

Bente Lillestøl

RAPPORT

TELEHIV VINTEREN 1995/96 - NYE REGLER FOR FROSTFUNDAMENT

NSB BANE HOVEDKONTORET
TEKNISK KONTOR
01.07.96



INNHold

1	Forord	5
2	Sammendrag	6
2.1	Innledning	6
2.2	Problemer	6
2.3	Årsaker	6
2.4	Frostisoleringsløsning for allerede bygde strekninger	7
2.5	Frostisoleringsløsning for strekninger under bygging/prosjektering	7
2.6	Utført arbeid i prosjektet	7
2.7	Regelverk	8
2.8	Erfaringer fra byggeprosjekter	8
2.9	Videre arbeid	8
2.9.1	Forskning på sprengstein	8
2.9.2	Frostmengder	8
2.9.3	Revidering av regelverk	8
2.9.4	Regelverk for bygging	8
3	Innledning	9
3.1	Telehivproblematikk vinteren 1995/96	9
3.1.1	Påvirkning av telehiv på jernbanen	9
3.2	Bakgrunnsteori	9
3.2.1	Frostmengde/teledybde	10
3.2.2	Frostfarlighet	10
4	Regelverk, historikk	11
4.1	Tidligere retningslinjer og regelverk	11
4.1.1	Planlegging og utførelse av teleforebyggende arbeider	11
4.1.2	Retningslinjer for geologiske og geotekniske forhold ved jernbanens underbygning	11
4.1.3	Trykk 360 Underbygningen	11
4.2	Gjeldende regelverk	11
4.2.1	1B-Te 21 Underbygning - regler for nye baner	11
4.2.2	Eksempel på dimensjonering av frostfundament etter 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner"	13
5	Regler og erfaringer i andre nordiske land	15

5.1	Banverket (BV) i Sverige	15
5.2	VR i Finland	15
6	Nye strekninger med telehiv vinteren 95/96	17
6.1	Østfoldbanen	17
6.1.1	Parsellinndeling	17
6.1.2	Hendelsesforløp	17
6.2	Vestfoldbanen	18
6.2.1	Parsellinndeling	18
6.2.2	Hendelsesforløp	18
7	Hastighetsreduksjoner pga. telehiv	19
8	Utført frostisolering på NSBs jernbanenett	21
8.1	Skumplast på hele jernbanenettet	21
8.2	All frostisolering i "IC-området"	21
9	Planprosessen	22
9.1	Østfoldbanen	22
9.2	Vestfoldbanen	22
10	Prosjektering og bygging	23
10.1	Dimensjoneringsgrunnlag	23
10.1.1	Østfoldbanen	23
10.1.2	Vestfoldbanen	23
10.2	Anbud	23
10.2.1	Østfoldbanen	23
10.2.2	Vestfoldbanen	24
10.3	Prosjektering og bygging av Gardermobanen	24
10.4	Frostfundament på planlagte parseller som ikke er bygd	25
10.4.1	Østfoldbanen	25
10.4.2	Vestfoldbanen	25
10.5	Utførelse i byggefasen	25
10.5.1	Østfoldbanen, Dobbeltsporet Ski - Moss	25
10.5.2	Vestfoldbanen, Skogerparsellen	27
11	Undersøkelser av frostfundament	29
11.1	Østfoldbanen	29

11.1.1	Undersøkelser	29
11.1.2	Beskrivelse/registreringer	29
11.1.3	Utførelse	33
11.2	Vestfoldbanen	33
11.2.1	Undersøkelse	33
11.2.2	Beskrivelse/registreringer	34
11.2.3	Utførelse	36
12	Klimaforhold vinteren 1995/96	37
12.1	Frost	37
12.1.1	Beregning av frostmengde	37
12.1.2	Opptredende frost	37
12.2	Nedbør	39
12.2.1	Snødybder	40
12.3	Sammenstilling av klimaforhold	41
13	Årsaksforhold	42
13.1	Østfoldbanen	42
13.2	Vestfoldbanen	42
13.3	Drøfting	42
14	Målinger og tiltak i sporet pga. telehiv	44
14.1	Østfoldbanen	44
14.1.1	Tiltak på kort sikt januar - mars 1996	44
14.2	Vestfoldbanen	44
14.3	Gardermobanen	45
14.3.1	Revurderinger og pålitelighetsanalyse av valgte løsninger mhp. telehiv	45
14.4	Drammenbanen	45
15	Sporgeometrimålinger	46
15.1	Kommentarer til målevogndiagrammene	46
16	Valgte frostisoleringsløsninger	47
16.1	Valgt frostisoleringsløsning for Østfoldbanen og Vestfoldbanen	47
16.2	Frostisoleringsens innvirkning på overbygningen	48
16.3	Utførelse av frostisolering på Østfoldbanen	49
16.3.1	Omfang, framdrift og ressurser	49
16.3.2	Problempunkter	49

16.4	Utførelse av frostisolering på Vestfoldbanen	50
16.4.1	Omfang av frostisolering	50
16.4.2	Framdriftsplan	50
16.4.3	Ressurser	51
16.5	Nøytalisering av sporet og etablering av GVUL	51
16.6	Valgt løsning for parsellene Såstad - Haug i BrØ og Bergsenga - Åshaugen - Holm (parsell 3 og 4) i BrS	51
16.6.1	Bakgrunn	51
16.6.2	Godkjent løsning	51
17	Problempunkter ved bygging av nytt spor inntil eksisterende spor	52
18	Utførte beregninger og forsøk	53
18.1	Temperaturmålinger i BrØ og BrS vinteren 1995/96	53
18.2	Frostmengdeberegninger	53
18.3	Laboratorieforsøk	54
19	Bakgrunn for revidert regelverk	55
19.1	Dimensjonerende frostmengde	55
19.1.1	Resultater	55
19.2	Normalprofilets utforming mhp. frost	57
19.3	Materialer i forsterknings- og frostsikringslaget	57
19.4	Dreneringsløsning	58
19.5	Effekt av omliggende tiltak som støyvoller og k/c-pæler	58
19.6	Plassering/isolering av kontaktledningsmaster	58
19.7	Frostdimensjonering	59
20	Konklusjoner	60
21	Behov for videre arbeid	62
21.1	Forskning på sprengstein	62
21.1.1	Etterregning av temperaturmålinger i grunnen	62
21.1.2	Laboratoriemålinger	62
21.1.3	Feltmålinger	63
21.2	Dimensjonerende frostmengde	63
21.3	Videre arbeid med regelverk	63
21.4	Nytt regelverk "Underbygning - regler for bygging"	64

1 Forord

Denne rapporten er utarbeidet på bakgrunn av de telehivproblemer NSB har hatt vinteren 1995/96. Den gir en sammenstilling av problemenes omfang, strekninger med problemer, prosjektering og bygging av disse strekninger, tiltak under telehivperioden, frostisoleringsløsninger for berørte strekninger samt resultater av prosjekt for utarbeidelse av nytt regelverk for bygging av frostfundament i 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner".

Rapporten er utarbeidet av NSB Bane, Hovedkontoret, Teknisk kontor. I tillegg har NSB Bane Ingeniørtjenesten, Geoseksjonen deltatt i stor grad. For øvrig har prosjektets referansegruppe, med deltakere fra Hovedkontoret Teknisk kontor, Ingeniørtjenesten Geoseksjonen, Strategisk plankontor, BrØ, NSB Utbygging og Gardermobanen, bidratt med nyttige innspill. SINTEF Bygg og miljøteknikk, Geoteknikk har utført termiske analyser, NGI har utført temperaturmålinger for BrØ og BrS samt laboratoriemålinger av sprengstein, og Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Klimaavdelingen har foretatt frostmengdeberegninger.

Benyttet bakgrunnsmateriale er bl.a.

- NSBs tidligere og nåværende regelverk for underbygning
- NSB Bane Teknisk kontors rapport "Telehiv på Østfoldbanen og Vestfoldbanen vinter 95/96", 30.01.96
- Frost i jord nr. 17 "Sikring av teleskader", nov. 1976
- Frost i jord nr. 24 "Termisk dimensjonering av jernbanefundamenter. Frostsikring med isolasjon.", juni 1982
- NGIs rapporter fra arbeid for BrØ og BrS vinteren 1995/96
- SINTEFs rapporter fra termiske analyser

Denne rapporten er av informativ karakter. Nytt regelverk for bygging av frostfundament i 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner" er lagt ved som eget vedlegg. Dette regelverket erstatter gitte punkter og gjelder inntil videre. En høring av regelverket vil foretas etter at rapporten er ferdigstilt 01.07.96.

2 Sammendrag

2.1 Innledning

NSB har vinteren 1995/96 hatt store problemer med telehiv på nye strekninger på Østfold- og Vestfoldbanen. Nedsatt hastighet har vært benyttet i stor grad, både av sikkerhetsmessige og komfortmessige årsaker.

På bakgrunn av disse problemene ble det i mars 1996 opprettet en prosjektgruppe med oppdrag å gjennomgå dagens regelverk 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner" mhp. regler for frostfundament. I tillegg til prosjektgruppen ble det opprettet en referansegruppe med deltakere fra Hovedkontoret Teknisk kontor, Ingeniørtjenesten Geoseksjonen, Strategisk plankontor, BrØ, NSB Utbygging og Gardermobanen.

Prosjektgruppen skulle innen 01.07.96 ha utarbeidet forslag til revidert regelverk for punkter vedrørende frostdimensjonering.

Regelverket skulle gjennomgås med vekt på områdene

- dimensjonerende frostmengde
- normalprofil
- materialer i frostfundamentet
- dreneringsløsning
- effekt av omliggende tiltak som støyvoller og k/c-pæler
- plassering/isolering av kontaktledningsmaster

2.2 Problemer

Telehivet oppsto for begge strekninger tidlig i januar og vedvarte ut mai. På Vestfoldbanen har problemene stort sett vært begrenset til telehiv på høyre skinnestreng på høyre spor. På Østfoldbanen har det vært telehiv på begge spor og begge skinnestrenger.

2.3 Årsaker

Årsakene til telehiv har vært gjennomfrysing av underbygningen, med dannelse av islinser på traubunn som resultat. Gjennomfrysing har kunnet skje som et resultat av flere uheldige omstendigheter, hvorav følgende er de viktigste:

Klimatiske forhold

- langvarig barfrost med sterk kulde før problemene oppsto i januar 1996
- små nedbørmengder i de siste måneder av 1995
- dimensjonerende frostmengder i dagens regelverk kan være noe lave

Prosjekteringsmessige forhold

- det har vært dimensjonert og bygget for tynt frostsikringslag i forhold til dagens regelverk
- dype sidegrøfter har eksponert underbygningen unødvendig mye for frostinntrengning

Utførelsesmessige

- det har stedvis vært bygget med for grove steinmasser i underbygningen
- det har stedvis vært bygget noe tynnere underbygning enn beskrevet

Regelverk

- sprengstein isolerer dårligere mot frost enn det før er regnet med

Øvrig

- sideskråninger er ikke tett, noe som har medført frostinntrengning
- dagens vanligste dreneringsløsninger sammen med bruk av grove sprengsteinsmasser medfører lavt vanninnhold i massene på traubunn, noe som gir lav frostmotstand
- kontaktledningsmaster, støyvoller og k/c-pæler anses ikke å ha vesentlig betydning for telehivproblemene

2.4 Frostisoleringsløsning for allerede bygde strekninger

For å unngå ytterligere telehiv på allerede bygde strekninger i framtiden, er det valgt å legge inn ekspandert polystyren (XPS) som isolasjonsmateriale. Materialet legges inn i forbindelse med ballastrensing, og det benyttes plater med 6 cm tykkelse. Platene legges inn med overkant på formasjonsplan. Der dette ikke er mulig, legges platene så dypt som mulig i pukken, i praksis direkte på formasjonsplanet.

2.5 Frostisoleringsløsning for strekninger under bygging/prosjektering

For prosjekterte, men ikke bygde, strekninger er det godkjent løsning med lettklinker som frostisolasjonsmateriale. En økning av traudybden ville fått konsekvenser for planprosessen og dermed forsinket prosjektet vesentlig. Traudybden beholdes derfor. Lettklinkerlaget pakkes inn i fiberduk og legges ut på traubunn, under sprengsteinslaget.

2.6 Utført arbeid i prosjektet

Følgende arbeid er utført i prosjektet:

- beregning/etterregning av frostmotstand basert på feltmålinger på Østfold- og Vestfoldbanen (NGI)
- termiske analyser av valgt løsning med XPS for etterisolering av ferdigbygde strekninger (SINTEF)
- laboratorieforsøk for å måle varmeledningsevne i sprengstein er igangsatt (NGI)
- termiske analyser av frostinntrenging i alternative oppbygninger av normalprofil (SINTEF)
- gjennomgang/revisjon av eksisterende regelverk mhp. frostfundament mm. (Btb/BI)
- gjennomgang av værstatistiske data/frostmengder/frostperiodenes lengde (DNMI)
- gjennomgang og rapportering av vinterens telehivproblemer (Btb/BI)

Referansegruppa har bidratt med innspill til de forskjellige emner.

2.7 Regelverk

I forslag til revisjon av regelverk er følgende hovedendringer foreslått:

- underbygningen under formasjonsplanet (FP) deles i forsterkningslag (skal alltid være der) og frostsikringslag (bygges etter behov)
- største tillatte d_{maks} for sprengstein i forsterkningslaget settes til 300 mm
- største tillatte d_{maks} for sprengstein i frostsikringslag settes til 120 mm
- det tillates ikke benyttet stein med diameter større enn halve lagtykkelsen
- sideskråninger i fyllinger med grov sprengstein må tettes med gradert materiale
- for dimensjonering av underbygning med sprengstein (og ikke sand/grus) skal det utføres spesiell dimensjonering av nødvendig frostsikringslag
- faktor 1,3 for forhold mellom tykkelse av frostsikringslag av sprengstein og sand/grus fjernes

2.8 Erfaringer fra byggeprosjekter

- Det er absolutt nødvendig å ha tilstrekkelige ressurser på byggherresiden for oppfølging og kontroll av entreprenør og utførelse, derunder mottakskontroll.
- Større fokus bør settes på kvalitet og tekniske løsninger kontra pris og tid i utbyggingsfasen.

2.9 Videre arbeid

2.9.1 Forskning på sprengstein

- Laboratorieforsøk for måling av varmeledningsevnen til sprengstein er igangsatt, og kan eventuelt bli utvidet hvis forsøkene gir interessante resultater.
- Innstilte temperaturmålere i BrØ og BrS følges opp videre.
- Gardermobanen skal utføre feltforsøk med måling av frostnedtrengning i utlagt fylling.

2.9.2 Frostmengder

Det kan være behov for ytterligere beregninger for å etablere dimensjonerende frostmengder. Spesiell beregning av kortvarige frostperioders innvirkning på frostnedtrengningen kan også være aktuelt.

2.9.3 Revidering av regelverk

På bakgrunn av resultater fra laboratorieforsøk og feltmålinger, samt gjennomgang av frostmengder kan det være behov for ytterligere revideringer av regelverket.

2.9.4 Regelverk for bygging

Det bør utarbeides mer omfattende regelverk for bygging av underbygning for å sikre at kvaliteten blir som foreskrevet.

3 Innledning

3.1 Telehivproblematikk vinteren 1995/96

NSB har vinteren 1995/96 hatt store problemer med telehiv på nye strekninger på Østfold- og Vestfoldbanen. Nedsatt hastighet har vært benyttet i stor grad, både av sikkerhetsmessige og komfortmessige årsaker. Størrelsen på telehivet har på det meste vært 50 mm.

På bakgrunn av disse problemene ble det i mars 1996 opprettet en prosjektgruppe med oppdrag å gjennomgå dagens regelverk 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner" mhp. regler for frostfundament. I tillegg til prosjektgruppen ble det opprettet en referansegruppe med deltakere fra Hovedkontoret Teknisk kontor, Ingeniørtjenesten Geoseksjonen, Strategisk plankontor, BrØ, NSB Utbygging og Gardermobanen.

Prosjektgruppen skulle innen 01.07.96 ha utarbeidet forslag til revidert regelverk for punkter vedrørende frostdimensjonering.

Regelverket skulle gjennomgås med vekt på områdene

- dimensjonerende frostmengde
- normalprofil
- materialer i frostfundamentet
- dreneringsløsning
- effekt av omliggende tiltak som støyvoller og k/c-pæler
- plassering/isolering av kontaktledningsmaster

3.1.1 Påvirkning av telehiv på jernbanen

Telehiv ville ikke hatt noen betydning for jernbanen hvis den var jevn. Det er den ujevne telehivingen eller telekulene som skaper problemer. Iht. regelverk 1B-Te 32 "Overbygning - regler for vedlikehold", kapittel 7 Justering og stabilisering, stilles det strenge krav til jevnhet av sporet. For kvalitetsklasse K0 (dvs. baner med strekningshastighet ≥ 145 km/h) er kun små verdier tillatt hva angår ujevnheter i høyden av hver skinnestreng og overhøyde, samt vindskjevhet.

Forholdene for telehiv er særlig ugunstige i Norge og resten av Norden. En av årsakene er klimaet, men en like viktig årsak er de topografiske forhold langs linjetraséen. Sporet ligger snart på høye fyllinger, snart på leirterreng og går direkte over i fjellskjæring eller tunnel. Dessuten er grunnforholdene ofte sterkt skiftende selv innenfor korte avstander.

3.2 Bakgrunnsteori

Når telefarlig jord fryser oppstår et undertrykk ved telefronten. Undertrykket (suget) medfører at vann suges opp fra massene under isfronten. Tilstrømmende vann fryser ofte ut i rene lag av is i forskjellig tykkelse fra knapt synlige til mange mm. Frysing av is i jordmassen resulterer i

- telehiv og telekrefter om vinteren
- økt vanninnhold og nedsatt bæreevne når islagene smelter om våren.

3.2.1 Frostmengde/teledybde

Frostnedtrengningen i grunnen er avhengig av frostmengdene uttrykt i h°C (timegrader) og grunnens beskaffenhet. Fordeling av kulden over vinteren kan også ha betydning.

3.2.2 Frostfarlighet

Jordartene kan inndeles i 4 klasser etter bæreevneegenskapene i teledøsningsperioden

- T1 Ikke telefarlig
- T2 Litt telefarlig
- T3 Middels telefarlig
- T4 Meget telefarlig

Når en jordart betegnes som ikke telefarlig betyr det at en underbygning som består av denne jordarten ikke vil utsettes for heving og synking når jorden fryser og tiner.

I en jordart som er telefarlig, vil det når jorden fryser, kunne oppstå islinser som følge av kapillær vannoppsuging fra underliggende lag. Dette medfører at planum løftes under nedfrysningen, og synker i tineperioden. På grunn av overskudd på porevann vil underbygningen kunne få redusert bæreevne under tiningen.

Frostkriteriet kan også uttrykkes slik: " For at et materiale ikke skal være telefarlig må prosenten av materialet < 0,02 mm ikke være større enn 3 % beregnet av materialet som passerer 19 mm sikt ".

Jf. NSBs regelverk 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner" skal jordarten som anvendes i frostsonen være "Ikke telefarlig". Telefarligheten bedømmes ut fra jordartens korngradering, se tabell 3.1.

Tabell 3.1
Telefarlighet ut fra jordartens korngradering

Benevnelse	Teleklasse	Masseprosent (av matr. < 19 mm)		Eksempel på jordarter
		< 0,02 mm	< 0,2 mm	
Ikke telefarlig	T 1	< 3 %		Sand Grus Torv Myrjord
Litt telefarlig	T 2	3 - 12 %		Sand Grus Morene (sandig, grusig)
Middels telefarlig	T 3	> 12 %	< 50 %	Sand Morene (leirig) Leire med mer enn 40 % < 0,002 mm
Meget telefarlig	T 4	> 12 %	> 50 %	Leire med mindre enn 40 % < 0,002 mm Silt Morene (siltig)



4 Regelverk, historikk

4.1 Tidligere retningslinjer og regelverk

4.1.1 Planlegging og utførelse av teleforebyggende arbeider

Nordiska Järnvägsmannasällskapet, rapport fra studiegruppe B 12, 1970.

4.1.2 Retningslinjer for geologiske og geotekniske forhold ved jernbanens underbygning

Retningslinjene er datert oktober 1989, og ligger til grunn for senere regelverk. Samme krav til frostfundament.

4.1.3 Trykk 360 Underbygningen

Forløpig utgave november 1990

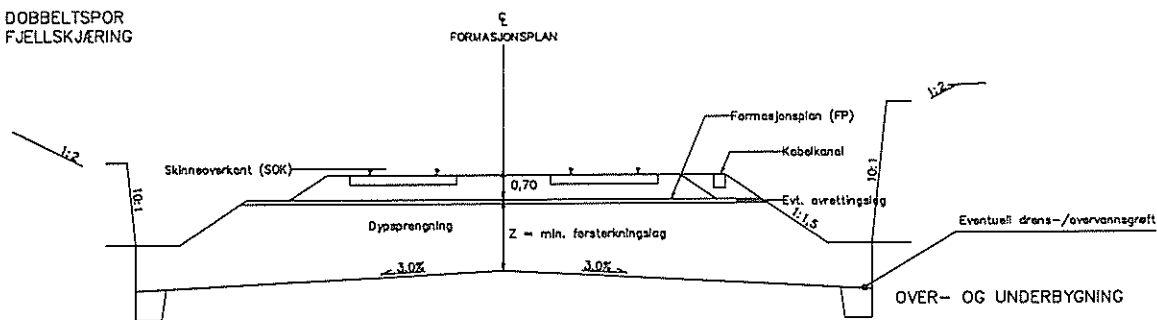
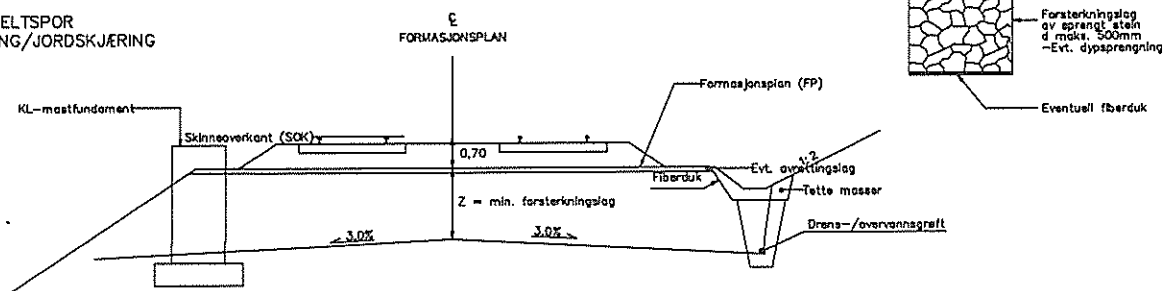
- Regelverket vedlagt brev datert 02.11.90 til regionene og Ofotbanen
- Brev datert 20.02.92 om høring med frist 5. mars 1992

4.2 Gjeldende regelverk

4.2.1 1B-Te 21 Underbygning - regler for nye baner

Utgitt 01.01.93

Deler av regelverket, omfattende dimensjonering av frostfundament, finnes i vedlegg 1. I det følgende er listet opp de punkter regelverket omfatter vedrørende dimensjonering av frostfundament. Figur 4.1 viser underbygningen deler.

DOBBELTSPOR
 FJELLSKJÆRING

 DOBBELTSPOR
 FYLLING/JORDSKJÆRING


Figur 4.1
 Underbygningens deler

Definisjon av underbygningens deler

Trau:

Trauet er det øvre lag av underbygningen som ferdig planert danner formasjonsplanet. Trauet skal fungere som

- forsterkningslag, dvs. sikre overbygningen tilstrekkelig bæreevne over svakere undergrunn eller fylling
- frostfundament, dvs. sikre overbygningen mot uønsket telehiv

Formasjonsplan:

Formasjonsplanet er toppen av forsterkningslaget.

Toleransekrav

Det er definert toleransekrav til bygging av traubunn og formasjonsplan.

Traumaterialer

Trauet skal bygges opp av gode friksjonsmaterialer, dvs. godt drenerende og frostsikre masser. Godkjente massetyper er

- velgraderte grusmasser (godkjent ballastgrus)
- knuste steinmaterialer (pukk, maskinkult)
- sprengestein (maks. steinstørrelse = 500 mm, og ikke større enn 2/3 av lagtykkelsen)



Ved bruk av sprengstein og grov maskinkult, skal det være et gradert tetningslag i toppen før ballasten legges på.

Kontroll av fyllmasser

Det er definert krav til kontroll av fyllmasser.

Frostsikring

Frostfundamenter dimensjoneres etter frostmengden på stedet. Frostmengden må ikke antas å bli overskredet på 100 år. Denne frostmengden betegnes F_{100} . For baner av lavere standard, kan frostfundamentet dimensjoneres for en frostmengde som kan oppstå gjennomsnittlig en gang hvert 20. år (F_{20}).

$$F_{20} = 0,85 \times F_{100}. F_{100} \text{ kan tas ut i bilag 2.}$$

Som frostfundament, brukes fortrinnsvis mineralske materialer som sand, grus eller stein som tilfredstiller frostkriteriet.

Materialer

Det er definert krav til størrelse, gradering, dreneringsevne og finstoffinnhold for godkjente materialer sand, grus og stein.

4.2.2 Eksempel på dimensjonering av frostfundament etter 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner"

Frostfundamentet dimensjoneres iht. regelverk 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner". (Samme krav som Retningslinjer for geologiske og geotekniske forhold ved jernbanens underbygning og Trykk 360 Underbygningen).

I bilag 2 i regelverket er kart over maksimale frostmengder vist for hele Norge. I samme bilag er prognose over teledybde vist som funksjon av frostmengder og løsmassetype. I bilag 3 og 4 er dimensjoneringskurver for frostfundament vist.

Jf. kapittel 5 Frost, avsnitt 2 Frostsikring, skal frostfundamenter dimensjoneres etter frostmengden på stedet. Frostmengden må ikke antas å bli overskredet på 100 år, dvs. frostmengde F_{100} . For baner av lavere standard, kan frostfundamentet dimensjoneres for F_{20} .

Bilag 2 og 3

Frostfundament av grus eller stein

For stein benyttes korreksjonsfaktor 1,3

$$Z_{\text{stein}} = 1,3 \times Z_{\text{grus}}$$

F_d = dimensjonerende frostmengde ($h^\circ C$)

$F_d = F_{100}$ for baner med hastighet > 160 km/h

$F_d = F_{20}, 0,85 \times F_{100}$ for baner med hastighet < 160 km/h

I bilag 2 finnes dimensjonerende frostmengde for aktuelt sted. Ut i fra dimensjonerende frostmengde finnes tykkelse av frostfundament av grus. Benyttes stein i frostfundamentet må tykkelsen fra bilag 3 multipliseres med 1,3.

I tabell 4.1 er dimensjonerende tykkelse av frostfundament avhengig av frostmengde og materiale i frostfundamentet beregnet utfra kurve for Øst-Norge.

Tabell 4.1
*Dimensjonerende tykkelse av frostfundament avhengig av
frostmengde og materiale i frostfundamentet*

Frostmengde (h°C)	Tykkelse av frostfundament, Z (m)			
	Z_{grus}		Z_{stein}	
	F_{100}	$F_{20} = 0,85 \times F_{100}$	F_{100}	$F_{20} = 0,85 \times F_{100}$
20000	0,98	0,83	1,27	1,08
25000	1,2	1,02	1,56	1,33
30000	1,4	1,19	1,82	1,55

Dimensjonerende F_{100} for aktuelle kommuner

Ås: 25000 h°C
 Vestby: 24000 h°C
 Drammen: 29000 h°C
 Sande: 25000 h°C
 Gardermoen: 30000 h°C

5 Regler og erfaringer i andre nordiske land

5.1 Banverket (BV) i Sverige

Informasjonen er basert på NSBs møte med Banverket 15.05.96 og Banverkets regelverk "Banverkets komplement till AMA 83, 01.07.95".

Telehivproblemer vinteren 1995/96

BV har hatt telehivproblemer på Grödingebanan, ved kobling mellom ny og eksisterende bane, på partier med utskiftede veksler samt en del på det øvrige nett.

Dimensjonerende frostmengde

BV benytter dimensjonerende frostmengde F_{100} over hele vinteren basert på frostmengde fra 1941 - 42.

Materialer i frostfundamentet, type, størrelse og kvalitet

BV benytter naturlige materialer ved nybygging.

Forsterkningslaget skal utføres med velgradert sprengstein, knust materiale eller jordmateriale med finstoffinnhold av 0,06/60 maks. 7 % og innhold av 0,075/16 mindre enn 16 %. Organisk innhold skal ikke være større enn 2 vekt%.

Ved bruk av sprengstein er største tillate steinstørrelse halve lagtykkelsen etter pakking, men maks. 0,5 m.

På Västkustbanan er det benyttet grus og knuste materialer 0 - 250 mm. Ved Stockholm er det benyttet sprengstein. Dimensjonerende tykkelse av frostfundamentet økes da med 0,5 m.

Sideskråninger tettes med knuste materialer 0 - 200 mm.

Fylling og pakking skal utføres med ufrosset materiale. Pakking av forsterkningslaget skal ikke utføres når snø og is forekommer på overflaten.

BV planlegger forskning på varmeledningstall for sprengstein. Et samarbeid mellom BV og NSB er i denne forbindelse aktuelt.

XPS

På Malmbanan har XPS sugd opp vann. Det ble startet forsøk på XPS fra strekningen i juni 1996.

Ved isolering av eksisterende baner med XPS ble det tidligere isolert i 4 m bredde, mens det nå isoleres i 5 m bredde. Isolasjonen legges uten tverrfall.

De deler av Banverkets regelverk som omfatter dimensjonering av frostsikringslag finnes i vedlegg 2.

5.2 VR i Finland

Informasjonen er basert på NSBs møte med VR 10.05.96 og VRs regelverk.

Telehivproblemer vinteren 1995/96

VR har hatt noe hastighetsnedsettelse, stort sett til 80 km/h og over kortere partier. Telehivproblemerkene startet i januar, og varte til mai 1996. Problemerkene forekom stort sett på eksisterende spor. På nye spor var det noen telehivproblemerkene i skjæringer, noe som skyldes for dårlig rensk, frostaktive materialer i underbygningen og at dreneringssystemet ikke fungerte godt nok. Det har forøvrig vært problemer med koblingspunkter mellom ny og gammel trasé.

VR benytter et frostregistreringsprogram for å identifisere og registrere telefarlige strekninger.

Dimensjonerende frostmengde

VR dimensjonerer for $F_5 - F_{50}$ avhengig av dimensjonerende hastighet, dvs. frostmengde fordelt over hele året tilsvarende "5 - 50-års frosten".

Normalprofil, dreneringsløsning

- Tykkelsen av frostfundamentet dimensjoneres etter gitte kurver avhengig av frostmengden på stedet og strekningens dimensjonerende hastighet.
- VR har regler for tillatt telehiv.
- Hele trauret dreneres. Tidligere ble det trauret ut, slik at deler av trauret ikke var drenert.
- Normalt bygges åpne grøfter, mens lukket drenering benyttes ved smalt profil.
- Grøftebunn evt. drensledning ligger i høyde med traubunn.

Materialer i frostfundamentet, type, størrelse og kvalitet

Naturlige materialer

VR benytter stort sett naturlig grus eller knuste materialer i underbygningen. De benytter lite sprengstein, og har ikke utført forsøk for å finne gode parametre for sprengstein. Men dersom sprengstein benyttes skal lagtykkelsen være 25 % tykkere enn ned naturlig grus. Maks. steinstørrelse er 1/2 av lagtykkelsen som legges ut. Lagene komprimeres i lag med maksimal tykkelse 60 cm.

Pga. fare for konveksjon i fyllinger av åpne masser i kalde perioder skal fyllingsskråningene tildekkes med et lag av sand eller 0 - 4 mm grus.

Det settes krav til kontroll av knuste masser og komprimeringsresultater.

Pga. vansker med snø og is og risikoen for frysing av ukomprimerte materialer, anbefales ikke utlegging av forsterkningslag i frostperioden, og bør unngås ved temperaturer lavere enn -10°C .

XPS

VR har gravd opp og undersøkt XPS som har ligget i opp til 20 år. Resultater viser at materialet ikke tar opp vann eller er nedbrutt, og dermed fortsatt virker frostbeskyttende.

VR har ikke utført beregninger for nedbøyning og utmatting av skinnene ved isolering med XPS.

Lettklinker

Lettklinker benyttes ikke for frostisolering, men for å ivareta stabiliteten og redusere setninger.

Plassering/isolering av KL-master

VR har ikke registrert frostproblemerkene ved kontaktledningsfundamentene.

VRs kurver for tykkelse av frostfundament og øvrige krav finnes i vedlegg 3.

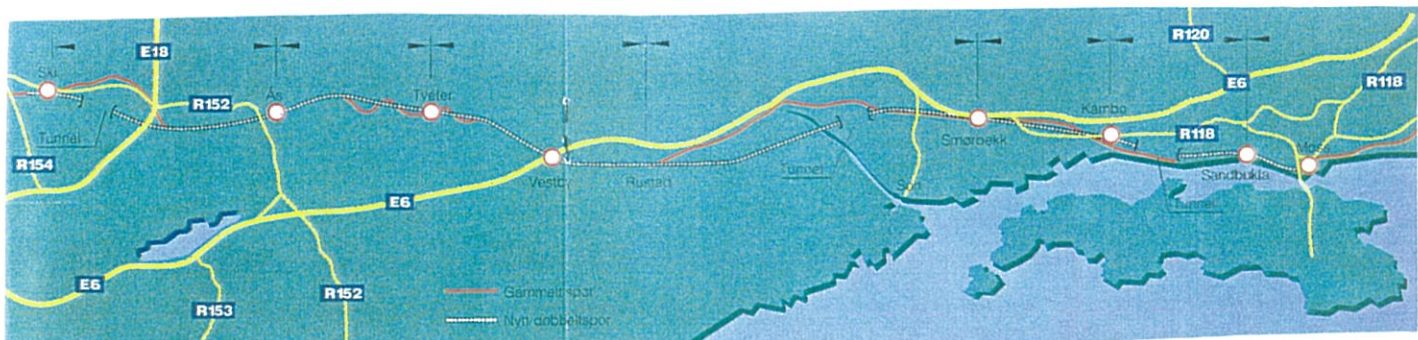
6 Nye strekninger med telehiv vinteren 95/96

6.1 Østfoldbanen

6.1.1 Parsellinndeling

Tabell 6.1
Parsellinndeling, Østfoldbanen

Parseller fra nord	Lengde (km)	Åpning	Telehiv
Ski - Ås	5,6	Juni 1994	Noe
Ås - Tvetter	4,1	Oktober 1993	Ja
Tvetter - Rustad	5,6	Juni 1990	Ja
Rustad - Smørbekk	8,8	Høst 1996	-
Smørbekk - Kambo	3,5	Høst 1996	-
Kambo - Sandbukta	3,8	1995/1996	-



6.1.2 Hendelsesforløp

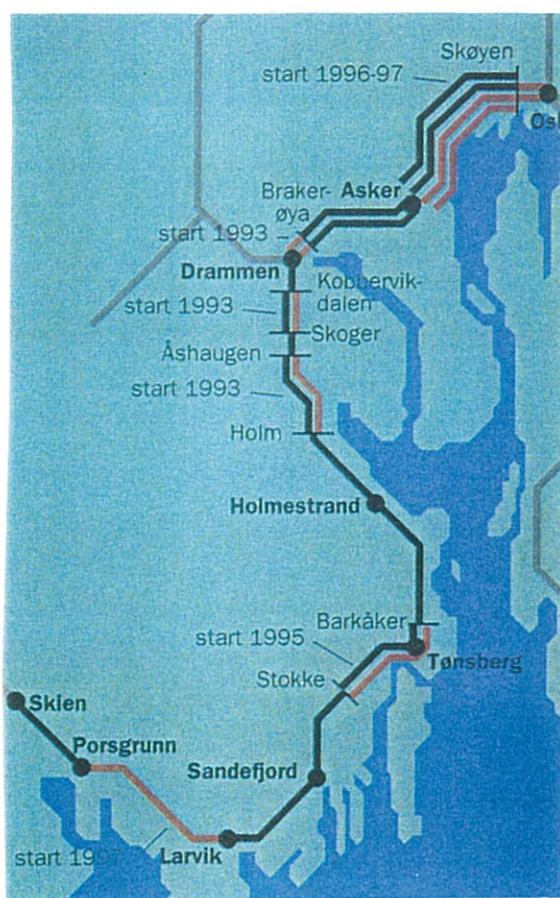
- Uke 1 1996: Registrert uregelmessigheter i høyde flere steder.
 Uke 2 1996: Hastighet nedsatt til 40 km/h. Foretatt målevognskjøring, skoring og pakking av det ene sporet.

6.2 Vestfoldbanen

6.2.1 Parsellinndeling

Tabell 6.2
Parsellinndeling, Vestfoldbanen

Parseller fra nord	Lengde (km)	Åpning	Telehiv
Skogerparsellen	4,5	Oktober 1995	Ja
Sandeparsellen	5,7	Juni 1998	-



6.2.2 Hendelsesforløp

08.01 og 09.01 1996 ble det registrert uregelmessigheter i høyde og retning på høyre streng på spor 2. 09.01 ble hastigheten satt ned til 60 km/h på spor 2 og 15.01 ble hastigheten redusert til 40 km/h for begge spor. Senere ble hastigheten senket ytterligere til 20 km/h for høyre spor. Spor 1 (venstre spor) hadde uregelmessigheter bare på et punkt ved km 63,050.

7 Hastighetsreduksjoner pga. telehiv

Tabell 7.1 viser hastighetsreduksjoner pga. telehiv registrert f.o.m. 4. mars i uke 10 t.o.m. uke 25. Opplysningene er innhentet fra NSB Togdrift, Kvalitetskontoret. En detaljert oversikt over strekninger og tidsrom finnes i vedlegg 4.

Tabell 7.1
Hastighetsreduksjoner pga. telehiv i uke 10 - 25 1996

Bane	Antall punkter med hastighetsreduksjoner	Redusert hastighet (km/h)	Periode med hastighetsreduksjoner mellom uke 10 og uke 25
Østfoldbanen	12 (10 Ski - Såner)	30 - 120	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 22
Vestfoldbanen	14 (11 Skogerparsellen)	20 - 80	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 24
Hovedbanen	6	30 - 60	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 20
Kongsvingerbanen	23	40 - 60	Hele perioden
Østfoldbanen - Østre linje	3	50 - 60	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 20
Gjøvikbanen	11	30 - 70	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 23
Eidsvoll - Dombås	7	30 - 70	Hele perioden
Dombås - Trondheim	6	40 - 70	Hele perioden
Rørosbanen	14	40 - 50	F.o.m. uke 12 t.o.m. uke 25
Nordlandsbanen (inkl. Meråkerbanen)	13	40 - 70	F.o.m. uke 11 t.o.m. uke 25
Oslo S. - Asker - Spikkestad/Drammen	6	20 - 60	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 24
Sørlandsbanen	13	30 - 70	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 20
Randsfjordbanen	9	60 - 80	F.o.m. uke 10 t.o.m. uke 22
Bergensbanen	26	20 - 60	Hele perioden

I tillegg har NSB Bane Hovedkontoret, Kvalitetskontoret innhentet en detaljert oversikt over hastighetsreduksjoner pga. telehiv fra regionene pr. 13. mai i uke 20. Denne oversikten finnes i vedlegg 4. I tabell 7.2 er gitt et sammendrag med kommentarer knyttet til hastighetsreduksjonene.

Tabell 7.2
Hastighetsreduksjoner pga. telehiv pr. uke 20

Bane	Antall punkter med hastighetsreduksjoner	Kommentarer
Østfoldbanen		<ul style="list-style-type: none">- Saktekjøring på strekningen Ås - Vestby.- Østfoldbanen har hatt store problemer med telehiv fra 03.01.96. Dette har i perioder gitt store konsekvenser for punktigheten. Sporet har gjennom vinteren og våren så sant det har vært mulig, blitt justert slik at tidstapene ikke har vært for store.- All saktekjøring som pga. tele og øvrige aktiviteter i sporet ble fanget opp i korttidsavtaler med Materiell og fremføring som ble inngått hver måned. Totalt antall sekunder saktekjøring oversteg ikke den øvre grense for tidstap som ble avtalt med MFTO.- Øvrige strekninger på Østfoldbanen hadde ikke telehiv som ga følger i form av saktekjøring.
Kongsvingerbanen	7	
Solørbanen	4	De fleste telehiv har forbindelse med flommen 1995.
Gjøvikbanen	3	
Dovrebanen	8	
Drammenbanen	1	Øvrige saktekjøring pga. tele ble fjernet før 14.05.96.
Sørlandsbanen	3	
Randsfjordbanen	1	
Bergensbanen	7 + flere	For Bergensbanen er det i hovedsak saktekjøringene i BrS som har påvirket punktigheten i negativ retning. I mars måned ble det i Toglederområde Bergen registrert 4 tog som ble forsinket pga. telehiv i BrV og 104 tog som ble forsinket pga. telehiv i BrS (Hønefoss - Sokna).
Førøsbane	7	
Nordlandsbanen	5	
Meråkerbanen	1	

8 Utført frostisolering på NSBs jernbanenett

8.1 Skumplast på hele jernbanenettet

Kart over strekninger som er frostisolert med skumplast (XPS) finnes i vedlegg 5. Av kartene framgår at store deler av Vestfoldbanen, Østfoldbanen, Bergensbanen, Rørosbanen og Meråkerbanen er frostisolert.

8.2 All frostisolering i "IC-området"

Kart over strekninger i "IC-området" hvor sporet er frostisolert finnes i vedlegg 5. Frostisoleringen er her utført med ett eller flere av følgende materialer:

- bark
- grus
- kutterflis
- sagflis
- skjellsand
- slagg
- stein
- skumplast
- sviller
- sviller med torv
- torv
- dobbelsidig drenggrøft
- enkelsidig drenggrøft
- bunnrensk

9 Planprosessen

Her oppsummeres kort godkjenningsprosessen for hovedplan for de aktuelle nyanleggene. Generelt forutsettes det ved godkjenning av hovedplan at regelverket er lagt til grunn, og at planen gir et kostnadsoverslag innen $\pm 20\%$. Hva angår konkrete tekniske løsninger, f.eks. utgravingsdybde/frostfundament, går det ikke detaljert inn i disse, med mindre disse i avgjørende grad innvirker på kostnadsoverslaget. Frostsikring etter krav F_{100} (eller F_{20}), og ikke uttrauingsdybden, oppfattes som et funksjonskrav i hovedplanen.

Foreløpig godkjenning av hovedplan gis av plansjef i Bane, mens Bd foretar endelig godkjenning.

9.1 Østfoldbanen

- Ski - Moss: Hovedplan godkjent i 1992 (dette var etter bygging)
- Dilling - Haug: Hovedplan godkjent 12.09.94

9.2 Vestfoldbanen

- Skogerparsellen (parsell 2)
Godkjent i 1992. For øvrig var det her Statens Vegvesen som sto for utførelsen opp til ballasten.
- Bergsenga - Åshaugen - Holm (parsell 3 og 4)
Ikke godkjent ennå, men foreløpig godkjenning er gitt.

10 Prosjektering og bygging

10.1 Dimensjoneringsgrunnlag

10.1.1 Østfoldbanen

Første parsell, Tvetter - Vestby, ble prosjektert i 1986-87, og bygging startet i 1987.

Ved oppstart av prosjekteringen av Dobbeltsporet Ski - Moss forelå ikke noe endelig regelverk for underbygningen. Det ble derfor opprettet en prosjekteringsgruppe hvor bl.a. Geoteknisk kontor var representert. Dimensjonering av nødvendig tykkelse av frostfundamentet ble utført av Geoteknisk kontor.

Referater fra møter i prosjekteringsgruppen for detaljplan Dobbeltspor Tvetter - Kjenn og geoteknisk rapport konkluderer med følgende:

Fyllingene forutsettes utlagt av sprengstein, eventuelt andre friksjonsmasser, ved lagvis oppbygging og komprimering i henhold til NS 3420, komprimeringsklasse 2.

Fyllingskråningene skal ikke være brattere enn 1:1,5. Minste fyllingshøyde, inkludert forskriftsmessig ballastlag, skal være 1,65 m, bestemt av kravet til telefritt spor. Ved bruk av sprengstein skal det benyttes fiberduk som filter mot undergrunn.

Fastsatt forsterkningslag med 1,1 m traudybde og 0,55 m ballast, tilsammen 1,65 m under svilleoverkant, ble regnet om til 1,80 m under skinneoverkant (SOK). Byggetegningene viser 1,10 + 0,70 m.

I jordskjæringer har standard grøfter dybde 50 cm under formasjonplanet (FP), og bredde 50 cm i bunnen.

10.1.2 Vestfoldbanen

Hele parsellen er forutsatt dimensjonert for F_{100} .

10.2 Anbud

Relevante deler av anbud for Østfoldbanen "Dobbeltsporet Ski - Moss, parsell Ås - Tvetter. Anbudsinnsbydelse, avtaledok., orientering, anbudsgr.lag, A.5" og anbud for Vestfoldbanen "NSB Bane, Region Sør. Vestfoldbanen, parsell 2B, Profil 1500 - Vestfold grense. Hovedprosess 5 VEGFUNDAMENT" finnes i vedlegg 6.

10.2.1 Østfoldbanen

Det må bemerkes at da første parsell Tvetter - Vesby på strekningen Ski - Moss ble prosjektert i 1986-87, forelå ikke noe endelig regelverk for underbygningen. Dette var også tilfelle da parsellen Ås - Tvetter ble bygget i 1991-92.

I anbudet "Dobbeltsporet Ski - Moss, parsell Ås - Tvetter. Anbudsinnydelse, avtaledok., orientering, anbudsgl.lag, A.5." er følgende prosesser gjeldende fylling prosjektert iht. dagens regelverk:

- Prosess 32 Masseutskifting og grunnforsterkning
- Prosess 33 Masseflytting av jord i linjen
- Prosess 34 Masseflytting av fjell i linjen

Følgende prosess gjeldende fylling er ikke prosjektert iht. dagens regelverk:

- Prosess 34.1 Masseflytting av fjell fra skjæring til fylling, spesiell beskrivelse
 - c) Utlegging og komprimering skal utføres iht. prosess 53 for forsterkningslag i Prosesskode-1, Håndbok-025. Traufyllingen (i skjæringer), som midt i profilet skal ha tykkelse 1,10 m (inkludert avrettingslag), kan dog legges ut og komprimeres i ett lag.

Tykkelse av frostfundament av sprengstein skulle vært 1,33 m for F_{20} og 1,56 m for F_{100} iht. "Underbygning - regler for nye baner".

10.2.2 Vestfoldbanen

I anbudet "NSB Bane, Region Sør. Vestfoldbanen, parsell 2B, Profil 1500 - Vestfold grense. Hovedprosess 5 VEGFUNDAMENT." er følgende prosesser gjeldende fylling prosjektert iht. gjeldende regelverk:

- Prosess 52 Filterlag og spesielle frostsikringslag
- Prosess 53.31 Forsterkningslag, uarmert
- Prosess 53.32 Forsterkningslag, armert
- Prosess 53.6 Forkiling av forsterkningslag

Følgende prosess gjeldende fylling er ikke prosjektert iht. gjeldende regelverk:

- Prosess 53.3 Forsterkningslag av sprengt stein
 - a) Prosessen omfatter forsterkningslag av sprengstein som vist på tegning F1 (vedlegg 3). Forsterkningslaget utgjør sonen begrenset av formasjonsplan og min. 1,25 m under dette, ned til traubunn.

Tykkelse av frostfundament av sprengstein skulle vært 1,56 m for F_{100} iht. "Underbygning - regler for nye baner".

10.3 Prosjektering og bygging av Gardermobanen

Banefundamentet er dimensjonert for F_{100} ut fra tilgjengelige isografiske kart over kuldemengde. Dimensjonering er utført for grus. Der det benyttes velgradert sprengstein er det benyttet omregningsfaktor 1,3. Det er ikke utført etterprøving eller beregning av faktisk frostmotstand.

For strekningen Stalsberg - Kverndalen består grunnen av leire og silt. Her er det forutsatt brukt sprengstein fra Romeriksporten, bearbeidet i mellomlager på Berger. På denne strekningen er

minimum tykkelse på forsterkningslaget 1,83 m, som skal legges ut i 2 lag, 1,1 m med d_{maks} 500 mm og 0,73 m med d_{maks} 250 mm.

På strekningen Kverndalen - Bekkedalshøgda består grunnen hovedsaklig av sand. Der traubunnen ikke er telefarlig benyttes 0,7 m forsterkningslag. På telefarlige strekninger er det benyttet grus og stein.

På strekningen i Eidsvoll er det igjen mye telefarlig grunn. Her benyttes sprengstein både fra tunnel og dagbrudd, med d_{maks} 500 mm og total tykkelse på forsterkningslaget 1,97 m, som skal legges ut i 2 lag og avrettes med ballast.

10.4 Frostfundament på planlagte parseller som ikke er bygd

I hovedplaner for samtlige nye parseller på Østfold- og Vestfoldbanen som er prosjektert er det ikke tilfredsstillende frostfundament iht. "Underbygning - regler for nye baner".

10.4.1 Østfoldbanen

I hovedplaner for hele Dobbeltsporet Ski - Moss er det dimensjonert med 1,1 m frostsikringslag. Dette gjelder også parsellene Moss - Dilling og Dilling - Haug.

10.4.2 Vestfoldbanen

Drammen - Skien. Jernbaneteknisk rammeplan for Vestfoldbanen. Min. 1,1 m forsterkningslag med sprengstein. Dimensjonert for F_{100} .

- Hovedplan for parsellen Bergsenga - Åshaugen - Holm (parsell 3 og 4), 1,4 m forsterkningslag med sprengstein. Byggeplan er prosjektert med 1,56 m forsterkningslag med sprengstein.
- Hovedplan for parsellen Holm - Nykirke, min. 1,1 m forsterkningslag med friksjonsmasser, T1.
- Hovedplan for parsellen Farriseidet - Porsgrunn har ikke angitt tykkelse på forsterkningslaget.

10.5 Utførelse i byggefasen

Nedenstående er basert på beskrivelser fra prosjektlederne på de respektive anlegg.

10.5.1 Østfoldbanen, Dobbeltsporet Ski - Moss

Kontroll

Ved anlegget er det utført stikkprøvekontroll på alle fag. Stikkprøvekontroll er basert på en

vurdering i forkant av hva som anses viktig å kontrollere, og på forhold hvor det antas at entreprenøren ikke har nødvendig egenkontroll, slik at han blir tvunget til å utføre denne kontrollen.

Prioritering av kontroll er utført ut fra tilgjengelig tid og ressurser, og ut fra tidligere erfaringer fra bygg og anlegg som hver enkelt medarbeider har.

Medarbeiderne på byggelederkontorene har ulik bakgrunn og erfaring tilpasset aktuelt prosjekt. Byggeleder og byggelederassistent(er) har flere oppgaver på anlegget. Grovt delt inn er det håndtering av økonomiske forhold (fakturakontroll, kravhåndtering) og teknisk kontroll. Teknisk kontroll er kontroll av at entreprenørens utførelse er iht. arbeidstegninger og spesifikasjoner.

Kontrollen er foretatt på normal dagtid, mens entreprenøren ofte har hatt drift basert på skiftordninger.

Ved gjennomføring av underbygning er det prioritert kontroll av forhold som gir økonomisk kontroll, dvs. kontrollmålinger av mengder, og kontroll av forhold som senere kan gi stor konsekvens for etterfølgende arbeider, dvs. geometrisk kontroll av konstruksjoner (bruer, kulverter, støttemurer, mastefundamenter mv.), fallforhold på VA-arbeider og kontroll av formasjonsplanets nivå. Det er også foretatt visuell kontroll av oppbygging av formasjonsplan, med spesiell vekt på kontroll av finstoffinnhold og tilsmussing med telefarlige masser.

Ved gjennomføring av overbygningsarbeidene er det foretatt kontroll av sveiseskjøter og prøver tatt av ballastpukk på leveringssted, i tillegg til geometrisk kontroll.

Organisering av byggeledelsen

Anlegget har organisert byggeledelsen for underbygningsarbeidene med en stab for hver grunnarbeidskontrakt. Byggeledelsens størrelse og sammensetning har variert fra kontrakt til kontrakt. Som minimumsbemanning har det alltid vært byggeleder og en byggelederassistent. Oppgavene til byggelederassistent har både vært geometrisk kontroll og teknisk kontroll. På de større entreprisene har byggeledelsen vært supplert med ytterligere 1 - 3 byggelederassistenter, hvor en av disse har hatt et selvstendig ansvar for å foreta geometrisk kontroll.

For overbygningsarbeider har alt sporarbeid og kontroll vært organisert felles for Ski - Moss, ledet av byggeleder for sporarbeider. Han har 1 - 2 byggelederassistenter i sin stab, i tillegg til byggelederassistent som har foretatt geometrisk kontroll.

Avviks- og endringsbehandling

Ved dekking av feil i utførelse er dette påtalt overfor entreprenør med krav om feilretting. Dette er dokumentert via meldinger. I enkelte tilfeller er foretatt en avviksbehandling overfor entreprenør som har resultert i en endring av planene. Dette er dokumentert overfor entreprenør. Når det gjelder grunnlag for å foreta en slik endring er det foretatt en "høring" hos etterfølgende entreprenør, prosjekteringsledelse i Utbygging og hos rådgivende ingeniør (konsulent). I enkelte tilfeller er også Teknisk kontor i regionen og Ingeniørtjenesten forespurt. På grunnlag av uttalelser er avgjørelse fattet, men ved større konsekvenser for jernbanedrift er det heller utført avbøtende tiltak eller feilretting. Eksempler på feilrettinger er avgraving av forsterkningslag (pga. finstoff), utsortering av stor stein, senking av formasjonsplan (ved for høyt nivå) og avdosing av

utlagt ballastpukk pga. for dårlig ballastkvalitet. Det siste har også medført skifte av pukkleverandør.

Grunnlag for kontroll

Som grunnlag for kontroll utover spesifikasjoner i anbud og arbeidstegninger har vi hatt varierende grunnlag. En del av arbeidene er utført før regelverket 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner" ("gule bøker") ble utgitt.

Et annet forhold er at grunnarbeidene er beskrevet utført iht. Vegvesenets prosesskode. Denne prosesskode har tekniske krav og har henvisninger til en del håndbøker utarbeidet for vegbygging. I ettertid har det vist seg at Vegvesenet og NSB legger forskjellig betydning i samme begrep, og at vinklingen selvsagt er mer rettet mot vegarbeidsdrift enn jernbanebygging.

Det antas at disse to forhold ikke har hatt stor innvirkning på sluttresultatet, da dette ofte er marginaler i den store sammenhengen, selv om noen forhold i utgangspunktet kan oppfattes som betydningsfulle.

10.5.2 Vestfoldbanen, Skogerparsellen

Prosjektering og entreprenør

Arbeidene er utført etter tegninger og beskrivelser/byggeplaner utarbeidet av Grøner AS og Statens Vegvesen Buskerud.

Underbygningen opp til og med nedre del av ballastlaget (50 cm under skinneoverkant) er utført av Statens vegvesen i Buskerud og Vestfold.

Overbygning fra og med øvre ballastlag (øvre 31 cm) er utført av Baneservice.

Parsellen ble påbegynt i april 1993, ble åpnet i oktober 1995, og hadde en total kostnad på ca. 163 millioner kroner.

Kontroll

Statens vegvesen hadde sine formenn på anlegget som kontrollerte utførelsen; entreprenørens egenkontroll. I de tilfeller delentrepriser var satt bort, hadde Vegvesenet egne byggeledere på disse delene.

NSB hadde en byggeleder for underbygningen (t.o.m. nedre del av ballastlaget), og en for overbygning, men ingen byggelederassistenter.

NSBs byggeleder foretok stikkprøvekontroller.

Ballastpukken (gradering 25 - 50) er kontrollert ved prøvetaking i pukkverket (enkelte stikkprøver).



Utførelse

Forsterkningslaget på 125 cm sprengstein ble tippet på ferdig utlagt forsterkningslag og doset ut på duk i traubunn i ett lag. Ingen komprimering utover lastebiler med stein.

Ballastpukken ble lagt ut med doser.

11 Undersøkelser av frostfundament

11.1 Østfoldbanen

11.1.1 Undersøkelser

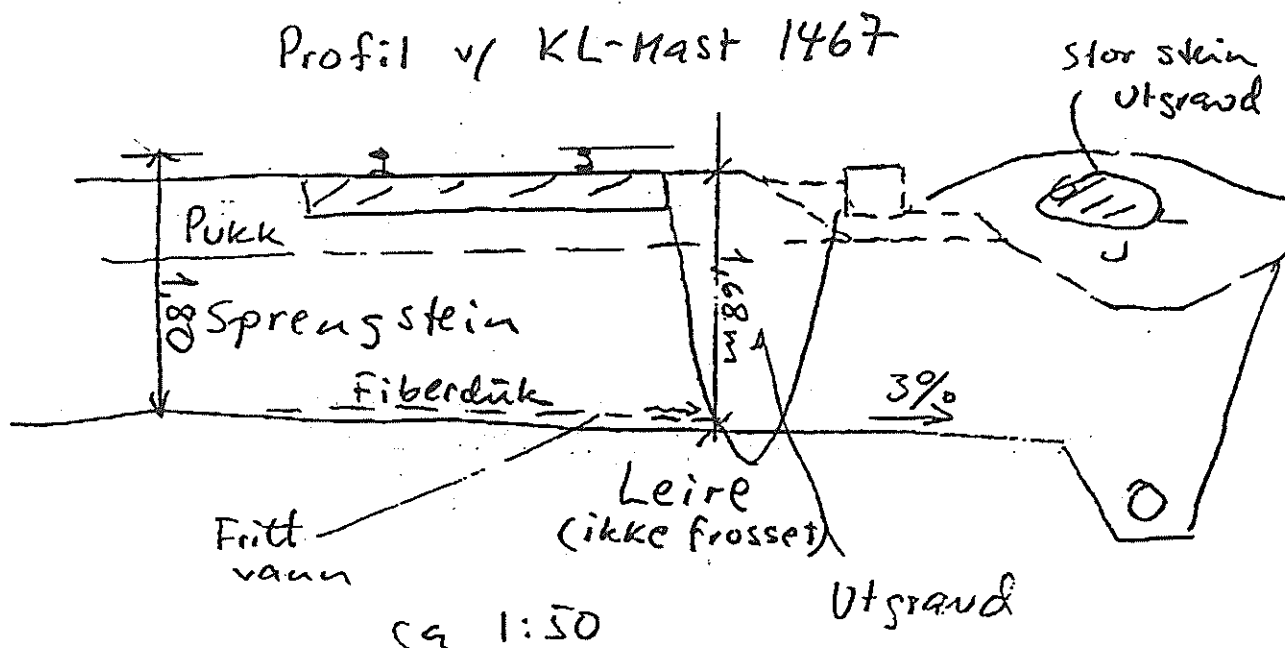
Etter at betydelig telehiving var oppstått flere steder på strekningen og saktekjøring innført, ble de faktiske forhold i underbygningen konstatert ved oppgraving på 2 steder lokalisert ca. 4 m nord for KL-mast 1467 og 3 - 4 m nord for KL-mast 1473 i den lange leirskjæringen (ca. km 33), syd for Ås på strekningen Ås - Tvetter. Oppgravingen ble foretatt den 19.01.96.

11.1.2 Beskrivelse/registreringer

Forholdene kan beskrives som følger, jf. målsatte skisser for hvert av de to punktene.

Ved KL-mast 1467

Det ble gravd på høyre side av høyre spor, mellom svilleende og kabelkanal.



Figur 11.1

Skisse av oppgraving ved KL-mast 1467

Materialer

Øverst ligger det pukkbullast, herunder sprengstein ned til fiberduk over leire.

Mål

Overgangen ballastpukk/sprengstein var vanskelig å bestemme nøyaktig, men ballasttykkelsen så ut til å være heller større enn mindre enn normalen.

Dybden til overgang steinlag/leire ble målt i et punkt like utenfor svillen, i avstand ca. 0,25 m fra enden. Dybden her var ca. 1,68 m.

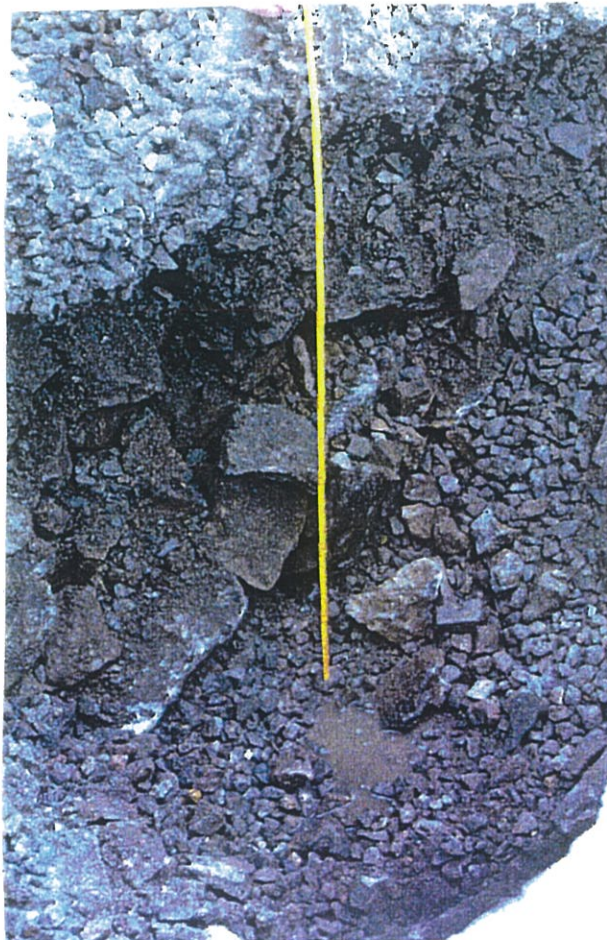
Det ble gravd 20 - 30 cm ned i undergrunnen som består av middels fast leire.

Materialtilstand/-kvalitet

Pukkballasten så ut til å være av normal fraksjon og kvalitet. Den var til dels sammenfrosset og hang delvis fast til svillen.

I forsterkningslaget er det brukt sprengstein. Steinmassene var harde å komme gjennom og så ut til å være godt pakket. Det var relativt lite subus i massene, og fyllmassene må sies å tilfredsstillende krav om ikke telefarlig og drenerende materiale. Derimot er krav til maks. steinstørrelse 0,5 m ikke overholdt. Enkeltsteiner opp til 1,0 og 1,3 m, målt på sidekant, ble registrert.

Leiren under fiberduken var ikke frosset på dette stedet. Dette var lett å konstatere ved å stikke en stang ned i grunnen. Dessuten ble det her registrert fritt vann ved fiberduken.



Figur 11.2

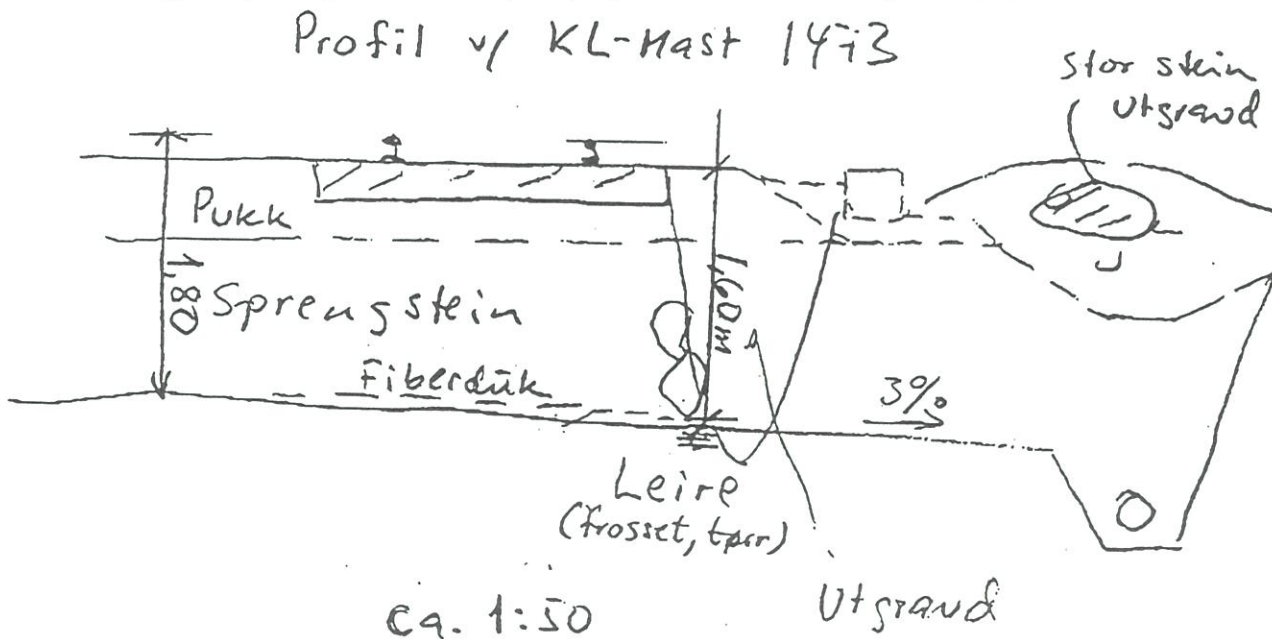
Snitt gjennom over- og underbygning. Leiren under fiberduken var ikke frosset.



Figur 11.3
Stein med overstørrelse

Ved KL-mast 1473

Det ble gravd på høyre side av høyre spor, mellom svilleende og kabelkanal.



Figur 11.4
Skisse av oppgraving ved KL-mast 1473

Materialer

Øverst ligger det pukkballast, herunder sprengstein ned til fiberduk over leire.

Mål

Overgangen ballastpukk/sprengstein var vanskelig å bestemme nøyaktig, men ballasttykkelsen så ut til å være heller større enn mindre enn normalen.

Dybden til overgang steinlag/leire ble målt i et punkt like utenfor svillen, i avstand ca. 0,15 m fra enden. Dybden her ble målt til ca. 1,60 m under ok. sville (svo).

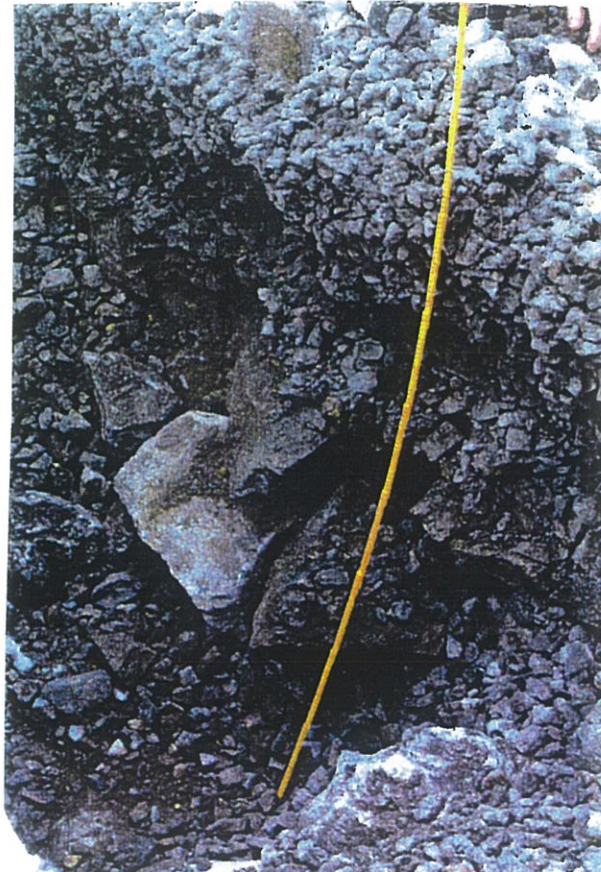
Det ble gravd litt ned i undergrunnen som består av middels fast leire.

Tilstand/Kvalitet

Pukkballasten stort sett som foregående.

I forsterkningslaget er det brukt sprengstein. Steinmassene var harde å komme gjennom og så ut til å være godt pakket. Det var relativt lite subus i massene, og fyllmassene må sies å tilfredsstille krav om ikke telefarlig og drenerende materiale. Enkeltsteiner opp til 0,8 og 0,9 m, målt på sidekant, ble registrert.

Leiren under fiberduken var her frosset, antatt ca. 10 cm. Det ble konstatert ved at det ikke med håndmakt ikke var mulig å stikke enkelt redskap ned i grunnen. Fritt vann ble her ikke registrert.



Figur 11.5

Snitt gjennom over- og underbygning. Leiren under fiberduken var frosset.



Figur 11.6

Leiren under fiberduken var frosset i ca. 10 cm dybde

11.1.3 Utførelse

Dybden til traubunn synes å være i knappeste laget i forhold til prosjektert normalprofil. Utenfor sville burde man forvente ca. 1,74 m under ok sville, eller vel 1,90 under ok skinne. På de to stedene er det hhv. målt 1,68 og 1,60 m under ok sville. Maksimalt tillatt vertikalt avvik fra prosjektert høyde er ± 50 mm, dvs. avvik fra prosjektert høyde er 1 til 9 cm for lite.

Det er på begge stedene, og spesielt på det første, brukt stein større enn maks. 0,5 m.

Det var lite fuktighet og isdannelse å observere, hvilket indikerer at dreneringen fungerer tilfredsstillende.

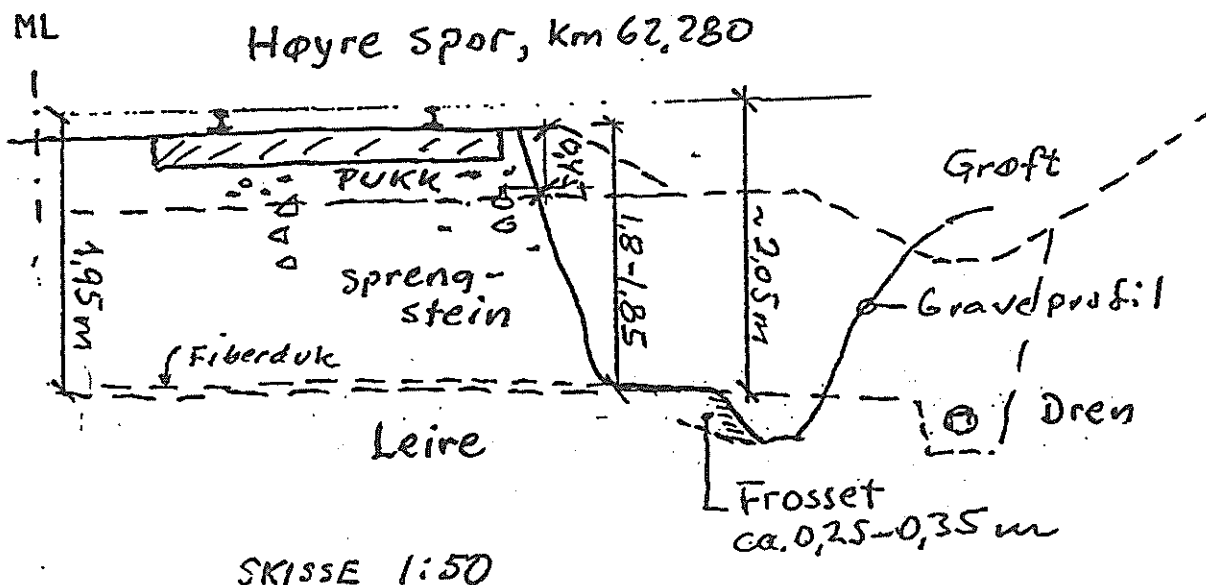
11.2 Vestfoldbanen

11.2.1 Undersøkelse

Etter at betydelig telehiving var oppstått flere steder på strekningen, med innført saktekjøring 40 km/h, ble de faktiske forhold i underbygningen konstatert ved oppgraving på ett sted den 26.01.96. Dette ble utført like syd for Gundesølina overgangsbru, i profil km 62,280 mellom linjegrøft og sville utenfor høyre spor, 5 - 6 m syd for KL-mast 2-063.

11.2.2 Beskrivelse/registreringer

Forholdene kan beskrives som følger, jf. skisse på figur 11.7.



Figur 11.7
Skisse av oppgraving ved KL-mast 2-063

Materialer

Øverst ligger det pukkbullast, herunder finsprengte steinmasser ned til fiberduk over leire.

Mål

Overgangen ballastpukk/sprengstein var vanskelig å bestemme nøyaktig, men tykkelsen av normal pukkraksjon så ut til å være heller knapp akkurat på dette sted, ca. 45 - 50 cm målt fra ok sville.

Dybden til overgang steinlag/leire ble målt på to punkter

- ca. 2,05 m under ok skinne i avstand vel 1 m fra svilleende
- ca. 1,97 - 2,02 i avstand ca. 0 - 0,5 m fra svilleende (her egentlig målt 1,8 - 1,85 m i forhold til sville overkant og påplussset 17 cm for skinne)

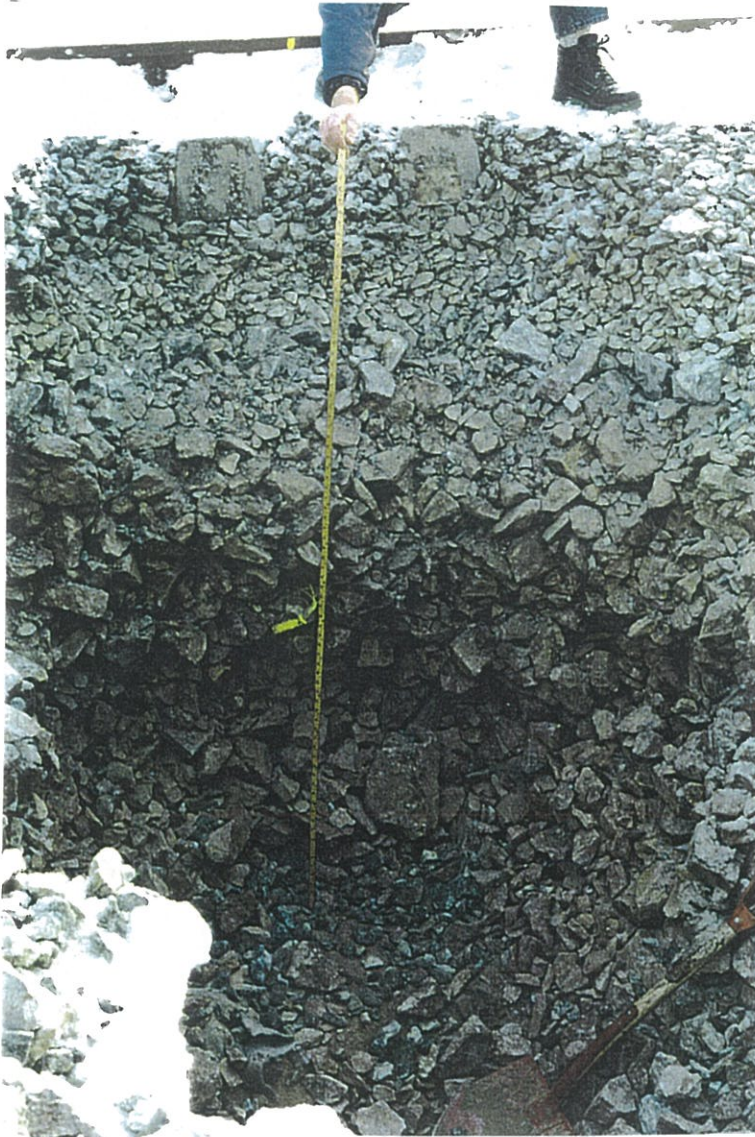
Ved første målepunkt ble det gravd ca. 40 cm ned i leiren.

Materialtilstand/-kvalitet

Pukkbullasten så ikke ut til å være av topp kvalitet. Øvre lag virket relativt finkornet og sammenfrosset.

I forsterkningslaget er det her brukt småsprengt stein (fraksjon 0 - 250 mm) av god kvalitet og gradering. Her ble det også benyttet geonett i fyllingen. Det var ingen tegn til is eller vann, hvilket tyder på at steinlaget har vært og er godt tørrlagt.

Under fiberduken er det fast, tørr leire. Leiren var frosset i øverste laget, øyensynlig i tykkelse et sted mellom 25 og 35 cm. Det var ikke tegn til klassisk dannelse av isrenner i leiren, og derfor heller ikke indikasjoner på at større mengder vann er suget opp til fryseseonen.



Figur 11.8

Snitt gjennom over- og underbygningen. Leiren under fiberduken var frosset.



Figur 11.9

Leiren under fiberduken var frosset i ca. 35 cm dybde

11.2.3 Utførelse

Utførelsen vurdert mot mål iht. planene, 1.95 m fra skinetopp til traubunn midt mellom sporene og 4 % takfall, synes å være innenfor normale toleranser. Materialene i forsterkningslaget er av velgraderte, permeable og ikke telefarlige materialer. Som filter og separasjon mellom stein og leire er brukt fiberduk. Linjegrøften er dypere enn 0,5 m, men dette kan akkurat her henge sammen med ekstra fall til nærliggende kum/rist.

12 Klimaforhold vinteren 1995/96

12.1 Frost

12.1.1 Beregning av frostmengde

Frostmengde angir vintertemperaturen med ett tall. Sammenlignet med temperaturbeskrivelsen av vinterforholdene representerer frostmengde en forenklet betraktning. Frostmengde er definert som tidsintegralet av negativ temperatur gjennom vinteren.

$$F = \Delta t \cdot \Sigma |\theta|$$

F = frostmengde, h°C

t = antall timer

θ = kuldegrader

12.1.2 Opptredende frost

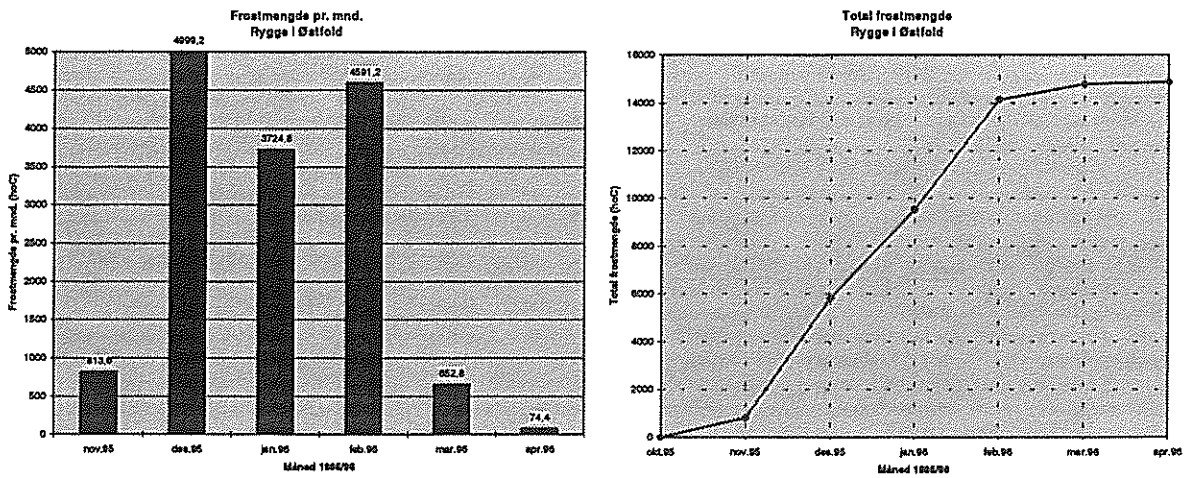
Frostmengdeberegningene er basert på lufttemperaturmålinger mottatt fra Det norske meteorologiske institutt (DNMI). Frostmengder for Østfoldbanen er basert på målinger fra målestasjon på Rygge i Østfold, og frostmengdene for Vestfoldbanen er basert på målinger fra målestasjon Marienlyst i Drammen. Frostmengder for november og desember 1995 samt januar, februar, mars og april 1996 er vist i tabell 12.1 og 12.2 samt figur 12.1 og 12.2. Frostmengdene er beregnet på bakgrunn av døgnmiddeltemperatur T_m multiplisert med 24 t for å finne frostmengden for døgnet. En detaljert oversikt over temperaturer finnes i vedlegg 7.

Østfoldbanen

Tabell 12.1 viser frostmengder pr. måned og total frostmengde gjennom vinteren 1995/96 for målestasjon Rygge i Østfold.

Tabell 12.1
Frostmengder, Rygge i Østfold

Måned 1995/96	Nov. 95	Des. 95	Jan. 96	Febr. 96	Mars 96	April 96
Frostmengde h°C	814	4999	3725	4591	653	74
Total frostmengde h°C	814	5813	9538	14129	14782	14856



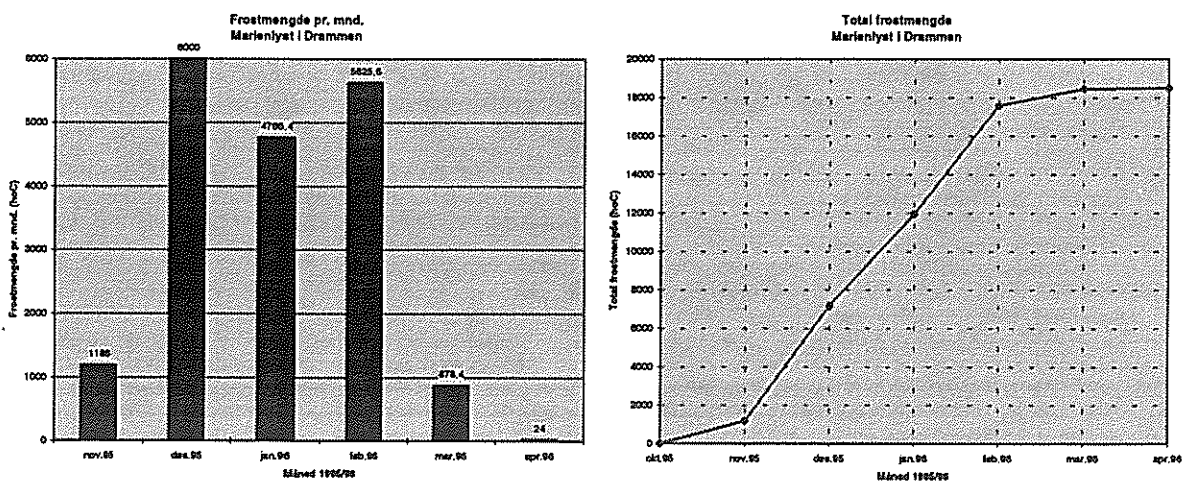
Figur 12.1
Frostmengder, Rygge i Østfold

Vestfoldbanen

Tabell 12.2 viser frostmengder pr. måned og total frostmengde gjennom vinteren 1995/96 for målestasjon Marienlyst i Drammen.

Tabell 12.2
Frostmengder, Marienlyst i Drammen

Måned 1995/96	Nov. 95	Des. 95	Jan. 96	Febr. 96	Mars 96	April 96
Frostmengde h°C	1188	6000	4766	5626	878	24
Total frostmengde h°C	1188	7188	11954	17580	18458	18482



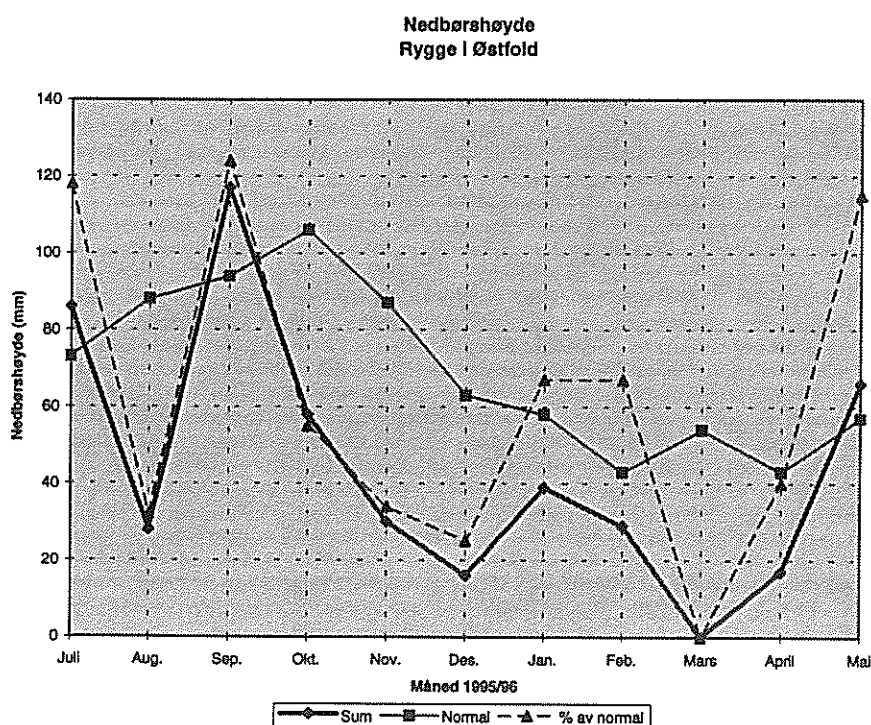
Figur 12.2
Frostmengder, Marienlyst i Drammen

12.2 Nedbør

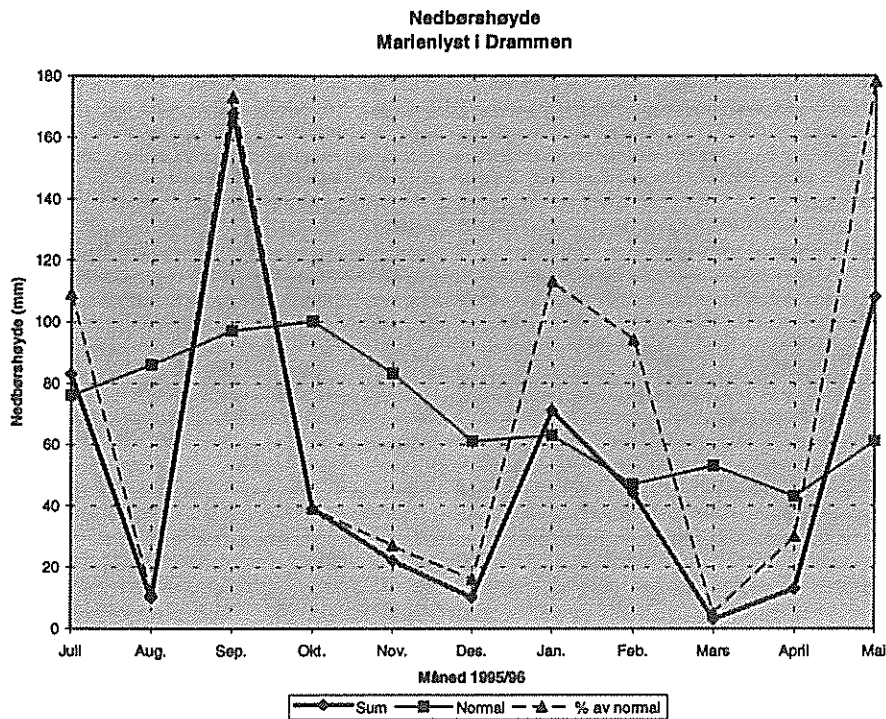
Den nedbør som har falt forut for en frostperiode påvirker jordas vanninnhold og har stor innvirkning på jordartenes frostmotstand. I tabell 12.3 samt figur 12.3 og 12.4 følger en oversikt over total nedbørshøyde, normal nedbørshøyde og prosent av normal nedbørshøyde pr. måned for juni - desember 1995 og januar - mai 1996 for målestasjonene Rygge i Østfold og Marienlyst i Drammen. Dataene er hentet fra Det norske meteorologiske institutt (DNMI). Oversikt over nedbør pr. dag finnes i vedlegg 7.

Tabell 12.3
Nedbørshøyder for 1995/96

1995/96	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Des.	Jan.	Feb.	Mars	April	Mai
Nedbørshøyde (mm)	Rygge i Østfold										
Sum	86	28	117	58	30	16	39	29	0	17	66
Normal	73	88	94	106	87	63	58	43	54	43	57
% av normal	118	32	124	55	34	25	67	67	0	40	115
Nedbørshøyde (mm)	Marienlyst i Drammen										
Sum	83	10	168	39	22	10	71	44	3	13	108
Normal	76	86	97	100	83	61	63	47	53	43	61
% av normal	109	12	173	39	27	16	113	94	5	30	178



Figur 12.3
Nedbørshøyde, Rygge i Østfold



Figur 12.4
Nedbørshøyde, Marientlyst i Drammen

Av tabell 12.3 samt figur 12.3 og 12.4 ser vi at det var forholdsvis mye nedbør i september 1995, mens det var lite nedbør i august, oktober, november og desember 1995. Dette betyr at jorda hadde lavt vanninnhold, og dermed lav frostmotstand, da de første strenge frostperiodene satte inn i slutten av desember 1995.

12.2.1 Snødybder

Tabell 12.4 viser månedsmiddel, min. og maks. snødybde for januar og februar 1996 for Rygge i Østfold og Marientlyst i Drammen.

Tabell 12.4
Snødybder

1996	Jan.	Febr.
Snødybde (cm)	Rygge i Østfold	
Månedsmiddel	4	11
Min.	2	3
Maks.	16	17
Snødybde (cm)	Marienlyst i Drammen	
Månedsmiddel	16	30
Min.	6	19
Maks.	25	49

12.3 Sammenstilling av klimaforhold

På bakgrunn av de foran gitte klimaforhold kan man slutte følgende:

Det var lite nedbør høsten 1995, noe som medførte lavt vanninnhold i underbygningen, og dermed lavere frostmotstand da de strenge kuldeperiodene satte inn de 2 siste ukene i desember og 1. uke i januar.

I tillegg var det lite snø, og det må antas at jernbanefyllingene ble utsatt for barfrost, noe som medfører konveksjon pga. gjennomstrømning av kald luft i den åpne sprengsteinsfyllingen.

Det har imidlertid ikke vært noen 100-års vinter. Men frostkurven ligger nær 100-års kurven i første halvdel av januar, da telehivproblemene ble oppdaget.

13 Årsaksforhold

13.1 Østfoldbanen

Ved den oppgraving som er foretatt på Østfoldbanen, er det påvist at frosten på ett av to målesteder har slått igjennom frostfundamentet (ballast + forsterkningslag) og trengt ned i leiren. Årsaken til telehivingen på dette stedet er i så henseende klarlagt. Når det samme ikke ble registrert på det første stedet, må det antas at man her har "bommet" på telekulen. Det var ingen indikasjoner på sterkt forurenset masse og islag i forsterkningslag eller ballast som kunne forklare telehivingen.

At de største problempunktene så ut til å være orientert ved mastefundamenter, kan ha sammenheng med at frosten her trenger lettere inn fra grøftesiden.

Momenter av betydning ellers er selvsagt at stor stein direkte i kontakt med hverandre danner kuldebroer ned til leiren, som fører til rask punktvis gjennomfrysing. Dette kan kanskje forklare den kuletendens hivingen har fått. Samtidig er det et faktum at på de to undersøkte stedene er frostfundamentet snaut i forhold til prosjektert profil.

13.2 Vestfoldbanen

Ved den oppgraving som er foretatt på Vestfoldbanen, er det påvist at frosten har slått igjennom frostfundamentet (ballast + forsterkningslag) og trengt ned i leiren. Årsaken til telehivingen er som sådan klar.

At teleproblemene synes å være størst og har kommet først på ytterstreng høyre spor, har ganske sikkert sammenheng med at frosten slår lettest gjennom fra ytterkant av fyllingen hvor tykkelsen er minst. Det ble også opplyst at de verste problempunktene var orientert ved mastefundamenter. Dette er logisk med tanke på den kuldebro betongen naturlig utgjør.

13.3 Drøfting

Generelt kan sies at forutsetningen for telehiving i den form som er registrert her er

- 1) tilstedeværelse av telefarlige masser
- 2) at frosten har mulighet for å trenge ned til disse massene
- 3) at de telefarlige massene har evne til å suge vann kapillært opp til frostsonen

På strekningene består undergrunnen av leire, antakelig middels til meget telefarlig (T3-T4), mens overliggende stein og pukk utgjør de ikke telefarlige materialene (frostfundamentet).

Grunnidéen bak frostsikringen ved NSB er (har vært) at frostfundamentet skal bestå av et varmeisolerende topplag (ballastpukk) og et fuktig/vått frostakkumulerende bunnlag, hvor vann avgir sin frysevarme under fryseprosessen.

Ved nye jernbaneanlegg har denne teknikken delvis måttet vike for krav om fullstendig drenert og tørrlagt traue. Frostteknisk er dette uheldig. Et bunnlag av f.eks. udrenert grus/sand (30 - 40 cm) har vesentlig større frostmotstand enn tørr stein helt til bunns. Antakelig kan fraværet av et



vått bunnlag være ekstra ugunstig i akutte strenge kuldeperioder, pga. at frysemotstanden er relativt liten i åpne tørre steinmasser, og frosten har derfor fått relativt fritt "spillerom".

I dette tilfelle var det sammenhengende streng kulde over relativt lang tid. At det hovedsaklig ikke var snødekke i denne første perioden har selvsagt heller ikke gjort situasjonen bedre, da selv et tynt snølag på 5 - 10 cm har praktisk betydning. (Snø regnes likevel ikke med ved dimensjoneringen). Et annet ugunstig klimamoment er at det også forut for kuldeperioden hadde vært svært lite nedbør, slik at svært lite fuktighet har vært til stede under gjennomfrysingen.

14 Målinger og tiltak i sporet pga. telehiv

14.1 Østfoldbanen

Nedenstående er basert på beskrivelser fra Sone Østfoldbanen.

14.1.1 Tiltak på kort sikt januar - mars 1996

Teleproblematikken oppsto for fullt etter ca. 2,5 måneder med kulde og lite snø. Den 03.01.96 kom første melding fra togledelsen om ujevn skinnegang mellom Ås og Tvetter.

Dobbeltsporstrækningen hadde til tider vindskjevheter helt opp mot grensen av det som er tillatt for framføring av tog. Strakstiltak var hastighetsreduksjoner helt ned til 30 km/h på enkelte strekninger. Dette fikk store konsekvenser for avviklingen av togtrafikken og punktligheten på Østfoldbanen, og ga sterke reaksjoner både internt i NSB og eksternt. Som en midlertidig utbedring for å heve hastigheten til 70 km/h, måtte punktene med de største vindskjevhetene fjernes. Skinnene ble løsnet fra svillene og ekstra underlagsplater (skoring) ble lagt under. Dette var noe på siden av forskriftene, og Bane Teknisk kontor ble informert på forhånd. I tillegg ble strekkbolter montert i sporet for å ivareta sporvidden.

Det var lenge skepsis mot å gå inn med gjennomgående sporjusteringer og pakking av sporet midtvinters, grunnet de problemene som ville oppstå når telen gikk ut av grunnen igjen. Allikevel valgte man å gjøre dette, og oppnådde å heve hastigheten til 130 km/h på enkelte av strekningene.

Frostproblemene oppsto i første omgang på strekningen mellom Ås og Vestby. Utover i februar ble det registrert tildels store telehiv også på øvrige strekninger mellom Ski og Sandbukta.

I tillegg til ovennevnte tre konkrete strakstiltak og utbedringer før renseverkets oppstart 23.04.96, har det i hele perioden blitt utført ekstra visitasjon og jevnlig kjøring av PV7 målevogn.

I tillegg ble det utført oppgraving av forsterkningslaget på 2 punkter for å undersøke hva telehivet skyldtes. Se avsnitt 11.1.

14.2 Vestfoldbanen

- Daglig manuell kontroll av sporet for å registrere ujevnheter, spesielt vindskjevheter.
- Kjøring av PV7 målevogn 2 ganger pr. uke.
- Nivellement av sporet for hver 3. meter utført ukentlig.
- Oppgraving av forsterkningslaget på ett punkt for å undersøke hva telehivet skyldes. Se avsnitt 11.2.
- Montering og måling av temperaturmålere i 2 profiler samt nivellement av de instrumenterte profiler. Se avsnitt 18.1.
- Det ble ikke foretatt pakking, men på et mindre område, 5 m, ble sporet justert for en vindskjevhet. Etter teleløsningen kom sporet tilnærmet tilbake til sitt opprinnelige leie, slik at hastigheten igjen ble skiltet opp.

14.3 Gardermobanen

14.3.1 Revurderinger og pålitelighetsanalyse av valgte løsninger mhp. telehiv

Etter at telehiv ble registrert på de nye banestrekningene på Østfold- og Vestfoldbanen, ble det satt i gang en kvalitetssikring av de valgte løsninger på Gardermobanen. Byggeplankonsulentene har på nytt vurdert dimensjonering av lagtykkelse, mulig frostinntrenging fra sideskråninger, fare for at finstoff ansamles i eller infiltrerer og gjør traubunnmassen telefarlig osv.

Denne runden ga tilfredsstillende resultater. Ingen tilleggsisolering ble igangsatt. Sideskråninger av grov stein blir dekket med velgraderte masser og til dels vekstjord.

Spørsmål som gjenstår, dreier seg om selve dimensjoneringsgrunnlaget og omregningsfaktoren på 1,3 mellom nødvendig tykkelse av hhv. grus og den anvendte steinmassen.

En pålitelighetsanalyse som utføres av SINTEF, tar for seg alle mulige driftsforstyrrelser og hastighetsreduksjoner som kan oppstå, og forsøker å anslå en samlet trafikkregularitet. En del av denne analysen ser på banefundamentet. Her har en foreløpig kommet til at det er en viss usikkerhet omkring mulig opptredende kuldeperiode og frysemotstand i materialene. Dette må undersøkes og dokumenteres ytterligere før man helt kan se bort fra at saktekjøring inntreffer med en sannsynlighet av betydning.

For selskapet NSB Gardermobanen prioriteres dette fenomenet meget høyt, men man satser foreløpig på målinger og analyser som dokumentasjon, og man har tiltro til at valgte løsninger skal vise seg gode nok mht. telefare.

14.4 Drammenbanen

Drammenbanen er i ferd med å oppgraderes i forbindelse med utbyggingen av Gardermobanen. Det har vært noe telehivproblemer på Drammenbanen i år, stort sett pga. vaskesviller som følge av dårlig drenering. I den forbindelse skal hele dreneringssystemet rehabiliteres. Det er ikke vurdert å være behov for spesiell frostisolering med XPS på Drammenbanen.

15 Sporgeometrimålinger

15.1 Kommentarer til målevognsdiagrammene

I diagrammene fra målinger utført vinteren 1996 med PV7 målevogn på Dobbelstsporet Ski - Moss og Skogerparsellen viser telehivfenomenet seg som ekstremt ugunstig tilstand i sporets side- og høydebeliggenhet. Det er stedvis kraftige utslag i linjene for skinnestrengens høydefeil og vindskjevhet (høydebeliggenhet). Kraftige utslag finner vi også i skinnestrengens pilhøyder (sidebeliggenhet), og de faller i stor grad sammen med områdene som er mest utsatt for ugunstig tilstand i sporets høydebeliggenhet.

Sammenstilles diagrammene fra vinterens PV7-målinger med tilsvarende diagram fra Mauzin-kjøringer til og med høsten 1995, ser man tendenser til det samme mønsteret i sporets side- og høydebeliggenhet, kun dempet ned i størrelse: De mest utsatte telehivområdene faller i stor grad sammen med områder som også ellers i året har mindre tilfredsstillende sporgeometrisk kvalitet.

Generelt sett bærer NSBs nyanlegg på Dobbelstsporet Ski - Moss og Skogerparsellen preg av variable og stedvis lave tall for sporgeometrisk kvalitet (K-tall, $0 \leq K \leq 100$). Av jernbaneanlegg som er ferdigstilt i den hensikt å skulle tåle hastighetsstandarder mellom 160 og 200 km/h må det kreves stabile K-tall mellom 90 og 100 hele året.

I forkant av Mauzin-kjøringene den 10. juni 1996 var det utført frostisolering på strekningen Ski - Vestby. En sammenstilling mellom resultatene fra disse kjøringene og kjøringene høsten 1995 viser marginale endringer i sporgeometrisk kvalitet (målt med K-tall): Stedvis er det noe bedret kvalitet, mens det andre steder er forringet kvalitet.

UTV-diagrammer fra ordinære målinger med Mauzin på Østfoldbanen og Vestfoldbanen høsten 1995 og våren 1996 og PV7-diagrammer fra målinger utført vinteren 1996 for Østfold- og Vestfoldbanen finnes i vedlegg 8.

16 Valgte frostisoleringsløsninger

Aktuelle frostsikringstiltak for å hindre framtidig telehiv finnes i regelverk 1B-Te 20 "Underbygning - regler for eksisterende baner", kapittel 4 Frost, se vedlegg 9.

De tiltak som står omtalt i "Underbygning - regler for eksisterende baner" er følgende:

- tresviller som frostfundament
- sporeløfting
- ballastrenging
- frostsikring med isolasjonsmaterialer

16.1 Valgt frostisoleringsløsning for Østfoldbanen og Vestfoldbanen

På kort sikt er det i praksis relativt lite å gjøre når frosten har slått ned. Videre frostnedtrengning kan dempes ved påfylling av mer pukk på ballastskulder og/eller ved legging av isolasjonsmatter på skulder/grøfteside.

Med tanke på permanent sikring for å hindre gjentagelse, syntes det mest hensiktsmessig å satse på innlegging av isolasjonsplater under ballasten (plater av ekstrudert polystyren).

Følgende frostisolering utføres på Østfoldbanen og Vestfoldbanen sommeren 1996. For detaljert beskrivelse med normalprofil vises til brev til BrØ og BrS i vedlegg 10.

Forutsetninger

- Arbeidsoperasjonen utføres som et "engangsarbeid" på sporet, dvs. alle arbeidsoppgaver utføres til samme tid.
- Dimensjoneringen er gjort med god sikkerhet i forhold til gjeldende regelverk og tilsvarende konstruksjoner hos Banverket og VR. Det forutsettes at problemene ikke skal kunne gjenta seg på disse banestrekningene.
- Dimensjonering og utførelse gjelder i denne omgang for strekningene Ski - Kambo og Skogerparsellen.

Utførelse

Alle telefarlige områder ut fra grunnforhold og banekonstruksjon frostisoleres ved innlegging av plater av ekstrudert polystyren (XPS) ved kjøring av ballastrenseverk.

Materialspesifikasjon

Det benyttes plater av ekstrudert polystyren (XPS) av følgende kvalitet:

Tykkelse: 60 mm (med fals, isolasjonsplatene på tvers av formasjonsplanet og på skulder)
40 mm (uten fals, utkiling)
Trykkstyrke: Min. 400 kN/m² ved 5 % deformasjon
Bredde: 0,6 m
Lengde: Varierende fra 1,2 til 4,0 m

XPS-platene legges med overkant i høyde med formasjonsplan (FP). Der dette ikke er praktisk mulig legges XPS-platene på formasjonsplanet.

Spaltebredden mellom isolasjonsplatene mellom spor ligger i området 0 - 300 mm. Ved større bredde lukkes spaltebredden med en overliggende plate.

Løsningen gjelder primært for et normalprofil med sporavstand 4,5 m, formasjonsbredde min. 3,5 m fra senter spor og standard avstand ca. 2,5 m til kabelkanal. En annen utforming av profilet vil kunne medføre at isolasjonsløsningen må justeres.

Platene under sporet legges normalt med det fall som naturlig gis av sporets overhøyde. På rettstrekkninger legges platene med tverrfall ca. 2 % for å lette vannavrenningen.

Utkiling/avtrapping

I hver ende av en fullisolert strekning utkiles frostisoleringen med 40 mm tykke plater uten fals. Total lengde på standard utkilingsparti blir 13,2 m.

Løsning for grøfteskrånninger

Østfoldbanen: Utenfor kabelkanal legges en isolasjonsplate på formasjonsplanet.

Vestfoldbanen: I forhold til løsning på Østfoldbanen utelates isolasjonsplate utenfor kabelkanal. Isteden legges det et tettlag av isolerende materiale, f.eks. 15 - 20 cm leire i grøfteskrånningen nærmest sporet. Dette gjøres pga. dypere grøfter og at telehivproblemet var sterkere knyttet til frost inn fra sidene på Vestfoldbanen.

Resultater fra SINTEFs termiske analyser av begge løsningene viser at løsningene er gode nok for 100-års vinter. Resultatene av de termiske analysene finnes i vedlegg 11.

16.2 Frostisoleringens innvirkning på overbygningen

Ved beregninger av dimensjonering av overbygningen med frostsikringslag av XPS på formasjonsplanet er kritiske faktorer ballastsiffer, vertikal deformasjon og utmattning av skinnene. Horizontal forskyvning ser ikke ut til å være noe problem.

Ved beregning er det forutsatt et elastisk system med 3 fjærer/dempere

- mellomlagsplate i gummi
- ballastlag
- frostsikring av XPS med tykkelse 60 mm og trykkstyrke 400 kN/m² ved 5 % deformasjon

Forsterkningslaget av sprengstein er forutsatt ferdig forbelastet.

Ballastsiffer $c = 0,13 \text{ N/mm}^3$. DB har krav om $c > 0,10 \text{ N/mm}^3$ ved 20 tonns aksellast og 200 km/h.

Nedbøyning av skinnen er beregnet til 3,25 mm. Dette er noe større enn ønsket maksimal deformasjon på 3,0 mm, men overskridelsen på 0,25 mm bør aksepteres.

Opptredende skinnespenning er beregnet til 127,4 N/mm² for UIC60 skinne lagt på betongsville av type NSB 95. Utmattingsgrense for trafikkspenningene er beregnet til 147 N/mm² > 127,4 N/mm².

Dvs. det er ikke fare for utmatting, og nedbøyningen av skinnen ved passering av det rullende materiell er akseptabel.

Det vises for øvrig til notat i vedlegg 12.

16.3 Utførelse av frostisolering på Østfoldbanen

16.3.1 Omfang, framdrift og ressurser

Arbeids- og framdriftsplan finnes i vedlegg 13.

Omfang

Ca. 26 km dobbeltspor frostisoleres.

Framdrift

Frostisoleringen utføres i perioden 23.04.96 - 01.07.96. I tillegg frostisoleres en strekning uten påsatt trafikk etter ferien. Framdriften er basert på 3 skift i døgnet, kjøring av renseverk 270 m pr. skift, 50 m frostisolering i timen og 100 m rensing i timen.

Ressurser

Os linjen Ski:	34 personer
Os strømforsyning Ski:	6 personer
Os signal Østfoldbanen:	6 personer
Baneservice:	19 personer
Sesongarbeidere:	30 personer
Totalt:	95 personer

16.3.2 Problempunkter

Nedenstående er basert på beskrivelser fra Sone Østfoldbanen, som for øvrig skal utarbeide en rapport om frostisoleringen av sterkingen Ski - Sandbukta med mengder, erfaringer, uforutsette hendelser osv.

Bildene i vedlegg 14 illustrerer foruten selve frostisoleringsprosessen, de hovedproblemene som har oppstått i forbindelse med renseverkkjøringen.

Tilstand på ballasten i sporet

Ballastlaget har vært preget av finstoff, samt understørrelse og slitasje av pukken. I snitt kjører vi ut 5 - 6 vogner pr. skift med ovennevnte masse. Dette gir ca. 60 m³ på 100 m (enkeltspor). Til nå har det kun vært det ene sporet mellom Ski og Bjølstadbekk (Ski - Rustad sporet) som har gitt lite utkjøring av masser. De øvrige strekningene har vært preget av ovennevnte forhold.

Stasjoner og koblingspunkter mellom ny og gammel trasé.

Det er finstoff i ballastpukken på koblingspunkter mellom ny og gammel trasé, samt på strekninger hvor eksisterende trasé er benyttet. Det var for øvrig i koblingspunktene at vi registrerte telehiv først, og hvor vi hadde de største vindskjevhetene i sporet. Den nye dobbeltsportraséen følger eksempelvis eksisterende trasé fra koblingspunktet nord og inn til Ås. Hele veien her var ikke ballast fra gammelt spor fjernet, og andelen av finstoff var stor. På selve stasjonsområdene på Ås og Vestby var det flere partier hvor leira lå høyt i ballastlaget (ca. 25 cm fra underkant sville).

Stor stein

Stor stein i pukkbballasten har vært et gjennomgående problem. Ballastrenseverket kjører med en gravedybde på 30 cm fra underkant sville, for ikke å komme i konflikt med formasjonsplanet. Noe av steinen har nok kommet opp som en følge av at vi har vært for dypt med kniven (spesielt mellom Sonsveien og Kambo), men det har vært unntaksvis. Enkelte steder har steinen ligget helt oppunder sville.

Kabler

Vi har flere steder kommet i konflikt med gamle kabler i forbindelse med frostisoleringen av dobbeltsporet. Dette har oppstått på partier hvor gammel og ny trasé er koblet sammen, samt på strekninger hvor ny trasé har gått i eksisterende trasé. Dette har vært gamle kabler som ikke har vært i bruk, men vi har også hatt tilfeller av nye kabelgjennomføringer i sporet som ligger for høyt.

Ballasttykkelsen på Bjølstadbekk bru

På denne brua var det på ett parti kun 20 cm fra underkant skinne til overkant brutrau. Vi foretar nøyaktige målinger av dette i disse dager, og vil ved 3. gangs pakking forsøke å løfte sporet slik at vi unngår et vedlikeholdsproblem i framtida. Allikevel er dette forhold som bør fokuseres på ved videre utbygging.

16.4 Utførelse av frostisolering på Vestfoldbanen

16.4.1 Omfang av frostisolering

Isolering av Skogerparsellen med renseverk i spor 1 og 2, samt inntil 500 m på gammelt spor sør for Skogerparsellen etter behov. Totalt skal 7200 lm skal isoleres.

16.4.2 Framdriftsplan

Frostisolering skal utføres i perioden uke 40 - 43. Arbeidet utføres av Baneservice med samme rigg som benyttes på Østfoldbanen. Arbeidet utføres med 2-skiftsordning.

16.4.3 Ressurser

Oversikt over prosjektorganisasjon finnes i vedlegg 15.

16.5 Nøyralisering av sporet og etablering av GVUL

Etter at frostisolering er utført på Østfold- og Vestfoldbanen må sporet nøytraliseres og GVUL etableres. Dette iht. regelverk 1B-Te 10 "Sporet trasé", kapittel 5 Geodetisk varig utfesting av linjen. Det vises for øvrig til brev i vedlegg 16.

16.6 Valgt løsning for parsellene Såstad - Haug i BrØ og Bergsenga - Åshaugen - Holm (parsell 3 og 4) i BrS

16.6.1 Bakgrunn

Da problemene med telehiv på nye strekninger oppsto i vinter, ble det igangsatt en undersøkelse av prosjekterte strekninger. Det viste seg at normalprofilene på parsellene Såstad - Haug i BrØ og Bergsenga - Åshaugen - Holm (parsell 3 og 4) i BrS med byggestart i sommer ikke hadde tilstrekkelig dimensjonerende tykkelse av sprengsteinslag. En økning av gravedybden ville påvirke normalprofilets bredde, noe som igjen ville medført endret arealplan. Da reguleringsplan var godkjent ville en slik endring kreve ny behandling og forsinke prosessen betraktelig. Det ble derfor besluttet å løse problemet med en alternativ løsning for underbygningen.

16.6.2 Godkjent løsning

De 2 alternative løsningene var

- 70 cm sprengstein over 5 cm XPS med sandlag over og under
- 70 cm sprengstein over 35 cm lettklinker med fiberduk

Godkjent løsning er alternativ med sprengstein med D_{maks} 300 mm og lettklinker omsluttet av fiberduk klasse IV. Beslutningen ble tatt etter en samlet vurdering av dagens og framtidig regelverk, levetid, utlegging, plassering av frostisoleringsmateriale, overvåking, miljø, bæreevne og termiske analyser av de 2 alternativene foretatt av SINTEF.

For at valgte løsning skal fungere som forutsatt, er det nødvendig med nøye kontroll under hele byggefasen.

Det vises for øvrig til brev til BrØ og BrS i vedlegg 17.

17 Problempunkter ved bygging av nytt spor inntil eksisterende spor

Erfaringer i NSB, BV og VR har vist at det ved utbygging av eksisterende enkeltspor til dobbeltsporet trasé lett oppstår problemer ved koblingspunkt mellom nytt og eksisterende spor, bygging av nytt spor inntil eksisterende spor og rehabilitering av eksisterende spor. Momenter som må vurderes og ivaretas er bl.a. følgende:

- telefarlige masser i eksisterende spor, masseutskifting
- undersøkelser av eksisterende frostisolasjon, utdrenering av torv o.l.
- utdrenering av lukket traue
- tilleggssetninger
- stabilitet i anleggsfasen
- ivareta drenering
- ujevn elastisitet i overgangssoner

18 Utførte beregninger og forsøk

18.1 Temperaturmålinger i BrØ og BrS vinteren 1995/96

NGI har utført temperaturmålinger i profiler på Østfold- og Vestfoldbanen på oppdrag for hhv. BrØ og Utbygging Sør. Det er i den forbindelse også etterregnet frostnedtrengning i profilene basert på målingene.

Målingene er utført i profiler med telehiv. Målingene er utført ved at det er nedboret målestrenger i utvalgte punkter. Flere målere fordelt langs hver streng måler temperaturen i underbygningen og undergrunnen i varierende dybder, slik at et temperaturprofil i dybden på måletidspunktet kan opprettes.

Målingene har vist at det har vært temperatur under frysepunktet i de aktuelle punkter, og at telehivproblemene derved skyldes at underbygningen ikke har hatt tilstrekkelig frysemotstand mot kuldepåkjeningen.

Målingene viser også at grov sprengstein har lav frostmotstand, og at ekstra dype sidegrøfter og åpne sprengsteinsfyllinger gir uønsket økning av frostnedtrengningen. Grov sprengstein har ut fra beregningene en varmeledningsevne på 1,4 - 1,6 W/mK, men kan ha vesentlig større verdi for store (og evt. kvartsrike) steinblokker.

Temperaturmålingene bekrefter at lokale klimavariasjoner kan være store, og at overflateremperaturen som regel er lavere enn lufttemperaturen en måler på værstasjonene.

Beregningene som er utført viser relativt god overensstemmelse mellom beregninger og målinger. Dette bekrefter til en viss grad de verdier som i beregningene er benyttet for varmeledningsevne og vanninnhold. Avvik mellom beregninger og målinger kan skyldes gale verdier benyttet ved beregningene, men snøens isoleringsevne har også innvirkning.

For øvrig vises til rapportene

- Etterregninger av temperaturer i grunnen, februar til mai 1996, Skoger parsell. NGI, rapport nr. 960060 datert 23.06.96.
- NSB Bane Hovedkontoret. Telehiv vinteren 95/96. Øst- og Vestfoldbanen. Sammenstilling av erfaringer. NGI, rapport nr. 960060-1 datert 26.06.96.

som kan fås ved henvendelse til Hovedkontoret Teknisk kontor.

18.2 Frostmengdeberegninger

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har utført følgende arbeid:

- data for frostmengder ut fra langperiodiske stasjoner
- data for frostmengder og snø ut fra daglige data for gitte steder

Basert på disse data er følgende informasjon ekstrahert:

- maksimale frostmengder pr. år
- snødyb ved oppnådd maksimal frostmengde

- tabell med dato for første negative temperatur i andre halvår pr. år samt periodelengde i dager for passering pr. 1000 timegrader
- observert sannsynlighet for å oppnå en gitt frostmengde
- utfra maksimale frostmengder pr. år er via antagelse om en ekstremfordeling via Gumbel gitt gjentakperioder for frostmengder i en vinterperiode for 2 til 1000 år

Alle data finnes i vedlegg 18. Det vises for øvrig til avsnitt 19.1.

18.3 Laboratorieforsøk

Erfaringene fra siste vinter synes å peke på et forhold hvor kunnskapen i dag er noe mangelfull, og hvor det kreves fortsatt innsats

- Hva er varmeledningstallet i sprengsteinsmasser?

Det er i utgangspunktet klart at en her ikke kan operere med ett enkelt tall, men må regne med et relativt bredt intervall for verdien. Usikkerheten er likevel såpass stor at NSB har funnet det riktig å forsøke å bestemme verdien på utvalgte sprengsteinsfraksjoner ved laboratorieforsøk.

Dette er delvis en erkjennelse av at en ikke har sikker nok kunnskap vedrørende verdi for varmeledningstallet når massene blir svært grove. Erfaringstall fra tidligere forskning begrenser seg til grus og pukk. Verdier som har vært benyttet for varmeledningstallet har variert fra 0,7 - 1,5, noe som innebærer en betydelig grad av usikkerhet når det gjelder den virkelige frostmotstanden i profilet. Tilsvarende er vanninnholdet in situ usikkert for sprengsteinsmasser.

Varmeledningstallet vil avhenge av

- kvartsinnhold/bergart
- vanninnhold
- gradering
- finstoffinnhold
- steinstørrelse
- porøsitet
- tildekking

Erfaringer fra feltnålinger antyder at tallet ligger i øvre del av området 0,7 - 1,5, kanskje høyere.

NGI er i gang med å gjennomføre laboratorieforsøk for NSB for å finne verdier for varmeledningstallet i sprengstein. Det skal i første omgang måles på følgende fraksjoner:

- sprengstein 0 - 120 mm
- sprengstein 0 - 250 mm

Det måles ved at massene fylles i en isolert kasse der en varmekilde avgir varme i den ene enden. Når temperaturprofilet har stabilisert seg gjennom kassen (i kassen vil det etter tilstrekkelig tid oppnås en stasjonær varmestrøm, dvs. den forandrer seg ikke over tid), vil energiforbruket være identisk med varmestrømmen, og de aktuelle verdier for varmeledningstall kan finnes. Materialenes sammensetning, gradering og vanninnhold vil dokumenteres nøye.

Innløpende forsøk avsluttes i sommer. Senere vurderes evt. behov for supplerende forsøk.

19 Bakgrunn for revidert regelverk

Nytt regelverk for frostdimensjonering er utarbeidet våren 1996 på bakgrunn av de telehivproblemer man opplevde vinteren 1995/96. I dette kapitlet presenteres bakgrunnen for de nye reglene. Løsningene er diskutert i prosjektgruppe- og referansegruppemøtene som ble holdt ifm. prosjektet. Referat fra disse møtene finnes i vedlegg 19.

19.1 Dimensjonerende frostmengde

Det norske meteorologiske institutt (DNMI) har utført følgende arbeid:

1. Frostmengder utfra langperiodiske stasjoner
På bakgrunn av målinger fra siste halvdel av 1800-tallet og fram til 1996 er data for de 20 vintre med størst frostmengde i gradtimer for Ås, Oslo, Røros, Bergen, Trondheim og Bodø gitt.
2. Frostmengder og snø utfra daglige data for følgende steder:
 - Oslo: Blindern
 - Akershus: Gardermoen, Dønski, Asker, Ås
 - Østfold: Rygge, Kalnes, Prestebakke
 - Buskerud: Drammen
 - Vestfold: Stokke, Melsom, Torp
 - Telemark: Dalen i Telemark, Gvarv
 - Hedmark: Kise
 - Sør-Trøndelag: Trondheim
 - Hordaland: Bergen
 - Nordland: Bodø

Basert på disse data er følgende informasjon ekstrahert:

- maksimale frostmengder pr. år
- snødyb ved oppnådd maksimal frostmengde
- tabell med dato for første negative temperatur i andre halvår pr. år samt periodelengde i dager for passering pr. 1000 timegrader
- observert sannsynlighet for å oppnå en gitt frostmengde
- ut fra maksimale frostmengder pr. år er via antagelse om en ekstremfordeling via Gumbel gitt gjentakperioder for frostmengder i en vinterperiode for 2 til 1000 år

Alle data finnes i vedlegg 18.

19.1.1 Resultater

Tabell 19.1 viser frostmengder basert på kurver fra DNMI.

Tabell 19.1
Frostmengder basert på kurver fra DNMI

Sted	Kumulativ sannsynlighet			Gumbels fordeling		
	F_{20}	F_{100}	F_{20}/F_{100} (%)	F_{20}	F_{100}	F_{20}/F_{100} (%)
Drammen	22.500	25.000	90	27.000	36.000	75
Stokke	24.000	27.000	89	28.000	35.000	80
Melsom	21.000	25.000	84	23.000	32.000	72
Torp	19.000	23.000	83	22.000	30.000	73
Gvarv	28.000	32.000	88	30.000	39.000	77
Dalen, Telemark	22.000	27.000	81	25.000	32.000	78
Bergen	4.700	6.200	76	4.600	6.400	72
Trondheim	15.500	22.500	69	18.500	24.500	76
Bodø	13.000	18.000	72	15.000	20.000	75
Prestebakke	19.500	22.500	87	26.000	32.500	80
Kalnes	21.700	24.500	89	24.500	33.000	74
Gardermoen	31.300	34.000	92	34.500	45.000	77
Kise	35.000	37.500	93	39.000	50.500	77
Rygge	22.000	26.000	85	24.500	33.000	74
Ås	24.500	27.500	89	27.500	35.500	77
Oslo	19.300	22.500	86	21.500	28.000	77
Dønnski	20.200	21.700	93	24.000	32.000	75
Asker	21.000	24.200	87	23.000	31.000	74
Gjennomsnitt	-	-	85	-	-	76

Det er stor forskjell i frostmengder tatt ut på de to forskjellige måtene. Gumbelfordeling gir klart lavere forhold mellom F_{20} og F_{100} , og variasjonen i forholdstallet er mindre enn beregnet fra kumulativ sannsynlighet. Gumbelfordeling gir mulighet for å etablere en kurve for et mye lengre tidsrom enn måleperioden, men skal i følge DNMI ikke være god for beregning av gjentaksintervall for ekstremt lave temperaturer i innlandet. Kumulativ sannsynlighet baseres på måledata for den målerrekken en har tilgjengelig, og er begrenset av dette. Det er valgt å basere frostmengdene på kumulativ sannsynlighet.

Et gjennomsnitt av de tallverdier som er med i tabellen gir ikke noe fullstendig bilde for forholdstallet. Generelt synes det riktig å endre $F_{20} = 0,85 \cdot F_{100}$ til $F_{20} = 0,9 \cdot F_{100}$. For F_{10} viser en tilsvarende gjennomgang at $F_{10} = 0,8 \cdot F_{100}$ kan benyttes. For øvrig foreligger foreløpig ikke godt nok grunnlag for å endre gjeldende frostmengdekart.

19.2 Normalprofilets utforming mhp. frost

Det tas her ikke opp alle momenter som avgjør normalprofilets geometri. I det følgende vurderes kun momenter som har betydning for frostmotstanden, og som ikke bestemmes av helt andre hensyn.

Frostmotstanden påvirkes av

- uttrauingsdybde
- massetyper i trauet
- dreneringsløsning
 - sidegrøfter
 - lukket drenering
- bredde av normalprofilet
- tetting av sideskråninger

19.3 Materialer i forsterknings- og frostsikringslaget

Erfaringene fra i vinter viser at bruk av svært grove steinmasser sannsynligvis innebærer svært redusert frostmotstand. Store steiner er i seg selv kuldebroer, og lavt vanninnhold fører til liten frysemotstand. Steinfyllingene kan også bli noe "åpne" i sideskråningene hvis tetting ikke utføres.

En måte å redusere disse ulempene på, er å redusere tillatt steinstørrelse (d_{maks}) fra 500 mm (i dagens regelverk) til 300 mm. Det vil føre til bedre frostmotstand.

Det er også nærliggende å gå inn på en inndeling av trauet ut fra hvilken funksjon de forskjellige lag skal ha. En kan tenke seg trauet delt i to lag, forsterkningslag og frostsikringslag.

Det øverste laget (opp til formasjonsplan) må bestå av tørre (drenerende), bæredyktige masser. Laget skal gi styrke og jevn elastisitet. Tykkelsen er avhengig av de togaster som skal trafikkere sporet, men en tykkelse på 700 mm foreslås. En beregning av nødvendig tykkelse mhp. nedbøyning av skinne og bøyespenning i underkant midt på skinnefot er utført. Denne viser at en tykkelse på 700 mm er tilstrekkelig ut fra et jernbaneteknisk synspunkt. For beregninger vises til notat i vedlegg 20. Dette laget må uansett være tilstede ved bygging av ny bane over løsmasser, uansett grunnforhold. Kornstørrelsen bør reduseres fra dagens d_{maks} 500 mm til 300 mm.

Det nederste laget i trauet vil være frostsikringslaget. Dette bygges avhengig av behov, dvs. avhengig av om grunnen er telefarlig eller ikke, og dimensjoneres ut fra frostdiagrammer etc. Massene i dette laget bør kunne holde på noe vann, slik at en oppnår høy frostmotstand. Vann i et slikt lag vil avgi varme når det fryser, og med et forsterkningslag av tørre masser over dette, vil fyllingen kunne holde på denne varmen, og derved hindre/bremse videre nedtrengning av frost.

Masser i det nederste laget bør, for å kunne inneholde tilstrekkelig vann, bestå av vesentlig finere masser enn forsterkningslaget. Gradert grus er velegnet. Hvis sprengstein benyttes bør fraksjonen ha D_{maks} 120 mm.

Maksimal steinstørrelse skal ikke være større enn 1/2 lagtykkelse.

19.4 Dreneringsløsning

Her skilles det mellom to typer drenering, åpen og lukket, eventuelt i kombinasjon.

Den åpne dreneringen består av linjegrøft langs sporet. Grøften er i dagens regelverk minst 50 cm dyp, og skal ta vare på vann fra sideskråningene før det renner inn i fyllingen. Det er klart at en dypere grøft vil øke muligheten for frostinntrengning fra siden. Det bør derfor i de enkelte prosjekter være naturlig å spørre seg om det er tvingende nødvendig med større grøftedybde. Særlig bør dette være et relevant spørsmål når en i tillegg bygger lukket drenering, som i dag er nærmest "standard" for nyanlegg.

Den lukkede dreneringen legges som dreneringsledning i gjenfylt grøft under linjegrøften. Det er ofte nødvendig å isolere denne, pga. for liten overdekning med masse. Dreneringsledningen legges ofte lavere enn traubunn. Ut fra et frostteknisk synspunkt er det grunn til å spørre om dette er hensiktsmessig. En slik plassering vil føre til et tørt traue, som er bra bæreevnemessig. I de fleste tilfeller er ikke et absolutt tørt traue nødvendig av dette hensyn. En kunne derfor med fordel legge dreneringsledningen noe høyere, slik at en fikk noe større vanninnhold i massene på traubunn. Økt vanninnhold for massene nederst i traue vil føre til øket frostmotstand. Samtidig skal drenering av traubunn sikre at kapillærsuging av grunnvann hindres, og drenert traubunn er derfor viktig hvis traue kan komme til å fryse helt gjennom, særlig dersom grunnvannsspeilet er nær traubunn.

Erfaringer fra bl.a. VR tyder på at det for høyhastighetsbaner ikke er ønskelig å gå tilbake til gamle dagers løsning hvor det bygges vannfylt traue, pga. bølgeeffekter som oppstår ved kjøring med høy hastighet.

19.5 Effekt av omliggende tiltak som støyvoller og k/c-pæler

Støyvoller kan antagelig ha en viss effekt på klima lokalt, dvs. føre til kuldelommer. Dette anses å være ivarettatt ved den generelle vurdering av forskjell mellom lufttemperatur og overflatetemperatur som er lagt inn i frostdimensjoneringen basert på frostmengdekartet.

Kalk-/sementpæler er plassert under traubunn, og skal derved pr. definisjon ikke fryse hvis dimensjoneringen av frostsikringslaget er riktig.

Det anses derved ikke at støyvoller, kalk-/sementpæler etc. har noen vesentlige effekter på frostdimensjoneringen som det må tas hensyn til i regelverket i denne omgang.

19.6 Plassering/isolering av kontaktledningsmaster

Det har i en viss grad vært divergerende tilbakemeldinger sist vinter hva angår kontaktledningsmaster og utvikling av telehiv. Etter at det først ble meldt om telehiv systematisk ved mastene, er dette etter hvert tilbakevist, og det er ikke noe som tyder på at dette medfører et vesentlig frostproblem. Det er klart at betong i en viss grad virker som kuldebro, men beregninger utført av SINTEF og NGI viser at effekten er svært liten i forhold til varmeledningen gjennom sprengsteinsfyllingen. Det har heller ikke vært rapportert om telehiv på selve KL-mastene, dvs. at fundamentsålen er frostfritt fundamentert.

En kan likevel peke på at en fremtidig utvikling av rørfundamenter for KL-master tross alt vil innebære en viss forbedring av "kuldebroeffekten".

19.7 Frostdimensjonering

Med bakgrunn i de erfaringer som er gjort kan det være grunn til å presisere hva som står om frostfundament i 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner", kapittel 5, avsnitt 2.2: "Den endelige dimensjoneringen forutsettes utført av geotekniker når materialsammensetningen er kjent". Dette gjelder når det benyttes sprengstein som traumateriale.

Det kan virke som det i flere prosjekter kun er benyttet de overslagsverdier som fås av bilag 3 i regelverket. Derfor kan det være på sin plass å løfte kravet til beregning fram som et eget punkt, som kan lyde f.eks. :

"Frostteknisk dimensjonering skal utføres når endelig materialsammensetning er kjent. Dimensjoneringsdiagrammer i dette regelverk skal ikke benyttes ved endelig dimensjonering av frostsikringslag av sprengstein, men kan benyttes til overslagberegninger i forprosjekt".

I regelverk "Underbygning - regler for nye baner" er det i bilag 3 foreslått en faktor 1,3 for forholdet mellom lagtykkelsen av sprengstein og grus i frostfundamentet. Vinterens erfaringer viser at dette forholdet kan være annerledes. Inntil en har større sikkerhet for hvor stor faktoren bør være er det naturlig å fjerne faktoren helt, og kreve at det gjøres særskilt beregning ved bruk av sprengstein basert på de aktuelle forhold. For sand/grus anses at dokumentasjon er god nok fra før, og derved kan diagrammet benyttes som før.

20 Konklusjoner

Årsakene til telehiv har vært gjennomfrysing av underbygningen, med dannelse av islinser på traubunn som resultat. Gjennomfrysing har kunnet skje som et resultat av flere uheldige omstendigheter, hvorav disse er de viktigste

Klimatiske forhold

- langvarig barfrost med sterk kulde før problemene oppsto i januar 1996
- meget lite nedbør i de siste måneder av 1995
- dimensjonerende frostmengder i dagens regelverk kan være noe lave

Prosjekteringsmessige forhold

- det har vært dimensjonert og bygget for tynt frostsikringslag i forhold til dagens regelverk
- dype sidegrøfter har eksponert underbygningen unødvendig mye for frostinntrengning

Utførelsesmessige

- det har stedvis vært bygget med for grove steinmasser i underbygningen
- det har stedvis vært bygget noe tynnere underbygning enn beskrevet

Regelverk

- sprengstein isolerer dårligere mot frost enn det før er regnet med

Øvrig

- sideskråninger er ikke tett, noe som har medført frostinntrengning
- dagens vanligste dreneringsløsninger sammen med bruk av grove sprengsteinsmasser medfører lavt vanninnhold i massene på traubunn, noe som gir lav frostmotstand
- kontaktledningsmaster, støyvoller og k/c-pæler anses ikke å ha vesentlig betydning for telehivproblemer

Ut fra erfaringene med utbyggingsprosjektene på Østfoldbanen og Vestfoldbanen bør det settes fokus på bl.a. følgende områder, hvorav noen omfatter forhold utover telehiv:

- Ressursbehov på byggherresiden for at nødvendig oppfølging og kontroll av utførelsen blir tilstrekkelig. Bl.a. vil dette kunne innbefatte en mer omfattende mottakskontroll, slik at det kan slås fast at entreprenøren leverer den foreskrevne kvalitet. Det har framkommet at en for høy andel av pukken på banestrekninger som ennå ikke er tatt i bruk er "undermålere".
- Koblingspunkter mellom nytt og eksisterende spor da erfaringer fra NSB, BV og VR viser at problemer med telehiv lett oppstår her.
- Underbygningens kvalitet i stedet for å kompensere for feil i underbygningen med økte tiltak i overbygningen.
- Prosjekteringsgrunnlaget og prosjekteringen.
- Frostberegning avhengig av stedlige forhold.
- Økt kjennskap til frostmotstand i sprengstein.
- Dimensjonerende frostmengde.
- Regelverk for bygging av underbygning.

De store utbyggingsprosjektene kjennetegnes ofte ved et svært høyt aktivitetsnivå over et relativt begrenset tidsrom. Dette kan være medvirkende faktor til at arbeidet med oppfølging av anleggene blir vanskelig, mye grunnet ressurstilgang hos byggherren. Dette vil selvsagt gå på både prosjektering og utførelse, og i begge tilfeller vil et ekstremt tidspress ofte være svært

ugunstig.

Det er nærliggende å trekke fram et sitat fra Håkon Hartmark (Frost i jord nr. 17, 1976):

"Man vil i så fall risikere å bli sittende med en jernbanelinje med en høy standard på overbygningen, en standard som ikke kan utnyttes på grunn av telehiving om vinteren."

Sitatet oppsummerer konsekvensen av løfting som ledd i rehabilitering av gamle spor, og hvor en kan komme til å løfte for lite, slik at en fremdeles har telehiv. Analogt vil det i dagens situasjon kunne være riktig å si at mye av den innsats en legger ned i prosjektering og bygging er lite verdt hvis svikt i ett enkelt ledd gjør at banen til slutt er ubrukbar som høyhastighetsbane.

21 Behov for videre arbeid

21.1 Forskning på sprengstein

21.1.1 Etterregning av temperaturmålinger i grunnen

En grundig analyse av resultatene fra temperaturmålingene i grunnen på Østfold- og Vestfoldbanen vil gi nyttig informasjon. Til nå er en slik analyse utført for dataene fra profil 1 på Skoger.

I tillegg er det fornuftig å fortsette temperaturmålingene på Østfold- og Vestfoldbanen. Ved å måle gjennom sommeren og ut neste vinter vil man ha en unik mulighet til å kontrollere oppførselen til fyllinger som er isolert med XPS.

21.1.2 Laboratoriemålinger

Det er allerede igangsatt forsøk med måling av varmeledningsevne for sprengstein. Dette er gjort på bakgrunn av at en har innsett at NSB har behov for økt kunnskap om isolasjonsegenskapene til sprengstein.

Foreløpig undersøkes bare varmeledningstallet i tinte masser, og på et meget begrenset antall prøver og fraksjoner. Avhengig av resultatene og erfaringene med disse forsøkene kan det evt. bli utført videre forsøk.

Det vil for videre forsøk være aktuelt å få kartlagt effekt på varmeledningstallet av faktorer som

- fraksjonering (gradering, steinstørrelse)
- vanninnhold
- evt. mineralsk sammensetning av bergarter
- finstoffinnhold
- porøsitet

Aktuelle sprengsteinsfraksjoner kan bl.a. være

- 0 - 500 mm
- 0 - 250 mm
- 0 - 120 mm
- 0 - 60 mm (grus)
- 2 - 250 mm (finstoff siktet bort)

Forsøk kan utføres for hver fraksjon med varierende vanninnhold ("lavt", "middels" og "høyt").

Andre aktuelle forsøk er

- forsøk på frosset materiale, da man vet at forskjellen mellom varmeledningsevne i frosset og ufrosset tilstand kan være betydelig, spesielt gjelder dette for prøver med en del vann
- måling av varmeledningsevne til fyllingskonstruksjoner med flere lag av ulike materialer
- undersøkelse av effekten av konveksjon eller kald luft som blåser inn i fyllingene ved å benytte måleapparat til måling av varmetap ved konveksjon.

21.1.3 Feltnmålinger

NSB Gardermobanen AS planlegger å utføre feltforsøk med målinger av frysemotstand i august - september 1996, "Frysemotstand i typisk underbygning".

Hensikt

Måle og etterregne frostnedtrengning i fullskalaforsøk. Primært for å dokumentere at benyttet profil og steinmasse har den forutsatte motstand mot frostnedtrengning. En bekreftelse vil gi grunnlag for å redusere dette risikoelement i analyse av forventet pålitelighet.

Et eventuelt negativt avvik vil gi anledning til å vurdere tiltak mens det ennå er tid, ytterligere undersøkelser og om nødvendig beredskap under drift. Dessuten, og i alle fall, forventes at resultatene kan gi verdifulle bidrag til videre utvikling av optimale løsninger for frostsikkert banefundament.

Opplegg

Sted velges der Gardermobanen ligger med traubunn i skjæring, silt eller leire, og underbygningen består av min. 1,1 m 0 - 500 og 0,7 m 0 - 250 mm velgradert stein. En isolert, omvendt kasse med indre mål 6 x 6 m settes på et lag av banepukk (0,45 m 25 - 63 mm), og med god isolasjon i 2 m bredde utenfor. Prøvestedet instrumenteres med 9 stk. termistorrør (temperaturfølere) som går 0,5 m ned i traubunn.

Gjennomføring

Før nedkjøling måles kornfordeling og vanninnhold på to punkter tett ved, utenfor prøvestedet. Til frysekassen monteres fryseaggregat med kapasitet min. 4 kW. Hvorvidt det legges kjølerør inne i kassen eller aggregatet, eller en baseres seg på kjøling via en luftstrøm som går inn og ut av kassen med vifte, vurderes av kjøleekspertise.

Forsøket utføres av entreprenør på stedet, og med faglig bistand fra SINTEF kjøleteknikk, SINTEF Geoteknikk og NGI. Forsøkets praktiske del ledes av NSB Gardermobanens stedlige byggeledelse, og følges av et faglig råd fra NSB.

21.2 Dimensjonerende frostmengde

Det kan være behov for ytterligere beregninger for å etablere dimensjonerende frostmengder.

21.3 Videre arbeid med regelverk

På bakgrunn av resultater fra laboratorieforsøk og feltnmålinger, samt gjennomgang av frostmengder kan det være behov for ytterligere revideringer av regelverk.

21.4 Nytt regelverk "Underbygning - regler for bygging"

I dag er regler for bygging og kontroll i byggefasen inkludert i regelverk 1B-Te 21 "Underbygning - regler for nye baner". På bakgrunn av vinterens erfaringer med teleproblemer, samt erfaringer og praksis i utlandet, bør det utarbeides mer omfattende regler for bygging av underbygningen. Emner det er viktig å sette fokus på er

- tekniske krav i under- og overbygningen
- utførelseskrav
- organisering av byggherreapparatet i utbyggingsorganisasjonene

Eksempel på punkter som bør belyses nærmere er

- praksis med kjøring på formasjonsplan under bygging
- bygging av underbygningen vinterstid
- kvalitet av sluttproduktet. Fokus på kvalitet og tekniske løsninger kontra kostnad og tid.
- byggherrens mottakskontroll og kontroll av utførelse
- geometrisk kontroll
- grunnundersøkelser
- bygging av nytt spor inntil eksisterende spor

Regelverket bør ferdigstilles innen 01.01.97, i forbindelse med prosjektet "Utvikling og implementering av Banes styringssystem".