

<b>1 HENSIKT OG OMFANG .....</b>	<b>2</b>
<b>2 OPPBYGGING AV TRAUET.....</b>	<b>3</b>
2.1 Traubunn .....	3
2.1.1 Filterlag mot naturlig grunn .....	4
2.1.2 Fiberduk som filter/separasjon.....	4
2.1.3 Filterlag på bløt grunn .....	4
2.2 Frostsikringslag.....	4
2.3 Forsterkningslag.....	5
2.3.1 Materialer i forsterkningslaget.....	5
2.4 Reduksjon av lagtykkelser.....	6
2.5 Utførelse .....	6
2.5.1 Traubunn.....	6
2.5.2 Frostsikrings- og forsterkningslag .....	6
2.5.3 Formasjonsplan (FP) .....	6
2.6 Kontroll .....	7
2.6.1 Traubunn.....	7
2.6.2 Forsterkningslag.....	7
2.6.3 Formasjonsplan (FP) .....	7
<b>3 FYLLING .....</b>	<b>8</b>
3.1 Generelt .....	8
3.2 Materialer.....	8
3.3 Lette fyllinger .....	8
3.4 Utførelse .....	8
3.4.1 Filterlag/separasjonssjikt.....	8
3.4.2 Utkiling .....	8
3.4.3 Komprimering.....	9
3.4.4 Skråningsbeskyttelse .....	9
3.4.5 Fyllingsfot/såleforsterkning.....	9
3.4.6 Leirfylling .....	9
3.5 Kontroll .....	10
3.5.1 Fyllmasser og komprimering.....	10
3.5.2 Geometri .....	10
<b>4 JORDSKJÆRING .....</b>	<b>11</b>
4.1 Utførelse .....	11
4.2 Kontroll .....	11
4.2.1 Geometri .....	11
<b>5 FJELLSKJÆRING .....</b>	<b>12</b>
5.1 Fanggrøft .....	13
5.2 Dypsprengning .....	14
5.2.1 Utførelse.....	14
5.2.2 Kontroll .....	14
<b>6 TETTING AV SIDESKRÅNINGER OG ETABLERING AV GRASDEKKE.....</b>	<b>15</b>

## 1 HENSIKT OG OMFANG

Dette kapitlet omhandler prosjektering og bygging av banelegemet, dvs. jernbanens underbygning inkludert fyllinger, skjæringer og tilhørende konstruksjoner. Bruer omhandles i [JD 525].

Underbygningen har følgende funksjoner:

- Være et bæredyktig, stabilt og jevnt elastisk fundament egnet til å oppta de krefter og motstå de langtidseroderende effekter som banen kan være utsatt for i dens økonomiske levetid.
- Hindre nedtrengning av frost til telefarlig masse under underbygningen.
- Lede vekk vann fra nedbør og sideterreng.

## 2 OPPBYGGING AV TRAUET

Traubunnen er det ferdig avrettede underlaget for underbygningen.

Trau benyttes som betegnelse for forsterkningslag, frostsikringslag og ev. filterlag.

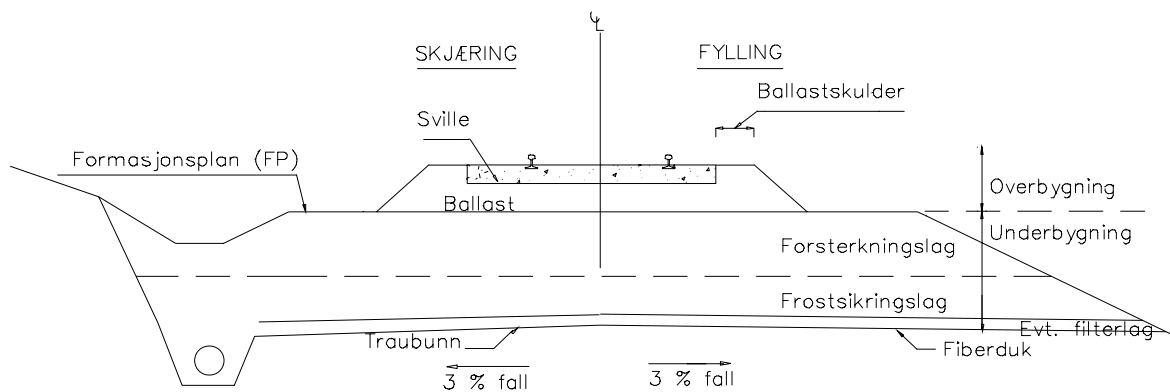
Filterlaget skal hindre finstoff fra undergrunnen å komme opp i og forurense traumaterialer og ballast.

Frostsikringslaget skal, sammen med forsterkningslaget og overbygning, hindre nedtrengning av frost til traubunn og undergrunn.

Forsterkningslaget skal danne et trykkfordelende lag mellom ballast og underliggende mindre bæredyktige masser, ivareta underbygningens drenerende evne og styrke, og ha jevn elastisitet.

Formasjonsplanet er toppen av forsterkningslaget.

Figur 6.1 viser prinsippet for oppbygging av en jernbanefylling og skjæring.



Figur 6.1 Prinsippskisse for oppbygging av jernbanefylling og -skjæring

### 2.1 Traubunn

Traubunnen er det ferdig avrettede underlaget for forsterkningslaget eller frostsikringslaget, eventuelt filterlaget.

Traubunnen skal avrettes og justeres etter krav gitt i avsnitt 2.5.1.

Mellom finkornet undergrunn og trauet, må filter benyttes for å hindre at finstoff fra undergrunnen trenger opp i overliggende masser. Filterlaget kan bestå av sand og grus og/eller fiberduk.

### 2.1.1 Filterlag mot naturlig grunn

Filterlag under steinmasser kan bygges opp av grus eller sand. Laget bygges opp slik at filterkriteriene er oppfylt. For beskrivelse av filterkriteriene vises det til Statens vegvesens håndbok 018.

### 2.1.2 Fiberduk som filter/separasjon

Fiberduk kan benyttes som filter/separasjon i følgende grensesoner:

- traue/undergrunn
- traue/fylling
- fylling/undergrunn
- rundt fylling av lette, granulære materialer (lettklinker, skumglass)

På ikke trafikkbelastede områder, f.eks. i drengrofter, ved erosjonssikring av skråninger og under trafikkbelastninger ved relative tørre forhold, kan fiberduk helt erstatte grusfilteret.

Fiberduker som anvendes i benelegeme, skal være av bruksklasse IV, og type "nålefilt", eller "filtet og termisk behandlet". Vevde duker skal ikke anvendes til filterformål, men sterke utgaver kan anvendes som jordarmering.

For bruk av fiberduk vises det til NS 3420 del I4 og Statens Vegvesen håndbok 018.

Tabell 6.1 Fiberduk

Bruksklasse	Anvendelse mot	Arealvekt duk (g/m <sup>2</sup> )
I	Drensmasser i grøfter	90 – 110
II	Sand og grus	120 – 180
III	Pukk og kult	190 – 300
IV	Usortert sprengstein	≥ 300

### 2.1.3 Filterlag på bløt grunn

Ved spesielt bløt grunn vil fiberduk alene ikke være tilfredsstillende som filtermateriale til dette formål pga. langtidspåvirkning fra dynamisk jernbanetrafikk. Fiberduk kan i slike tilfeller brukes som et supplement til mineralske filtermaterialer, ev. i kombinasjon med geonett:

- sammen med minimum 200 mm filterlag av grus
- under steinfyllinger bestående av subusholdig sprengstein

## 2.2 Frostsikringslag

For krav til frostsikringslaget, se kapittel 9 Frost.

Ev. reduksjoner i frostsikringslaget kan gjøres iht. avsnitt 2.4.

## 2.3 Forsterkningslag

Forsterkningslaget er det øvre lag av underbygningen. Toppen av forsterkningslaget danner formasjonsplanet (FP). Forsterkningslaget skal danne et trykkfordelende lag mellom ballast og underliggende mindre bæredyktige masser, og skal ivareta underbygningens drenerende evne samt styrke og jevn elastisitet for overbygningen.

Forsterkningslaget skal ha minimum tykkelse 700 mm. Unntatt fra dette kravet er forsterkningslag i tunneler, se kapittel 12, på bruer, se kapittel 11 [JD 530], og i spor som ikke er hovedtogspor, se avsnitt 2.4.

Øverste del av forsterkningslaget kan bestå av et avrettingslag av grus/pukk som underlag for ballasten.

Forsterkningslaget skal være drenert.

### 2.3.1 Materialer i forsterkningslaget

Forsterkningslaget skal bygges opp av bæredyktige, godt drenerende og ikke telefarlige materialer (T1- materialer, jf. kapittel 9 Frost, tabell 9.1). Godkjente materialer er beskrevet i avsnitt 2.3.1.1 - 2.3.1.5.

Materialene skal være i henhold til NS 3420 I54 "Forsterkningslag".

#### 2.3.1.1 Sprengstein

Forsterkningslag av sprengstein skal ha maksimal steinstørrelse 300 mm, men ikke større enn halve lagtykkelsen som legges ut.

Steinmaterialene skal være velgraderte, med korngraderingstall  $C_u = d_{60}/d_{10} \geq 15$ .

Det tillates ikke metting med subus slik at steinene "flyter", og ikke mer enn 3 % materiale mindre enn 0,02 mm, regnet av materiale mindre enn 20 mm.

#### 2.3.1.2 Knust stein

For forsterkningslag av maskinknust stein gjelder samme krav til gradering og steinstørrelser som for sprengstein, se avsnitt 2.3.1.1. Maskinkult uten sand/grus fraksjon er uegnet til bruk i forsterkningslaget av frosttekniske årsaker.

#### 2.3.1.3 Grus

Forsterkningslag av grusmaterialer skal bestå av velgraderte masser fra naturlige grusforekomster. Materialet kan inneholde stein, men maksimal kornstørrelse skal ikke overskride 150 mm.

#### 2.3.1.4 Lettklinker og skumglass

Lettklinker og skumglass benyttes primært som stabiliserende tiltak for å redusere spenningene (skjærspenningene) i grunnen, og for lastreduksjon som setningsreduserende tiltak på dårlig grunn. I tillegg er det aktuelt å benytte slike materialer ved bygging inntil eksisterende bane/konstruksjon der gravedybden må begrenses, og til frostisolering. Se for øvrig kapittel 8 Stabilitet.

### 2.3.1.5 Ekspandert polystyren (EPS)

Ekspandert polystyren (EPS) brukes av samme årsaker som lettklinker og skumglass. EPS må ikke benyttes hvis det er fare for oppdrift eller stort vanntrykk på fyllingen. EPS skal heller ikke legges ut når det er frost i undergrunnen. Se for øvrig kapittel 8 Stabilitet.

## 2.4 Reduksjon av lagtykkelser

Avhengig av sportype kan lagtykkelser for forsterknings- og frostsikringslaget reduseres som angitt nedenfor:

- Hovedtogspor og godsterminaler 100%
- Sidespor, industrispør, godsspor, skiftespor, øvrige togspor på stasjoner 80%
- Hensettingsspor o.l. 50%

Dette praktiseres slik at når f.eks. forsterknings- og frostsikringslaget for et hovedtogspor dimensjoneres til 1,0 m vil tilsvarende dimensjoner for et sidespor og et hensettingsspor være hhv. 0,8 m og 0,5 m.

## 2.5 Utførelse

### 2.5.1 Traubunn

Traubunnen skal avrettes og justeres etter følgende krav:

- maksimalt vertikalt avvik fra prosjektert høyde + 0 mm
- maksimalt horisontalt avvik fra prosjektert bredde ± 100 mm
- tverrfall minimum 3 %

### 2.5.2 Frostsikrings- og forsterkningslag

Forsterkningslaget skal bygges opp lagvis av godkjente materialer. Lagtykkelsen tilpasses kornstørrelsen.

Utlegging og komprimering skal være i henhold til NS 3420 I54 "Forsterkningslag".

Utfyllingen avsluttes på et nivå som tillater eventuell avretting/forkiling av overflaten for etablering av formasjonsplanet.

### 2.5.3 Formasjonsplan (FP)

Formasjonsplanet skal ikke noe sted ha større avvik enn + 0 og - 50 mm fra prosjektert høyde. Formasjonsplanet skal ikke ha større avvik enn + 100 mm fra prosjektert bredde.

Krav til formasjonsplanets bredde er gitt i kapittel 10 [JD 530].

Formasjonsplanet kan legges med takfall eller tverrfall.

## 2.6 Kontroll

Som et minimum skal traubunn, forsterkningslag og formasjonsplan kontrolleres. Der omfang ikke er gitt, bestemmes dette av det enkelte prosjekt.

### 2.6.1 Traubunn

Traubunnen skal kontrolleres etter følgende punkter:

- Geometri, dvs. høyde, bredde og tverrfall
- Filtermaterialer og fiberduk

### 2.6.2 Forsterkningslag

Forsterkningslaget skal kontrolleres etter følgende punkter:

- Materialer
  - visuell mottakskontroll (gradering, maks. steinstørrelse, bergart)
  - siktekurver (maks. kornstørrelse, finstoffinnhold) pr. 2000 m<sup>3</sup> utlagt masse
  - bergart
- Komprimering/lagtykkelse
  - utlagt tykkelse pr. lag
  - separasjon/filter
  - antall overfarer
  - totale lagtykkelser

### 2.6.3 Formasjonsplan (FP)

Kontroll av formasjonsplanet skal utføres for hver 10. meter i senterlinje spor og 0,5 m inn fra kanten på hver side av formasjonsplanet. Punktene som skal kontrolleres er merket med x på figur 6.2. Kontrollen utføres iht. 2.5.3



Figur 6.2 Kontroll av formasjonsplan

### 3 FYLLING

Dette avsnittet omhandler fylling opp til traubunn.

#### 3.1 Generelt

Fyllingen skal danne et stødig underlag for under- og overbygning, og har ellers som oppgave å justere banen til ønsket høyde over terreng.

Fyllingsgeometrien skal generelt være som angitt i planene, vanligvis bestemt av normalprofilen for banen, samt lokale terreng- og grunnforhold.

Hvis fyllingen bygges opp av samme materialer som forsterkningslaget, vil det ikke være nødvendig å planere traubunn med tverrfall i overgangen. I bunnen av fyllingen kan det være aktuelt å legge inn et filterlag av grus mot undergrunnen.

Før fyllingen legges ut, kreves i alminnelighet en viss forbehandling og preparering av terrengoverflaten, innbefattet fjerning av matjord, masseskifting av organiske jordarter som torv og gytje, samt avvirking av skog og annen vegetasjon.

#### 3.2 Materialer

I fylling skal det fortrinnsvis benyttes friksjonsmasser, men utover dette kan det etter visse retningslinjer anvendes

- alle jordarter som ikke klassifiseres som leire, siltig leire, leirig silt og organisk jord
- tørrskorpeleire, unntaksvis og alltid sammen med drensag

Fyllingsskråningen opp til 0,5 m under formasjonsplanet (FP), målt vertikalt, skal tildekkes som beskrevet i avsnitt 6.

#### 3.3 Lette fyllinger

For lette fyllinger, se kapittel 8 Stabilitet.

#### 3.4 Utførelse

##### 3.4.1 Filterlag/separasjonssjikt

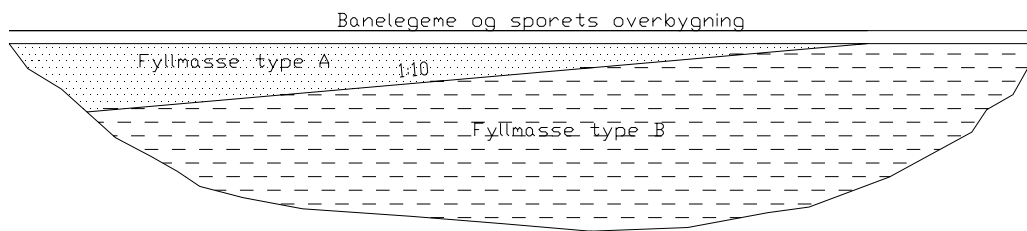
For filterlag/separasjonssjikt, se avsnitt 2.1.1.

##### 3.4.2 Utkiling

Brukes forskjellige materialtyper i fyllingen, skal disse skjøtes sammen ved utkiling i banens lengderetning, slik at uakseptable ujevnheter unngås. Se prinsippskisse på figur 6.3.



### Banelegeme



Figur 6.3 Utkiling av masser i fylling. Prinsippskisse av lengdeprofil.

### 3.4.3 Komprimering

Fyllingen skal bygges opp og komprimeres lagvis. Maksimal tillatt steinstørrelse er  $\frac{2}{3}$  av lagtykkelsen. Krav til fyllingsoppbygging vil vanligvis være tilfredsstillende med utførelse etter NS 3458 Komprimering. Krav og utførelse.

### 3.4.4 Skråningsbeskyttelse

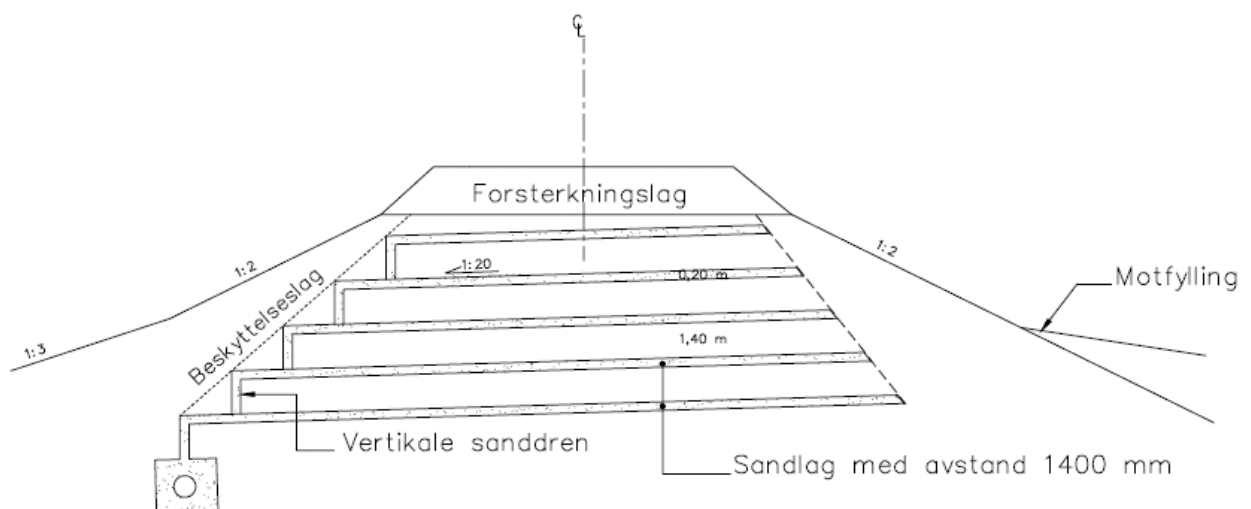
Ved bruk av telefarlige blandingsjordarter (f.eks. morene, siltig sand/grus) i fyllingen, forutsettes skråningene beskyttet med velgraderte friksjonsmasser.

### 3.4.5 Fyllingsfot/såleforsterkning

For fyllingsfot/såleforsterkning, se kapittel 8 Stabilitet.

### 3.4.6 Leirfylling

Bygging av leirfylling skal utføres under gunstige værforhold med lite eller ingen nedbør. Leiren skal utlegges i 0,2 m tykke lag og komprimeres til en homogen masse med minst mulig luftinnhold. For hver 1,4 m leirlag, legges drenerende sandlag som er 0,2 m tykke. Fyllingsskråningen må ikke være brattere enn 1:2, se figur 6.4. Det vises forøvrig til Statens Vegvesens håndbok 176, "Oppbygging av fyllinger".



Figur 6.4 Prinsippskisse av leirfylling

### 3.5 Kontroll

#### 3.5.1 Fyllmasser og komprimering

Ved inspeksjon, målinger og analyse av opptatte prøver, kontrolleres at foreskrevne kvalitetskrav er oppfylt. I tabell 6.2 er det vist minimumskrav til kontroll av arbeider som er kommet godt i gang. I oppstartsfasen forutsettes nøyere kontroll.

Massetak undersøkes særskilt og godkjennes før drift settes i gang. Kontroll av steinmasser tatt ut fra tunneler og fjellskjæringer, foretas regelmessig når krav til filteregenskapene er påkrevd.

Tabell 6.2      *Kontroll av fyllmasser*

Fyllmasse	Tilsyn	Klassifisering av fyllmasse Prøve for hver	Komprimeringskontroll Prøve for hver
Stein	Inspeksjon	Utføres ikke	Antall passeringer
Sand og grus	Inspeksjon	1000 m <sup>3</sup>	1000 m <sup>3</sup>
Silt	Kontinuerlig	1000 m <sup>3</sup>	1000 m <sup>3</sup>
Leire og leirig morene	Kontinuerlig	Spesielle krav	Spesielle krav

#### 3.5.2 Geometri

Det skal kontrolleres at fyllingens geometri (dvs. helning av sideskrånninger, fyllingstopp) er i henhold til beskrivelsene.

## 4 JORDSKJÆRING

Skjæringen utføres i løsmasser for å etablere tilstrekkelig rom gjennom terrenget for bygging av banen.

Utforming og størrelse vil primært være bestemt av krav til minste tverrsnitt gitt i kapittel 5 Konstruksjonsprofiler, samt av de stedlige faktorer knyttet til grunnforhold, snømengder og snøakkumulering, skred-/rasfare, drenering, vannavløp, støy og terrengtilpasninger.

Skjæringen skal generelt utformes i henhold til normalprofiler i kapittel 5 Konstruksjonsprofiler.

Tabell 6.3 angir største tillatte skråningshelning ved ulike jordarter.

Tabell 6.3 Største tillatte skråningshelning ved ulike jordarter

Grunnforhold Jordart	Stein	Grus, grov sand	Fin sand/silt		Leire
			Tørr	Lagdelt, vannmettet	
Største helning	1:1,25	1:1,5	1:2	Vurderes spesielt	1:2

Ved dype skjæringer i finkornet jord, silt-leire, må skjæringsstabiliteten vurderes spesielt, vanligvis på grunnlag av utførte grunnundersøkelser. Forhold vedrørende skjæringens stabilitet og sikring er behandlet i kapittel 8 Stabilitet.

### 4.1 Utførelse

Matjord skal tas av før selve skjæringsarbeidet utføres. Traubunnen planeres og anlegges med 3 % tverrfall slik at vannansamlinger unngås, jf. avsnitt 4.1.

Skjæringen utføres med sideskråning tilpasset jordartstype, skjærstyrke, grunnvannsforhold og terreng. Erosjonssikring iht. planene utføres for hvert naturlige gravenivå før neste nivå graves ut. Nødvendig hensyn må tas til naboforhold, f.eks. større belastninger som forekommer inntil skjæringen.

### 4.2 Kontroll

#### 4.2.1 Geometri

Det skal kontrolleres at jordskjæringens geometri (dvs. helning av sideskråninger, traubunn) er i henhold til beskrivelsene.

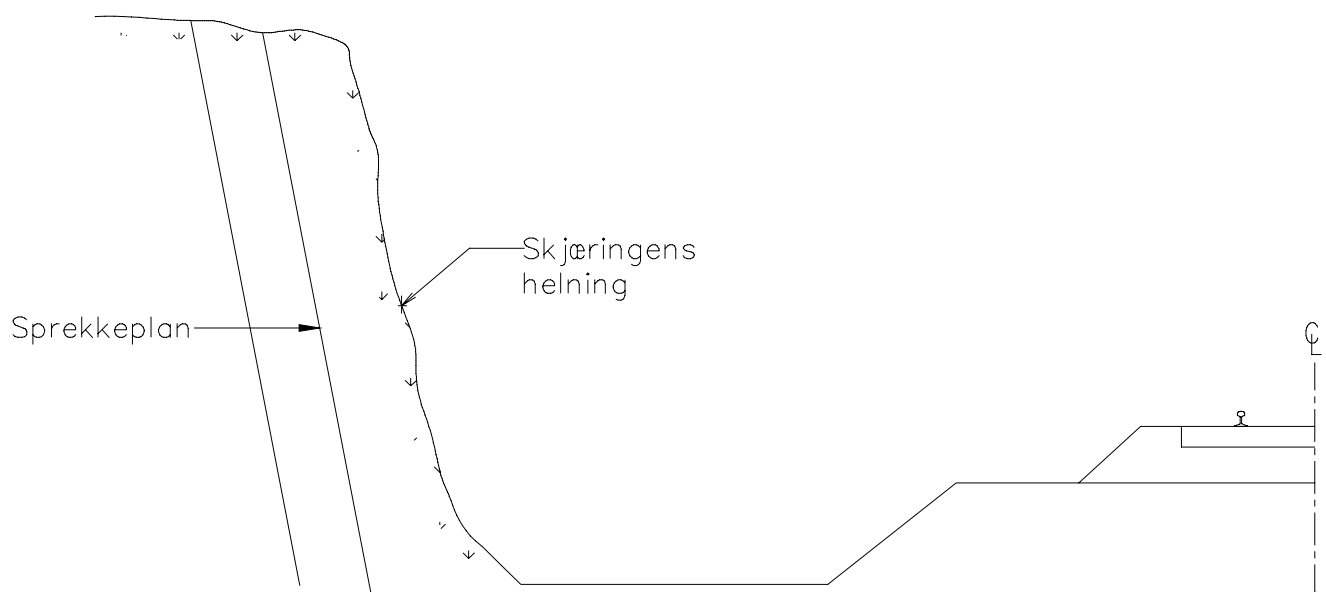
## 5 FJELLSKJÆRING

Skjæringen utføres i fjell for å etablere tilstrekkelig rom gjennom terrenget for bygging av banen.

Utforming og størrelse vil primært være bestemt av krav til minste tverrsnitt gitt i kapittel 5 Konstruksjonsprofiler, samt av de stedlige faktorer knyttet til grunnforhold, snømengder, rasfare, drenering, vannavløp, støy og terrengetilpasninger.

Det forutsettes en ingeniørgeologisk vurdering av fjellet og anvisning av sikkerhetstiltak ved nyanlegg. For å få minst mulig masseuttak, brukes tilnærmet vertikal skjæringsvegg. Likevel er lagdeling og brudd i berggrunnen ofte bestemmende for skjæringens helningsvinkel. Utsprengningen bør utføres slik at sprekkeplan følges. Se figur 6.5.

På linjeavsnitt hvor drivsnø kan være problematisk, skal skråningsvinkel vurderes også ut fra disse forhold.



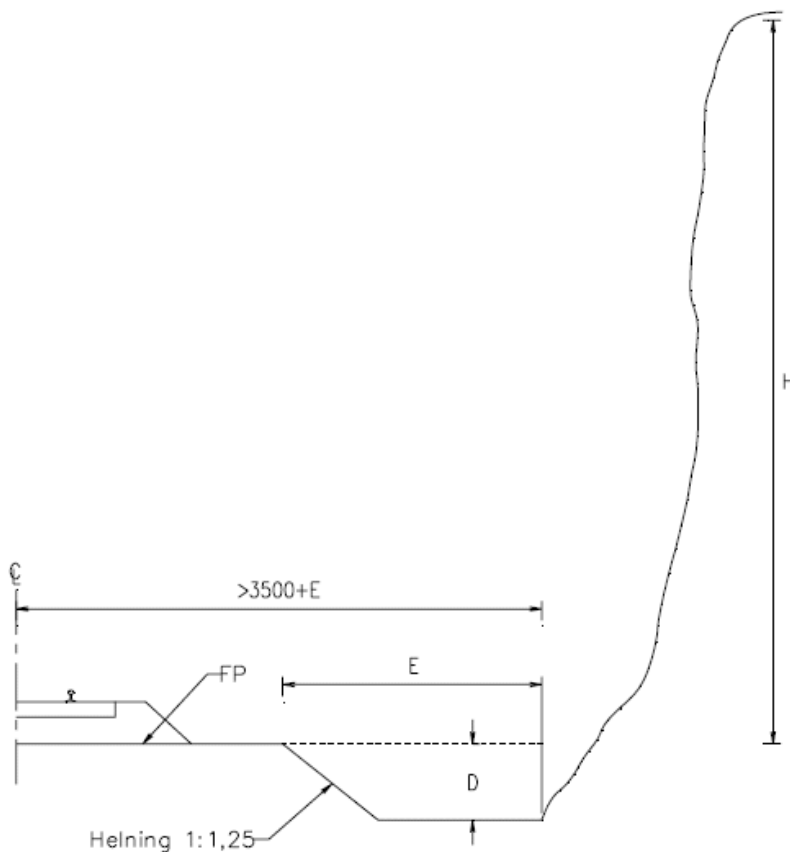
Figur 6.5 Tilpasning av skjæringshelning til sprekkeplan

## 5.1 Fanggrøft

For å sikre linjen mot fallende stein, lages en fanggrøft mellom skjæringsveggen og linjen. Se figur 6.6. Høyde H, bredde E og dybde D finnes i tabell 6.4. Hvor topografien gjør det naturlig, kan fanggrøften også legges oppe i skråningen i større avstand fra linjen. Slik fanggrøft kan kombineres med en barrikade av jord eller stein.

I enkelte tilfeller kan det være aktuelt med rasvarslingsgjerd/fanggjerd på toppen av skråningen/skjæringen.

Behovet for utvidet skjæring med fanggrøft skal vurderes på bakgrunn av fjellkvalitet, topografi, og dessuten i forhold til andre sikringsmetoder. Ved omfattende permanent sikring (med bolter, nett osv.) kan bredde og dybde av grøft reduseres i forhold til veiledende verdier i tabell 6.4.



Figur 6.6 Fjellskråning med fanggrøfter

Tabell 6.4 Veiledende dimensjoner for fanggrøfter

Helning ( $\alpha$ )	Høyde H (m)	Grøftens bredde E (m)	Grøftens dybde D (m)
Vertikal Ca. 85° - 90°	5 - 10	3,0	1,0
	10 - 20	5,0	1,5
	> 20	6,5	1,5
4 : 1 til 3 : 1 (ca. 75°)	5 - 10	3,0	1,0
	10 - 20	5,0	1,5
	20 - 35	6,5	2,0
	> 35	8,0	2,0
2 : 1 (ca. 65°)	0 - 10	3,0	1,0
	10 - 20	5,0	2,0
	20 - 35	6,5	2,0
	> 35	8,0	3,0
4 : 3 (ca. 55°)	0 - 10	3,0	1,0
	10 - 20	5,0	1,5
	> 20	5,0	2,0
1 : 1 (45°)	0 - 10	3,0	1,0
	10 - 20	3,0	1,5
	> 20	5,0	2,0

## 5.2 Dypsprengning

I fjellskjæringer skal det foretas kontinuerlig dypsprengning (undersprengning) til frostsikker dybde under sporet.

### 5.2.1 Utførelse

Dypsprengningen utføres slik at den blir dypest ut mot grøftesiden, tverrfall ca. 1:20. Den bør gjennomføres samtidig med øvrige sprengningsarbeider i skjæringen.

### 5.2.2 Kontroll

Dypsprengningen skal kontrolleres ved punktvis oppgraving. Faste fjellknøler høyere enn 0,2 m over prosjektert bunnivå bør ikke tolereres.

Krav til kontroll av formasjonsplanet er som for forsterkningslag av sprengstein, jf. avsnitt 2.5.3 og 2.6.3.

## 6 TETTING AV SIDESKRÅNINGER OG ETABLERING AV GRASDEKKE

På alle jordskjæringer og sideskråninger på banelegemet skal det etableres grasdekke.

Miljømessige hensyn krever at det etableres grasdekke også på steinfyllinger. Disse skal da dekket av subus eller jord og deretter tilsås.

Ved bygging med sprengstein skal sideskråningene alltid tettes med graderte, grus-/steinmaterialer. Dette gjøres før ev. tildekking med leire eller jord, slik at leire/jord ikke kan trenge inn i steinmassene. I tillegg vil tildekking hindre inntrengning av kald luft gjennom sideskråningene i sprengsteinsfyllingen.

Leire, jord eller grasdekket etableres opp til 0,5 m under formasjonsplanet (FP), målt vertikalt.

I strøk hvor klimaforholdene gjør det vanskelig å etablere grasdekke, bør annen skråningsbeskyttelse velges (mose-/lavvegetasjon, annen erosjonsbeskyttelse).