste bøjningsradius svarende til 30 x rørdiameter

For at undgå risiko for at røret sætter sig under itrækningsstop samt bølgede forløb af det installerede rør, skal der under planlægningen tages særlige hensyn til pladsbehov for oplægning af, og itrækningsgruber for, medierør. Itrækningsstop for sammensvejsning af medierør bør så vidt muligt undgås. Er itrækningsstop ikke muligt, bør varigheden reduceres mest muligt.



Oplægning af svejst PE-ledning forud for itrækning



Itrækningsgrube for PE-rør oplægning af medierør



Foranstaltning af ekstra anlægsarbejder for oplæg af medierør forud for itrækning kan være nødvendige

Jorden, der bortbores af reameren, ”bæres” ud i den tilsatte boremudder. Jord og boremudder transporteres bagud forbi reameren og tilbage til modtagegruben, hvorfra medierøret itrækkes. Fra en sump i gruben oppumpes boremudderet løbende. Det er vigtigt, at boremudderet har den korrekte sammensætning til de aktuelle jordbundsforhold, så den har den korrekte bæreevne til at transportere jorden ud.

Som alternativ til itrækning af medierør kan også trækkes føringsrør af f.eks. PE-materiale eller stål. Medierøret kan efterfølgende trækkes i føringsrøret. Anvendelse af føringsrør finder ofte anvendelse, hvor brud på medieledninger medfører risiko for forurening eller skade på andre anlæg og bygninger - for eksempel styret boring under motorvej eller banearaler eller ved boring i ”svage” jordarter, hvor der er behov fx et føringsrør i starten af boringen.

Ved store rørdimensioner kan det være nødvendigt at reame op flere gange for at komme op i den ønskede dimension på medierøret inkl. overcut. Ved forreaming kan der i nogle tilfælde være risiko for sammenfald af borehullet, særlig ved sandede jordarter, og det skal derfor vurderes, om jordbundsforholdene er egnede til forreaming. Et forreamet borehul bør ikke stå åbent i flere dage og det øvrige forløb af ledningsetableringen bør gennemføres hurtigst muligt.

Blowups

Ved utilsigtet stop af ”back-flow” (transport af boremudder til modtagergruben under itrækning af medierør) kan opstå et stort tryk i boremudderet, hvilket øger risikoen for et blowup.

Mængden af anvendt boremudder svarer til ca. 3-5 gange medierørets volumen.

Opsummering - styret boring

Tekniske data

- Elektronisk styring
- Ledningsdimensioner Ø32 - Ø1000 mm
- PE-rør/stålrør/Klikrør
- Borelængde typisk op til 1.000 m (boringer over 3 km er dokumenteret i udlandet)
- Måletolerance $\pm 5\%$ af dybden (udviklingen af måleudstyret tyder på en nedsættelse af måletolerancen)

Anvendelsesområder

Nyanlæg af:

- Kabler/kabelrør
- Beskyttelsesrør/føringsrør
- Gas-, vand- og fjernvarmeledninger
- Kloak- og udløbsledninger

Krydsning af:

- Veje og jernbaner
- Vandløb, enge, søer, fjorde og bæltter
- Beplantede arealer

Fordele, begrænsninger og risici

Fordele

- Lav belastning af omgivelser herunder minimering af trafikgener mv.
- Begrænset grundvandsfølsomhed
- Egnede til udførelse i blød bund
- Få opgravninger - minimal reetablering
- Mulighed for ændring af tracé og dybde under boreforløbet
- Kræver ingen presse-/modtagegruber, kun huller for opsamling af boremudder.
- Prisbillig udførelsesmetode
- Mange operatører

Begrænsninger

- Kræver et vist fald for sikring mod lunger ved anvendelse til gravitationsledning
- Anvendelse af klikrør egner sig ikke ved blød bund
- Grus nedsætter effekten af boremudder, hvorfor længden af hver enkelt boring forkortes

Risici

- Risiko for blowups, særligt ved lange stræk
- Rør/kabelbrud ved rør/kabler der ikke er lokaliseret
- I meget "svage" jordtyper kan bæreevnen blive så ringe, at borehovedet synker ukontrolleret.
- Sten kan påvirke nøjagtigheden af boringen og vanskeliggøre udførelse af boringen.
- Lunkedannelser ved for kort itrækningsgrube.
- Lagdelinger af forskellige jordtyper kan besværliggøre et retlinet forløb af borestænger og efterfølgende itrækning af medierør.
- Et skævt træk i borestænger under itrækning af medierør, f.eks. ved boring i kurver, kan medføre "osteskæreeffekt" (borestænger trækkes ind gennem jorden). Fænomenet er særlig udtalt i sand og blød jord.
- Den ringe lejringstæthed i boremudderet kan resultere i sætninger og u hensigtsmæssige belastninger på medierøret, når den omgivende jord sætter sig.

- Ved boringer i sand med lille lejringsstæthed kan reaming medføre "Liquid fraction" (den omgivende jord optræder som en væske), og medierørets placering kan fravige fra pilotboringen pga. opdrift mv.
- Afbrudt itrækning af medierør øger risikoen for blowups, da tryk i boremudder kan øges væsentligt ved forsøg på genoptagelse af itrækning.
- Afbrudt itrækning af medierør kan medføre, at boremudderet "sætter sig", og at genoptagelse af itrækning ikke kan lade sig gøre.
- Ved store itrækningskræfter kan medierøret blive trukket over eller beskadiget på anden måde. De anvendte trækkræfter skal altid være mindre end de af rørleverandøren angivne tilladelige trækkræfter for de aktuelle rør. Ved anvendelse af store itrækningskræfter er der risiko for, at der efter installationen, og ved evt. tilslutning til brønde, at ledningen kan trække sig sammen og efterlade åbne samlinger ved tilslutninger. I Kontrolordningens Tekniske bestemmer kan der findes skema med vejledende maksimale trækkræfter i PE-rør.
- Fejlmåling af sondeplacering grundet forstyrrelser fra f.eks.:
 - Elkabler i jorden eller i luften
 - Øvrige ledningsanlæg
 - Jernbanespor
 - Spunsvægge eller køreplader
 - Armerede betonkonstruktioner og funderingspæle
 - Saltholdigt vand
 - Stor dybde reducerer radiosignal fra sonden bag borehovedet

Pilotrørsmetoden

Pilotrørsmetoden minder i metode om styret boring. I stedet for pilotstænger anvendes blot pilotrør med udvendig diameter på ca. 10 cm.

Styring af boringen sker i begge tilfælde af et borehoved. Ved pilotrørsmetoden monteres en optisk lysgiver lige bag borehovedet, og fremboring forudsætter, at lysgiveren er synlig gennem pilotrørene fra pressegruben under hele boreforløbet.

Boringen kan kun gennemføres ved optisk kontakt med borehovedet, hvilket medfører, at udførelsetolerancer maksimalt kan svare til ca. 5 cm. Af samme grund kan der udelukkende etableres retlinede ledninger med metoden, og boreriggen skal etableres i lige flugt med pilotboringen.

Boreriggen skal derfor oftest nedgraves i en grube.

Pilotrørsmetoden anvendes typisk, hvor der stilles store krav til små lægningstolerancer ved etablering af ledningen, f.eks. kloakledninger.

Pilotrøret tjener alene som guide for en efterfølgende etablering af et tom- eller medierør.

Etablering af førings- eller medierør kan både ske ved presning fra afsende-/pressegrube og ved trækning af rør fra modtagegruben.

Afhængig af krav til medierør, og metode for etablering heraf, kan pilotrørsmetoden være prisgunstig i forhold til mikrotunnellering.

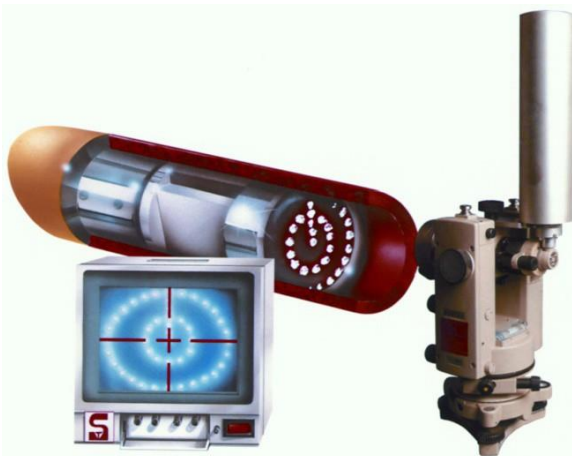


Pilotrør klar til iboring



Iboring af pilotrør via flangetætning monteret på byggegrubens væg

Første fase - Fremboring af pilotrør



Fra operatørskærm med forbindelse til teodolit sigtes til målskiven bag borehovedet

Fremføring af pilotrøret sker i lighed med styrede borer ved en kombination af mekanisk og hydromekanisk påvirkning. Retningsbestemmelse af boringen sker, i lighed med styrede borer, ved frempresning med eller uden rotation. Hvor der ved styrede borer anvendes pilotstænger, så anvendes der ved pilotrørsmetoden i stedet hule pilotrør. Det hule pilotrør medfører, at man fra pressegruben med teodolit og videoudstyr, kan se lysgiveren monteret lige bag borehovedet

Operatøren styrer boringen, så lysgiveren ved borehovedet kan ses fra det tilsluttede videoudstyr.

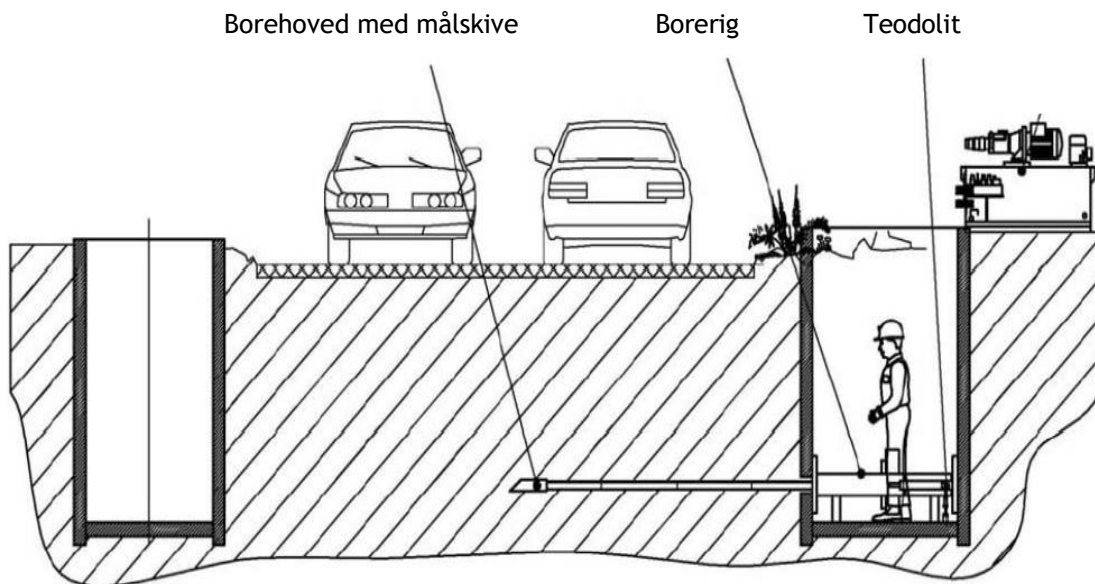
Pressegruben bør minimum have en størrelse på 3x5 m og skal have en lodret bagvæg, der kan optage trykkræfter fra presseudstyret. Kravene til modtagegruben afhænger af typen af medierør, dybde mv.



*Borehoved med optisk lysgiver- også kaldet målskiven.
Nederst pilotrør. Lyset fra målskiven bag borehovedet skal
være synlig fra afsendegruben under hele boringen.*



*Optisk lysgiver, også kaldet målskiven, monteret bag
borehovedet*



Anden fase - Fremføring af medierør eller føringsrør

Når pilotrøret er etableret, kan medie- eller føringsrøret etableres på forskellige måder og af forskellige materialer.

Røret kan etableres

- ved itrækning i forbindelse med pilotrøret trækkes tilbage fra modtagegruben
- ved at der ipresses et føringsrør i samme retning som og i forlængelse af pilotrøret
- ved at pilotrøret er "indbygget" som styring for føringsrøret. Derefter snegles jorden ud inde i føringsrøret.

Nedenstående gives nogle eksempler.

Itrækning af PE-rør

Efter pilotrøret har nået modtagegruben, og borehoved med optisk sender er afmonteret, monteres der i lighed med styrede borer, en reamer, hvortil PE-røret fastgøres. Under rotation og tilsætning af boremudder ved reameren, trækkes pilotrøret tilbage mod pressegruben sammen med PE-røret. Overskudsjord udvaskes med boremudder langs PE-røret til modtagegruben, hvorfra det bortpumpes.

Itrækning af Klikrør

Som alternativ til PE-rør kan medierøret udføres som klikrør.

Gennempresning af stålrør (føringsrør)

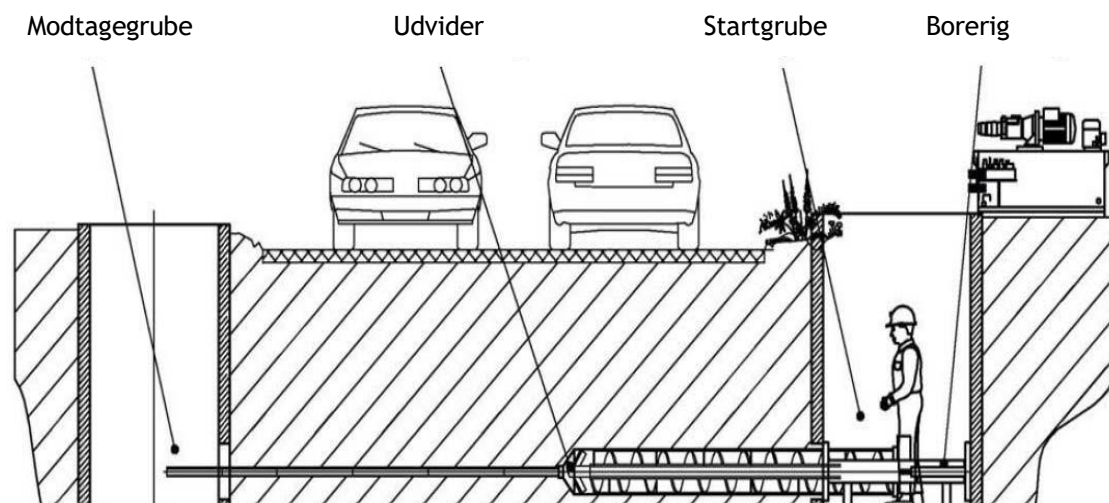
Metoden med gennempresning af stålrør kræver, at medierøret efterfølgende trækkes indeni føringsrøret.

Føringsrøret udføres traditionelt af et stålrør, der sektionvis nedhejses i pressegruben og sammensvejses forud for ipresning.

Gennempresning fra pressegruben og frem mod modtagegruben sker i forlængelse af pilotboringen.

Der kan udføres en "forboring" med et sneglebor, før gennempresning af medierør udføres. Alternativt kan der ipresses et rør med åben front med et mindre sneglebor inde i røret for transport af overskudsjord til pressegruben.

Eventuelle efterfølgende tilslutninger til medierøret besværliggøres af, at der først skal laves hul i føringsrøret. Da medierøret typisk slutter næsten tæt ud mod føringsrøret, og føringsrøret typisk er et stålrør, kan etablering af hul i føringsrøret være vanskeligt uden at beskadige medierøret.



Gennempresning af stålrør i forlængelse af pilotrør. Overskudsjord snegles til pressegrube. Pilotrør demonteres sektionvis i modtagegruben.



Sammensvejsning af stålør i pressegrube

Forenden af stålørfronten fastgøres til og styres af pilotørret. Fra pressegruben presses stålørerne frem. Jorden fortrænges ind gennem den åbne front og

snegles bagud gennem stålørret.



Opsummering - Pilotørsmetode

Tekniske data

- PE-rør Ø80-Ø400 mm (itrækning)
- Klikrør Ø80-Ø400 mm (itrækning)
- Føringsrør som stålør i dim. Ø80-Ø1200 mm (ipresning)
- Pressegrube min. 5x3 m
- Modtagegrube min. 3x2 m
- Strækningslængde maks. 100 m
- Lægningstolerance ± 30 mm
- Optisk retningsstyring
- Pressekraft op til 160 ton

Anvendelsesområder

- Gravitationsledninger
- Krydsning af veje og baner m.v.
- Langsgående i veje og fortove
- Udførelse af stikledninger

Fordele, begrænsninger og risici

Fordele

- Ikke grundvandsfølsom under normale forhold
- Konkurrencedygtig i forhold til traditionel rørlægning, hvor pladsforhold, trafikale hensyn, miljøhensyn, lægningsdybde eller belægnings-retablering er afgørende faktorer
- Minimering af trafikgener
- Minimering af miljøgener
- Minimering af udgifter til ledningslægning, forurenede jord

Begrænsninger

- Tolerancer kan påvirkes negativt af blød bund og friktionsjord med ringe lejringsstæthed
- Forhindringer kan ikke fjernes fra borefront, men skal fjernes fra terræn
- Anvendelse af klikrør egner sig ikke ved boring i "svage" jordarter herunder gytje og tørv.

Risici

- Boring af pilotrør omfatter de samme risici som boring med borestænger
- Reaming og itrækning af medierør omfatter de samme risici som ved styret boring
- I jord med ringe bæreevne kan tyngden af pilotrør medføre, at pilotrøret har tendens til at sætte sig, hvorved den visuelle kontakt til borehovedet kan afbrydes.

Tunnelering

Generelt for tunnelering

Tunnelering er en fælles benævnelse for styrbare metoder i større dimensioner. Tunnelering opdeles i 2 overordnede metoder, mikrotunnelering samt tunnelering med åben front. Der er flere fællestræk for de 2 metoder.

Gruber og ipresning af rør

Tunnelering udføres fra en borerig opstillet i en pressegrube og frem til en modtagegrube. Pressegruben har en lodret bagvæg, der fungerer som modhold for den pressekraft, riggen presser på rørene med. Modtagegruben udformes afhængig af ledningsdybde under terræn, eksisterende forhold mv.

Rørene monteres et ad gangen i pressegruben, og presses ind ved hjælp af en hydraulisk rig.

Tunnelering kræver store pressegruber til presseudstyr, ophejsning af jordvogn og vederlag for presseudstyr.

De meget store pressetryk på op til 1.600 tons kræver anvendelse af stærke rør som beton- eller GAP-rør.

For at reducere friktionen mellem den udvendige rørvæg og den omgivende jord, ibores med passende interval injektionsdybler i hele rørets periferi. Der injiceres med boremudder gennem dyblerne.

Ved lange strækninger anvendes ekstra hydraulisk pressesektion, der indsættes mellem to rør. Herefter presses der skiftevis af riggen i pressegruben og den ekstra pressesektion. På denne måde nedsættes længden af rør, der presses og dermed også den nødvendige pressekraft. Den ekstra pressesektion i røret benytter de bagerste rør og boreriggen som modhold for frempresning af de forreste

rør.



Typisk pressegrube for tunnelering



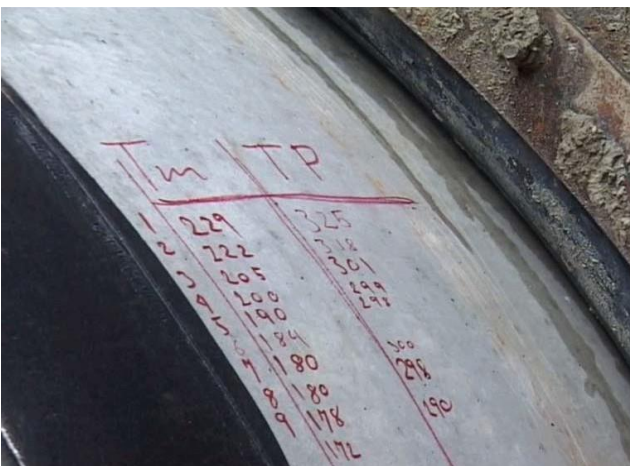
Modhold for presserig. Modholdet skal kunne modstå et pressetryk på op til 1.600 ton



Transport af jord fra rørfront til pressegrube i jordvogn. Bemærk den sorte injektionslange langs rørets periferi for injektion af boremudder



Jordvogn ophejses for aflæsning



Vandtætning mellem rør og væg i pressegrube sker med gummipakning. Ipresning af rør kan ske uden grundvands-sænkning, når først borehovedet er presset ud af pressegruben



Ved særlig lange strækninger monteres hydraulisk pressektion mellem 2 rør for at reducere det nødvendige pressetryk

Styring af boring

Der findes flere forskellige metoder til styring af tunneleringsboringer. Ved retlinede boringer kan anvendes laser. Alternativt kan anvendes gyroskop, hvilket muliggør krumme linjeføringer. Ved gyroskopstyring anvendes gyroskopet til lokalisering af borehovedet i planen, mens højden lokaliseres med et instrument baseret på vandslangeprincippet

Mikrotunnelering

Mikrotunnelering svarer til en gennempresning, blot med et laserstyret eller gyroskopstyret borehoved foran presserørene.

Mikrotunnelering finder med fordel anvendelse, hvis dimensionerne for pilotrørsmetoden overstiges.

På trods af benævnelsen "mikrotunnelering" anvendes metoden på endog meget store dimensioner. Således er tunnelerne under den Engelske kanal, Storebælt og metroen i København udført med EPB (Earth Pressure Balance) mikrotunneleringsmetoden.

Afhængig af metode kan mikrotunnelering med fordel anvendes i både løse og faste materialer samt over og under grundvandsspejlet.

Ved anvendelse af gyroskoper i borehovedet er det muligt at lave kurvede boringsforløb.

Borehovedet skal have samme eller lidt større diameter end udvendig diameter af presserøret (større diameter af borehoved benævnes "overcut").

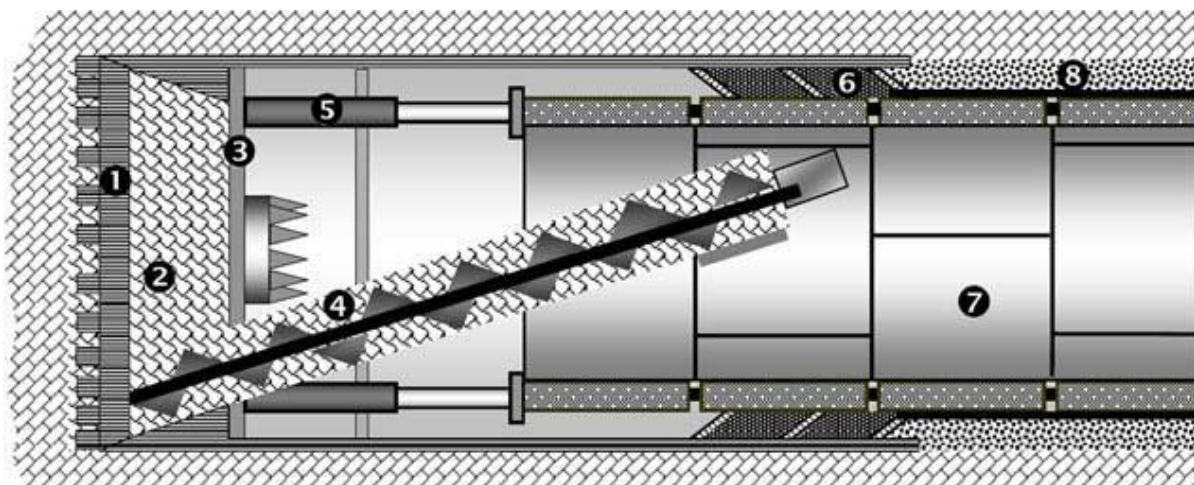
Mikrotunnelering opdeles overordnet i 2 metoder, mikrotunnelering med slurrymaskine eller mikrotunnelering med EPB-maskine.

Begge metoder er med lukket front, hvilket betyder, at der ikke er åben forbindelse mellem borefronten og resten af borehovedet. Den lukkede forbindelse består i et kammer umiddelbart bag borehovedet. Afhængig af anvendt metode er kammeret fyldt med tryksat jord (EPB-maskine) eller boremudder (slurrymaskine).

Den afgravede jord ledes ved begge metoder fra borehovedet til kammeret via åbninger i borehovedet.

EPB-metoden

Earth Pressure balance (balance i jordtryk) sikres ved, at der ikke bortsnegles mere materiale fra borehovedet, end borehovedet bortskærer. Jordtrykket optages af trykvæggen bag borehovedet.



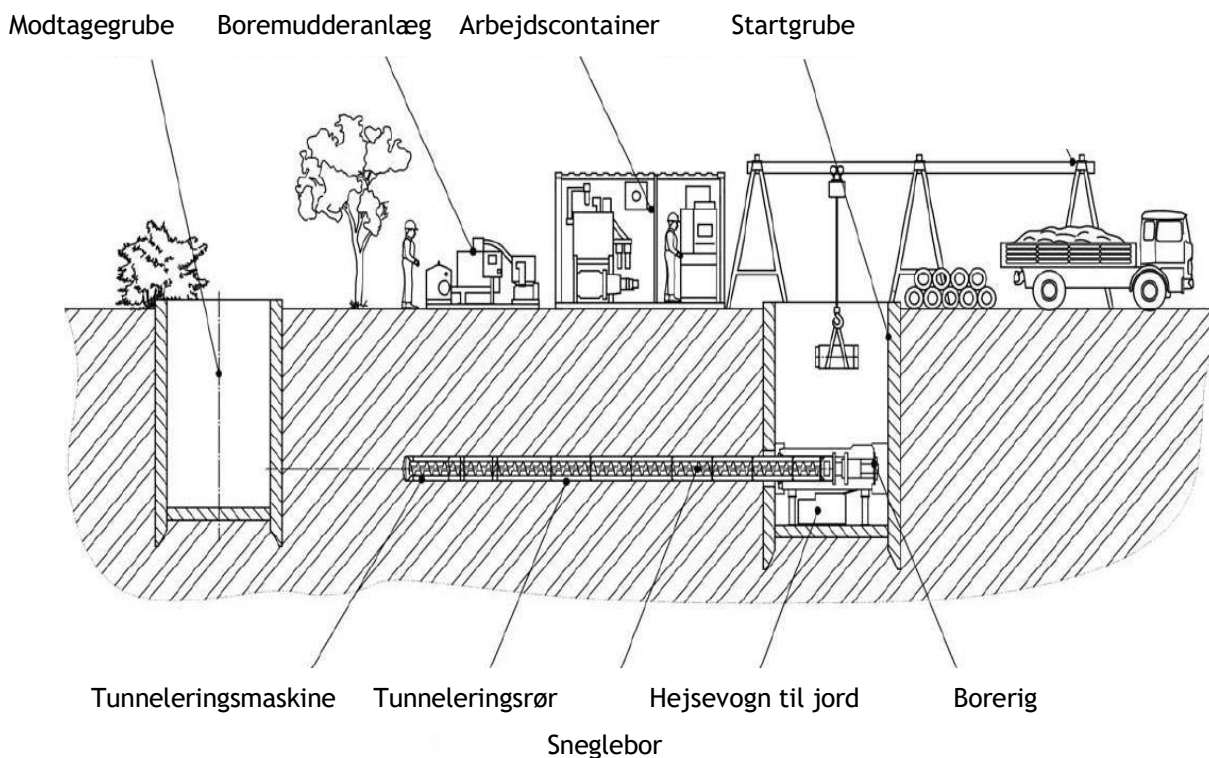
- | | | |
|--------------|------------------------|--------------|
| 1 Borehoved | 4 Snegletransportør | 7 Rør |
| 2 Trykkammer | 5 Hydrauliske cylindre | 8 boremudder |
| 3 Trykvæg | 6 Pakning | |

Principssnit af EPB-maskine

EPB-maskinen har den fordel, at overskudsjord ikke opblandes med boremudder, hvorved håndtering og bortskaffelse lettes. Endvidere er trykluft ved boring under grundvandsspejlet ikke nødvendig.

EPB-metoden kan ikke anvendes ved jordbundsforhold med større sten, idet stenene ikke kan nedbrydes af borefronten.

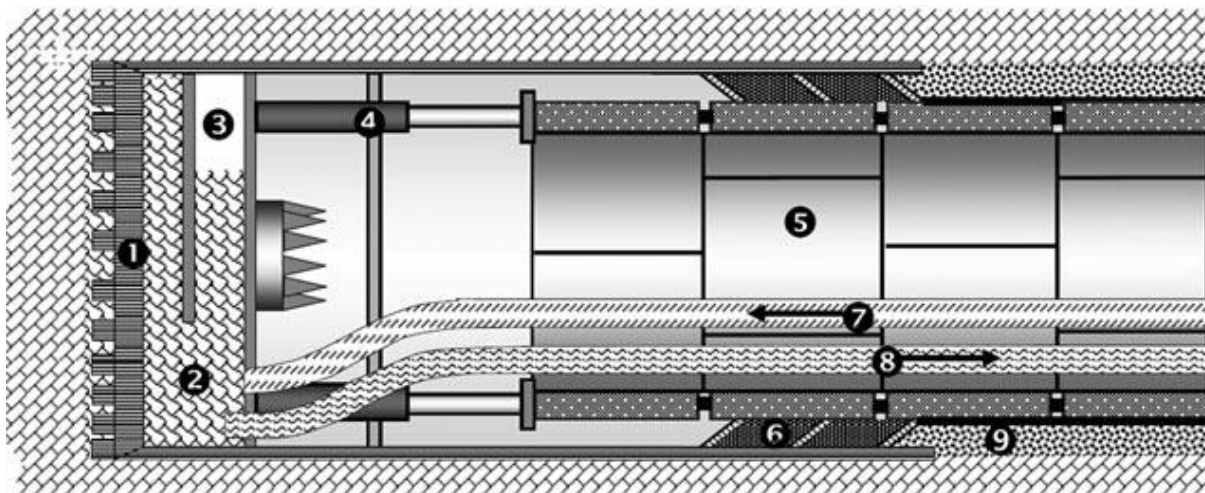
Overskudsjord borttransporteres med transportbånd eller, hvis dimensionen tillader det, med jordvogn.



Mikrotunneling med EPB-metode med borttransport af jord via sneglebor

Slurry-metoden

Slurry-metoden opretholder overtryk ved borefronten via det tryksatte boremudder (slurry). Boremuddret presses helt ud foran borehovedet. Den afgravede jord transporteres til terræn via boremuddersystemet og separeres fra boremuddret i et separationsanlæg.



Principskitse af borehoved for slurry-maskine

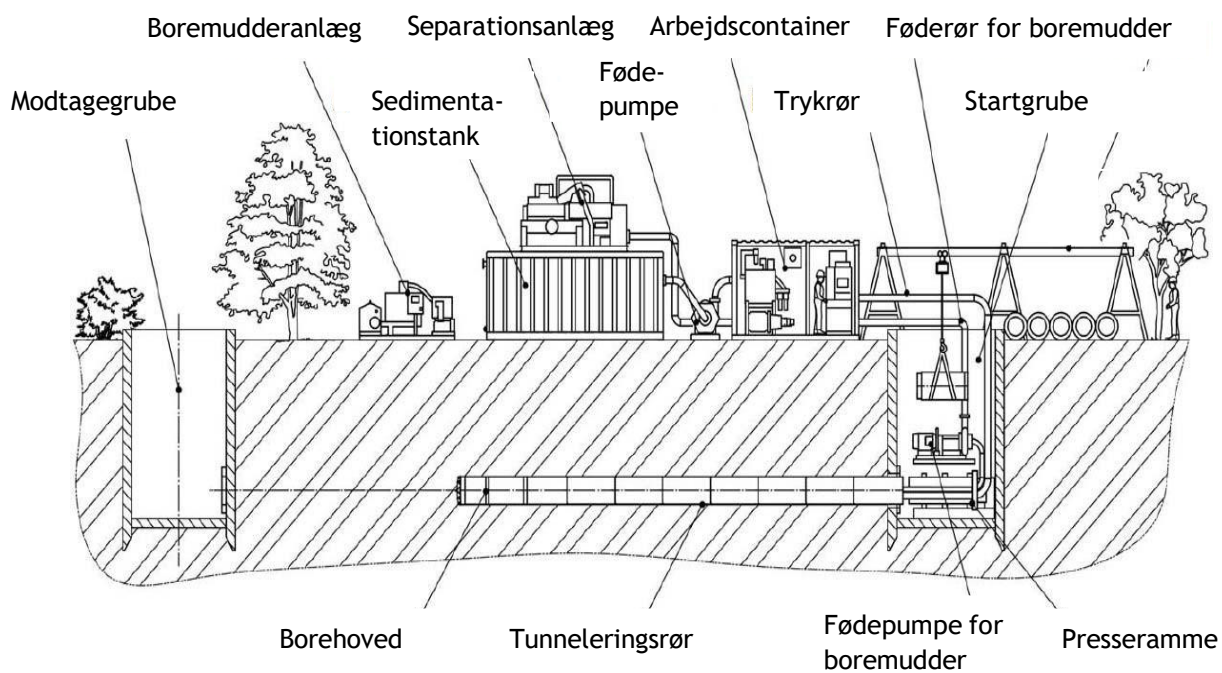
- | | | |
|-------------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 Borehoved | 4 Hydrauliske cylindre | 7 Fødning med boremudder |
| 2 Boremudder/jord | 5 Rør | 8 Bortpumpning af boremudder og jord |
| 3 Luftlomme | 6 Pakning | 9 Boremudder |



Borehoved for mikrotunneling - slurymaskine



Borehoved for mikrotunneling - slurymaskine



Mikrotunneling med slurymaskine, hvor overskudsjord opslemmes i boremudder og pumpes til separationsanlæg opstillet på terræn

Opsummering - mikrotunnelering

Tekniske data

- Laserstyret borehoved
- Stål- eller glasfiberrør dim. Ø300-Ø2500 mm
- Betonrør Ø400-Ø3000 mm.
- Stræklængde op til 100 m ved anvendelse af laserstyring (afhængig af jordbundsforhold og dimensioner)
- Lægningstolerance ± 30 mm
- Pressegrube min. 3,5x4,5 m
- Modtagegrube min. 3,0x4,0 m
- Pressekraft op til 1.600 ton

Anvendelsesområder

- Alternativ til traditionel rørlægning
- Rørlægning med minimum opgravning
- Rørlægning i belagte og trafikerede arealer m.v.
- Kloakfornyelse

Fordele, begrænsninger og risici

Fordele

- Lille lægningstolerance
- Få opgravninger
- Ufølsom over for grundvand/ustabil jord
- Lille arbejdsareal
- Minimering af trafikgener
- Minimering af miljøgener
- Minimering af udgifter til ledningsomlægning, forurenede jord
- Forhindringer kan ofte fjernes gennem den åbne front

Begrænsninger

- Egner sig ikke ved blød bund

Risici

- Forhindringer kan ikke fjernes fra borefront, men skal fjernes fra terræn.

Tunnelering med åben front

Tunnelering med åben front er den mest anvendte tunneleringsmetode i Danmark. Metoden anvendes i forbindelse med etablering af ledninger med stor diameter.

Metoden er en "bemandet" metode, idet en graveoperatør sidder helt fremme ved den åbne rørfrent og betjener en hydraulisk gravearm. Metoden har den store fordel, at eventuelle forhindringer kan nedbrydes og fjernes gennem den åbne front.



Rørfront med manuel betjent hydraulisk gravearm



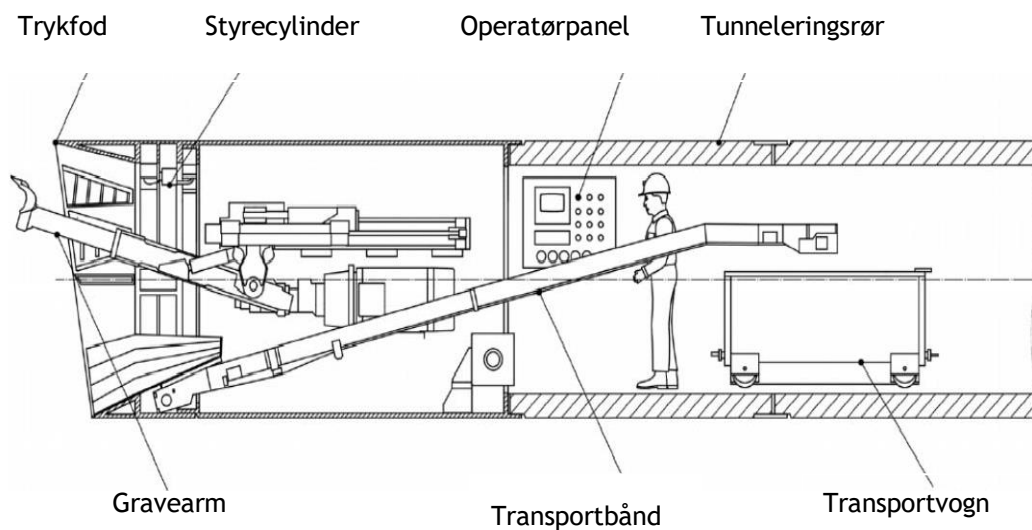
Udgravning ved rørfront

Tunnelering med åben front med trykluft

Åben front metoden kan også finde anvendelse under grundvandsspejlet, men da skal fronten sættes under tryk modsvarende grundvandstrykket. Tryksætningen ved borefronten bevirker at grundvandet presses bort fra borefronten. Længere fremme i jorden er jorden stadig vandmættet. Da jorden ikke er tryktæt, skal der kontinuerligt tilsættes trykluft for at opretholde overtrykket ved borefronten. Tryksætningen kræver etablering af trykkluse. Transport af jord skal ske gennem trykklusen. Passage af trykkluse tager kun få minutter og reducerer ikke fremdriften væsentligt i forhold til tunnelering uden trykluft.



Jordvogn under passage af trykkluse



Principssnit for tunnelering med åben front mod trykkluse

Planlægning og gennemførelse

For at få succes med en styrbar metode, må der såvel i planlægnings- som udførelsesfasen tages højde for de forhold, hvorunder metoden skal udføres og ikke mindst metodens karakter.

Tages der ikke højde for relevante forhold, er der risiko for at iværksætte et arbejde med en mindre egnet metode. I værste fald med den konsekvens, at arbejdet må stoppes under udførelsen, og en ny metode tages i anvendelse. Et metodeskift under arbejdets udførelse kan være meget bekostelig.

Planlægning, projektering og udbud

Generelt

En succesfuld udførelse beror på, at der i planlægningsfasen er undersøgt og taget højde for de forhold, der har betydning for den påtænkte metode.

Både rådgivere og entreprenører, der besidder knowhow indenfor styrbare metoder, bør inddrages tidligst muligt i planlægningen med henblik på fastlægning af den bedst anvendelige metode.

Der henvises til afsnit om ”Oversigt over metodernes anvendelighed”

Bygherren bør registrere det færdige ledningsanlæg i henhold til gældende norm, DS 462 og opbevare tilhørende udførte borerapporter. Indmåling kan evt. foretages med GPS og skal indberettes i LER

Ansvarsfordeling ved uforudsete forhold eller manglende planlægning

Som ved alle andre anlægsarbejder er der også ved etablering af styrede borer risiko for, at der opstår uforudsete forhold. Under planlægningen skal tilvejebringes den nødvendige viden om de forhold, der med størst sandsynlighed kan påvirke udførelsen. Således skal der i LER-registret indhentes oplysninger om ledninger og installationer.

Uanset hvor grundige forundersøgelser der gennemføres, vil der altid være risiko for, at der kan opstå uforudsete problemer og økonomiske tab. Ansvarsfordeling i sådanne tilfælde må bero på en konkret vurdering.

Arealbegrænsninger

Tracé for ledningen skal undersøges for eventuelle arealbegrænsninger. Arealbegrænsninger kan omfatte, men er ikke begrænset til:

- Ejerforhold
- Servitutter
- Beskyttelses- og byggelinjer
- Fredninger
- Arealbegrænsninger som følge af anden planlægning og anvendelse

Registrering af eksisterende bygninger og anlæg

Anvendt metode, endeligt tracé, myndighedsbehandling, henvendelse til 3. mand mv. afhænger i høj grad af type og omfang af eksisterende bygninger og anlæg. Nedenstående forhold bør registreres og tages i betragtning ved valg af metode:

- Bygninger, bygværker og anlæg, herunder tilstand, funderingsforhold mv.
- Pæle-, ankre- og/eller injektionsfelter.
- Terrænbefæstelse og beplantning
- Placering af forsyningsledninger, -kanaler, -skakte og -brønde, herunder respektafstande til disse, herunder dybder og i særdeleshed dybder af forsyninger etableret ved en styrbar metode. Med hensyn til respektafstande henvises til supplerende information i de ”Tekniske Bestemmer” for Kontrolordning for Styret Boring og Gennempresning.
- Følsomhed overfor eventuelle sætninger/hævninger i forbindelse med udførelse af styret boring
- Risiko for sætninger i forbindelse med sænkning af grundvand
- Evt. foranstaltninger overfor 3. mand i henhold til Byggelovens §12, f.eks. sikring af bygningsanlæg mv.

Særlige bygninger og anlæg

Ekstra grundige forundersøgelser må påregnes i forbindelse med planlagte krydsninger under anlæg, der er særligt følsomme overfor sætninger/hævninger, driftsafbrydelser, og hvor hindringer ikke kan forventes fjernet via tilgang fra terræn. Sådanne særlige anlæg kan eksempelvis omfatte:

- Jernbaner
- Trafikale hovedfærdselsårer
- Vandløb, søer, vådområder, fjorde mv.
- Lufthavne
- Bebyggede arealer
- Historiske værdifulde områder

Planlægning skal ske i nært samarbejde med og under hensyntagen til krav fra de ansvarlige operatører og myndigheder.

Fortidsminder

Styrede boringer vil ofte udføres i dybder, der reducerer risikoen for at beskadige fortidsminder. Under alle omstændigheder bør bygherren ved kontakt til den stedlige museumsmyndighed afdække risikoen for beskadigelse og behov for eventuelle forundersøgelser. Dette gælder særlig i forbindelse med etablering af gruber og arbejdsarealer/adgangsveje.

Hensyn til fremtidige anlæg

Etablering af forsyningsledninger projekteres under bedst muligt hensyntagen til eksisterende rør og ledninger. Oftest oplyses ikke dybder på ledninger, når der rekvireres ledningsoplysninger.

Den projekterende for nye anlæg tager derfor udgangspunkt i, at eksisterende rør og ledninger findes i dybder indenfor et variationsbånd for normale dybder for den pågældende forsyningsledning.

Når eksisterende forsyningsledninger træffes i unormale dybder i forbindelse med etablering af en styrbar metode, kan det være årsag til brud på forsyningen. Et sådan brud kan være særdeles uheldigt i forhold til retablering og risiko for eventuel bemanding i forbindelse med den styrbare metode.

Forsyningsejeren har derfor en forpligtigelse til at sikre, at etablering af nye rør, ledninger og kabler sker i en dybde, der i mindst mulig grad afviger fra normal lægningsdybde for den pågældende forsyning samt hindrer fremtidig etablering af øvrige forsyninger. Ved krydsning af eksisterende infrastruktur (jernbaner mv.) gælder desuden, at der i planlægningen af borerne skal sikres, at boringen etableres i en dybde, hvor risikoen for sætninger/hævninger er elimineret.

Ved boring i vejarealer reguleres ledninger efter reglerne i vejloven privatvejsloven efter gæsteprincippet. Ofte er det reglerne i den såkaldte "ledningspakke", der ligger til grund for dette.

Jord og grundvand

Kendskab til geotekniske og hydrogeologiske forhold er af stor betydning for:

- Valg af metode
- Rørmateriale
- Forventelig nøjagtighed på udførte borer
- Foranstaltninger for og dimensionering af gruber
- Stabilisering af jord
- Planlægning af grundvandssænkende foranstaltninger
- Risikovurdering

Omfang af forundersøgelser skal afstemmes med en forudgående vurdering af tracéet for den styrbare metode. Såfremt der ved denne vurdering findes risiko for at støde på hindringer eller ugunstige forhold, skal forundersøgelser afpasses i art og omfang herefter.

Den geotekniske undersøgelse bør fokusere på hindringer, der kun vanskeligt kan passeres med boreudstyr og/eller kan påvirke nøjagtigheden af den udførte styrede boring, herunder risiko for større sten, fyldmaterialer mv.

Forundersøgelser skal endvidere fokusere på parametre i forbindelse med bygherrens myndighedsbehandling i forhold til sænkning og udledning af grundvand.

Endvidere skal der fokuseres på vandfyldte jordtyper med løs lejrning eller ringe styrker. Her vil rystelser fra f.eks. en reaming kunne bevirke, at den omkringliggende jord overgår til en væsketilstand, hvorved det luftfyldte medierør på grund af opdrift, kan løfte sig i forhold til pilotstængerne eller -rør. I værste fald kan det udførte arbejde skulle kasseres. Desuden er denne jordtype øget risiko for blowups.

Myndighedsforhold

Generelt skal myndighedsforhold afklares i projekteringsfasen, idet disse kan betyde begrænsninger for projektet herunder krav til arbejdsplads, adgangsveje, tekniske installationer i terræn samt udførelsesmetode mv.

Afhængig af arbejdets kompleksitet, kan nedenstående geologiske og hydrogeologiske parametre være nødvendige at kende. Ved komplekse arbejder med krav til små tolerancer, bør alle parametre være undersøgt i forbindelse med den geotekniske undersøgelse.

Geotekniske og hydrogeologiske parametre
Obligatoriske parametre
<ul style="list-style-type: none">• Maksimal og minimal grundvandsstand• Jordartsbestemmelse med beskrivelse af lagdelinger• Styrkeparametre, herunder friktionsvinkler og kohæsion• Kornkurver• Lejringstæthed• Vandindhold• Glødetab• Risiko for aflejringer af større sten• Følsomhed overfor vejrlig
Optionelle parametre afhængig af opgavens kompleksitet
<ul style="list-style-type: none">• Jordtrykskoefficient• Svelningsrisiko• Permeabilitet• Plasticitet• Jordens risiko for tendens til væsketilstand ved vibrationer

Oversigt over nødvendige/ønskelige geologiske og hydrogeologiske parametre

Miljøtekniske undersøgelser

I områder med kendte eller risiko for forureninger skal omfanget og arten fastlægges, således der kan træffes de rette foranstaltninger med hensyn til bortskaffelse af fortrængt jord og sikkerhedsforanstaltninger for personsikkerhed. Hensynet til personsikkerhed gælder såvel "ubemandede" som bemandede styrede borer, idet det udførende personale også ved "ubemandede" styringer udsættes for berøring med og afgang fra jorden.

Omfang af forundersøgelser skal afstemmes med den tilgængelige viden, der kan tilvejebringes for det pågældende område.

Eksternt miljø

Hvor der i forbindelse med udførelse af styrede borer er risiko for negativ påvirkning af det eksterne miljø, skal valg af metode, linieføring, og -niveau vælges under hensyntagen hertil. I særlige tilfælde kan monitoring af det eksterne miljø blive aktuelt.

Som et eksempel på risiko for påvirkning af det eksterne miljø kan nævnes blowups.

Påvirkning af eksternt miljø kan også bestå i jordbundsætninger ved lokale grundvandssænkninger, f.eks. ved åbning af grubevæg i forbindelse med ipresning af borehoved. Hvis jorden har tendens til at flyde under mekaniske påvirkninger, er der risiko for fuldstændig tab af bæreevne af jorden.

For at undgå afbrudte itrækningsforløb ved styrede borer, kan det være nødvendigt at arbejde i døgndrift. Dette kan kræve særskilte tilladelser og borgerorienteringer.

Mindste dimensioner ved tunnelering med åben front

Anvendelse af bemandede tunneleringer afhænger af rørdiameter og -længde og bør som udgangspunkt ikke finde anvendelse ved indvendige diametre under 1.200 mm.

Krumme linjeføringer

Særligt styrede borer, men også mikrotunnelering med anvendelse af gyroskop samt tunnelering, kan udføres med krumme linjeføringer, både horisontalt og vertikalt.

Som udgangspunkt kan krumme linjeføringer etableres med minimum radius svarende til 200 x rørets ydre diameter. Afstand fra start/afslutning af krumning til presse- og modtagegrube samt mellem eventuelle skift mellem forskellige krumningsforløb, skal mindst svare til 8 x rørets ydre diameter.

Hindringer

Såfremt der i forbindelse med arkiv søgning og/eller forundersøgelser afdækkes risiko for hindringer for den styrbare metode, skal det på baggrund af en vægtning af funktionelle, udførelsetekniske og økonomiske forhold afgøres, om den påtænkte linjeføring og/eller metode skal ændres.

Er der fortsat risiko for at møde forhindringer, skal den anvendte metode tage mest mulig hensyn til mulighed for at passage af hindringer, f.eks. i kraft af mulighed for at fjerne hindringen gennem en metode med åben front.

Der bør altid udføres en risikovurdering ved arbejder i områder med hindringer. Risikovurderingen skal omfatte muligheden for at fjerne hindringen fra terræn. Adgang fra terræn til en hindring kan dog være udelukket, f.eks. borer under særlige bygninger og anlæg, vådområder mv.

Tolerancer

Valg af metode skal ske under hensyntagen til de forventelige udførelsetolerancer i forhold til rørets funktion samt overholdelse af respektafstande.

Udførelsetolerancer påvirkes negativt ved inhomogene jordarter og jordarter med meget dårlig bæreevne samt ved hindringer. Under normale betingelser vil de styrbare metoder kunne udføres med en præcision som angivet i nedenstående.

Metode	Styremetode	Nøjagtighed
Styret boring	Sondeplacering ved registrering fra overfladen	± 5% af dybden
Pilotrørsmetode	Optisk styring	± 30 mm fra den rette linje
Mikrotunnelering	Laser- eller gyroskopstyring	± 30 mm fra den rette linje
Tunnelering	Laser- eller gyroskopstyring	± 30 mm fra den rette linje

Præcision ved styrede borer under normale betingelser

Med hensyn til udførelsen af styrede boringer for gravitationsledninger kan præcisionen optimeres, hvis følgende punkter følges:

- Udførelse af længdesnit med koter og angivelse af nedstik fra terræn pr. min. 10 m
- Kontrol af faktisk dybde i åbne udgravninger så som starthul, modtagehul og eventuelle aflastningshuller m.fl.
- Sammenholdning mellem promillefald på sonde og nedstiksmål.

Start-, mellem- og slutgruber

Gruber kan variere fra slet ingen ved styrede boringer til større indfattede byggegruber i forbindelse med tunnelering. Flere varianter kan finde anvendelse, f.eks. nedgravning af borerig med henblik på at opnå så kort og retlinet forløb af boringen som muligt.

Placering af gruber skal fastlægges ud fra en samlet betragtning af bl.a. længde på den styrbare metode, hensyn til andre bygninger og anlæg, placering af eventuelle nedgangsskakte/brønde mv.

Størrelse af gruber ved tunnelering bør som udgangspunkt ske i henhold til nedenstående.

Ydre diameter	Rørlængder	Start-/pressegrube	Slut-/modtagegrube
200-300 mm	1,0 m	Ø2,0 m eller 2,5 m x 2,0 m	Ø2,0 m eller 2,0 m x 2,0 m
400-800 mm	2,0 m	Ø3,2 m eller 4,5 m x 3,0 m	Ø2,6 m eller 3,0 m x 2,5 m
800-1400 mm	3,0 m	Ø6,0 m eller 5,8 m x 4,0 m	4,5 m x 3,0 m
1500-3000 mm	3,5 m	Ø10,0 m eller 10,0 m x 6,0 m	6,0 m x 4,6 m

Cirka størrelse af gruber afhængig af diameter og rørlængder

Stabilisering af jordfront ved borehoved

Stabilisering af jorden ved borehovedet kan have afgørende betydning for nøjagtighed af boring, risiko for sætninger på overfladen og sikkerhed for eventuel bemanding i rør og pressegruber.

Stabilisering kræves, når jorden ikke er selv bærende og ved udvendigt grundvandstryk.

Stabilisering kan ske ved mekanisk støtte fra borehovedet eller tryksætning med boremudder eller luft.

Valg af stabiliseringsmetode skal ske med udgangspunkt i risiko for trykudligning af trykluft fra den tryksatte borefront gennem jorden til terræn. Et blowup af grundvand og luft kan være u hensigtsmæssig i forhold til anvendelsen af det overliggende terræn, men værre er, at et blowup medfører et pludseligt trykfald ved borefronten til mulig fare for en eventuel bemanding.

I forhold til boreentreprenøren er det derfor vigtigt, at der er overvågning af trykket i boremudderet for at undgå blowup.

Yderligere foranstaltninger i vandførende jord

Såfremt der ved udvendigt vandtryk ikke kan forventes tilstrækkelig stabilisering af jordfronten, kan det blive nødvendigt at udføre grundvandssænkende foranstaltninger langs linjeføringen.

Grundvandssænkningen skal som udgangspunkt foretages fra terræn og kan kun i ganske særlige tilfælde ske indvendigt fra borehovedet.

Oftest vil grundvandssænkende foranstaltninger dog være begrænset til lokal sænkning ved åbning i vægge i presse- og modtagegruber. Når borerøret er presset i jorden fra pressegruben, kan den lokale grundvandssænkning oftest afbrydes, da tætning mellem rør og grube kan udføres med en gummipakning

Boremudder og blowups

Ved valg af type af boremudder skal der tages hensyn til konsekvens ved blowups til det omgivende miljø. Ansvar for valget af boremudder skal være boreentreprenørens anliggende ud fra den konkrete opgave.

I relation til de miljømæssige konsekvenser ved et evt. blowup, er det vigtigt at vurdere, hvad risikoen er for blowup og opstille en beredskabsplan for de mulige konsekvenser heraf.

Byggeplads

Foruden den krævede plads til eventuelle gruber, skal arbejdet planlægges således, at der kan opnås tilstrækkelig gode og sikre adgangsforhold og byggepladsbetingelser for:

- eventuel rammemaskine og andre maskiner for etablering af gruber
- transport med boreudstyr
- svejsning og udlægning af svejste rør
- aflæsning og nedhejsning af rør
- pålæsning og bortkørsel af jord
- separationsudstyr for boremudder
- gruber til boremudder og fortrængt jord
- Installationer for mikserunits og generatorer mv. til omkringpumpning af boremudder.
- Særlig tunnelering med store rør kræver meget plads til håndtering af rør.



Betonrør ankommer til byggepladsen et ad gangen



Aflæsning af betonrør

Ligeledes er det vigtigt, at adgangsveje til byggepladsen er tilstrækkelige kørefaste til, at tung trafik kan færdes til og fra byggepladsen med materialer, boremudder, jord mv.

Udbud og kontraktindgåelse

Der er ikke lovkrav om certificering af entreprenører der udfører styrbare metoder i Danmark, men kan stilles som bygherrekrav. Banedanmark stiller krav, om et kvalitetsledelsessystem og uvildig 3. parts kontrol. Dette opfyldes ved at være godkendt medlem af Kontrolordningen for styret boring og gennempresning.

Det anbefales at bygherre stiller dette krav, som sikrer entreprenørens tekniske og økonomiske formåen.

Ved en certificering er der en uvildig 3. parts kontrol som løbende kontrollerer at tilknyttede virksomheder lever op til gældende tekniske bestemmelser for ordningen og efterprøver om virksomheden har krævede kompetencer og økonomi.

Kontrolordningen for styret boring og gennempresning stiller b.la. krav om en erhvervsansvarsforsikring som specifik dækker boreskader med dækningssummer der som minimum for tingskader er 12.500.000 kr. og 10.000.000 kr. for personskader.

Hvis man borer på autoriserede områder som kloak, vvs og el, skal man opfylde autorisationskravet.

For de øvrige metoder (pilotrør, mikrotunneling, tunneling) må der udvælges ud fra referencer, udstyr, kvalitetssikring mv.

Udførelse

Bygherren er forpligtet til at føre tilsyn.

Entreprenørens egenkontrol og dokumentation

Entreprenøren skal udføre egenkontrol i et omfang, der minimum svarer til udbudskontrolplanen i udbudsmaterialet.

Virksomheder omfattet af Kontrolordning for styret boring skal anvende kontrolordningens borerapporter til egenkontrol og dokumentation.

Bygherrens tilsynsforpligtigelse

Foruden entreprenørens egenkontrol skal bygherren udføre tilsyn i relevant omfang. Tilsynet skal bl.a. kontrollere, at entreprenørens kontrolplan følges.

Kontrol under udførelsen skal sikre, at eventuelle fejl og risiko for fejl opdages i tide, at sikkerheds- og sundhedsmæssige foranstaltninger overholdes, at afvigelser fra projektet registreres løbende, og at monitorering af forhold, der kan få indflydelse på 3. mands ejendom, udføres.

Bygherrens tilsyn skal sikre, at entreprenørens egenkontrol i relevant omfang omfatter nedenstående:

- sikkerheds- og sundhedsplan er udarbejdet og holdes opdateret
- sikkerhedsmøder afholdes som planlagt
- registrering af jordbundsforhold
- registrering af eventuel forurening, herunder gasafgivelse fra jorden
- monitorering af vibrationer og sætninger, særligt i forbindelse med etablering af større byggegruber og grundvandssænkninger
- registrering af hindringer fx sten i undergrunden
- monitorering af grundvandssænkning herunder monitorering af grundvandsstand i pejlerør
- blowups
- afvigelser fra projekteret placering
- trykkræfter fra presserig

- skader på rør
- sænkninger eller hævnings på overflade
- boremuddertryk
- mængde af til- og fraførsel af boremudder
- at svejseprocedurer og -krav er opfyldt
- at evt. trykprøvning af medierør er overholdt, evt. både før og efter installation.
- at medierør er tilstrækkelig rene ift. udbuds krav

Registreres kritiske forhold, skal entreprenøren altid hurtigst muligt kontakte bygherren, så der i fællesskab kan træffes beslutning om det videre forløb.

Sikkerheds- og sundhedsforhold

Arbejdsstederne for de styrbare metoder kan være af en art, der kræver særlig fokus på sikkerheds- og sundhedsforhold, f.eks. i forbindelse med arbejder tæt ved trafik eller arbejder i byggegruber i stor dybde.

De sikkerheds- og sundhedsmæssige aspekter skal indgå i planlægningen fra projekterings start.

Ved arbejder i byggegruber i stor dybde skal sikres, at adgangsforholdene er sikre i form af trapper med reposer, og at gruberne indhegnes forsvarligt.



Afskærmet byggegrube. Bemærk stillads med trapper og reposer for sikring af forsvarlige nedstigningsbetingelser.

Oversigt over metodernes anvendelighed

Parameter	Styret boring med borerig			Styret boring med pitmaskine med PE-rør/stålrør	Pilotrørsmetoden			Mikrotunnelering		Tunnelering
	med PE-rør	med Stålrør (føringsrør)	med Klikrør	med PE-rør/stålrør	med PE-rør	med klikrør	med stålrør	med sneglebor	med slurry-maskine	Åben front
Maksimal boringslængder										
Maksimal længde [lbm] (optimale betingelser). Afhænger af dimension	Typisk 1.000 m	Typisk 1.000	Ca. 100 m	Ca. 50 m	Ca. 100 m	Ca. 100 m	Ca. 100 m	Ca. 100 m	Ca. 800 m (afhængig af dim. samt kræver mellemstation)	Ca. 800 m (kræver ekstra pressestationer mellem rørene)
Dimensioner [mm]										
PE-rør	Ø32-Ø1.000 mm			Ø32-Ø250 mm	Ø80-Ø400 mm					
PP			Ø110-450 mm	Ø110-Ø220 mm		Ø110 - Ø560 mm				
Beton								Ø300-Ø1000 mm	Ø400-Ø3.000 mm	Ø1.200-Ø3.000 mm Ø1.600-Ø300 mm med tryk- luft
Glasfiber (GUP)								Ø300-Ø1.026 mm	Ø800-Ø2.500 mm	Ø1.400-Ø3.000 mm
Stålrør		Ø100-Ø1.026 mm		Ø110-Ø250 mm			Ø80-Ø1.200 mm	Ø600-Ø1.000 mm		
Udførelsesnøjagtighed	±5 % af dybden				± 3 cm	± 3 cm	± 3 cm	± 3 cm	± 3 cm	± 3 cm
Styring i kurver										
	Ja	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej	Ja (gyroskopstyring)	Ja (gyroskopstyring)	Ja
Funktion										
Gravitationsledninger	Ja, 15 % Jo større fald, jo mindre risiko for lunger.				Ja			Ja		Ja
Øvrige	Ja				Ja			Ja, hvis medierør er trykrør		Nej
Styring										
Anvendt metode	Søgeudstyr				Optisk styring gennem pilotrør Styring med gyroskop			Laserstyring		Laserstyring
Jorddækning										
Anbefalet mindste jorddækning	1,5 x udvendig diameter dog min. 1 m				Jordfortrængende metoder: 10 x udvendig diameter Jordflyttende metoder: 1 x udvendig diameter dog min. 1 m			1,5 x udvendig diameter dog min. 1 m		1,5 x Dy, min. 1 m
Gruber										
Start- /pressegrube og størrelse [m]	Borerig står på overfladen (kun nødvendigt med sump for opsamling af boremudder). Evt. retlinet forløb fra start- til slutgrube kræver nedgravning af borerig og dermed større startgrube.			Ca. 1,5x1,5 m	Ca. 4x2 m	Ca. 4x2 m	Ca. 6x3 m	Op til 3,5x4,5 m.	Op til 3,5x4,5 m.	Op til 4,0x6,0 m.
Slut- / modtagegrube og størrelse [m]	Kun for opsamling af boremudder. Retlinet forløb kræver itrækningsgrube/-rende for røret.		Størrelse svarende til brønd med diameter ned til 1,25 m.	Kun for opsamling af boremudder. Retlinet forløb kræver itrækningsgrube/-rende for røret.	Pilotrøret afmonteres i modtagegruben. Ca. 2x1 m.	Pilotrøret afmonteres i modtagegruben. Ca. 2x1 m.	Pilotrøret afmonteres i modtagegruben. Ca. 2x1 m. Efterfølgende itrækning af medierør kan medføre behov for større grube	Op til 3,0x4,0 m.	Op til 3,0x4,0 m.	Op til 3,0x4,0 m.
Geoteknik										
Forhindringer og lagdelinger af jord.	Sårbar overfor større sten, opfyld, lagdelinger o.l.				PE- og klikrør er sårbare overfor større sten, opfyld, lagdelinger o.l. Forhindringer skal fjernes fra terræn, enten ved opgravning eller nedboring af sneglebor og knusning/skubning. Stålrør er robust mht. retningsændringer og forhindringer.			Forhindringer fjernes fra terræn ved opgravning eller nedboring af snegleborg og knusning/skubning af forhindring		Forhindringer kan fjernes gennem den åbne front.
Ringe bæreevne (dynd/gytje mv.)	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt	Afhænger af aktuelt projekt
Friktionsjord med ringe lejringstæthed	Kan påvirke udførelsesnøjagtighed negativt				Kan påvirke udførelsesnøjagtighed negativt					

Fortsættes næste side

Fortsat fra forrige side

Parameter	Styret boring med borerig			Styret boring med pitmaskine	Pilotrørsmetoden			Mikrotunnelering		Tunnelering
	med PE-rør	med Stålrør (føringsrør)	med Klikrør	med PE-rør	med PE-rør	med klikrør	med stålrør	med sneglebor	med slurry-maskine	Åben front
Grundvand I ledningstracé	Uafhængig				Uafhængig			Uafhængig		Ved vandførende lag skal grundvandssænkes eller tunneleres med trykluft
Ved byggegruber	Terrænnært grundvandsspejl kan nødvendiggøre lokal sænkning ved gruber				Grundvandsspejl skal sænkes til under bund af gruber, alternativt skal gruber opdriftsikres.			Grundvandsspejl skal sænkes til under bund af gruber, alternativt skal gruber opdriftsikres.		Grundvandsspejl skal sænkes til under bund af gruber, alternativt skal gruber opdriftsikres.

Oversigt over metodernes anvendelighed, muligheder og begrænsninger

Ordforklaring

Blowup	Ukontrolleret frigivelse af boremudder til det omgivende miljø
Borehoved	Fronten af boringen. Borehovedet har forskellig udformning afhængig af metode. Fælles for borehoveder er, at de styrer retningen af boringen
Boremudder	Friktionsreducerende og borehulsstabiliserende væske baseret på bentonit, vand og/eller polymer
Borestænger	Stænger der anvendes ifm. styrede boringer. Stængerne er hule for transport af boremudder fra boreriggen frem til borehovedet
EPB-maskine	Earth Pressure Balance-maskine. Jordtrykket optages af trykvæg bag borehovedet
Filterkage	Boremudder mellem medierør og omgivende jord
Føringsrør	Rør, hvori der efterfølgende trækkes et medierør
Gyroskop	Instrument der registrer bevægelser i 3 dimensioner
Horisontal Directional Drilling	International benævnelse for styret boring - også forkortet HDD
Hydromekaniske påvirkning	Boremudder udpumpes med henblik på at nedsætte friktion og stabilisere borehullet
Jorddækninger	Højde af jord over borehullet til terræn
Klikrør	Korte rørstykker der efter sammenklikning i samlinger er trækfaste
Medierør	Det rør der har direkte kontakt med det pågældende forsyningsmedie.
Mekanisk påvirkning	Tryk eller træk i borestænger
Mikrotunnelering	Tunneleringsmetode med anvendelse borehoved
Modtagegrube	Gruben, hvor borehovedet bores til
Optisk lysgiver	Lysgiver monteret bag borehoved der anvendes ifm. pilotrørsmetode. Den optiske lysgiver benævnes også målskiven

Overcut	Overstørrelse af borediameter ift. medierøret, overcuttet er middelfstanden mellem borehul og den ydre diameter af medierøret
Pilotrørsmetode	En videooptisk styret boringsmetode, der anvendes til præcisionsboringer.
Pitmaskine	En miniborerig, der anvendes ifm. mindre dimensioner af styrede boringer over kortere afstande
Pressegrube	Gruben, hvorfra borehovedet bores fra. Ved metoder, hvor der sker ipresning af rør, benævnes afsendegrube også pressegrube
Pressekraft	Den kraft som boreriggen påvirker rørene med
Reamer	Et konisk udformet metalværktøj der opborer borehullet til den ønskede størrelse
Separationsmaskine	Maskine der separerer boremudder fra den udborede råjord. Boremudderet genanvendes, og udgiften til transport og deponering af boremudder og råjord reduceres væsentligt.
Slurrymaskine	Maskine der anvendes til mikrotunneling. Overskudsjord opslemmes i boremudder ved borehovedet og pumpes til separationsanlæg opstillet på terræn
Tunneling med åben front	Bemandet metode, hvor jorden graves/fræses væk ved borefronten
Walk over	Instrument, der registrerer bevægelser i tre dimension