



Jernbaneverket
Region Nord

q656.212.9:
624.131.55 NSB Hol

T E M A R A P P O R T

Ny godsterminal i Trondheimsregionen

Vibrasjoner



Scansix

Jernbaneverket
Biblioteket

Ny godsterminal i Trondheim.

Konsekvensutredning. Tema vibrasjoner

983007-1

25 mars 1999

Oppdragsgiver: SINTEF Tele & Data

Kontaktperson: Svein Å. Storeheier

Kontraktreferanse: 40-KP980022

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder:

Jan Holme
Jan Klingenberg Holme

Rapport utarbeidet av:

Jan Klingenberg Holme

Kontrollert av:

L. Hårvik
for Linda Hårvik

Jernbanelinjer
bibliotek

Eks 1

9656.212.9 : 624.131.55 NSB Hol

09tu09647

Sammendrag

Denne rapporten inngår som en del av konsekvensutredning for ny godsterminal i Trondheim.

NGI er engasjert av SINTEF Tele & Data for å vurdere vibrasjoner i drifts- og anleggsfasen. I driftsfasen er det tatt hensyn til vibrasjoner fra gods- og passasjertog, fra tunge kjøretøyer på tilførselsveier og fra annen aktivitet på terminalområdet.

Rapporten inneholder en vurdering av i alt 4 forskjellige godsterminalalternativer - Brattøra 0, Leangen 2, Leangen 3 og Heimdal 1. Brattøra 0 er sammenlikningsgrunnlaget. Nåsituasjonen for Leangen 2 og 3 og Heimdal 1 er vurdert. I tillegg er det gjort en enkel sammenlikning mellom Heimdal 1 og Heimdal 2.

Den vibrasjonstekniske vurderingen er basert på vibrasjonsmålinger ved Leangen, Heimdal, Alnabru og en empirisk regnemodell utviklet på NGI.

Anbefalte grenseverdier for vibrasjoner i driftsfasen er henholdsvis 0,3 mm/s (nedre grense) og 1,0 mm/s (øvre grense)

Med hensyn til vibrasjoner er Brattøra det beste alternativet. Ingen vil bli berørt av vibrasjoner og tiltak er ikke nødvendig

Leangen 2 og Leangen 3 er vibrasjonsteknisk likeverdige. Leangenalternativene er gunstigere enn Heimdal 1. For nedre grenseverdi, vil det være nødvendig med tiltak for 25 hus for Leangen 2 og 3, mens det for Heimdal 1 vil være 58 hus som får tiltak.

Nåsituasjonen for Heimdal 1 og Leangen 2 og 3 er meget lik den fremtidige situasjonen. Hovedårsaken til dette er at det er de gjennomgående sporene som bestemmer vibrasjonsbildet, og at konsekvensene fra et godstog i sakte fart på terminalområdet er liten.

Kostnader for vibrasjonsreducerende tiltak varierer fra kr 0 for Brattøra til 12 mill. kroner for Heimdal 1 med en tiltaksgrenseverdi på 0,3 mm/s.

Heimdal 2 vil være noe gunstigere med hensyn til vibrasjoner enn Heimdal 1.

Rapporten inneholder forslag til miljøoppfølgingsprogram for vibrasjoner i anleggsfasen og forslag til etterundersøkelser.

Innhold

1	INNLEDNING	4
2	FORUTSETNINGER OG RAMMEBETINGELSER	4
	2.1 Sammenlikningsgrunnlaget og geografisk avgrensning.....	4
	2.2 Vibrasjoner fra jernbane som miljøfaktor	5
	2.3 Grenseverdier i driftsfasen	6
	2.4 Grenseverdier i anleggsfasen	6
	2.5 Beregningsmodell for vibrasjoner i driftsfasen.....	7
	2.6 Dimensjonerende toghastighet	7
3	GRUNNFORHOLD.....	8
4	DATAGRUNNLAG FOR VIBRASJONER I DRIFTSFASEN.....	8
	4.1 Heimdal og Leangen	8
	4.2 Alnabru.....	9
5	AVBØTENDE TILTAK.....	9
6	RESULTATER	10
	6.1 Vibrasjoner fra trafikk på tilførselsveiene.....	10
	6.2 Vibrasjoner fra aktivitet på terminalområdet	10
	6.3 Vibrasjoner fra jernbanetrafikk	11
7	VIBRASJONER I ANLEGGSFASEN	13
	7.1 Vibrasjonskilder	13
	7.2 Avbøtende tiltak.....	13
8	MILJØOPPFØLGINGSPROGRAM FOR VIBRASJONER I ANLEGGSFASEN	14
9	ETTERUNDERSØKELSER	14
	9.1 Spørreundersøkelse	14
	9.2 Målinger	14
10	REFERANSER	15

Figur 1–17

VEDLEGG A **Vibrasjonsmålinger**

VEDLEGG B **Beregningsmodell**

VEDLEGG C **Vibrasjonsdempende tiltak**

VEDLEGG D **Eksempel på spørreundersøkelse (Utdrag)**

Kontroll- og referanseside

1 INNLEDNING

Denne rapporten inngår som en del av konsekvensutredning for ny godsterminal i Trondheim.

NGI er engasjert av SINTEF Tele & Data for å vurdere vibrasjoner i drifts- og anleggsfasen. Vibrasjoner i driftsfasen vil si vibrasjoner som oppstår i nabobebyggelse på grunn av jernbanevirksomhet ved godsterminalen. Vibrasjoner i anleggsfasen er vibrasjoner som oppstår i nabobebyggelse på grunn av anleggsvirksomheten for prosjektet.

I driftsfasen er det tatt hensyn til vibrasjoner fra gods- og passasjertog, tunge kjøretøyer på tilførselsveier og annen aktivitet på terminalområdet.

Rapporten inneholder en vurdering av i alt 4 forskjellige godsterminalalternativer - Brattøra 0, Leangen 2, Leangen 3 og Heimdal 1. Brattøra 0 er sammenlikningsgrunnlaget. Nåsituasjonen for Leangen 2 og 3 og Heimdal 1 er vurdert. I tillegg er det gjort en enkel sammenlikning mellom Heimdal 1 og Heimdal 2.

Den vibrasjonstekniske vurderingen er basert på vibrasjonsmålinger ved Leangen, Heimdal, Alnabru og en empirisk regnemodell utviklet på NGI (Madshus et. al. ,1995).

Kart som viser ISO-linjer for vibrasjonsnivå er vist for alle alternativer. Antall boliger som får vibrasjoner som overskrider anbefalte grenseverdier før og etter tiltak er talt opp. Vibrasjonsreducerende tiltak er foreslått med tilhørende kostnader.

Rapporten inneholder forslag til miljøoppfølgingsprogram for vibrasjoner i anleggsfasen og forslag til etterundersøkelser.

2 FORUTSETNINGER OG RAMMEBETINGELSER

2.1 Sammenlikningsgrunnlaget og geografisk avgrensning

Sammenlikningsgrunnlaget er Brattøra 0 med utvidet godsterminal i forhold til dagens terminal. Figur 1 viser geografisk avgrensning av godsterminalområdet for Brattøra 0. Tilsvarende viser figur 2 til figur 5 avgrensning for godsterminalområdet for henholdsvis Leangen 2, Leangen 3, Heimdal 1 og Heimdal 2.

Vibrasjoner fra togtrafikk innenfor disse områdene er vurdert. For alternativene Heimdal 1, Leangen 2 og Leangen 3, angir figur 2 til 4 nye tilførselveier for terminalen. Konsekvenser av vibrasjoner på grunn av trafikk (tungtrafikk) på tilførselveiene er også vurdert.

2.2 Vibrasjoner fra jernbane som miljøfaktor

Vibrasjoner i bygninger er svært små svingninger av gulv, vegger tak og inventar. De forplanter seg fra togtrafikken gjennom bakken og overføres til bygninger i nærheten via bygningenes fundamenter. Utsvingene er maksimalt noen 100-dels millimeter.

Et vibrasjonsforløp er i sin enkleste form definert ved utsvingets størrelse og antall svingninger pr. sekund (frekvens). Vibrasjonenes styrke angis vanligvis ved hjelp av utsvingets hastighet (mm/s) eller akselerasjon (mm/s²).

Vibrasjoner fra jernbanetraffikk er vanligvis så svake at de ikke fører til bygningsskade. Sjenanse for mennesker som bor og arbeider i bygninger langs jernbanetraseen er det helt overveiende problemet. Vibrasjonene oppfattes av muskler og nerver over hele kroppen, også av balanseorganet. Vibrasjoner som oppfattes på denne måten ligger i frekvensområdet fra ca. 1 til 80 Hz, og betegnes som "helkroppsvibrasjoner". Innen dette frekvensområdet varierer menneskers følsomhet for vibrasjoner noe. For å ta hensyn til dette, frekvensveies vibrasjonene, og det tas hensyn til den tidskonstant mennesket har for oppfatning av vibrasjoner. Vibrasjoner i bygninger langs jernbanen der grunnen er bløt til middels fast, vil stort sett ligge i den lavere delen av dette frekvensområdet. De betegnes enkelte steder i rapporten som lavfrekvente vibrasjoner.

Det er også relativt stor forskjell på menneskers toleranse overfor vibrasjoner. For den enkelte kan vibrasjoner oppfattes forskjellig avhengig av miljøfaktorer ellers. Dersom vibrasjonene opptrer sammen med andre sanseinntrykk som støy, et vindu som rister osv., oppfattes de som kraftigere enn ellers. Mennesker er mest følsomme for vibrasjoner når de sitter eller ligger helt i ro. tabell a gir en grov oversikt over hvordan vibrasjoner ved forskjellige nivå i gjennomsnitt blir oppfattet. Tabellen angir frekvensveide, tidsmidlede rms-verdier.

Tabell A *Gjennomsnittlig oppfatning av vibrasjoner (modifisert etter Griffin, 1990)*

Vibrasjonshastighet (mm/s)	Vibrasjonsakselerasjon (mm/s ²)	Oppfatning
< 0,15	5	Ikke følbart
0,3-0,6	10-20	Knapt følbart
0,6-1,1	20-40	Klart følbart
1,1-2,2	40-80	Veldig klart følbart
>2,2	>80	Sterkt følbart

2.3 Grenseverdier i driftsfasen

Grenseverdier for vibrasjoner skal referere til steder der mennesker oppholder seg, og til det stedet i en bygning der vibrasjonene er kraftigst. Som oftest er dette midt på det gulvet i det oppholdsrommet som har det største spennet i et hus. Vibrasjoner forsterkes vanligvis i en bygning, og er som regel kraftigst i de øverste etasjene.

I dette prosjektet har Jernbaneverket Region Nord definert grenseverdier for vibrasjoner gitt i tabell b. Det regnes med en nedre grenseverdi på 0,3 mm/s og en øvre grenseverdi på 1,0 mm/s. Verdiene er frekvensveiede, tidsmidlede rms-verdier.

Tabell B Grenseverdier for vibrasjoner

Grenseverdi	Vibrasjonshastighet (mm/s)
Nedre	0,3
Øvre	1,0

Grenseverdier for vibrasjoner referert til bygningens fundament, som ofte brukes i forbindelse med bygningsskader og sprengninger, er ikke relevante når det gjelder sjenanse for mennesker.

I utkast til ny norsk standard for vibrasjoner fra samferdsel som ble sendt ut på høring i desember 1997 (NS 8176, 1997) er det anbefalt å sammenholde 95%-konfidensverdier for aktuelle togtyper og toghastigheter med de anbefalte vibrasjonsgrensene. Det vil si at det er 95% sannsynlighet for at grenseverdiene ikke blir overskredet. Den samme konfidensgrensen er brukt i dette prosjektet. Forslaget til standard inneholder foreløpig ingen anbefalte grenseverdier.

2.4 Grenseverdier i anleggsfasen

Det er pr. i dag ingen forskrifter som angir største grenseverdi ut i fra sjenanse i anleggsfasen. Derimot er det bla. i NS 8141 (1993) "Vibrasjoner og støt i byggverk. Veiledende grenseverdier for sprengningsinduserte vibrasjoner", gitt grenseverdier for hvor store vibrasjoner som kan tillates for at bygninger i nærheten av et anlegg ikke skal ta skade.

Vibrasjoner på grunn av anleggsvirksomhet er ofte langt større enn vibrasjoner fra samferdsel. Kommunehelseloven vil ofte legge begrensinger på anleggsvirksomhet i boligområder. Det er særlig strenge krav knyttet til kveld/natt.

Byggherren må sørge for at grenseverdier for vibrasjoner i anleggsfasen fra ulike aktiviteter, er innarbeidet i anbudsmaterialet. Industribygg med vibrasjonsfølsomt utstyr langs traseen vil kunne gi spesielt strenge vibrasjonskrav. Næringsbygg etc. med slikt utstyr må derfor kartlegges.

2.5 Beregningsmodell for vibrasjoner i driftsfasen

For å kunne beregne vibrasjoner i banenes nabobebyggelse, må en kjenne boligens beliggenhet i forhold til jernbanesporet, grunnforhold for bane og hus, banens oppbygging, bygningstyper, togtyper og kjørehastighet.

Vibrasjonsnivå i boliger langs banestrekningene er beregnet ved hjelp av en semi-empirisk modell (Madshus et al, 1995). Den benyttede beregningsmodellen og dens grunnlag er beskrevet i vedlegg B.

2.6 Dimensjonerende toghastighet

Tabell 3 viser hastighet for godstog både på terminalområdet og på gjennomgående spor, og hastighet for lokaltog og fjerntog på gjennomgående spor for alle alternativer. Tabellen gjelder både for nåsituasjonen og fremtidig situasjon.

Tabell C Dimensjonerende toghastighet (km/t), (1998c)

Alternativ	På terminal-området	Gjennomgående tog		
	Godstog	Lokaltog	Fjerntog	Godstog
Brattøra 0	15-30	0-60	0-40	0-40
Leangen 2	15-30	0-70	80	80
Leangen 3	15-30	0-70	80	80
Heimdal 1	15-30	0-60	0-45	80

Toghastigheten på terminalområdet er bestemt av arbeidsvogner/lokomotiv som frakter vogner til og fra de ulike sporene. Arbeidsvogn/lokomotiv har her hastigheten 15-30 km/t. Lokomotivomotivets hastighet er noe tilfeldig på godsterminalområdet, avhengig av arbeidsoperasjoner. Som en forenkling er det regnet med 30 km/t som hastighet for hele godsterminalområdet. Dette er konservativt.

På Brattøra stopper alle tog ved togstasjonen. I begge ender av godsterminalområdet er hastigheten 60 km/t for lokaltog, mens hastigheten er 40 km/t for fjerntog og godstog. Det er antatt et lineært hastighetsprofil fra stasjonen og til enden av godsterminalområdet.

Tilsvarende gjelder for Heimdal, men her vil enkelte godstog kjøre gjennom hele godsterminalområdet på Dovrebanen med hastigheten 80 km/t.

På Leangen vil fjerntog og godstog kjøre gjennom med hastigheten 80 km/t.

3 GRUNNFORHOLD

Opplysninger om grunnforhold er basert på data fra Jernbaneverket Region Nord. For en mer detaljert beskrivelse av grunnforholdene henvises det til (1995a, 1995b, 1995c, 1998a, 1998b). I grove trekk kan grunnforholdene karakteriseres som følger :

På Brattøra består grunnen av steinfylling på (oppmudret) havbunn.

På Leangen øst for Dronning Mauds Minne består løsmassene av leire og fyllmasser. Leira er fast og stedvis siltig. Øverst er det et tørrskorpelag på 1- 3 meter. Fra 4 meter og nedover er udrenert skjærstyrke ca. 50 kPa og vanninnholdet ca. 25%. Skjærstyrken avtar noe med dybden.

På Leangen vest for Dronning Mauds Minne, mellom Meråkerbanen og Stavne-Leangen banen, er det bløt til dels meget bløt sensitiv leire til stort dyp. Vanninnholdet er ca. 30% og skjærstyrken er mellom 10-20 kPa.

På Heimdal består grunnforholdene hovedsakelig av torv og leire ned til 5 meter, deretter silt/leire til ca. 10 meter. Videre nedover finnes silt/sand. Leiren er middels fast.

4 DATAGRUNNLAG FOR VIBRASJONER I DRIFTSFASEN

For å styrke grunnlaget for vibrasjonsberegningene er det utført vibrasjonsmålinger på Heimdal, Leangen og ved skiftestasjonen på Alnabru.

Vibrasjonsmålingene er beskrevet i vedlegg A.

4.1 Heimdal og Leangen

Ved Heimdal og Leangen ble det målt vibrasjoner i flere punkter med varierende avstand fra banen i et profil langs med bakken.

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus på Heimdal som funksjon av avstand fra senter av nærmeste spor er vist i figur 7. Resultater for lokaltog med kjørehastighet 60 km/t og godstog med kjørehastighet 80 km/t er vist.

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus på Leangen som funksjon av avstand fra senter av nærmeste spor er vist i figur 8a og figur 8b, henholdsvis for Leangen øst og vest for Dronning Mauds Minne. Resultater for lokaltog med kjørehastighet 70 km/t og godstog med kjørehastighet 80 km/t er vist.

4.2 Alnabru

Målinger utført ved Alnabru skiftestasjon er brukt for å beregne vibrasjoner på Brattøra.

Ved Alnabru ligger "ryggen" som brukes til vognskifting på fyllmasser av stein. Under fyllmassene er det leire. Grunnforholdene kan derfor sammenliknes med grunnforholdene på Brattøra.

På stasjonen kjører godsvogner fram og tilbake og det utføres såkalt ryggskifting. Ved ryggskifting frakter en arbeidsvogn/lokomotiv vognene til "ryggen". Vognene slippes ut fra "ryggen" og penses inn på riktig spor. Underveis styres vognenes hastighet av datastyrte trommelbremses på skinnen avhengig av vognvekt og hvor langt vognen skal på området.

Godstogene som kjører fram og tilbake på godsterminalområdet skaper større vibrasjoner enn selve ryggskiftingen.

Hastigheten til vognene er lav og antatt til ca. 15 km/t. Vibrasjonene avtar mye raskere med avstand ved Alnabru sammenliknet med Heimdal og Leangen. Dette er naturlig tatt i betraktning forskjellen i grunnforholdene.

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus på Brattøra som funksjon av avstand fra senter av nærmeste spor, er vist i figur 9 for godstog med kjørehastighet 40 km/t.

5 AVBØTENDE TILTAK

I de aktuelle områdene kan eventuelt følgende tiltak iverksettes for å senke vibrasjonivået i boliger:

- Økt tykkelse av forsterkningslaget
- Banelegeme på kalksementpeler
- Langsgående betongdrager i banelegemet
- Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom bygning og bane
- Peling av konstruksjoner til fjell
- Avstivning av bygninger

Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom bygning og bane og økt forsterkningslagtykkelse vurderes som de mest aktuelle avbøtende tiltak.

De vibrasjonsreducerende tiltakene er nærmere beskrevet i vedlegg C. Her er også enhetspriser oppgitt.

6 RESULTATER

6.1 Vibrasjoner fra trafikk på tilførselsveiene

NGI har utført vibrasjonsmålinger fra vegtrafikk (NGI, 1997b) flere steder, blant annet ved Bærumsveien som er en tofelts riksvei. Hastigheten på Bærumsveien er 60 km/t. Der målingene ble utført besto grunnen av myr over leire som på Heimdal. Slike grunnforhold er ugunstig med hensyn til vibrasjoner. Resultatene fra denne målingen er lagt til grunn for å vurdere vibrasjoner på grunn av trafikk på tilførselsveiene til godsterminalene. Dette er en konservativ antakelse for Brattøra og Leangen der grunnforholdene er bedre.

Figur 6 viser at dersom vibrasjonene forsterkes med en faktor på 2 fra bakke til hus, noe som er vanlig, så vil det ikke være vibrasjoner som overstiger nedre grenseverdi på 0,3 mm/s for noen hus, så lenge de er mer enn 15-20 meter fra vegen.

De ulike tilførselsveiene for Leangen 2, Leangen 3 og Heimdal 1 er vurdert. På Leangen er Leangen allé planlagt som tilførselsvei. Denne vegen går mellom Innherredsvegen og Håkon VII's gate. Ved Heimdal er det planlagt tilførselsvei ved Heggstamoen og innpå Industrivegen. På de nevnte strekninger er tilførselsveiene planlagt i et eksisterende industriområde. De få husene som er i nærheten av tilførselsveiene ligger ikke nærmere vegen enn 15 meter, og det er ikke nødvendig med tiltak.

6.2 Vibrasjoner fra aktivitet på terminalområdet

Skifting av vogner og av- og pålasting av containere med truck er aktivitet på godsterminalområdet som skaper vibrasjoner i tillegg til togtrafikken. Dersom en truck slipper en container raskt ned på en godsvogn, en lastebil eller bakken, vil dette kunne medføre støt som forplanter seg gjennom bakken. Når containeren settes på en godsvogn eller en lastebil, vil mye av støtet dempes på grunn av akselfjæringene til lastebil/vogn.

Vibrasjoner fra rullende tog, og lastebiltrafikk vil generere høyere vibrasjoner enn av- og pålastning. Enkelthendelser i forbindelse med containere som slippes raskt ned på bakken kan likevel forekomme. Støtet som forplanter seg gjennom bakken vil da ha et helt annet svingeforløp enn fra tog og lastebiler. Støtet vil ha en mye kortere varighet. Av- og pålastning- som vibrasjonskilde er ikke vurdert videre i denne rapporten.

6.3 Vibrasjoner fra jernbanetraffic

6.3.1 ISO-linjer

ISO-linjer for vibrasjonshastighet (95% konfidensverdier) for Brattøra, Leangen 2 og 3 og Heimdal 1 er gitt i figur 10-13. Figurene gjelder både for nåsituasjonen og fremtidig situasjon. Resultatet for Heimdal 1 er vist på to kart. ISO-linjene for øvre og nedre grenseverdi er markert.

Vibrasjoner fra lokaltog og godstog som kjører gjennom stasjonsområdet med hastighet 60 - 80 km/t vil skape langt høyere vibrasjoner enn lokomotiv som henter og frakter vogner på terminalområdet med hastigheten 30 km/t. Eksempelvis vil nedre grenseverdi på 0,3 mm/s ved Heimdal overskrides for avstanden 30 meter fra godstog med 30 km/t, mens avstanden blir hele 125 meter fra godstog med hastigheten 80 km/t.

Alternativ Leangen 2 skiller seg fra Leangen 3 ved at for Leangen 3 er skifte-sporområdet tenkt flyttet i fjell langs den eksisterende tunnelen i forbindelse med Stavne-Leangbanen. Likevel vil Leangen 2 og Leangen 3 vibrasjonsteknisk være like, da det er vibrasjoner fra gjennomgående tog som blir dimensjonerende.

Utbredelsen av vibrasjoner er minst på Brattøra og størst ved Heimdal. Det gjennomgående sporet vil være "dominerende" med hensyn til vibrasjoner. ISO-linjer for vibrasjonshastighet for Heimdal 1 og Leangen 2 og 3 etter tiltak er vist i figur 15-17. Tiltak er markert på figurene og består av kalksement-peler. (Ved liten avstand til hus foreslås det å legge banen over peler)

Der hvor det er boliger som får overskridelse av nedre grense på 0.3 mm/s etter tiltak, finnes det alternative løsninger for å dempe vibrasjonene ytterligere, men disse vil være langt mer kostnadskrevenne enn tiltakene som er foreslått i tabell 4 og i vedlegg C.

6.3.2 Antall berørte

Med utgangspunkt i kartutsnittene vist i figur 10-13 og 15-17, er antall bygninger som ligger innenfor ISO-linjene for henholdsvis nedre og øvre grenseverdi, uten og med vibrasjonsdempende tiltak, talt opp. Industribygg og forretningsbygg er ikke inkludert.

For hvert alternativ er det vist hvor mange boliger som berøres for grenseverdiene 0,3 mm/s og 1,0 mm/s.

Tabell 4 oppsummerer resultatene for Brattøra, Leangen 2 og 3 og Heimdal 1. Antall berørte ifm. de forskjellige alternativene er vist i søylediagram i figur 14.

Tabell 4 *Antall berørte, alle alternativ, samt nåsituasjon for Heimdal og Leangen.*

Alternativ	Ant. Hus 0,3 mm/s		Ant hus 1,0 mm/s		Anbefalt tiltak
	u/tilt	m/tilt.	u/tilt	m/tilt.	
Brattøra0	0	0	0	0	Ingen
Leangen2 Leangen3	25	0	1	0	Kalksementskjerm
Heimdal1	58	11	8	0	Kalksementskjerm
Leangen 0 ¹⁾	13	-	1	-	
Heimdal 0 ¹⁾	56	-	1	-	

¹⁾ Nåsituasjonen

Tabell 4 viser at ny godsterminal for Heimdal-alternativet berører to nye boliger i forhold til nåsituasjonen. For Leangen er nåsituasjonen og fremtidig situasjon den samme.

Tabell 5 viser antall løpemeter med tiltak for øvre og nedre grenseverdi med tilhørende kostnader.

Tabell 5 *Kostnadsoverslag for vibrasjonsdempende tiltak, alle alternativer*

Alternativ	Lengde tiltak (m) 0,3 mm/s	Kostnad 0,3 mm/s (mill. kr.)	Lengde tiltak (m) 1,0 mm/s	Kostnad 1,0 mm/s (mill. kr.)
Brattøra0	0	0	0	0
Leangen2 Leangen3	Ca. 900	~7	Ca. 200	~1,5
Heimdal1	Ca. 1600	~12	Ca. 350	~3

6.3.3 Sammenlikning Heimdal 1 og Heimdal 2

Sammenliknes Heimdal 1 og Heimdal 2 flyttes gjennomgående sporet lenger øst for Heimdal 2. Eksisterende spor legges ned (Se fig. 5). Hastigheten til gjennomgående godstog og lokaltog er uforandret. Det betyr at ISO-linjene for vibrasjoner vist i figur 12 for gjennomgående spor flyttes tilvarende lenger øst. Det betyr at husene lengst unna eksisterende spor, sør-vest for Heimdal stasjon, ikke trenger tiltak. Overslagsmessig er gevinsten moderat. Det kan se ut til at Heimdal 2 berører 4-5 hus mindre for 0,3mm/s, og vil kreve ca. 100-200 meter mindre med tiltak sammenliknet med Heimdal 2.

7 VIBRASJONER I ANLEGGSPHASEN

7.1 Vibrasjonskilder

De vanligste og dominerende vibrasjonskilder ved et jernbaneanlegg er sprengning i fjell, spunting/peling i løsmasser, komprimering, graving og anleggs-trafikk med massedeponering.

I senere planfaser må det utarbeides en mer detaljert beskrivelse av hver enkelt vibrasjonskilde og mulige avbøtende tiltak. I det etterfølgende er det antydnet generelle avbøtende tiltak for vibrasjoner i anleggsfasen.

7.2 Avbøtende tiltak

Prinsipielt er det tre ulike måter å dempe vibrasjoner:

1. Redusere vibrasjonskilden
2. Isolere i bakken mellom vibrasjonskilden og vibrasjonsmottaker
3. Isolere hos vibrasjonsmottaker

Nedenfor er det antydnet eksempler som reduserer selve vibrasjonskilden.

- Vibrasjoner fra sprengning reduseres ved forsiktig sprengning. Dette gjøres ved å redusere ladningsmengden pr. tennerintervall med tilsvarende økning av antall tennerintervaller.
- I forbindelse med spunting/peling med fallodd gjelder at vibrasjonene øker med økende hammerenergi. Et tiltak for å redusere vibrasjoner fra spunting/peling er forboring. Samtidig bør en også bruke minst mulig energi for å motvirke rammemotstanden. Vibrolodd gir mindre vibrasjoner enn fallodd, men utsetter bygninger og mennesker for kontinuerlige svingninger.
- I forbindelse med komprimering kan et tiltak være å redusere vibrovalsens vekt. Videre er det en god regel å starte og stoppe vibrovalsen i god avstand fra risikoobjektet dersom dette er mulig.
- Viktige tiltak for å redusere vibrasjoner fra anleggstrafikk er unngå store ujevnheter i veien samt og redusere kjørehastigheten. Videre bør anleggsveien velges slik at avstanden til bolighus eller hus med vibrasjonsfølsomt utstyr blir størst mulig.

Avbøtende tiltak mellom vibrasjonskilden og vibrasjonsmottakeren er kostbare og uvanlige i anleggsperioden. Eksempler på tiltak er masseutskifting eller vibrasjonsbarrierer i form av kalksementpeler.

I bygg med vibrasjonsfølsomt utstyr er det mulig å vibrasjonsisolere det følsomme objektet f.eks. ved å plassere utstyret på et spesialbord. Slike løsninger må imidlertid vurderes i hvert tilfelle, og de kan bli kostbare.

8 MILJØOPPFØLGINGSPROGRAM FOR VIBRASJONER I ANLEGGSPROGRAMMET

Beboere som blir berørt av vibrasjoner fra anleggsarbeid, må varsles og gis informasjon. Informasjonen bør inneholde opplysninger om hva som skal skje, hvor lenge arbeidene skal pågå, hvordan vibrasjonene kan arte seg, og hvilke grenseverdier som skal oppfylles. Kontrollrutiner som blir fulgt for å sikre at grenseverdiene ikke overstiges må også beskrives.

Med tanke på mulige skader på hus p.g.a vibrasjoner anbefaler vi å utføre tilstandskontroll før anleggsarbeidet starter. Tilstandskontrollen kan bli omfattende. Det er eksempelvis ikke uvanlig at hus innenfor 100 meter på hver side av en prosjektert trase blir tilstandskontrollert før sprengning. I forbindelse med spunting og komprimering bør det også utføres tilstandskontroll.

9 ETTERUNDERSØKELSER

9.1 Spørreundersøkelse

Det anbefales at personer som bor innenfor 150 meter fra jernbanesporet svarer på et spørreskjema angående vibrasjonene og eventuelt andre bomiljøfaktorer etter at anlegget er ferdig. NGI har i forbindelse med utarbeiding av NS8176 deltatt i en sosiologisk undersøkelse mht. hvordan vibrasjoner påvirker mennesker. Undersøkelsen ble utført i samarbeid med Transportøkonomisk Institutt. Vedlegg D viser et utdrag av spørreskjemaet som ble brukt.

9.2 Målinger

For å kunne dokumentere at vibrasjoner i driftsfasen ikke overstiger de fastsatte grenseverdiene, foreslås det å utføre to kontrollmålinger som et minimum. Målingene utføres i henhold til NS8176

Det bør utføres vibrasjonsmålinger både der det eventuelt er iverksatt tiltak og der det ikke er iverksatt tiltak. Dette for å dokumentere at tiltakene har virket som tilsiktet, og samtidig kontrollere beregningene som ble lagt til grunn i prosjekteringen. Hvis en spørreundersøkelse utføres, kan denne brukes for å vurdere hvilke hus som skal kontrolleres.

10 REFERANSER

Griffin, M.J. (1990)

Handbook of human vibrations. London, Academic Press. 998p.

Jernbaneverket Region Nord(1997a)

Ny godsterminal og skiftestasjon, Trondheim

Hovedplan, August 1997

Jernbaneverket Region Nord (1998a)

Ny godsterminal Trondheim - Grunnundersøkelser

Borplan/reg.-/detaljplan Leangen

Borplan KU Leangen/Heimdal

Rapport Gk 4519-1 30 januar 1998

Jernbaneverket Ingeniørtjenesten(1998b)

Trondheim Godsterminal Alt. Leangen 2

Grunnundersøkelser for konsekvensutredning

Rapport Gk 4525-1 15 mai 1998

Jernbaneverket Region Nord (1998c)

Telefaks fra JBV Region Nord v/ Sverre Volden

Støyberegninger Trondheim Godsterminal

21. april 1998, 1 side.

Madshus C., B. Bessason og L. Hårvik (1995a)

Prediction model for low frequency vibrations from high speed railways on soft ground.

Artikkel publisert på 5IWRN-konferansen på Voss, juni 1995.

NS 8176 (1997)

Vibrasjoner og støt. Måling i bygninger av vibrasjoner og bedømmelse av virkning på mennesker , desember 1997 (foreløpig).

NSB Bane Region Nord - Plankontoret (1995a)

Ny godsterminal i Trondheim - Hovedplan

Vurderinger av Vibrasjoner. 4 oktober 1995

NSB Bane Region Nord (1995b)

Ny godsterminal i Trondheim

Dovrebanen Km 540,5

Grunnundersøkelser Heimdal. 12 juli 1995

NSB Bane Region Nord (1995c)

Ny godsterminal i Trondheim

Meråkerbanen Km 3,5
Grunnundersøkelser Leangen. 12 juli 1995

Norges Geotekniske Institutt (1994a)
SADANA Users manual
NGI-rapport 515121-1, 21 november 1994

Norges Geotekniske Institutt (1994b)
Vibrasjonsstrategi for Gardermobanen. Detaljplan/reguleringsplan.
Måleresultater og beregningsgrunnlag for strekningene mellom Åråsen og
Eidsvoll - Fellesrapport.
NGI-rapport 933016-6 til NSB Gardermobanen A/S, 23 juni 1994.









Norges Geotekniske Institutt (1996a)
Jernbanetunnel gjennom Gamlebyen.
Teknisk/økonomisk utredning.
Vibrasjonsteknisk vurdering.
NGI-rapport 953024-1 til Berdal Strømme a/s 25 mars 1996

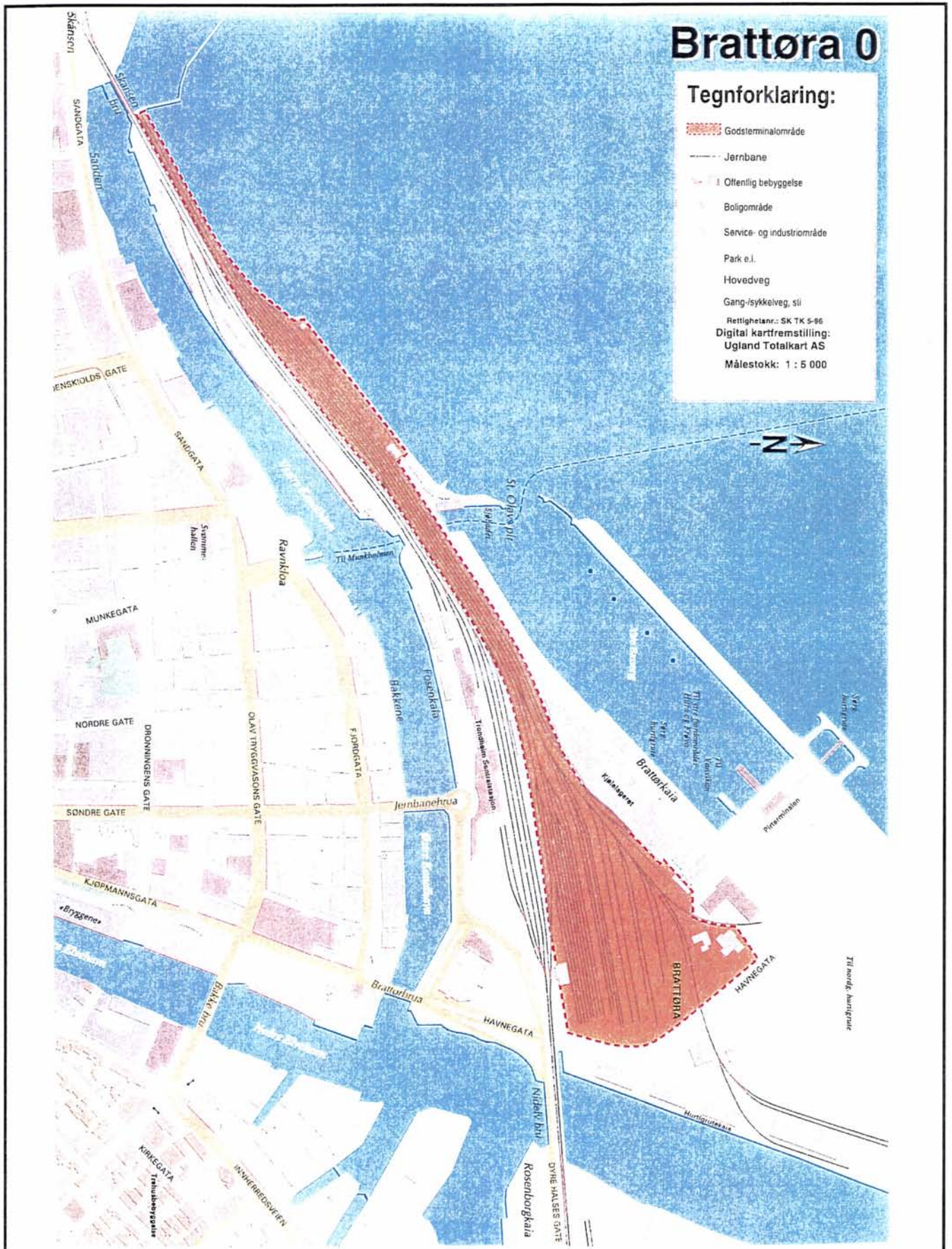
Norges Geotekniske Institutt (1997a)
Vibrasjonsdempende tiltak under eksisterende bane
Langsgående betongdragere.
NGI Rapport 963015-1 til Jernbaneverket Region Øst 21 februar 1997

Norges Geotekniske Institutt (1997b)
E18-Vestkorridoren. Konsekvensutredning fase 2.
Vibrasjonsteknisk vurdering.
NGI Rapport 973013-1 til Berdal Strømme a.s september 1997

Brattøra 0

Tegnforklaring:

-  Godsterminalområde
 -  Jernbane
 -  Offentlig bebyggelse
 -  Boligområde
 -  Service- og industriområde
 -  Park e.l.
 -  Hovedveg
 -  Gang-/sykkelveg, sti
- Rettighetst.: SK TK 5-86
 Digital kartfremstilling:
 Ugland Totalkart AS
 Målestokk: 1 : 5 000



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Alternativ Brattøra0

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
1

Tegner
[Signature]

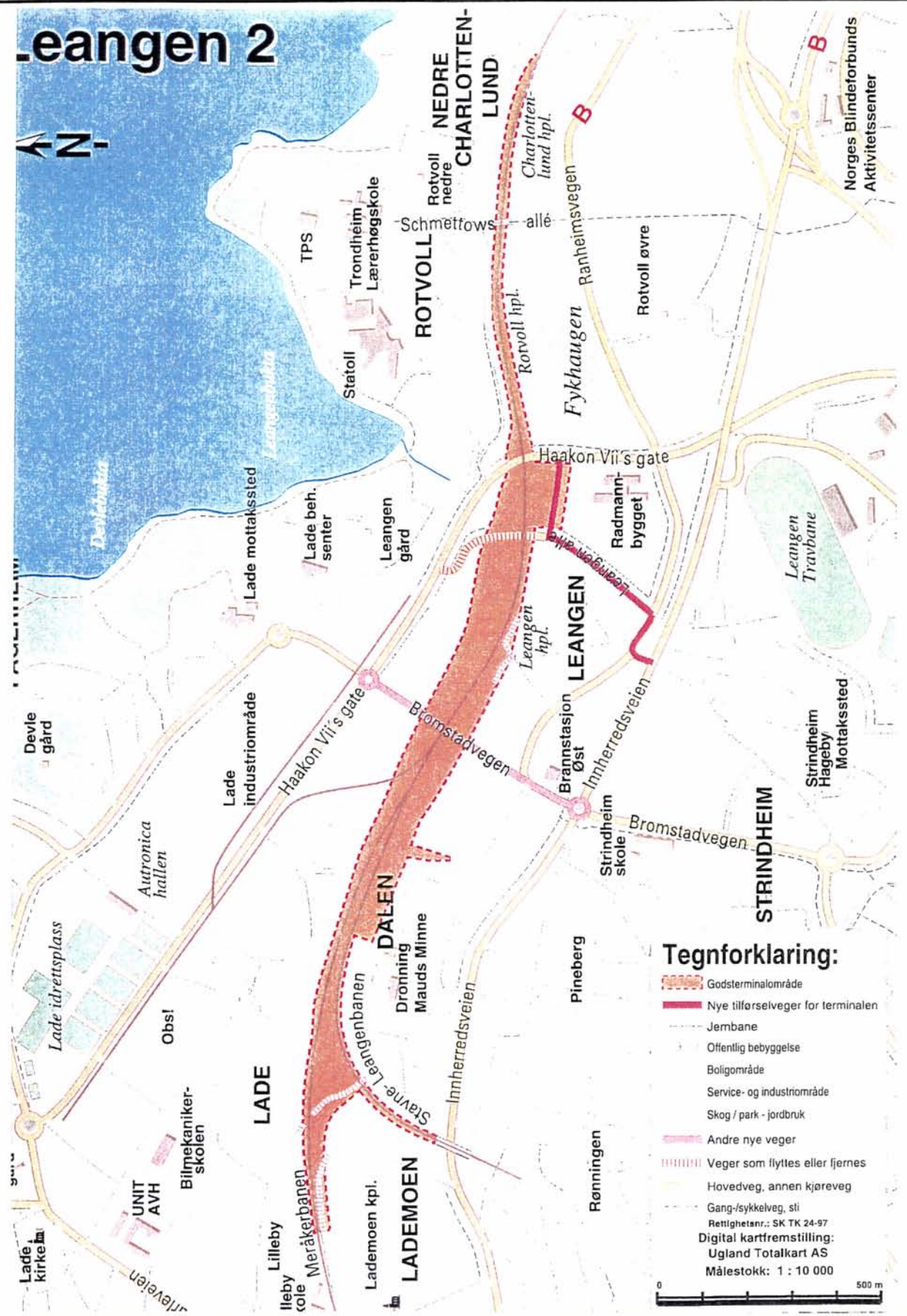
Dato
98-05-11

Kontrollert
[Signature]

Godkjent



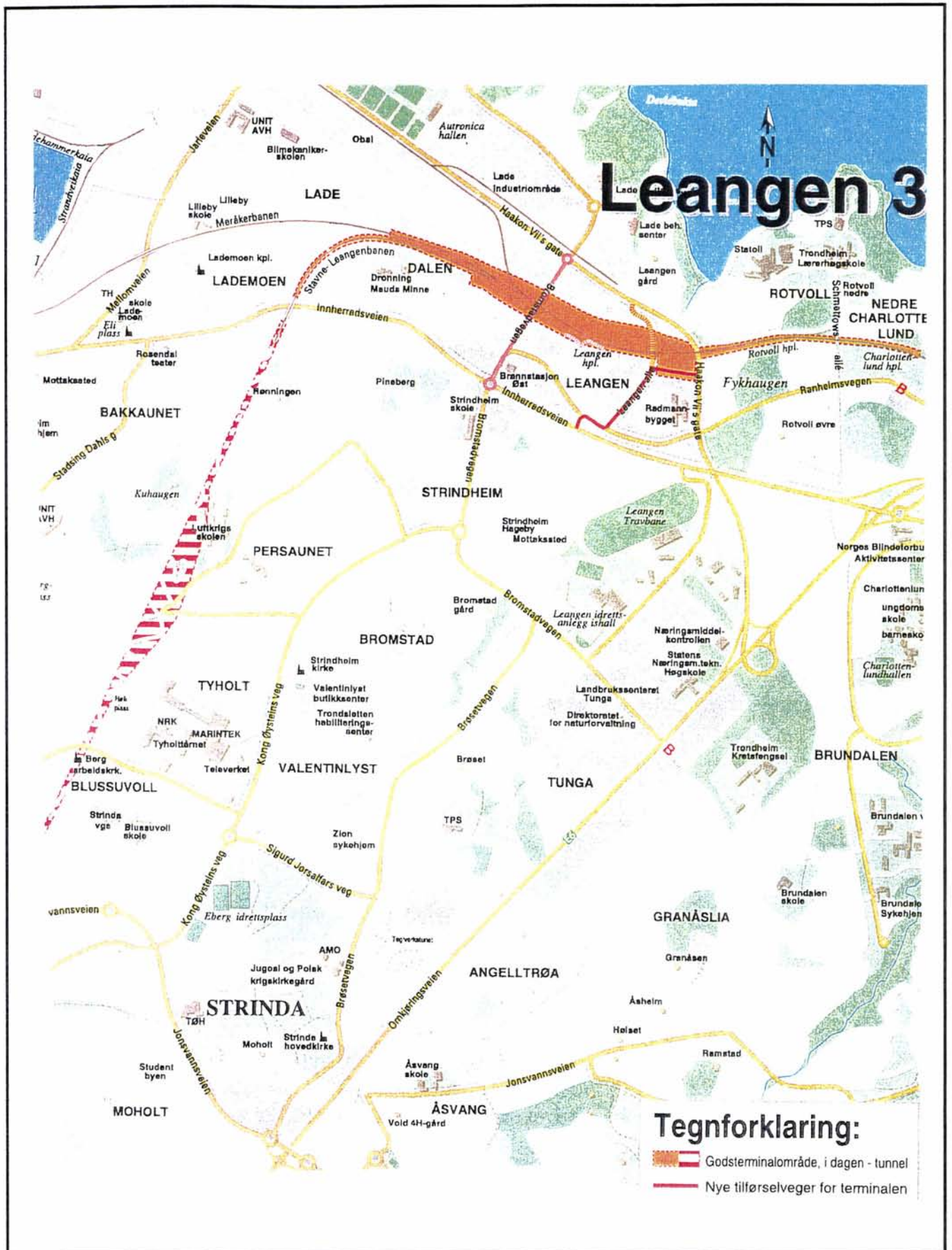
Leangen 2




NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

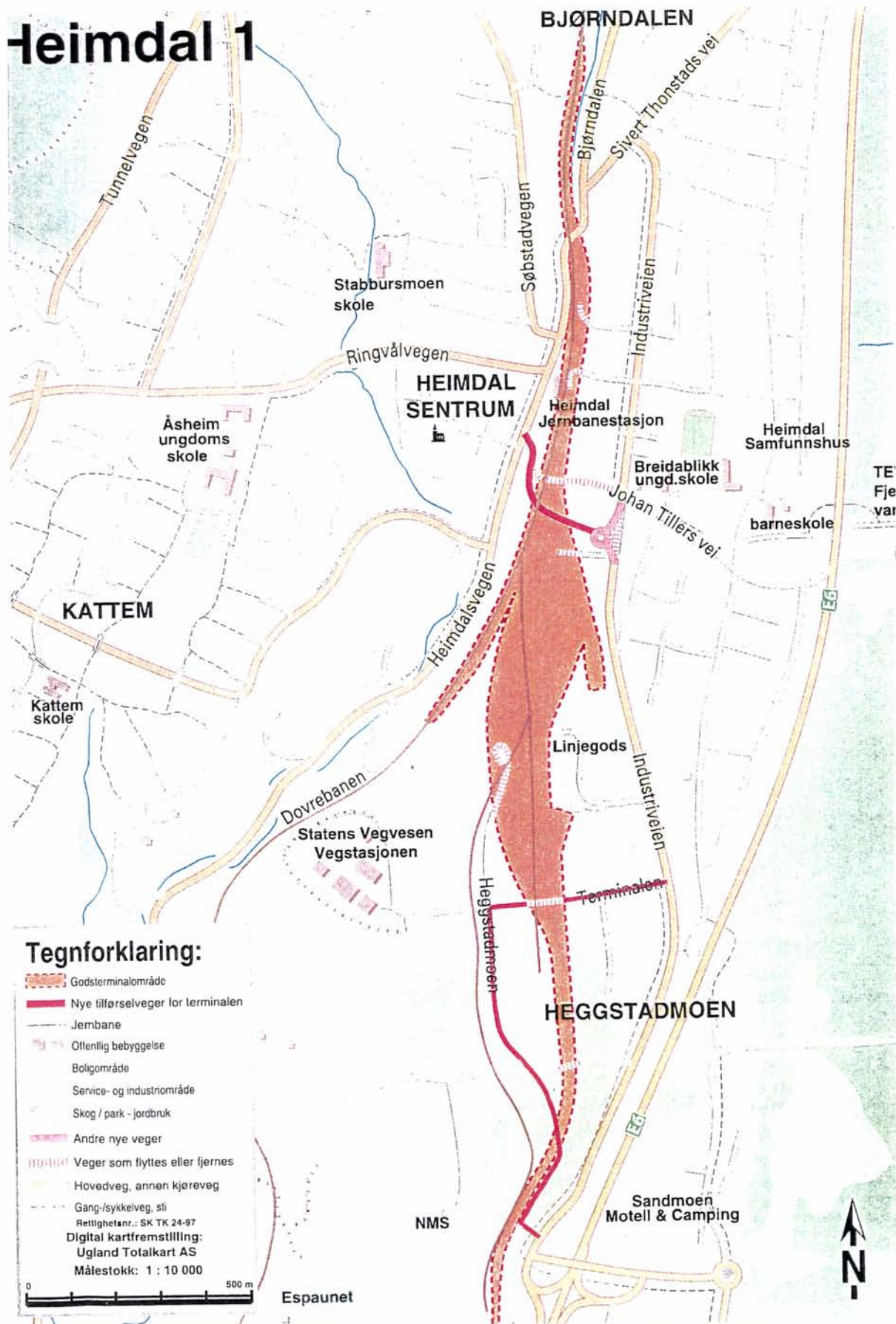
Alternativ Leangen2

Rapport nr. 983007-1	Figur nr. 2
Tegner <i>GJKH</i>	Dato 98-05-11
Kontrollert <i>h</i>	
Godkjent	



<p>NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM</p>	<p>Rapport nr. 983007-1</p>	<p>Figur nr. 3</p>
<p>Alternativ Leangen3</p>	<p>Tegner <i>[Signature]</i></p> <p>Kontrollert <i>[Signature]</i></p> <p>Godkjent</p>	<p>Dato 98-05-11</p> 

Heimdal 1



Tegnforklaring:

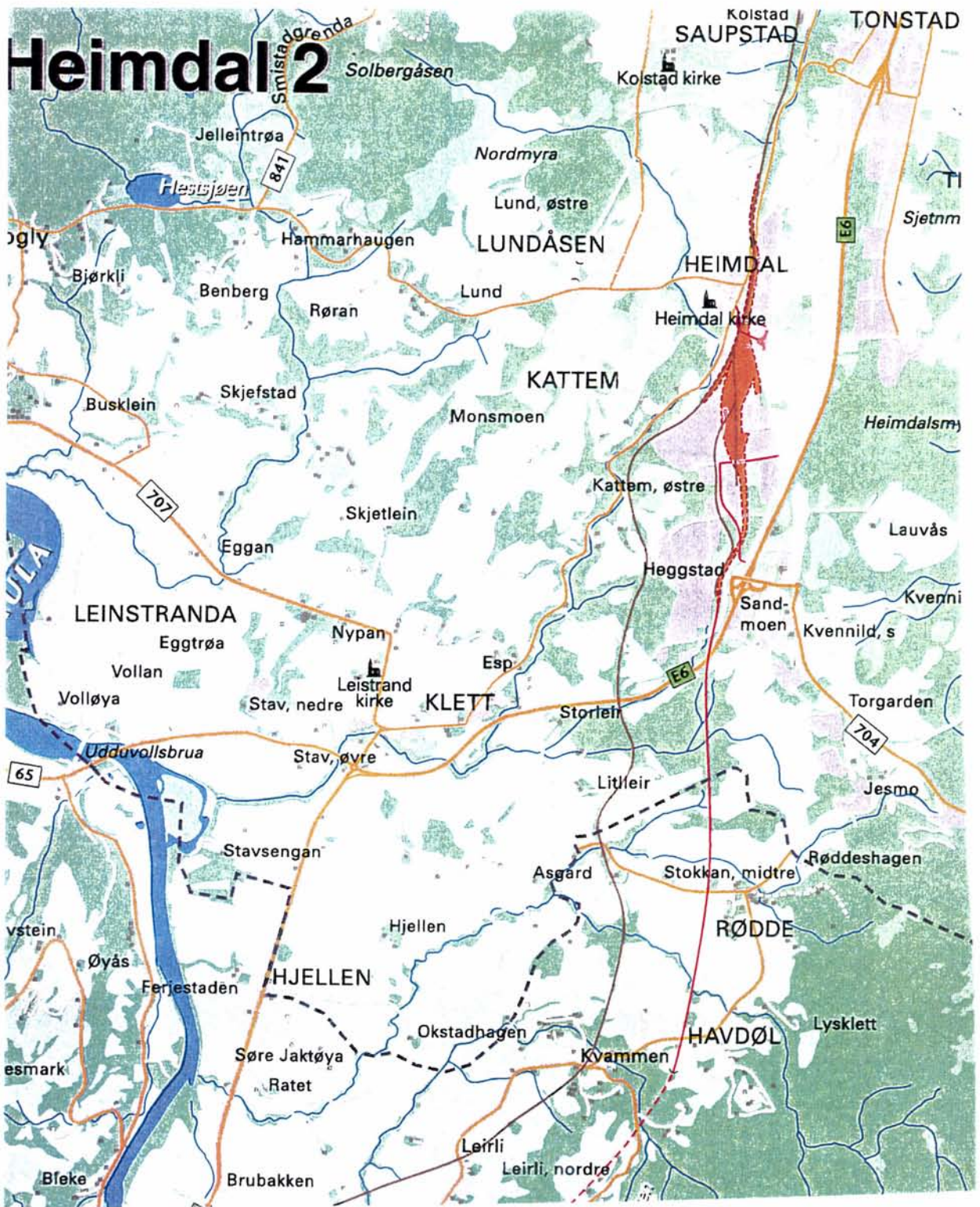
- Godsterminalområde
 - Nye tilførselveger for terminalen
 - Jernbane
 - Offentlig bebyggelse
 - Boligområde
 - Service- og industriområde
 - Skog / park - jordbruk
 - Andre nye veger
 - Veger som flyttes eller fjernes
 - Hovedveg, annen kjøreveg
 - Gang-/sykkelveg, sti
- Rettighetsnr.: SK TK 24-97
 Digital kartfremstilling:
 Ugland Totalkart AS
 Målestokk: 1 : 10 000



Espaunet



Alternativ Heimdal1	NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM		Rapport nr. 983007-1	Figur nr. 4
			Tegner <i>Steff</i>	Dato 98-05-11
			Kontrollert <i>u</i>	
			Godkjent	



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
5

Alternativ Heimdal 2

Tegner
JKH

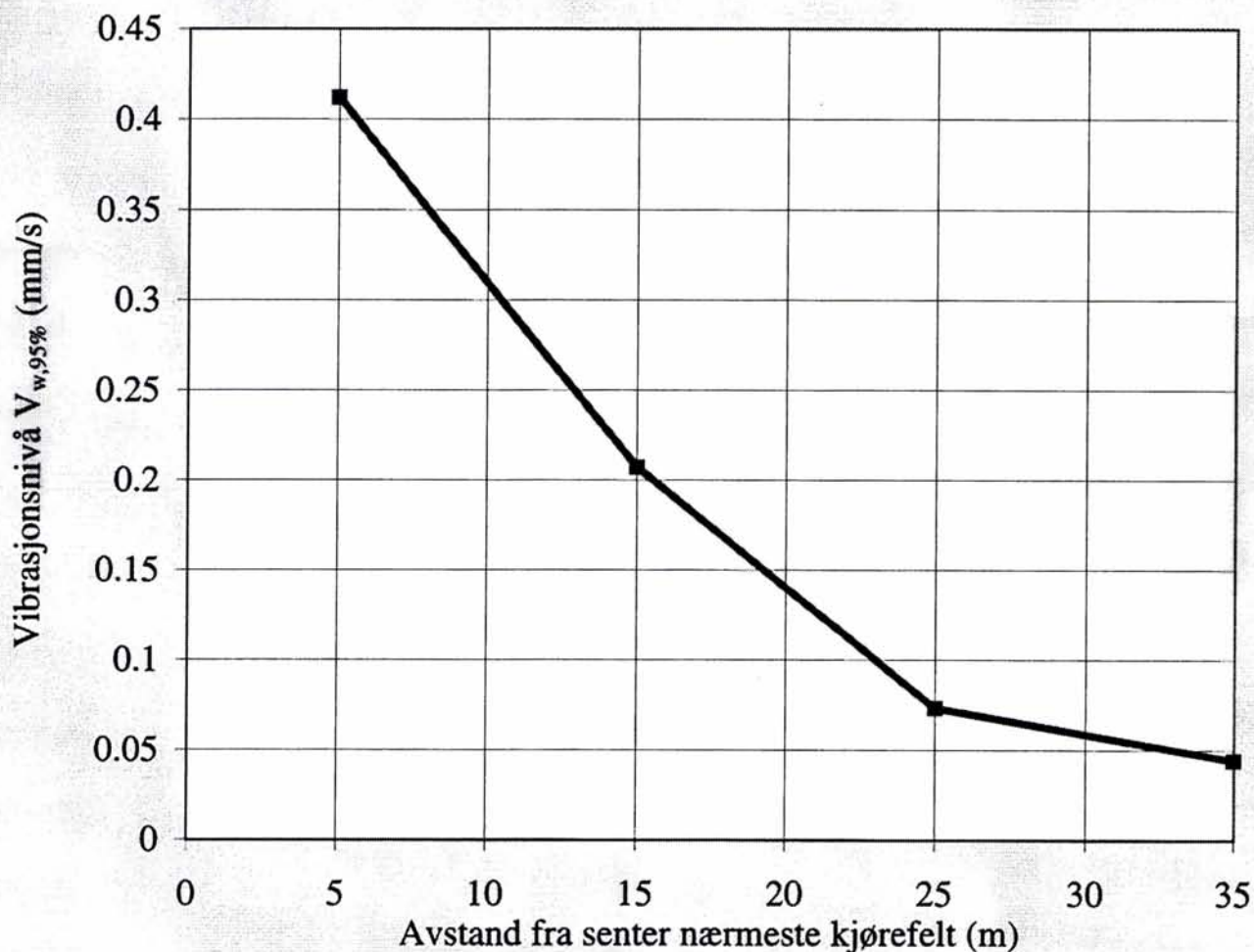
Dato
98-05-11

Kontrollert
ay

Godkjent



95%-konfidensverdier i bakken fra lastebiler



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Vibrasjonshastighet på bakken målt ved Bærumsveien.
95%-konfidensverdier.

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
6

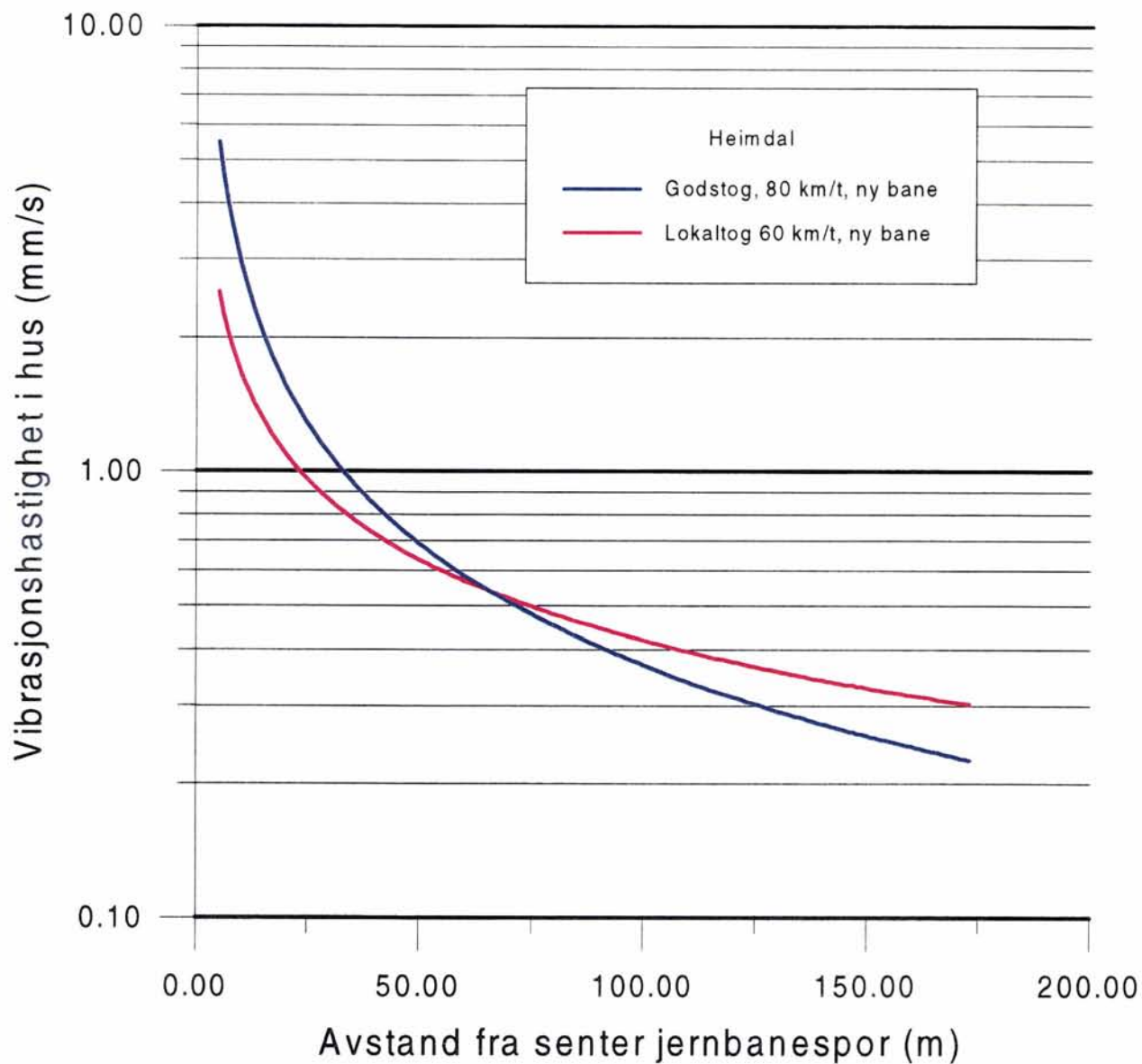
Tegner
[Signature]

Dato
98-05-11

Kontrollert
[Signature]

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
7

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus som funksjon fra senter nærmeste spor. Heimdal.

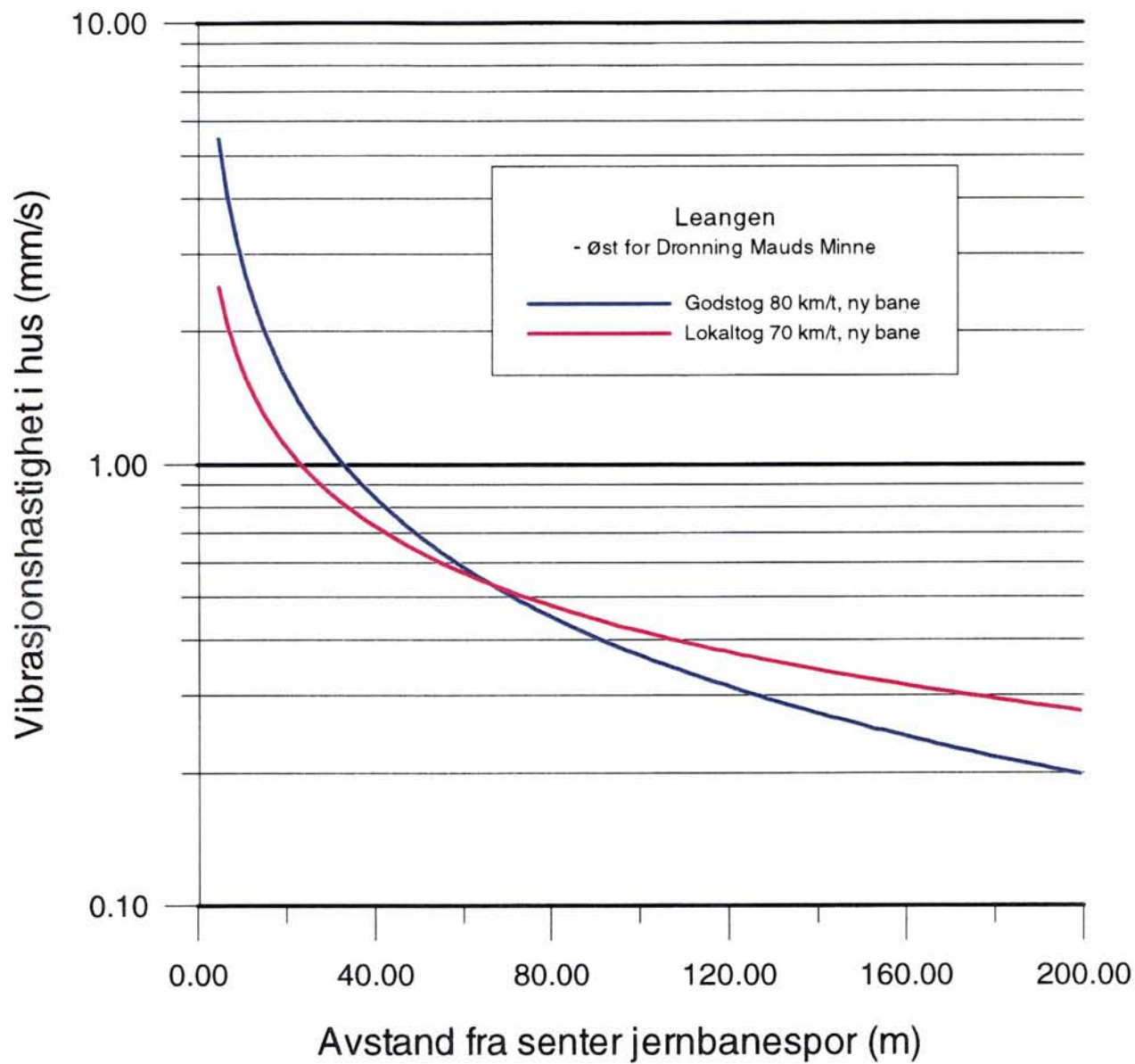
Tegner

Kontrollert

Godkjent

Dato
98-05-11





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
8a

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus som funksjon fra senter nærmeste spor. Leangen øst.

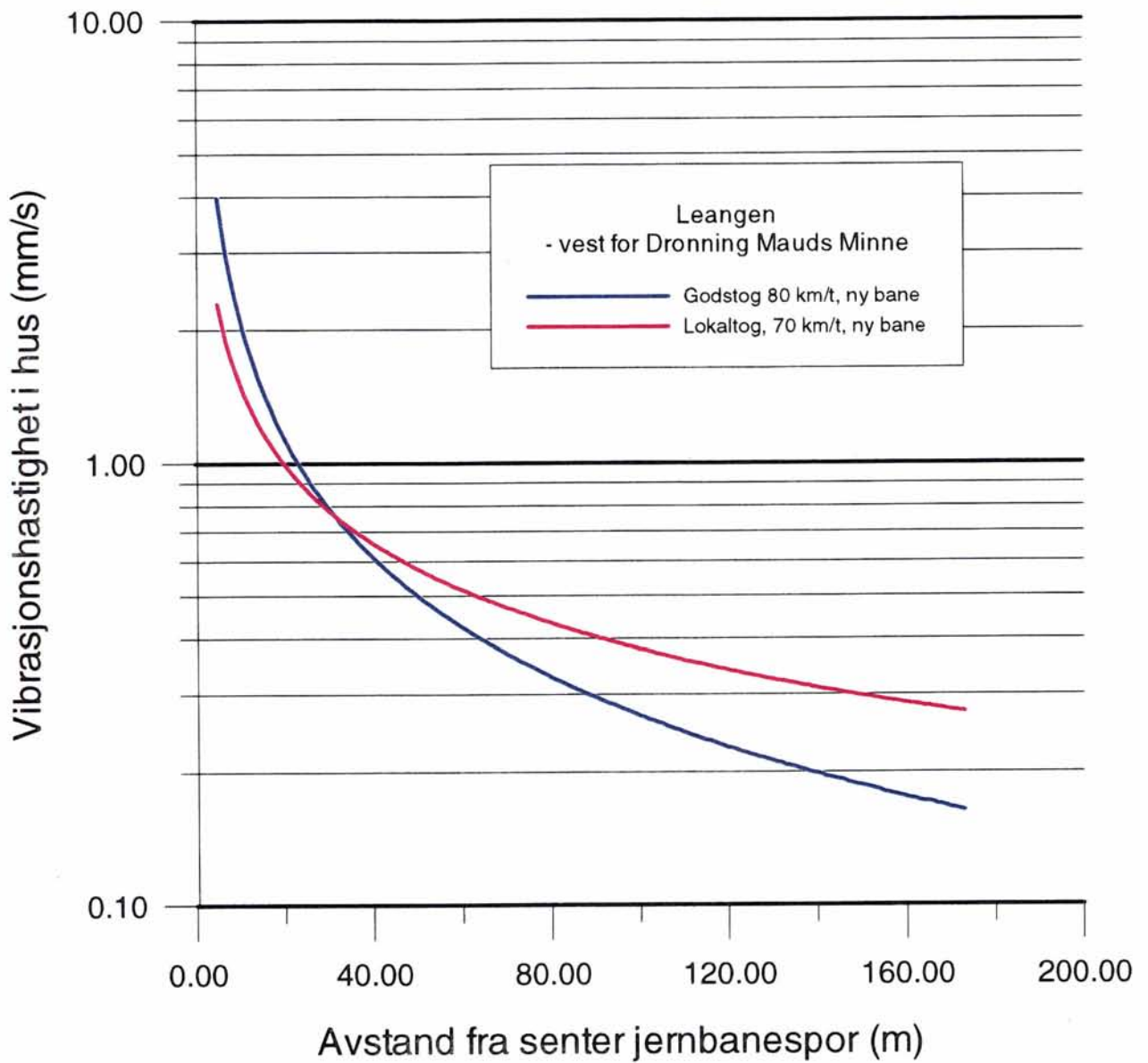
Tegner

Kontrollert

Godkjent

Dato
98-05-11





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus som funksjon fra senter nærmeste spor. Leangen vest.

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
8b

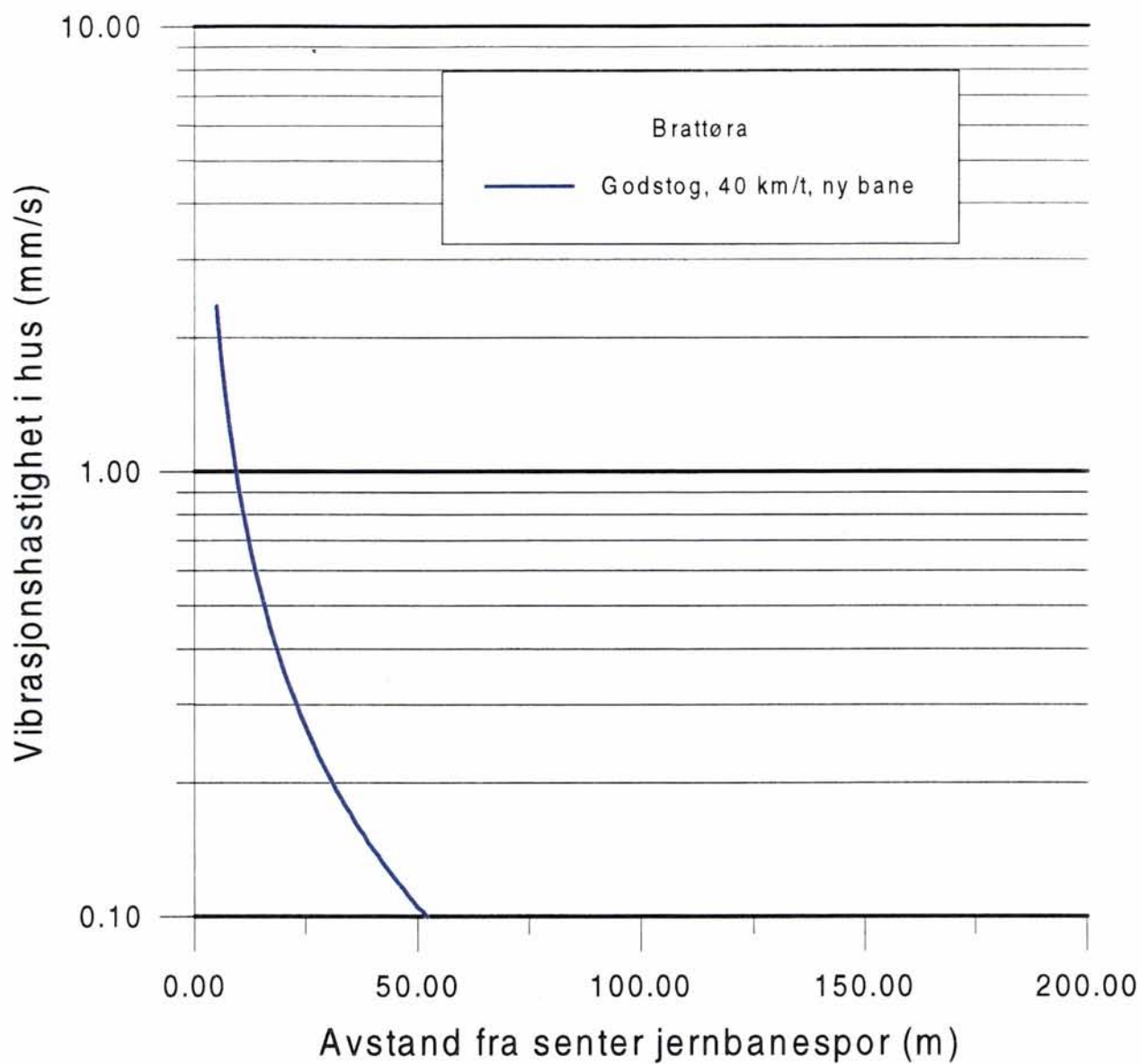
Tegner

Dato
98-05-11

Kontrollert

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
9

Beregnet vibrasjonsnivå inne i hus som funksjon fra senter nærmeste spor. Brattøra.

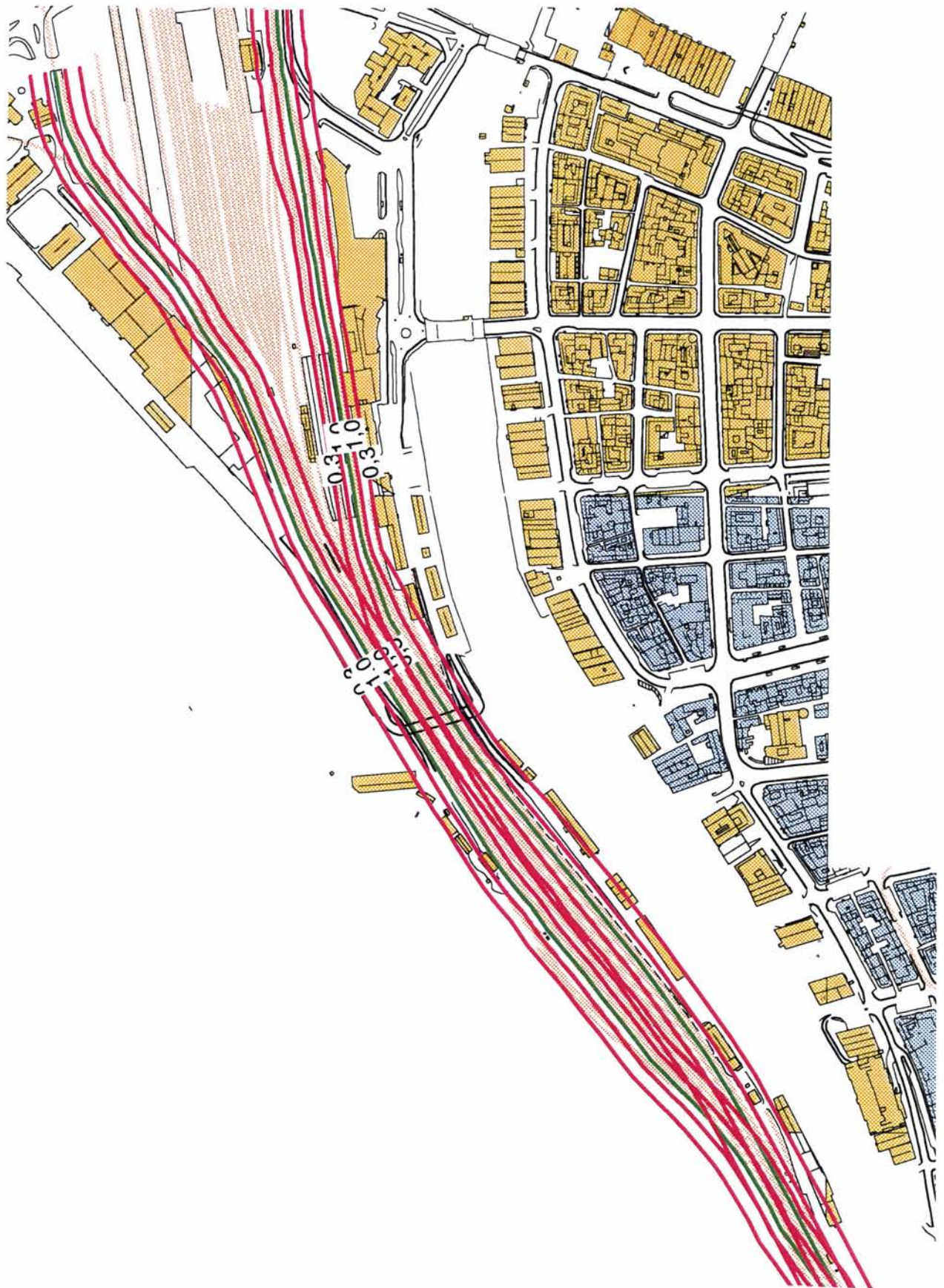
Tegner
[Signature]

Dato
98-05-11

Kontrollert
[Signature]

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

ISO-linjer for Brattøra 0

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
10

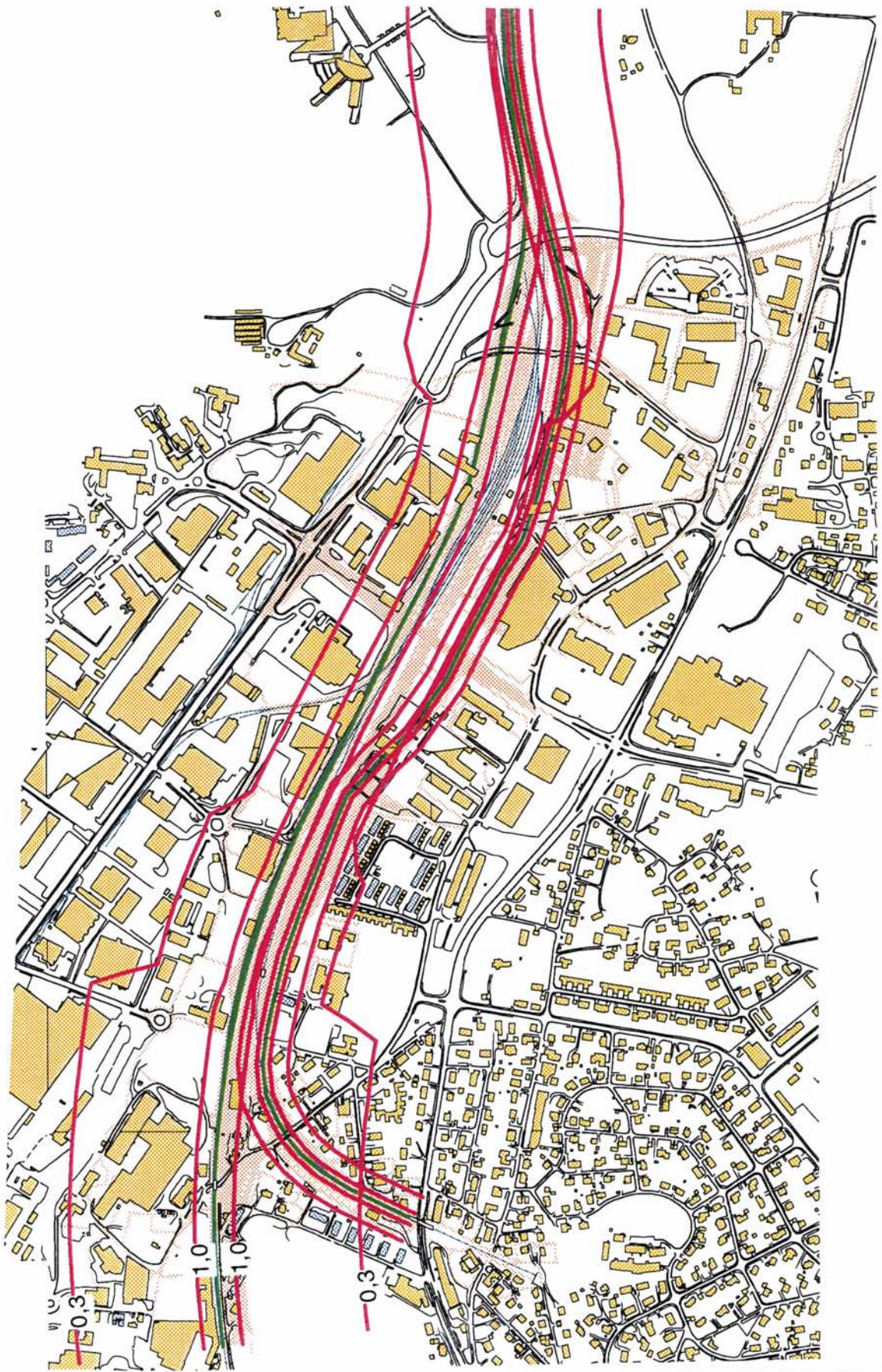
Tegner

Dato
98-05-11

Kontrollert

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

ISO-linjer for Leangen (Leangen 2 og tildels Leangen3)

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
11

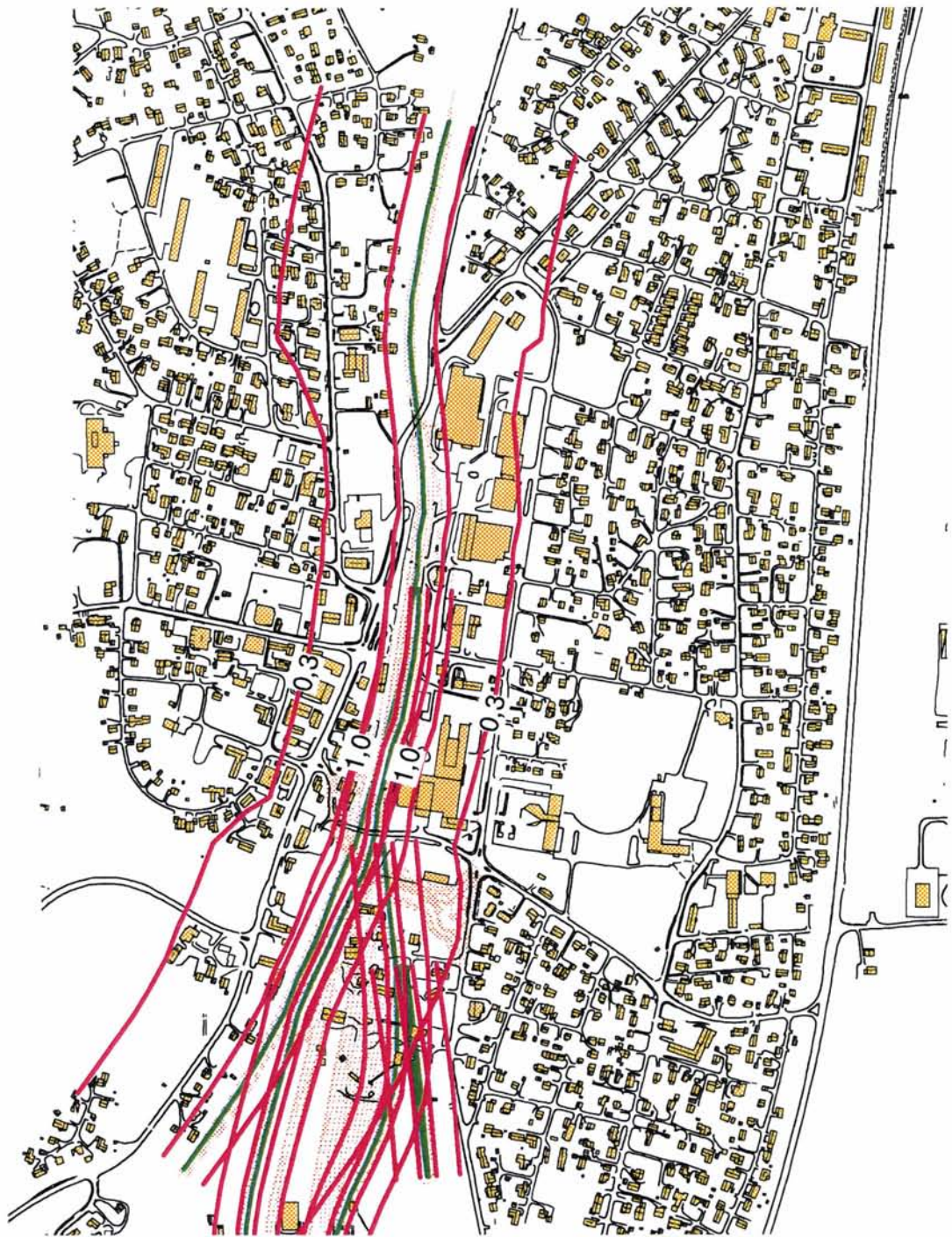
Tegner
JKH

Dato
98-05-11

Kontrollert
u

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

ISO-linjer for Heimdal1, nord

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
12

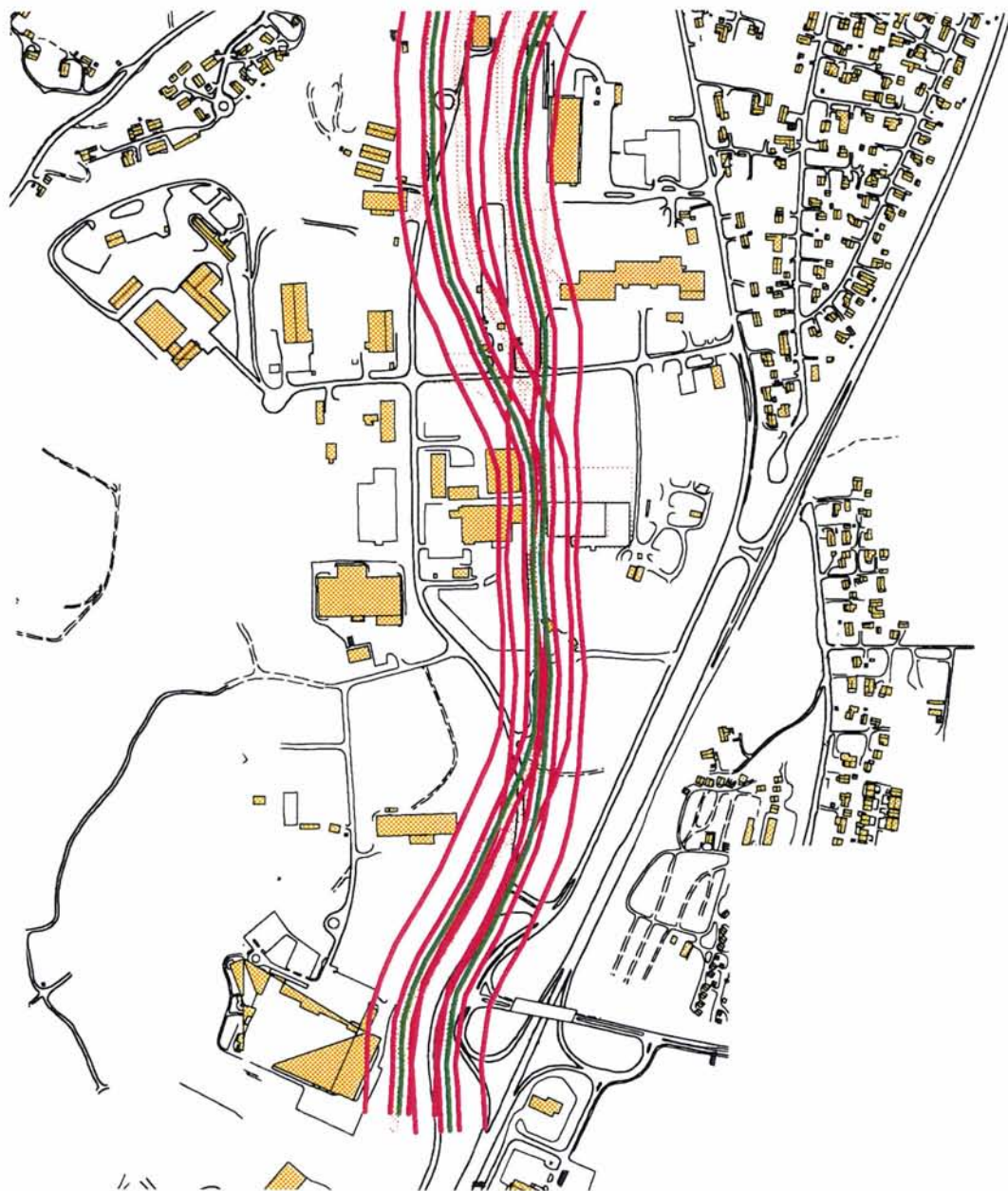
Tegner
[Signature]

Dato
98-05-11

Kontrollert
[Signature]

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
13

ISO-linjer for Heimdal1, syd

Tegner
[Signature]

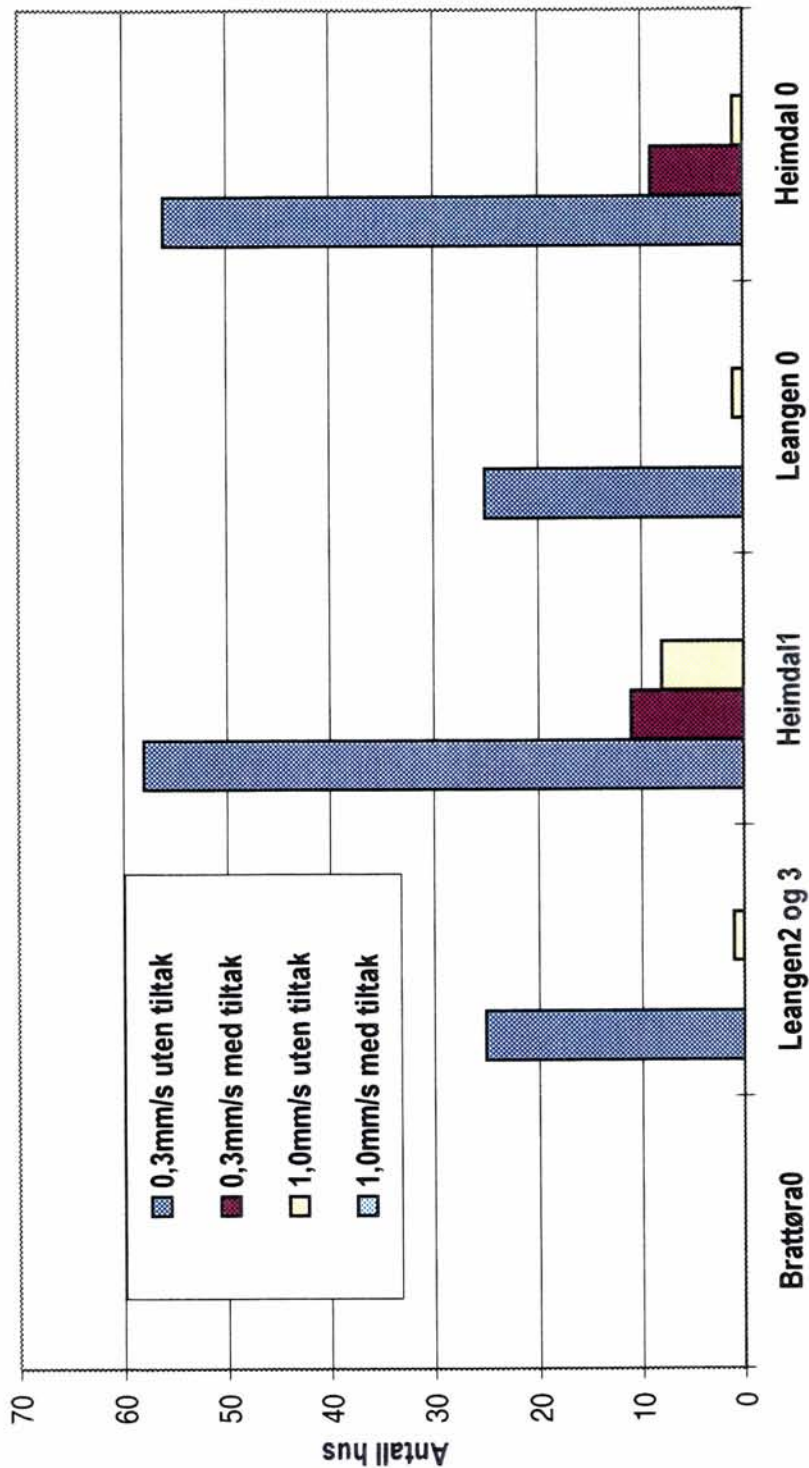
Dato
98-05-11

Kontrollert
[Signature]

Godkjent



**Antall berørte.
Øvre og nedre grenseverdi, med og uten tiltak.**



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
14

Antall berørte, alle alternativ

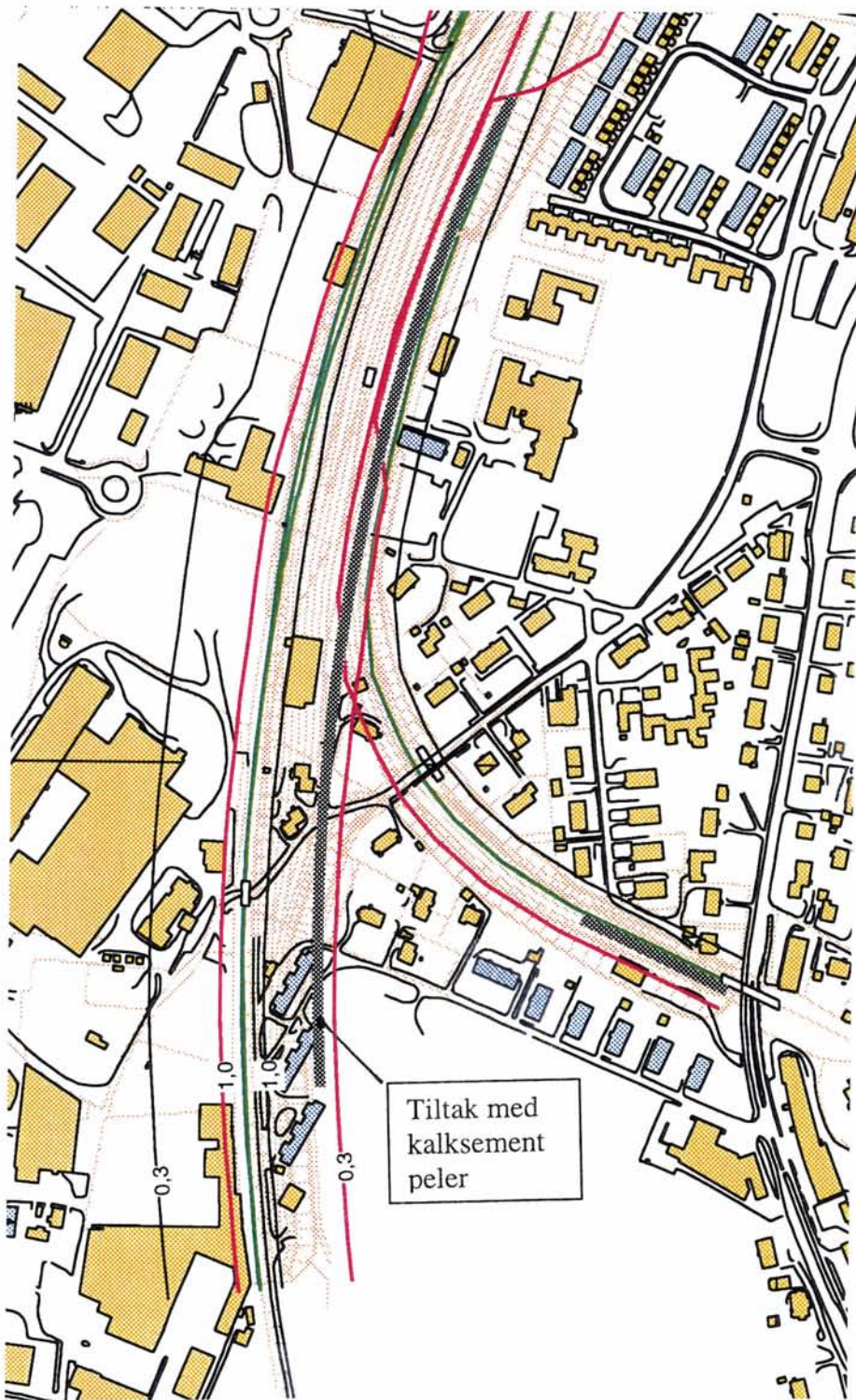
Tegner
JKH

Dato
98-05-11

Kontrollert
W

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
15

ISO-linjer, Leangen, etter tiltak

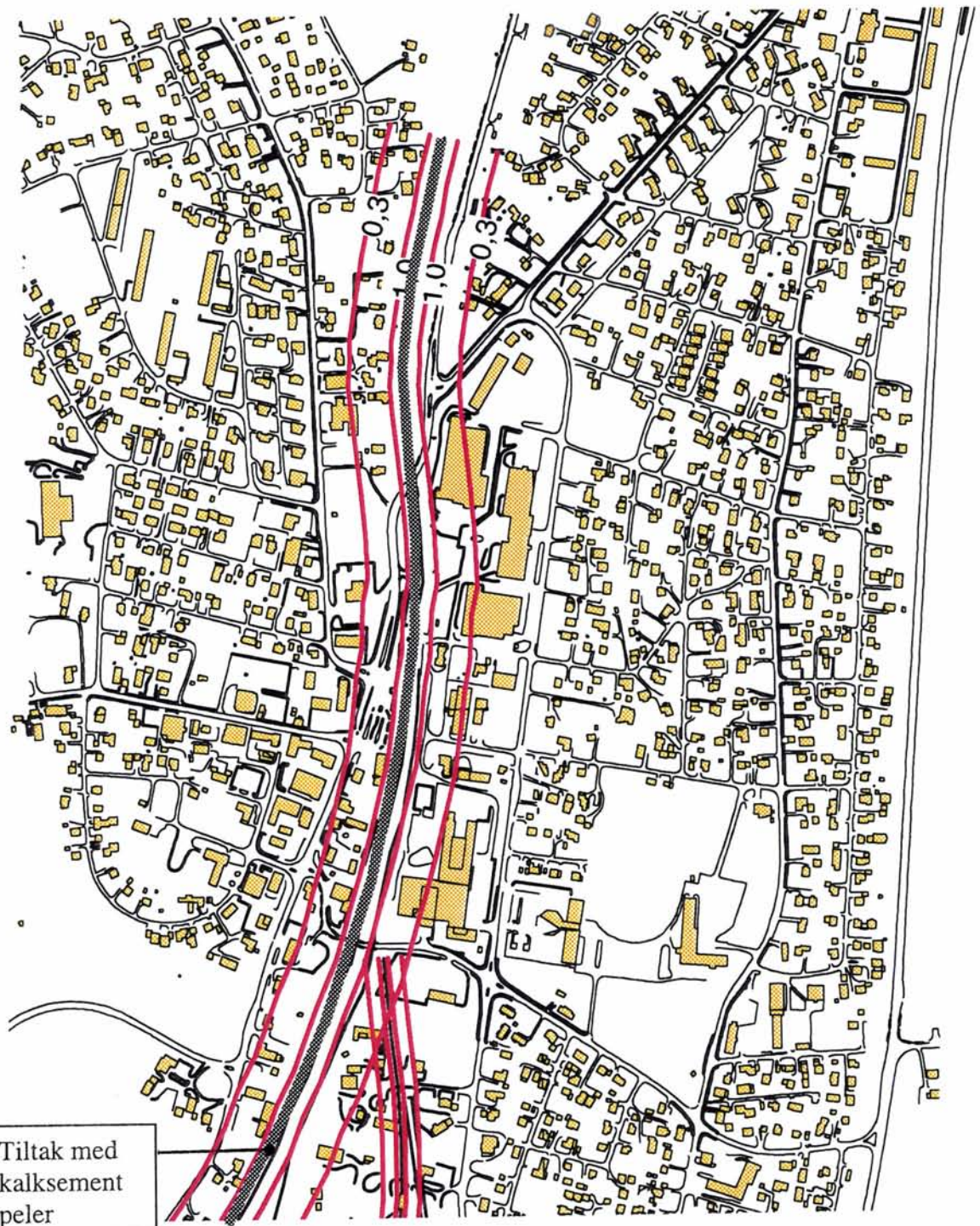
Tegner
gkh

Dato
98-05-11

Kontrollert
ks

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

ISO-linjer, Heimdal nord, etter tiltak

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
16

Tegner

PKH

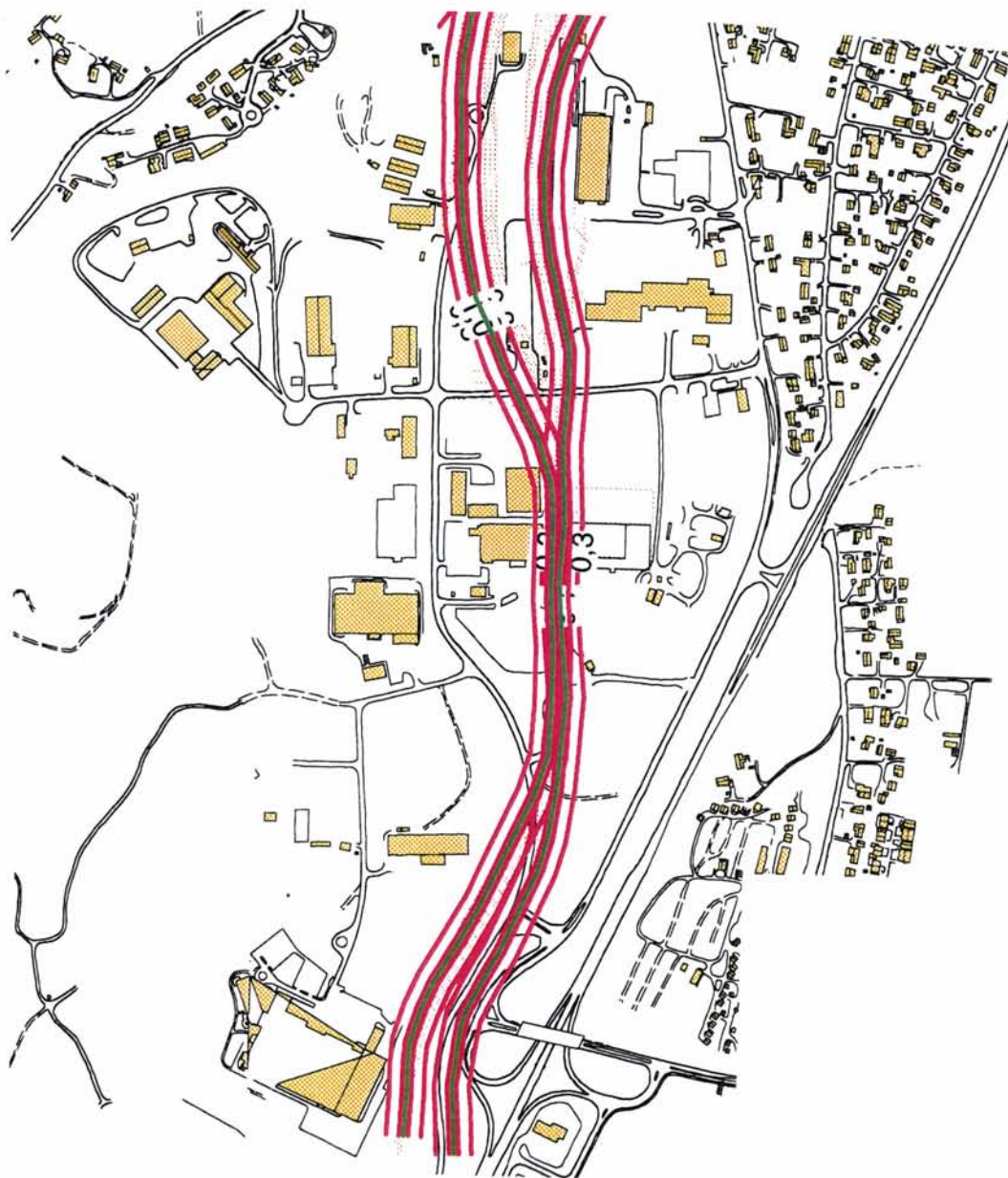
Dato
98-05-11

Kontrollert

M

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

ISO-linjer, Heimdal syd, etter tiltak

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
17

Tegner

Kontrollert

Godkjent

Dato
98-05-11





Vedlegg A - Vibrasjonsmålinger

INNHold

A1 GENERELT.....	2
A2 MÅLEOPPSETT	2
A3 DATAINNSAMLING	4
A4 RESULTATER.....	4

A1 GENERELT

Det er utført vibrasjonsmålinger fra tog ved Heimdal, Leangen i Trondheim og ved skiftestasjonen ved Alnabru i Oslo. Målingen på Alnabru ble utført for å se hvorvidt skifting av vogner på godsterminalområdet, her ryggskifting, gir merkbare vibrasjoner. Ryggskifting vil si at vognene slippes ned fra en rygg og triller inn på sporet som det skal til.

Vibrasjonsmålingene i Trondheim ble utført tirsdag 10 mars og onsdag 11 mars 1998. Vibrasjonsmålingen på Alnabru ble utført 19 mars 1998.

Da målingene ble utført var det tåle i bakken. I Trondheim var det dessuten mye snø og ved Heimdal var det i tillegg tykk blåis under snøen.

For alle målinger ble det kun målt vibrasjoner vertikalt i et profil langs bakken. Tog og vognhastigheten var lav og sjelden over 50 km/h.

A2 MÅLEOPPSETT

A2.1 Heimdal

Vibrasjoner fra togtrafikk ble målt fra tirsdag 10 mars klokken 16.00 til onsdag morgen klokken 06.30. Det var da registrert vibrasjoner fra 8 lokaltog, 3 fjerntog og 7 godstog.

Tabell A1 viser måleoppsett for Heimdal.

Tabell A1 Måleoppsett 10 mars 1998 ved Heimdal

Kanal	Sensor-type	Målerplassering	Avstand fra senter spor (m)	Måleretning
1	SM-10	Ved sporet	0	Vertikalt
5	SM-10	Ved sporet	0	Vertikalt
4	SM-6	Profil langs bakken	3	Vertikalt
6	SM-6	Profil langs bakken	13	Vertikalt
8	SM-6	Profil langs bakken	37	Vertikalt
9	SM-6	Profil langs bakken	48	Vertikalt
10	SM-6	Profil langs bakken	55	Vertikalt

Figur A1 viser oversikt over måleområdet. Figur A2 viser prinsippsskisse av måleoppsettet, og figur A3 viser bilder fra måleområdet.

A2.2 Leangen

Vibrasjoner fra togtrafikk ble målt onsdag 11 mars klokken 09.00 til klokken 12.30. Det var da registrert vibrasjoner fra 6 lokaltog og 3 godstog. Det ene godstoget ble målt både når det stod stille og når det gikk med meget lav hastighet.

Tabell A2 viser måleoppsett for Leangen.

Tabell A2 Måleoppsett 11 mars 1998 ved Leangen

Kanal	Sensor- type	Målerplassering	Avstand fra senter spor (Nordlandsbanen) (m)	Måleretning
1	SM-6	Profil langs bakken	20	Vertikalt
4	SM-6	Profil langs bakken	20	Vertikalt
5	SM-6	Profil langs bakken	31	Vertikalt
6	SM-6	Profil langs bakken	43	Vertikalt
7	SM-6	Profil langs bakken	56	Vertikalt
8	SM-6	Profil langs bakken	66	Vertikalt
12	SM-6	Profil langs bakken	91	Vertikalt

Figur A4 viser oversikt over måleområdet. Figur A5 viser prinsippsskisse av måleoppsettet, og figur A6 viser bilder fra måleområdet.

A2.3 Alnabru skiftestasjon

Vibrasjoner fra rullende vogner ved ryggskifting ble målt torsdag 19 mars klokken 14.00 til klokken 19.00. Det var da registrert vibrasjoner fra 45 vogner og 16 vognsett. Vibrasjonsanalysen er gjort for hvert enkelt vognsett.

Tabell A3 viser måleoppsett for Alnabru skiftestasjon.

Tabell A3 Måleoppsett 19 mars 1998 ved Alnabru skiftestasjon

Kanal	Sensor- type	Målerplassering	Avstand fra senter spor (m)	Måleretning
1	SM-6	Profil langs bakken	33	V
10	SM-6	Profil langs bakken	19	V
12	SM-6	Profil langs bakken	8	V

Figur A7 viser bilder fra måleområdet. Figur A8 viser prinsippskisse av måleoppsettet, og figur A9 viser bilder fra måleprofilen.

A3 DATAINNSAMLING

Vibrasjonene fra togtrafikken ble registrert samtidig i målepunktene. Det ble benyttet SM-6 og SM-10 geofoner fra Sensor Nederland, Western Atlas med følsomheten 28,8 mV/mm/s.

Dataene ble innsamlet med Terralock MK6 seismograf fra ABEM. Det ble brukt 500 Hz samplingsfrekvens pr. kanal i samtlige målinger. Målekjeden dekker frekvensområdet fra 1-2 Hz til 100 Hz.

De digitaliserte dataene ble i ettertid behandlet med signalanalyseprogrammet SADANA (NGI, 1996) I signalbehandlingen ble følgende størrelser bestemt:

- 1/3-dels rms oktavspektra, med 1 s midling.
- Dominerende frekvens
- Frekvensveiet vibrasjonsnivå (mm/s), 1 s rms-verdi ("max slow") i henhold til ISO2631-2.
- Toghastighet
(Togenes kjørehastighet ble bestemt ut fra registreringer foretatt på to sensorer som var plassert med en innbyrdes avstand på ca. 40 meter.)

A4 RESULTATER

Måledataene er blitt bearbeidet og klassifisert etter togtype.

Tabell A4 til A6 presenterer resultater fra Heimdal, og tabell A7 og A8 fra Leangen og tabell A9 resultater fra Alnabru skiftestasjon.

Tabell A4 Resultater fra vibrasjonsmålinger av intercitytogtrafikk på Heimdal. Frekvensveide hastighetsverdier i henhold til ISO2631-2 og dominerende frekvens.

	Måling	Tog	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt
	nr	hastighet	1	5	4	6	8	9	10
		km/t	2.0m/E	2.0m/E	3.0m/G	13.0m/G	37.0m/G	48.0m/G	55.0m/G
Frekvensveiet ISO rms-verdier (mm/s)									
	3	44.0	0.152	0.309	0.280	0.230	0.093	0.203	0.122
	4	38.0	0.209	0.323	0.339	0.219	0.100	0.187	0.113
	6	50.2	0.124	0.236	0.241	0.143	0.082	0.151	0.091
	7	48.0	0.152	0.307	0.279	0.216	0.093	0.189	0.130
	8	47.0	0.189	0.272	0.288	0.184	0.080	0.143	0.100
	12	43.0	0.104	0.269	0.237	0.177	0.086	0.158	0.104
	17	21.0	0.254	0.427	0.474	0.155	0.057	0.101	0.068
	19	37.0	0.112	0.244	0.233	0.142	0.070	0.137	0.117
	Middelverdi		0.162	0.298	0.296	0.183	0.083	0.159	0.106
	Standardavvik		0.052	0.061	0.080	0.035	0.014	0.033	0.020
	95%-konf. verdi		0.256	0.408	0.440	0.246	0.108	0.218	0.142
	Maks verdi		0.254	0.427	0.474	0.230	0.100	0.203	0.130
Dominerende frekvens (Hz)									
	Middelverdi		32.44	37.51	33.27	21.23	20.27	19.54	21.61
	Standardavvik		10.77	1.99	3.10	0.91	0.69	0.87	0.43

Tabell A5 Resultater fra vibrasjonsmålinger av fjerntogtrafikk på Heimdal. Frekvensveide hastighetsverdier i henhold til ISO2631-2 og dominerende frekvens.

Måling	Tog	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt
nr	hastighet	1	5	4	6	8	9	10	
	km/t	2.0m/E	2.0m/E	3.0m/G	13.0m/G	37.0m/G	48.0m/G	55.0m/G	
Frekvensveiet ISO rms-verdier (mm/s)									
9	32.0	0.777	0.976	1.343	0.314	0.093	0.134	0.100	
13	45.0	0.154	0.252	0.304	0.135	0.072	0.104	0.116	
14	23.0	0.730	0.637	1.168	0.169	0.056	0.056	0.075	
Middelverdi		0.554	0.622	0.938	0.206	0.074	0.098	0.097	
Standardavvik		0.347	0.362	0.556	0.095	0.019	0.039	0.021	
95%-konf. verdi		1.179	1.274	1.939	0.377	0.108	0.168	0.135	
Maks verdi		0.777	0.976	1.343	0.314	0.093	0.134	0.116	
Dominerende frekvens (Hz)									
Middelverdi		35.58	37.44	34.19	24.34	24.45	21.69	25.32	
Standardavvik		6.78	4.91	1.82	5.08	4.06	1.52	4.28	

Tabell A6 Resultater fra vibrasjonsmålinger av godstrafikk på Heimdal. Frekvensveide hastighetsverdier i henhold til ISO2631-2 og dominerende frekvens.

	Måling	Tog	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt	Punkt
	nr	hastighet	1	5	4	6	8	9	10
		km/t	2.0m/E	2.0m/E	3.0m/G	13.0m/G	37.0m/G	48.0m/G	55.0m/G
Frekvensveiet ISO rms-verdier (mm/s)									
	5	65.0	0.377	0.662	0.720	0.261	0.100	0.121	0.146
	10	55.0	0.603	0.818	0.774	0.294	0.100	0.143	0.130
	11	58.0	1.062	0.872	1.361	0.201	0.095	0.127	0.124
	15	64.0	0.331	0.650	0.629	0.222	0.112	0.106	0.168
	16	64.0	0.693	1.159	1.404	0.264	0.122	0.121	0.145
	18	35.0	0.276	0.271	0.467	0.107	0.051	0.091	0.078
	20	52.0	0.269	0.544	0.527	0.228	0.106	0.169	0.123
Middelverdi			0.516	0.711	0.840	0.225	0.098	0.125	0.131
Standardavvik			0.291	0.279	0.385	0.061	0.023	0.025	0.028
95%-konf. verdi			1.040	1.213	1.533	0.335	0.139	0.170	0.181
Maks verdi			1.062	1.159	1.404	0.294	0.122	0.169	0.168
Dominerende frekvens (Hz)									
Middelverdi			37.68	39.14	35.70	24.39	26.67	22.20	25.21
Standardavvik			4.47	3.52	1.78	2.32	1.87	1.50	2.92

Tabell A7 Resultater fra vibrasjonsmålinger av intercitytogtrafikk på Leangen. Frekvensveide hastighetsverdier i henhold til ISO2631-2 og dominerende frekvens.

Måling nr	Tog hastighet km/t	Punkt 1	Punkt 5	Punkt 6	Punkt 7	Punkt 8	Punkt 12
		20.0m/G	31.0m/G	43.0m/G	56.0m/G	66.0m/G	91.0m/G
Frekvensveiet ISO rms-verdier (mm/s)							
100	30.0	-	0.043	0.037	0.024	0.019	0.015
103	40.0	-	0.092	0.103	0.050	0.080	0.044
105	40.0	0.311	0.089	0.095	0.045	0.097	0.047
106	20.0	0.119	0.052	0.059	0.028	0.032	0.026
108	45.0	0.217	0.097	0.062	0.040	0.070	0.034
109	50.0	0.428	0.140	0.179	0.061	0.090	0.051
110	40.0	0.164	0.062	0.072	0.037	0.051	0.026
111	35.0	0.209	0.080	0.057	0.045	0.053	0.033
Middelverdi		0.241	0.082	0.083	0.041	0.062	0.034
Standardavvik		0.112	0.031	0.044	0.012	0.028	0.012
95%-konfidensverdi		0.442	0.138	0.162	0.063	0.112	0.056
Maksimalverdi		0.428	0.140	0.179	0.061	0.097	0.051
Dominerende frekvens (Hz)							
Middelverdi		27.46	21.84	18.10	19.53	17.09	17.90
Standardavvik		13.80	1.73	0.66	0.48	0.73	0.73


Tabell A8 Resultater fra vibrasjonsmålinger av godstrafikk på Leangen. Frekvensveide hastighetsverdier i henhold til ISO2631-2 og dominerende frekvens.

Måling nr	Tog hastighet km/t	Punkt 1	Punkt 5	Punkt 6	Punkt 7	Punkt 8	Punkt 12
		20.0m/G	31.0m/G	43.0m/G	56.0m/G	66.0m/G	91.0m/G
Frekvensveiet ISO rms-verdier (mm/s)							
101	1.0	-	0.018	0.013	0.009	0.007	0.006
102	10.0	-	0.046	0.048	0.033	0.039	0.030
104	40.0	0.268	0.129	0.067	0.046	0.050	0.044
107	45.0	0.305	0.154	0.128	0.072	0.091	0.053
Middelverdi		0.287	0.087	0.064	0.040	0.047	0.033
Standardavvik		0.026	0.065	0.048	0.026	0.035	0.020
95%-konfidensverdi		0.334	0.204	0.150	0.087	0.110	0.069
Maksimalverdi		0.305	0.154	0.128	0.072	0.091	0.053
Dominerende frekvens (Hz)							
Middelverdi		36.70	20.88	17.03	14.55	14.27	14.69
Standardavvik		16.78	3.27	2.79	3.89	3.32	3.49

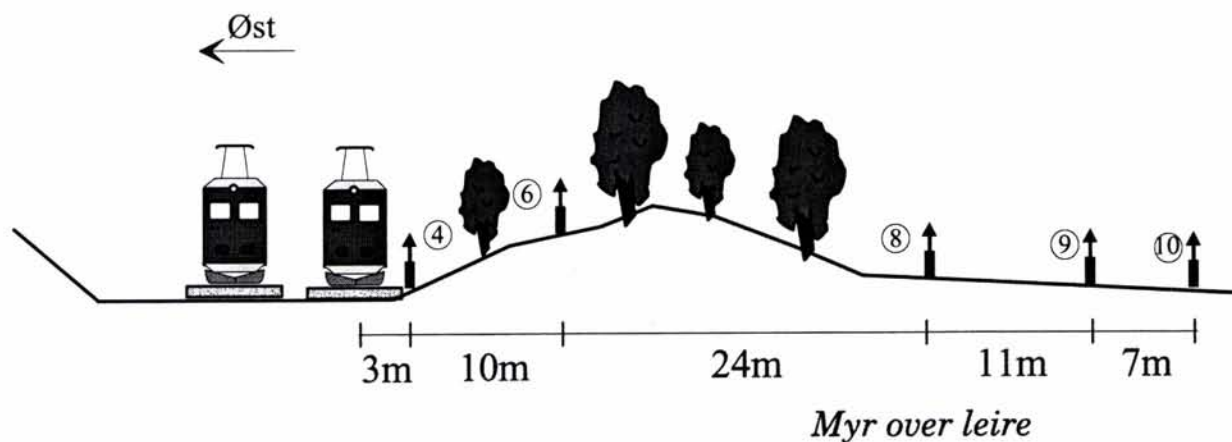
Tabell A9 Resultater fra vibrasjonsmålinger av rullende vognsett på Alnabru skiftestasjon. Frekvensveide hastighetsverdier i henhold til ISO2631-2 og dominerende frekvens.

	Måling	Tog	Punkt	Punkt	Punkt
	nr	hastighet	1	10	12
		km/t	33.0m/G	19.0m/G	8.0m/G
Frekvensv	ISO-rms	verdier	(mm/s):		
	210	15.0	0.043	0.156	0.344
	211	15.0	0.044	0.156	0.244
	212	15.0	0.042	0.152	0.264
	213	15.0	0.031	0.101	0.234
	214	15.0	0.04	0.117	0.235
	215	15.0	0.034	0.104	0.241
	216	15.0	0.045	0.153	0.291
	217	15.0	0.033	0.103	0.22
	218	15.0	0.035	0.14	0.3
	219	15.0	0.04	0.121	0.282
	220	15.0	0.032	0.112	0.222
	221	15.0	0.034	0.116	0.256
	222	15.0	0.031	0.129	0.284
	223	15.0	0.044	0.123	0.263
	224	15.0	0.033	0.116	0.295
	225	15.0	0.032	0.121	0.281
	226	15.0	0.03	0.104	0.26
	Middelverdi		0.037	0.125	0.266
	Standardavvik		0.005	0.019	0.032
	95%-konfidensverdi		0.046	0.1592	0.3236
	Maksimalverdi		0.045	0.156	0.344
	Dominerende frekvens (Hz)				
	Middelverdi		25.48	34.91	32.79
	Standardavvik		1.06	1.62	1.20



<p>NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM</p>	<p>Rapport nr. 983007-1</p>	<p>Figur nr. A1</p>
<p>Oversikt over måleprofil ved Heimdal. Målestokk 1:5000</p>	<p>Tegner <i>JKH</i></p>	<p>Dato 98-05-11</p>
	<p>Kontrollert <i>LH</i></p>	
	<p>Godkjent</p>	

Måleoppsett langs bakken ved Heimdal



f:\p\98\30\983007\rap\la2.ds4

NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A2

Prinsippskisse av måleoppsettet ved profil langs bakken ved Heimdal

Tegner
JKH


Dato
11-05-98

Kontrollert
LH

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM	Rapport nr. 983007-1	Figur nr. A3
Bilder fra Heimdal	Tegner <i>JKH</i>	Dato 98-05-11
	Kontrollert <i>LH</i>	
	Godkjent	



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Oversikt over måleprofil ved Leangen. Målestokk 1:5000

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A4

Teiger
JKH

Dato
98-05-11

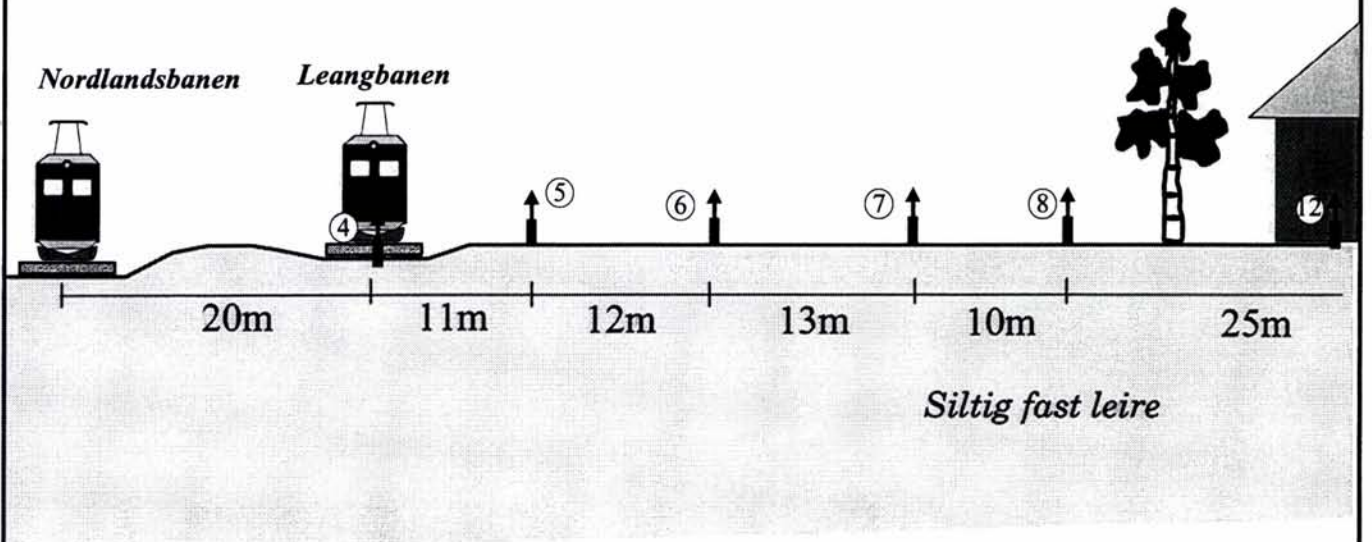
Kontrollert
LH

Godkjent



Måleoppsett langs bakken ved Leangen

Nord
←



f:\p\98\30\983007\rap\la5.ds4

NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Prinsippskisse av måleoppsettet ved profil langs bakken ved Leangen.

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A5

Tegner
JkH

Dato
11-05-98

Kontrollert
LH

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A6

Bilder fra Leangen

Tegnet
EJKH

Dato
98-05-11

Kontrollert
LH

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A7

Bilder fra måleområdet ved Alnabru skiftestasjon. Bilder tatt fra stillverket.

Tegner
GjKH

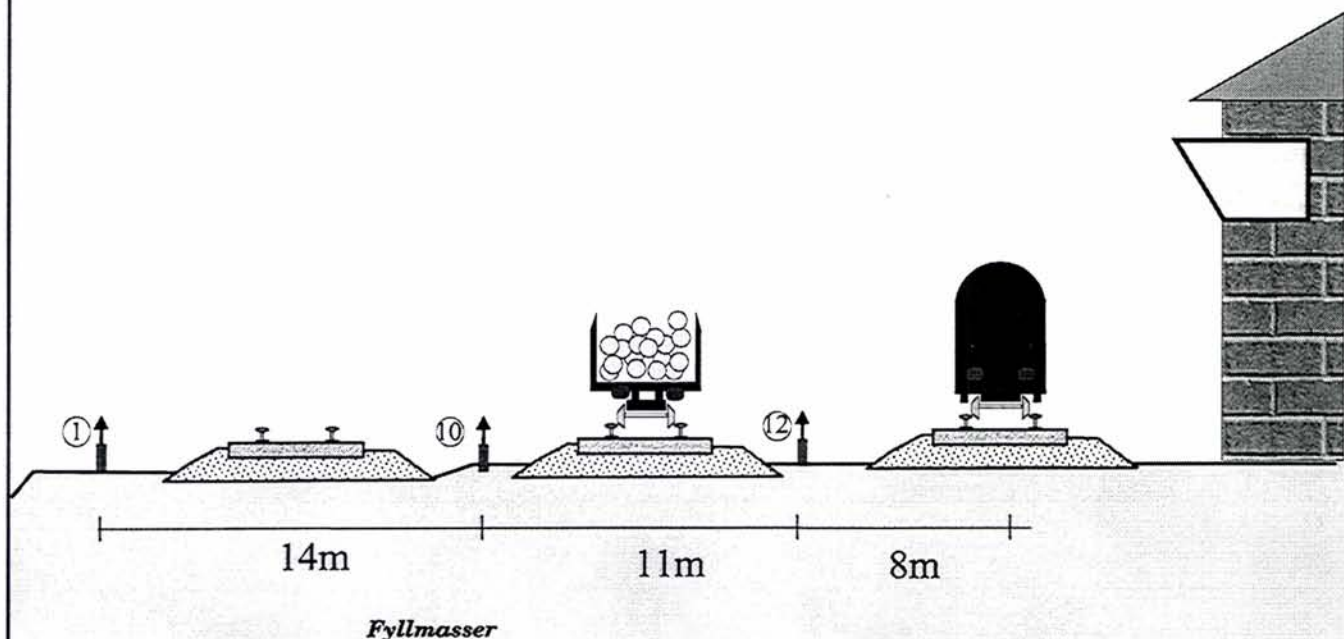
Dato
98-05-11

Kontrollert
LH

Godkjent



Måleoppsett langs bakken ved Alnabru skiftestasjon



f:\p\198\30\983007\rap\1a8.ds4

NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A8

Prinsippskisse av måleoppsettet ved profil langs bakken ved stillverket på Alnabru.

Tegner
gk-l

Dato
11-05-98

Kontrollert
LH

Godkjent





NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
A9

Bilde av måleprofilet.

Tegnet

gkH

Dato
98-05-11

Kontrollert

LH

Godkjent





Vedlegg B - Beregningsmodell

INNHold

B1 INNLEDNING.....	2
B2 BEREGNINGSMODELL.....	2

B1 INNLEDNING

For å kunne beregne vibrasjonsnivået i banenes nabobebyggelse, må en kjenne boligens beliggenhet i forhold til jernbanesporet, grunnforhold for bane og hus, banens oppbygging, bygningstyper, togtyper og kjørehastighet.

Vibrasjonsnivå i boliger langs banestrekningene er beregnet ved hjelp av en semiempirisk modell. Den benyttede beregningsmodellen og dens grunnlag er beskrevet i NGI (1994b) og i Madshus et al.(1995a).

B2 BEREGNINGSMODELL

Vibrasjonsnivået V , for togtype T er beregnet ved hjelp av følgende formel:

$$V = f_v(S,D,T) \cdot f_R \cdot f_B \quad (B1)$$

hvor: $f_v(S,D,T)$ er en basisfunksjon som angir vibrasjonsnivået på bakken som funksjon av toghastighet, S , avstand fra spor, D og togtype, T , på referansebanelegement, ved de gitte grunnforhold.

f_R tar hensyn til banens kvalitet og oppbygging i forhold til referansebanelegemet.

f_B tar hensyn til forsterkning i bygningene

I utgangspunktet er alle faktorene i ligning (B1) frekvensavhengige, og gitt for hver 1/3-oktav i det aktuelle frekvensområdet mellom 1 og 80 Hz. I dette prosjektet er en forenklet utgave av metoden benyttet, der kun frekvensveide, tidsmidlede samleverdier for hele frekvensområdet er angitt. Samleverdiene kan direkte sammenlignes med grenseverdiene gitt i rapportens hovddel.

I den forenklete modellen er basisfunksjonen gitt som:

$$f_v = V_T \cdot f_S \cdot f_D = V_T \cdot (S/S_0)^A \cdot (D/D_0)^{-B} \quad (B2)$$

hvor: V_T er vibrasjonsnivået på bakken i 15 m avstand fra senter spor, når den aktuelle togtypen passerer i 70 km/t, på en bane med "standard" oppbygging og kvalitet. Basisvibrasjonsnivået avhenger av togtype og grunnforhold.

f_S tar hensyn til kjørehastighet, hvor
 S er kjørehastighet
 S_0 er basiskjørehastighet, $S_0 = 70$ km/t, og
 A er hastighetsekspont,

f_D tar hensyn til avstandsdempning, hvor
 D er avstand fra senter av spor,
 D_0 er basisavstand, $D_0 = 15$ m, og
 B er avstandsdempningsfaktor

En bane med et tykt forsterkningslag gir mindre vibrasjoner til omgivelsene enn en bane med et tynt forsterkningslag. En jevn bane, med et godt justert spor gir mindre vibrasjoner enn en bane med et ujevnt spor. Parameteren f_R gir anledning til å ta hensyn til disse effektene.

Basisfunksjonen representerer vibrasjoner på bakken, mens målet er å kunne beregne vibrasjoner inne i bygg. Oppover i en bygning vil vibrasjonene som oftest bli forsterket på grunn av resonanser i de bærende konstruksjonene. Hvor mye vibrasjonene totalt sett blir forsterket fra bakken til målgivende vibrasjon på gulv i huset varierer mye fra hus til hus. Høye hus vil ofte gi mere forsterkning enn lave hus. Parameteren f_B gir anledning til å ta hensyn til forsterkning i bygninger.

Alle faktorene i ligning (B1) er forutsatt å være statistisk uavhengige og ha ukjent fordeling. Ved hjelp av sentralgrenseverditeoremet finner en at V gitt i ligning (B1) er tilnærmet lognormalfordelt, og 95%-konfidensverdier kan bestemmes ut fra middelveidene og variasjonskoeffisientene til de enkelte faktorene.

Regnemetoden som er benyttet, gir vibrasjonsestimater i henhold til ISO 2631, ISO 8041, NS-ISO 2631 og høringsutkastet til NS 8176.

B2.1 Basisfunksjonen

Basisfunksjonen definert i ligning (B2), inneholder tre parametre V_T , A og B , som må estimeres. I tillegg må variasjonskoeffisienten for basisfunksjonen estimeres for konfidensnivåberegningene. Parametrene er bestemt ut fra regresjonsanalyse av måledata og erfaringsdata.

Som anbefalt i NGI (1994b) er en hastighetsekspONENT $A=1,0$ brukt. Dette tilsvarer en dobling av vibrasjonsnivået for hver dobling av kjørehastigheten.

Parametrene V_T og B , er beregnet ut fra måleresultater fra vibrasjonsmålingene på Heimdal og Leangen.

Basert på erfaring er det antatt at vertikale vibrasjoner er dimensjonerende i alle aktuelle bygninger.

B2.2 Sesongvariasjon

Fra målinger utført ved forskjellige årstider (NGI, 1994b) fremgår det at vibrasjonsnivået er sesongavhengig. Vibrasjonene som måles under vinterforhold med tele i bakken, er som oftest lavere enn vibrasjoner som måles under sommerforhold. Sesongvariasjonen er generelt større for passasjertog enn for godstog. Godstogene genererer som regel mer lavfrekvente bølger enn passasjertog. De lavfrekvente bølgene forplanter seg dypere nede i grunnen enn de høyfrekvente, og er mindre avhengige av om det er tele i bakken eller ikke.

Målingene som er utført under vinterforhold på Heimdal og Leangen viste derimot at de dieseldrevne lokaltogne genererte mer lavfrekvente vibrasjoner enn godstogene. Ved Heimdal ble det registrert tele helt opp til terrengnivå. Ved Leangen var det ikke tele øverst i jordprofilen.

Vibrasjonsnivået ved Heimdal er gitt et tillegg på 30% for å simulere mer ugunstige forhold uten tele i bakken. Ved Leangen der grunnen ikke er så teleutsatt, er ikke vibrasjonsnivået korrigert.

B2.3 Banelegeme

Jernbaneverket Region Nord har uttalt at sporene innenfor godsterminalområdet får minimum "normal" oppbygging med 0,5 m ballast og ca 1,1 m forsterkningslag, og at forsterkningslaget kan bli enda større. I detalj- og reguleringsplanarbeidet for Gardermobanen (NGI, 1994c) ble det ut fra målinger og beregninger, anslått at nye spor vil gi ca. 30% lavere vibrasjoner, enn ordinære, "gamle" spor. Økes forsterkningslaget ytterligere i forhold til 1,1 m vil dette ha en positiv effekt på vibrasjoner.

B2.4 Bebyggelse

Omfattende målinger viser at vibrasjonsnivået på bakken i gjennomsnitt, blir forsterket med en faktor på 2,0 i bygninger med 1 til 2 etasjer. I skorsteinsgårder, det vil si murgårder med etasjeskillere av tre, viser målinger i Gamlebyen i Oslo (NGI, 1996a) at vibrasjonsnivået blir forsterket med en faktor på ca. 3,0 i 3 til 8 etasje.

For Brattøra0 er det ingen boliger som rives. For Leangen 2 er det 3 boliger og 3 rekkehus som rives. For Leangen 3 er det 2 boliger som rives. For Heimdal er det en bolig som rives.

For bygg med mer enn to etasjer er boenhetene i samtlige etasjer som en forenkling, behandlet vibrasjonsmessig likt. Det vil si at det er antatt at alle boenheter i en bygning har det samme maksimale vibrasjonsnivået.

B2.5 Grunnforhold

Grunnens egenskaper har stor innflytelse på hvilket vibrasjonsnivå som oppstår på grunn av togtrafikk. Bløt grunn gir betydelige vibrasjoner ved lave frekvenser. Stiv grunn eller fjell gir praktisk talt ingen lavfrekvente vibrasjoner.

I vibrasjonsberegningene er det ikke mulig å fullt ut ta hensyn til mindre variasjoner i grunnforhold. De forskjellige trasealternativene er her klassifisert i fire hovedgrupper; *fyllmasser over leire*, *fast leire*, *bløt leire* og *myr over bløt leire*. Data angående grunnforhold er samlet fra Jernbaneverket Region Nord (1995a, 1995b, 1995c, 1998a, 1998b). Basert på denne informasjonen er det antatt fast leire øst for Dronning Mauds minne, og bløt leire vest for Dronning Mauds Minne for Leangen, myr over bløt leire for Heimdal og for Brattøra er det antatt fyllmasser over leire.



Vedlegg C - Vibrasjonsdempende tiltak

INNHold

C1 BESKRIVELSE AV MULIGE AVBØTENDE TILTAK	2
C2 ENHETSPRISER.....	4

Figur C1-C2

C1 BESKRIVELSE AV MULIGE AVBØTENDE TILTAK

C1.1 Generelt

I det aktuelle området kan følgende tiltak iverksettes for å senke vibrasjonsnivået i boliger:

- Økt tykkelse av forsterkningslaget
- Banelegeme på kalksementpeler
- Langsgående betongdrager i banelegemet
- Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom bygning og bane
- Peling av konstruksjoner til fjell
- Avstivning av bygninger

Disse tiltakene kan under visse forhold ha negativ effekt når det gjelder overføring av strukturstøy. Dette forholdet er ikke vurdert i denne utredningen.

C1.2 Økt tykkelse av forsterkningslaget

Dette tiltaket innebærer oppbygging av et tykt forsterkningslag av lagvis komprimert sprengsteinsfylling av høy kvalitet. Ved bruk av tiltaket oppnås det forhøyet stivhet i lengderetningen, bedre lastfordelende evne og større masse til å fordele vibrasjonsenergien på.

For å oppnå noen effekt på vibrasjonsnivået, må forsterkningslagets tykkelse økes til minst 4 til 5 m.

Det er meget vanskelig å tallfeste effekten av økt tykkelse av forsterkningslaget på vibrasjoner. Grove overslag utført av NGI og Banverket viser at en masseutskifting på 4 m vil gi en vibrasjonsreduksjon i størrelsesorden 20 til 40%. Det foreligger forøvrig ingen systematiske målinger som dokumenterer virkningen av tiltaket.

C1.3 Banelegeme på kalksementpeler

Ved å benytte dette tiltaket blir stivheten av bakken under det ordinære banelegemet økt.

Banverket i Sverige har benyttet metoden på flere strekninger, mest på bløt leire. Vanlig pelelengde har vært 10–15 m. Svenske målinger viser at effekten varierer en del fra sted til sted, men at selv på de ugunstigste stedene, er det oppnådd minst 50% reduksjon av vibrasjonsnivået. Effekten av kalksementpeler er størst ved bløte grunnforhold.

C1.4 Langsgående betongdrager i banelegemet

Tiltaket består i å legge inn langsgående, stive, prefabrikkerte, slakkarmerte betongdragere i banelegemet. Tiltaket virker ved å gi banelegemet en økt langsgående stivhet og langsgående lastfordelingsevne.

NGI utredet tiltaket for Jernbaneverket i 1997 (NGI, 1997a). Jernbaneverket ønsket å utrede et tiltak som kunne brukes generelt i forbindelse med vibrasjonsdemping i tettbygde strøk med nabobebyggelse tett innpå sporet og spesielt for steder der man ikke kan bruke dyptstikkende tiltak som i Gamlebyen der banen går over grunn med fredete kulturlag fra middelalderen.

Tiltaket er spesielt utformet slik at det kan legges inn på eksisterende banestrekninger. I studien der det ble utført omfattende numeriske analyser, ble det funnet at tiltaket vil redusere vibrasjonene ved bløte grunnforhold med ca. 50% eller mer. Tiltaket vil kreve spesielle anleggsarbeider. Dette er nærmere beskrevet i NGI (1997a) der installasjonsprosedyre også er beskrevet. NGI vil ikke anbefale tiltaket iverksatt før det er prøvet ut i praksis på en prøvestrekning. En prinsippskisse av tiltaket, er vist i fig. C1.

C1.5 Skjerm av kalksementpeler i bakken mellom hus og bane

Formålet med en slik skjerm er å lage en barriere for vibrasjonsbølger i bakken, og dermed redusere bølgene som når bebyggelsen på utsiden av skjermen. Dette tiltaket kan enten brukes under utbygging av banen, eller som et tilleggstiltak dersom det etter at banen er satt i drift, viser seg at det lokalt er for høyt vibrasjonsnivå. I prinsippet er det ved ekstreme forhold mulig å kombinere dette tiltaket med tiltak i selve banelegemet.

For å være effektiv må en slik skjerm være dypere enn bølgelengden for den laveste frekvensen det skal skjermes mot. På de aktuelle stedene i dette prosjektet tilsvarer dette 10 til 20 meter dybde eller til fjell / fast grunn, og en bredde på 3 til 4 meter. Skjermen består av to langsgående pelerader med 4 m innbyrdes avstand. Mellom peleradene er det ribber med en senteravstand på 2,5 m. Utprøving vil eventuelt kunne avklare om en enklere utforming av skjermen vil gi tilstrekkelig reduksjon. Skjermen kan enten plasseres langs jernbanen, eller foran et enkelthus og da 20 til 30 m til hver side for huset. Skjermer av kalksementpeler er prøvet i Sverige og Norge. Ved riktig utforming er det oppnådd en reduksjon av vibrasjonsnivået på mellom 40 og 50%, basert på måleresultater fra Sverige. En prinsippskisse av tiltaket er vist i fig. C2.

C1.6 Peling av konstruksjoner til fjell

Konstruksjoner så som kulverter, broer og bygninger kan peles til fjell hvis fjelloverflaten ikke ligger for dypt. Ved å benytte dette tiltaket kan problemer med lavfrekvente vibrasjoner reduseres vesentlig. Det er viktig å pele fundamentet på den aktuelle konstruksjonen slik at det blir stivt nok.

C2 ENHETSPRISER

Et overslag på enhetspriser på de mest aktuelle vibrasjonsreducerende tiltak er gitt i tabell C1. Prisene gjelder installasjon av tiltak i nyanlegg. Spesielle anleggskostnader som påløper på grunn av for eksempel dårlig tilgjengelighet, driftsstopp på eksisterende bane, etc., er ikke tatt med.

Tabell C1 antyder også den antatte vibrasjonsreducerende effekten av hvert tiltak.

Tabell C1 Overslag på enhetspriser for aktuelle vibrasjonsreducerende tiltak for ny godsterminal (nyanlegg).

Tiltak	Vibr. red. effekt (%)	Enhetspris, (pr. løpemeter tiltak) (kr)	Merknad
Kalksementpelskjerm	~ 40	7650	Uavhengig av antall spor
Økt forsterkningslag (5m)	~ 40	7500	1 spor
Langsgående betongdrager	~ 50	24500	1 spor

Kalksementpelskjerm

For tiltak med kalksementpelskjerm er det regnet med peler med diameter 600 mm og 15 m lengde i et mønster som gir 6,8 peler pr. løpemeter tiltak. En løpemeterpris for kalksementpeler på kr 75 er benyttet.



Langsgående betongdrager

For langsgående betongdragere er prisen beregnet basert på følgende faktorer:

- Elementkostnader (inkludert rigg, entreprise og prosjektering)
- Anleggskostnader

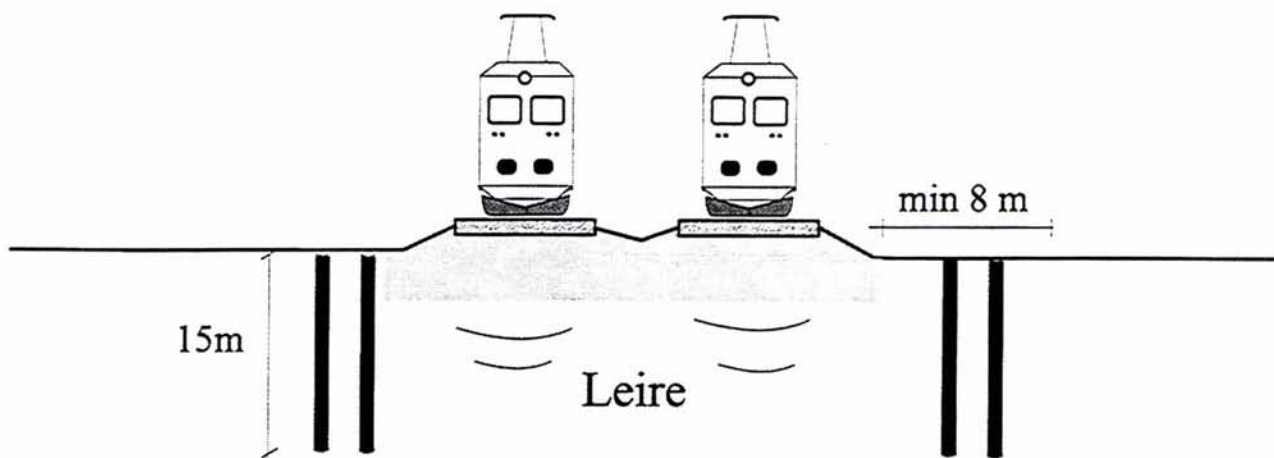
I NGI (1997a) er det vist hvordan kostnadene for beste estimat er beregnet.

I anleggskostnadene er det ikke tatt hensyn til eventuelle kostnader forbundet med endringer i togtrafikken. Utgifter forbundet med eventuelle omlegginger av elektrotekniske installasjoner, kabelkanaler samt utlegg til vakthold eller andre sikkerhetsforanstaltninger er heller ikke inkludert.

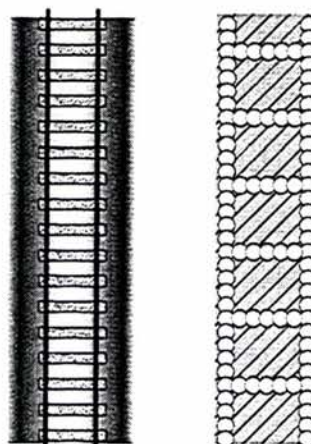
En løpemeeterpris for betongelementene på kr 12 900 er benyttet. For anleggskostnader er det benyttet en løpemeeterpris på kr 11 600.


Økt tykkelse av forsterkningslaget

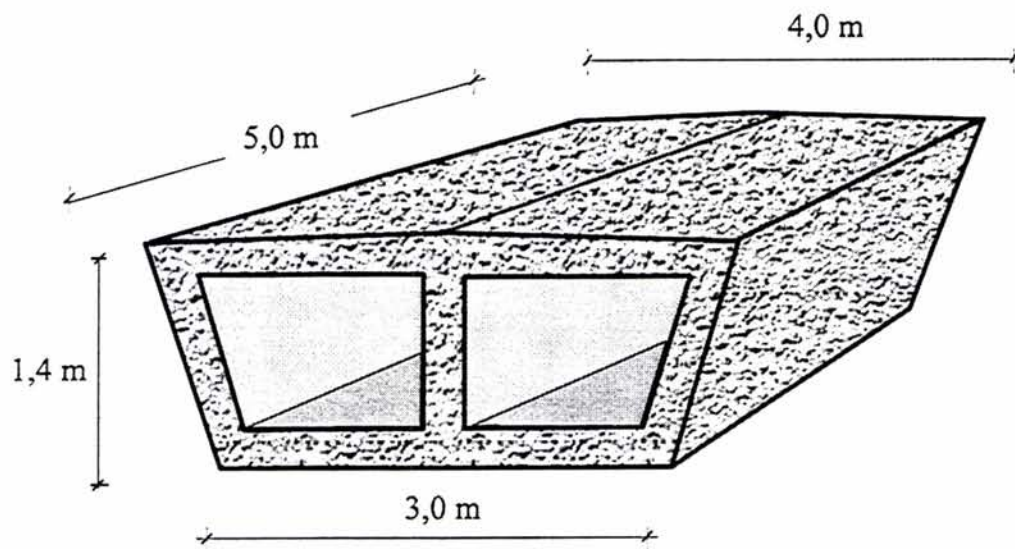
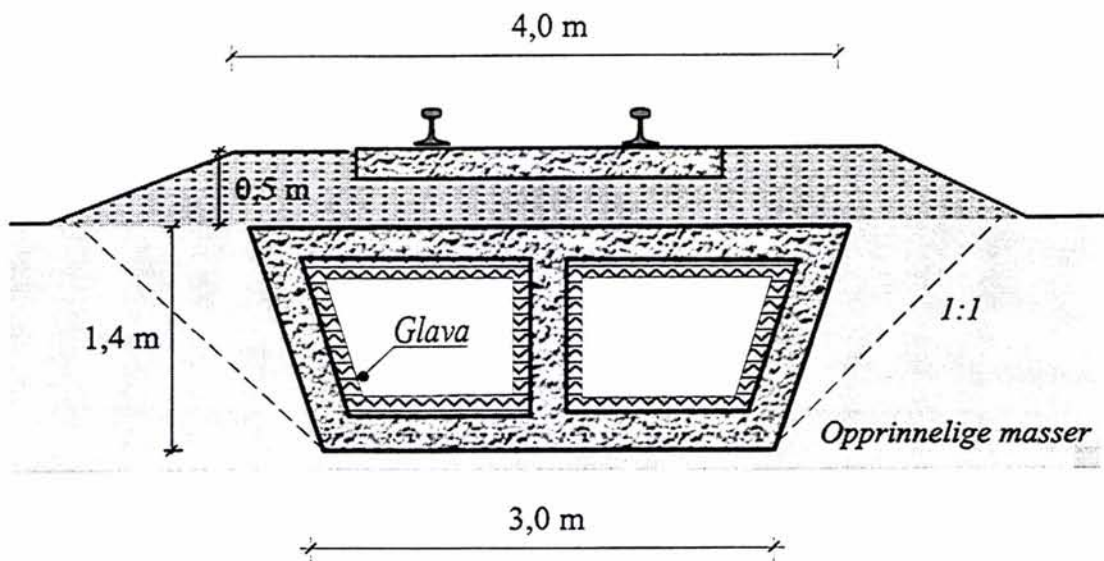
Utgangspunktet er 5 meter bred og 5 meter dyp masseutskifting under ett spor. Det er antatt en kubikkmeterpris på 300 kroner som inkluderer kjøring, graving og utlegging. Tilgjengeligheten av masser er ikke undersøkt nærmere.



Kalksement-skjermen sett ovenifra.



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM	Rapport nr. 983007-1	Figur nr. C1
Prinsippskisse av kalksementpelskjerm	Tegner <i>LH</i>	Dato 98-05-11
	Kontrollert LH	
	Godkjent	



NY GODSTERMINAL I TRONDHEIM

Rapport nr.
983007-1

Figur nr.
C2

Prinsippskisse av langsgående betongdragere

Tegner
JKH

Dato
98-05-11

Kontrollert
LH

Godkjent





Vedlegg D - Eksempel på spørreundersøkelse (utdrag)

For de som bor i områder med togtrafikk i Spm

Spm 32. Hører du støy fra togtrafikk inne i boligen?

Ja..... 31* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke..... 3

Hvis JA i Spm 32.

Spm 33. Er denne støyen meget plagsom, en del plagsom, litt plagsom eller ikke plagsom for deg?

Meget plagsom..... 32* 1
 En del plagsom..... 2
 Litt plagsom..... 3
 Ikke plagsom..... 4
 Ubesvart/Vet ikke..... 5

For de som bor i områder med trikketraffic i Spm 8.

Spm 34. Hører du støy fra trikken inne i boligen?

Ja..... 33* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke..... 3

Hvis JA i Spm 34.

Spm 35. Er denne støyen meget plagsom, en del plagsom, litt plagsom eller ikke plagsom for deg?

Meget plagsom..... 34* 1
 En del plagsom..... 2
 Litt plagsom..... 3
 Ikke plagsom..... 4
 Ubesvart/Vet ikke..... 5

For de som bor i områder med T-bane i Spm 8.

Spm 36. Hører du støy fra T-banen inne i boligen?

Ja..... 35* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke..... 3

Hvis JA i Spm 36.

Spm 37. Er denne støyen meget plagsom, en del plagsom, litt plagsom eller ikke plagsom for deg?

Meget plagsom..... 36* 1
 En del plagsom..... 2
 Litt plagsom..... 3
 Ikke plagsom..... 4
 Ubesvart/Vet ikke..... 5

ALLE
 Spm 38. Merker du inne i boligen at det rister eller vibrerer pga. vegtrafikken?

Ja..... 37* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke..... 3

Hvis JA i Spm 38.

Spm 39. Er denne risting/vibrasjonene meget plagsom, en del plagsom, litt plagsom eller ikke plagsom for deg?

Meget plagsom..... 38* 1
 En del plagsom..... 2
 Litt plagsom..... 3
 Ikke plagsom..... 4
 Ubesvart/Vet ikke..... 5

For de som bor i områder med togtrafikk i Spm 8.

Spm 40. Merker du inne i boligen at det rister eller vibrerer pga. togtrafikken?

Ja..... 39* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke..... 3

Jeg skal nå nevne noen ulemper som TRAFIKKEN kan medføre INNENDØRS. Er dette ulemper som du opplever?

pm 50. Fører risting/vibrasjoner til at du har vansker med å sovne?

a..... 49* 1
 ai..... 2
 besvart/Vet ikke/Ikke
 ktuelt..... 3

pm 51. Fører risting/vibrasjoner til at du våkner om natta?

a..... 50* 1
 ai..... 2
 besvart/Vet ikke/Ikke
 ktuelt..... 3

pm 52. Fører risting/vibrasjoner til at du våkner for tidlig om morgenen?

a..... 51* 1
 ai..... 2
 besvart/Vet ikke/Ikke
 ktuelt..... 3

pm 53. Fører risting/vibrasjoner til at du blir forstyrret når du skal hvile?

a..... 52* 1
 ai..... 2
 besvart/Vet ikke/Ikke
 ktuelt..... 3

pm 54. Fører risting/vibrasjoner til at du blir forstyrret når du snakker i telefonen?

a..... 53* 1
 ai..... 2
 besvart/Vet ikke/Ikke
 ktuelt..... 3

pm 55. Fører risting/vibrasjoner til at du blir forstyrret i samtaler innendørs?

a..... 54* 1
 ai..... 2
 besvart/Vet ikke/Ikke
 ktuelt..... 3

Spm 56. Fører risting/vibrasjoner til at du blir forstyrret når du hører på radio eller ser på TV?

Ja..... 55* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke/Ikke
 aktuelt..... 3

Spm 57. Fører risting/vibrasjoner til at du blir engstelig/redd for skader på hus/bolig?

Ja..... 56* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke/Ikke
 aktuelt..... 3

Spm 58. Fører risting/vibrasjoner til at du blir generelt engstelig/redd?

Ja..... 57* 1
 Nei..... 2
 Ubesvart/Vet ikke/Ikke
 aktuelt..... 3

Spm 59. TIL INTERVJUER:
 Har respondenten uoppfordret nevnt ulemper som skyldes STØY på de spørsmålene som gjelder ulemper i form av risting/vibrasjoner som trafikken kan medføre innendørs? (siste 9 spørsmål).

Ja..... 58* 1
 Nei..... 2

Spm 60. Sover du vanligvis, enkelte netter eller aldri med vinduet åpent i sommerhalvåret?

Vanligvis..... 59* 1
 Enkelte netter..... 2
 Aldri..... 3
 Ubesvart/Vet ikke..... 4

pm 61. Sover du vanligvis, enkelte netter eller aldri med vinduet åpent i vinterhalvåret?

anligvis.....	60*	1
enkelte netter.....		2
ldri.....		3
besvart/Vet ikke.....		4

Bakgrunnsdata

Så til slutt noen spørsmål om deg selv:

pm 62. Registrer kjønn

annr	61*	1
vinne.....		2

pm 63. Hva er din alder?

3-19 år.....	62*	1
0-24 år.....		2
5-39 år.....		3
0-66 år.....		4
over 66 år.....		5
besvart.....		6

Spm 64. Har du barn under 7 år, mellom 7 og 10 år eller ingen av delene?

Barn yngre enn 7 år.....	63*	1,
Barn 7-10 år.....		2,
Ikke barn 0-10 år.....		3,
Ubesvart/Vet ikke.....		4,

Spm 65. Hva er din hovedbeskjeftigelse? Er du:
LES EVT OPP ALTERNATIVENE

Yrkesaktiv.....	64*	1
Hjemmearb.....		2
Elev/student.....		3
Pensjonist.....		4
Arbeidsledig.....		5
Annet.....		6
Ubesvart/Vet ikke.....		7

DA HAR JEG INGEN FLERE SPØRSMÅL TIL DEG
TUSEN TAKK OG FORTSATT GOD *A

TRYKK <RETURN> FOR NESTE INTERVJU
ELLER TAST ESC16S FOR Å LOGGE UT

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Oppdragsgiver/Client SINTEF Tele & Data	Dokument nr/Document No. 983007-1
Kontraksreferanse/ Contract reference	Dato/Date 25 mars 1999
Dokumenttittel/Document title Ny godsterminal i Trondheim. Prosjektleder/Project Manager Jan Klingenberg Holme Utarbeidet av/Prepared by Jan Klingenberg Holme	Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None
Emneord/Keywords Samferdsel, vibrasjoner, godsterminal, konsekvensutredning, irritasjon	
Land, fylke/Country, County Norge, Sør-Trøndelag Kommune/Municipality Trondheim Sted/Location Heimdal, Leangen, Brattøra Kartblad/Map UTM-koordinater/UTM-coordinates	Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokomotivknr./Field, Block No.

Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001							
Kon- trollert av/ Reviewed by	Kontrolltype/ Type of review	Dokument/Document		Revisjon 1/Revision 1		Revisjon 2/Revision 2	
		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed		Kontrollert/Reviewed	
		Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.	Dato/Date	Sign.
JKH	Helhetsvurdering/ General Evaluation *	25/3-99	JKH				
	Språk/Style						
LH	Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary	24/3-99	LH				
JKH	Utforming/Layout	25/3-99	JKH				
JKH	Slutt/Final	25/3-99	JKH				
JGS	Kopiering/Copy quality	24/3-99	JGS				
* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/ On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation							
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release		Dato/Date 25/3-99		Sign. Jan Holme			

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU09647