

SIVILINGENIØR PER A. MADSHUS

RÅDGIVENDE INGENIØR - GEOTEKNIKK

MEDLEM AV RÅDGIVENDE INGENIØRERS FORENING

NORGES GEOGRAFISKE OPPMÅLING

VIBRASJONSUNDERSØKELSER FOR EVENTUELT NYTT INSTITUTT PÅ TANDBERGMOEN.

1. INNLEDNING

Norges Geografiske Oppmåling planlegger bygging av nytt institutt. Instituttet forutsettes flyttet ut fra Oslo. Ett av de tomtealternativer som har vært vurdert, er Tandbergmoen ved Hønefoss.

Norges Geografiske Oppmåling har i brev av 16.10.1969 til Det kgl. samferdselsdepartement gjort rede for krav man mener bør stilles til setningsforhold og vibrasjonsforhold i den nye bygning ut fra hensynet til bygningens spesielle formål. Det fremgår herav at instituttets fotogrammetriske høypresisjonsinstrumenter, stereokomparator og førsteordens analoginstrumenter (stereoautografer), krever en oppstilling som gjør at instrumentene mest mulig står i ro, d.v.s. at de statiske deformasjoner (setningene) og vibrasjonene er meget små.

N.G.O. har hatt dårlige erfaringer med instrumenter plasert oppe i etasjene i sin nåværende bygning i St. Olavs gate 32,

og da man i begynnelsen av 1970 skulle installere en stereo-komparator, ble denne og to stereoautografer plasert i bygningens underetasje og der fundamentert direkte på fjell og fundamentet adskilt fra det omkringliggende gulv. Det ble i forbindelse med denne montering foretatt en vibrasjonsundersøkelse, som viste at konstruksjoner plasert direkte på fjell fikk et meget lavt vibrasjonsnivå. Rapport fra disse undersøkelsene, som ble foretatt av oss, vedligger, bilag 23.

Arbeidsforholdene for de aktuelle instrumentene har etter denne montering vært meget tilfredsstillende. N.G.O. har etter dette hevdet at det bør kreves at vibrasjonsnivået for instrumentplattformen i et nytt institutt ikke bør overstige de verdier som er målt på de konstruksjonene i instituttets nåværende bygning (i underetasjen) som står på fjell, samt at instrumentplattformen må være praktisk talt setningsfri. Ut fra dette har N.G.O. ment at instituttet bør legges på en tomt hvor det kan fundamenteres direkte på fjell.

Norges Geotekniske Institutt har utført geotekniske undersøkelser for tomtealternativet Tandbergmoen. Disse viser at grunnen består av løsavlagringer til så stor dybde at en fundamentering på fjell ikke er aktuell. Løsavlagringene består stort sett av fast lagret sand, og det angis at en fundamentering direkte på disse vil kunne utføres slik at fundamentplattformen får minimale setninger. En vurdering av tomtens anvendelighet ut fra kravet til lavt vibrasjonsnivå for instrumentene er forutsatt behandlet i samarbeide med oss.

I henhold til dette er vi av Norges Geotekniske Institutt blitt anmodet om å bistå ved vurderingen av dette spørsmål. Da det krav som var stillet av N.G.O. for oss fortonet seg som meget strengt, ble vårt oppdrag forutsatt å omfatte en undersøkelse av hvilket vibrasjonsnivå som kan ansees tilstrekkelig for de nevnte presisjonsinstrumenter, samt på bakgrunn av dette å vurdere hvorvidt en fundamentering på løsavlagringer på Tandbergmoen kunne være en realistisk mulighet. Vårt oppdrag ble nærmere spesifisert i N.G.I.'s brev av 21.5.1970.

Saken ble behandlet i et møte i Samferdselsdepartementet 9.6.1970. Her deltok representanter for Samferdselsdepartementet, Kommunaldepartementet, Norges Geografiske Oppmåling, Statens bygge- og eiendomsdirektorat, Ringerike kommune, Norges Geotekniske Institutt og Sivilingeniør Per A. Madshus.

Det ble her fra Norges Geotekniske Institutt og oss gitt en kort orientering om vår oppfatning av det aktuelle spørsmål. Det ble her presisert at det var avgjørende å få klarhet over hva presisjonsinstrumentene kunne tåle. Da det ikke hadde vært mulig å få oppgitt noen tallverdier for dette fra leverandøren av de aktuelle instrumentene (instrumentfabrikken Wild), ble vi som et ledd i arbeidet med å klarlegge dette spørsmål, anmodet om sammen med en representant for N.G.O. å besøke endel institutter i Europa, hvor man arbeider med de samme instrumenter, måle vibrasjonsnivået der og sammenholde resultatene av målingene med erfaringer man der hadde med bruken av instrumentene.

Det ble opprinnelig satt en frist for rapport for undersøkelsene til 10.8.1970. Da det ikke var mulig å overholde denne frist, ble det levert en foreløpig uttalelse, datert 19.8.1970.

I nærværende redegjørelse er alle de utførte undersøkelser omtalt, og resultatene av disse oppført. Videre er gjengitt de opplysninger som er innhentet i forbindelse med undersøkelsene (i den utstrekning disse ansåes å være av betydning).

Det har under arbeidet med saken vært stadig kontakt med N.G.O., avdelingssjef Peter Vold og førstetopograf Øyvind Brandsæter, som har gitt opplysninger om alle forhold innen instituttets fagområde.

2. TILLATELIG VIBRASJONSNIVÅ FOR INSTRUMENTENE.

2.0 - Generell vurdering av spørsmålet.

Av Norges Geografiske Oppmåling er det angitt at de fotogrammetriske høypresisjonsinstrumenter er de som stiller de strengeste krav til et lavt vibrasjonsnivå; blandt disse er igjen stereokomparatoren det instrument som arbeider med den største nøyaktighet. Nøyaktigheten av dette instrumentet er angitt til $2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$; for stereoautografen (instrumenttype A7) som ansees å komme nærmest opp til dette, er nøyaktigheten angitt til $6-7 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. De krav til vibrasjonsnivå som stereokomparatoren stiller, er ut fra dette blitt satt som målgivende for tillatelig vibrasjonsnivå for instituttet, og undersøkelsene har derfor vesentlig konsentrert seg om dette instrumentet. Kun for vurdering av enkelte grenser hvor materiale for stereokomparatoren ikke lot seg skaffe, er det bygget på observasjoner for stereoautografen.

Det er ikke givet at det er et enkelt forhold mellom den nøyaktighet et instrument arbeider med og instrumentets følsomhet overfor vibrasjoner. Instrumentets konstruktive utforming er i denne forbindelse av avgjørende betydning. Det angis således at det kan være vanskeligere å holde en stereoautograf i god justering enn en stereokomparator. Det er etter konferanse med N.G.O. regnet med at de to nevnte instrumenter kan betraktes som likeverdige med hensyn til vibrasjonsømfintlighet, og den videre vurdering baserer seg på dette.

N.G.O. har i dag en stereokomparator av fabrikat Wild STK-1. En stereokomparator av denne typen er vist i bilag 1. Komparatoren består av en undre faststående ramme med flere overliggende vogner. Vognene bærer luftfotografier og kan forstilles i to horisontale hovedretninger, både innbyrdes og i forhold til den undre rammen, slik at et fast optisk punkt i denne (målepunktet) faller på det punkt på bildet som søkes. Koordinatene for det søkte billedpunkt kan av-

leses eller registreres digitalt. Nøyaktigheten av arbeidet vil lide hvis bildet av det optiske punkt og fotografiet ikke står stille, men beveger seg for observatørens øye. Vanskeligst vil det være hvis det skjer en gjensidig forskyvning mellom punktet og bildet, men arbeidet må også antas å bli lidende selv om begge deler beveger seg samlet med så store utslag at de er synlige for observatøren.

Selv om vibrasjonene ikke når et så høyt nivå at nøyaktigheten direkte lider ved dette, vil arbeidet indirekte lide ved at observatøren snart blir trett i øynene og ikke kan arbeide sammenhengende ved instrumentet i den tid som ansees som normalt.

Hvis instrumentet utsettes for vibrasjoner over en viss størrelse, må det antas at det kan skje plastiske forskyvninger i sammenføyningspunkter, og at instrumentet derfor kommer ut av justering.

Med et tilstrekkelig høyt vibrasjonsnivå vil det også kunne inntre skader på instrumentet hvis kreftene f.eks. i lagrene (kuler som triller på slipte skinner) blir for store.

De forskjellige grader av forstyrrelser tilsvarer forskjellige vibrasjonsnivåer, og det er ansett hensiktsmessig å gradere forstyrrelsene slik:

1. Forstyrrelse av synsinntrykket ved at bildet beveger seg for observatørens øye.
2. Forstyrrelse av synsinntrykket ved at bildet og målepunktet beveger seg i forhold til hverandre.
3. Forstyrrelser av instrumentets justering.
4. Ødeleggelse av instrumentet.

Det er tre prinsipielt forskjellige metoder å undersøke ovenstående forhold på:

1. Klarlegge hvorledes bevegelser av et objekt influerer på øyets synsinntrykk, samt analysere svingningsforholdene for de enkelte deler av instrumentet for å fin-

ne hvorledes vibrasjonene påvirker det bildet som observeres. Det er da nødvendig å kjenne konstruksjonen av instrumentet i detalj, slik at virkningen av svingninger med forskjellig amplitude og frekvens kan bestemmes.

2. Mens det arbeides med instrumentet utsette dette for vibrasjoner med forskjellig frekvens og amplitude og dermed få opplysning om hvorledes arbeidsforholdene er avhengige av vibrasjonsforholdene. Ved å utsette instrumentet for meget store vibrasjoner vil også grensen for når instrumentet kommer ut av justering kunne finnes.
3. Studere forholdene ved eksisterende institutter, måle vibrasjonsnivået her og sammenholde dette med de opplysninger som kan gis om arbeidsforholdene, herunder behovet for justering av instrumentene.

Metode 1. antas vesentlig å ha teoretisk interesse, idet den antagelig vil være meget tidskrevende og innebære en rekke usikkerheter.

Også metode 2. er meget komplisert, idet det vil være nødvendig å eksitere instrumentet med en rekke forskjellige frekvenser for å få full oversikt over forholdene.

Hvis undersøkelser etter metode 3. gjennomføres ved en rekke forskjellige institutter, hvor man får inn vibrasjoner av forskjellig frekvens, skulle disse gi et fyldestgjørende svar på spørsmålene. Undersøkelsene er derfor gjennomført etter dette alternativ, kombinert med visse undersøkelser med kunstig eksitasjon av instrumentet (metode 2.).

Anvendt måleteknikk

Alle vibrasjonsmålingene er utført med elektrodynamiske seismometre i kombinasjon med en mangekanals lyspunktskriver. Da seismometrene bare oppfanger vibrasjoner i én retning, er det anvendt to eller flere seismometre, slik at komponentene i de tre hovedretninger er målt (vertikalt og i to horisontale retninger, orientert enten etter instrumentenes akser eller himmelretningene). Da de anvendte seismometre har sterkt avtag-

ende følsomhet ved lave frekvenser, er det for spesielt å undersøke svingninger med slike innført filter og forsterker i kretsene.

I enkelte tilfeller er også forskyvningsdifferenser innen de enkelte instrumenter målt direkte. Til dette er anvendt en induktiv, bærebelgedrevet forskyvningsmåler kombinert med en måleforsterker. Signalene er registrert på samme lyspunkt-skriver som vibrasjonssignalene.

De direkte registrerte kurver representerer svingningenes hastighet (partikkelhastigheten), og hastighetsamplituden og frekvensen kan tas direkte ut av diagrammene. Forskyvningskurven og akselerasjonskurven kan finnes ved henholdsvis integrasjon og derivasjon av den primære kurve.

For hvert enkelt vibrasjonsopptak er den maksimale hastighets-, forskyvnings- og akselerasjonsamplitude samt den eller de mest dominerende frekvenser beregnet og oppført i tabell i bilag 3-20. I en forklaring til tabelluttrykkene (bilag 2) er det gitt en nærmere beskrivelse av den anvendte beregningsmetode. Under omtalen av de enkelte målinger er de maksimale forskyvningsamplituder ført opp, og det er gitt en subjektiv vurdering av vibrasjonens styrke (basert på forskyvningene).

I tabellene er også oppført de målte forskyvningsdifferenser.

2.1 - Undersøkelser av vibrasjonsforholdene ved endel fotogrammetriske institutter.

Sammen med avdelingssjef Peter Vold ved Norges Geografiske Oppmåling er 5 institutter besøkt. Under henvisning til det som står foran, er valgt ut institutter som har stereokomparatorer av fabrikat Wild. Ved alle instituttene er det foretatt måling av vibrasjonsnivået og innhentet opplysninger om arbeidsforholdene i relasjon til vibrasjonene. Det er videre forsøkt innsamlet opplysninger om fundamenteringsforholdene for instrumentene.

2.11 - Kgl. Tekniska Högskolan, Stockholm, Institut för fotogrammetri, ble besøkt 6.7.1970. Instituttet ligger i Drottning Kristinas väg 30 i tilknytning til Kgl. Tekniska Högskolans øvrige institutter.

Bygningen er oppført i betong og fundamentert direkte på fjell, som tildels ligger i dagen.

De mest ømfintlige instrumenter, en stereokomparator Wild STK-1 og en stereoautograf Wild A7, er plasert i bygningens 1. etasje, og det er under dette rom ikke tatt ut noen kjeller. STK-1 er fundamentert på sandpute til fjell, mens A7 er plasert på fundament støpt direkte på fjell. Gulvet i rommet er støpt på sand og adskilt fra instrumentenes fundamenter ved fuge fylt med en plastisk masse. Årsaken til at STK-1 var satt på en sandpute ble oppgitt å være at man ville redusere overføringen av vibrasjoner fra fjellet.

Det ble utført observasjoner både på STK-1 og A7 fra trafikk i Drottning Kristinas väg som lå ca. 50 m fra instituttet. Selv på tider da denne trafikk ble oppgitt å være relativt stor, og det kunne sees at både busser og større lastebiler passerte, lå vibrasjonene for begge instrumenters vedkommende på grensen av det målbare ($0,08 \cdot 10^{-6} \text{ m}$). Gangtrafikk på gulvet i målerommet ga fullt målbare vibrasjoner for STK-1 ($1,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$), men knapt målbare verdier for A7 ($0,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).

I kjelleren under rommet ved siden av instrumentrommet stakk fjellet frem. Det ble slått på fjellet med en 6 kg slegge i en avstand av $\sim 5 \text{ m}$ fra instrumentene. Dette frembragte middels store vibrasjoner i A7, som står fundamentert på fjell ($2,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$), men små vibrasjoner i STK-1, som står fundamentert på sandpute ($0,6 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).

Det ble opplyst at arbeidet med instrumentene ikke ble forstyrret hverken av gangtrafikk på gulvet eller av andre normale vibrasjoner. Det ble således ikke gjort noe avbrudd i målingene med instrumentet når noen gikk over gulvet.

Etter et sprengningsarbeide i nærheten av instituttet for noen år tilbake, ble justeringen av STK-1 forstyrret, og ved et senere lignende arbeide ble instrumentet demontert i den tiden sprengningsarbeidet pågikk, slik at det ikke skulle bli skadet.

- 2.12 - Ingenjørsbyrån VIAK AB, Göteborg, Fotogrammetrisk avdeling, ble besøkt 7.7.1970.

Avdelingskontoret lå i Barlastgatan 2. Bygningen var en nyere betongbygning i 4 etasjer fundamentert på fjell. Den fotogrammetriske avdelingen lå i 3. etasje, og en stereokomparator Wild STK-1 var her oppstilt direkte på betongdekket. Rommet inneholdt bare dette instrumentet. Rommet hadde opprinnelig hatt et elastisk gulvbelegg, men det viste seg umulig å sette komparatoren på dette, og alt belegg ble fjernet ned til betongdekket.

Bygningen lå ut mot en trafikkert gate. Det var leiegarasjer i flere etasjer i bygningen og en bensinstasjon med vaskemaskin for biler i 1. etasje.

Det ble målt vibrasjoner på instrumentet. Fra ikke-identifiserbar fremmedstøy i og utenfor bygningen var vibrasjonene små ($0,83 \cdot 10^{-6} \text{ m}$). Gangtrafikk over gulvet ga middels store vibrasjoner ($2,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).

Arbeidet med STK-1 mentes ikke å bli forstyrret av gangtrafikk over gulvet eller av annen fremmedstøy. Det pågikk imidlertid sprengning for en tunnel i nærheten, og dette ga vibrasjoner som kunne sees når man arbeidet med instrumentet. Hvorvidt disse vibrasjoner influerte på justeringen, visste man ikke. (sprengning skjedde ikke under besøket).

Det ble forevrig opplyst at instrumentet, som man bare hadde hatt noen få måneder, ennå ikke var godtatt av VIAK, fordi de krav som var stillet til nøyaktigheten, ikke var oppfylt. Det forhold det her dreide seg om, hadde imidlertid neppe noe med vibrasjoner å gjøre.

2.13 - Wild Heerbrugg Aktiengesellschaft Heerbrugg/Schweiz, Fabriken für Optik und Feinmechanik, ble besøkt 21. og 22.7.1970.

Alle de høypresisjonsinstrumenter N.G.O. for tiden har, er levert av instrumentfabrikken Wild. I tillegg til å undersøke forholdene i fabrikkens justeringsrom for stereokomparatorer, hadde man med dette besøket den hensikt å skaffe seg ytterligere kjennskap til oppbygningen av instrumentet med tanke på vurdering av det aktuelle spørsmål.

Justeringsrommet lå i samme bygning som noen av produksjonslokalene. Det var plasert i 1. etasje, i terrenghøyde, med et separat fundament for oppstilling av tre stereokomparatorer. Fundamentet ble oppgitt å være bygget som en betongblokk, nedsatt i en grube med betong bunn og vegger og isolert mot disse med ekspandert kork. Grunnen ble oppgitt å bestå av leire-silt (Lehm) og sand.

N.B. | Justeringsrommet lå ca. 50 m fra hovedvei og ca. 100 m fra jernbane. Det kunne i rommet tydelig høres støy fra verktøymaskiner, men avstanden til disse er ikke kjent.

Indig | Det ble utført målinger på en stereokomparator Wild STK-1, som var oppstillet på instrumentfundamentet. Det ordinære vibrasjonsnivå gjennom dagen var lavt ($0,64 \cdot 10^{-6} \text{m}$). Ved avslutningen av arbeidstiden, da trafikken både i og utenfor verkstedet var stor (fabrikken har 3500 ansatte), var vibrasjonsnivået middels ($2,5 \cdot 10^{-6} \text{m}$). Gangtrafikk i målerommet ga stort sett små til middels store vibrasjoner ($2,9 \cdot 10^{-6} \text{m}$). Vibrasjonene var praktisk talt like store enten trafikken skjedde på det isolerte fundament eller utenfor. Dette tyder på at den valgte isolering ikke var effektiv overfor svingninger av den frekvens som oppsto ved gangtrafikk på gulvet.

N.B. | Det ble opplyst at arbeidet med justering av instrumentene ikke ble forstyrret av noen av de ordinære vibrasjoner som var registrert. Arbeidet ble heller ikke avbrutt selv om noen gikk over gulvet i justeringsrommet.

Foruten de absolutte vibrasjoner ble for endel eksitasjoner målt den relative forskyvning mellom den vognen som bærer bildet og den undre rammen hvori det optiske punkt sitter. På grunn av instrumentets konstruksjon og den tilgjengelige måleutrustning kunne denne verdi ikke måles i ett trinn, men forskyvningen mellom billedplanet og den underliggende vognen og mellom denne vognen og den undre rammen måtte måles hver for seg og delforskyvningene summeres. Ved disse målingene ble også instrumentet eksitert ved svake slag mot rammen; ved vurdering av resultatene for disse målingene må imidlertid muligheten for deformasjon i måleutstyrets feste has for øyet.

På grunn av den vesensforskjellige måte de absolutte forskyvninger og de relative forskyvninger måles på, er det ikke mulig å få sammenlignbare resultater, og det kan ikke angis et forholdstall mellom disse. Det kan imidlertid angis at forskyvningsdifferensen mellom hver av de angitte målepunkter for gangtrafikk på fundamentplaten var $0,1-0,5 \cdot 10^{-6}$ m (10-30% av de absolutte bevegelser i den samme retningen).

Det ble hos Wild anledning til å se noe av oppbygningen av instrumentet, og herigjennom få klarlagt sider ved det aktuelle problem som ikke var kjent på annen måte.

- 2.14 - Schweizerische Schule für Photogrammetrieopérateure, St. Gallen, Sveits, ble besøkt ettermiddagen 22.7.1970. Skolen lå i Rosenbergstrasse 16 i 4. etasje i en ny betongbygning. Bygningen var fundamentert på løsavlagringer som besto av sand og grus, og som under den ene delen av bygningen ble betegnet som moreneaktige og meget hårde. En stereokomparator Wild STK-1 sto oppstillet i et eget rom og her plasert direkte på et frittstående betongdekke.

Bygningen lå mot en trafikkert gate. Det var også relativt kort avstand til jernbanelinje (stasjonsområde).

Det ble målt vibrasjoner på STK-1. Mens klimaanlegg for målerommet var i drift, ble det målt relativt små vibrasjoner ($1,4 \cdot 10^{-6}$ m). Fra trafikk utenfor bygningen var

vibrasjonene relativt store ($3,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$). Gangtrafikk over gulvet ga middels store vibrasjoner ($2,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).

Arbeidet med STK-1 mentes ikke å bli forstyrret hverken av gangtrafikk over gulvet eller annen fremmed støy.

- 2.15 - International Training Center for Photogrammetry and Photointerpretation (I.T.C.), Delft, Holland, ble besøkt 23.-24.7.1970.

Instituttet har egen bygning, beliggende i Kanalweg 3, i tilknytning til det området som dekkes av den tekniske høyskoles bygninger. Instituttbygningen er oppført i betong. Det ble opplyst at den var fundamentert på løsavlagringer, som tildels besto av organisk materiale. Sikre opplysninger om de geotekniske og fundamenteringstekniske forhold ble ikke fremskaffet. Bygningen ligger ca. 15 m fra en kanal med stadig trafikk av relativt store lektere. Mellom kanalen og bygningen gikk det en vei med middels trafikk.

Instituttet hadde før den nye bygningen ble oppført holdt til i en nabobygning tilhørende den tekniske høyskolen. Denne bygningen lå i omtrent samme avstand fra vei og kanal som den nye bygningen. Der hadde vibrasjoner fra propellslagene i kanalen forårsaket meget store vibrasjoner. Det ble oppgitt at det var observert forskyvninger på opp til $200 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ for stereoautografer, og dette hadde sterkt vanskeliggjort bruken av disse. Ved oppførelsen av den nye bygningen hadde man derfor innført et isolasjonssystem for å unngå dette. De fotogrammetriske instrumentene var plasert i bygningens 1. etasje og de viktigste instrumentene oppstillet på vibrasjonsisolerte gulvplater (fundamenter). Det var to slike gulv, på ca. 25 m^2 og 120 m^2 . Platene hadde en tykkelse på ca. 45 cm og var opplagt på gummiklosser på et undre gulv. Løsningen syntes imidlertid ikke å ha vært vellykket, og de isolerte platene hadde tildels måttet arreteres, slik at isoleringen tildels ble satt ut av funksjon. En stereokompa-

0,2 mm

rator STK-1, som hadde vært plasert på en av disse platene, hadde måttet flyttes til et uisolert rom i den motsatte enden av bygningen (lengre bort fra kanalen). Det var imidlertid på grunn av ferie vanskelig å få full klarhet over på hvilket tidspunkt arreteringen var innført og også å få fullstendige opplysninger om utformningen av isoleringen og arreteringen. Det var imidlertid forutsetningen at supplerende opplysninger angående disse forhold ville bli tilstillet oss, men slike foreligger ikke i dag.

Stereokomparatoren var flyttet bort fra de omtalte instrumentrommene, men det sto her en rekke kartkonstruksjonsmaskiner, blandt annet instrumenter av typen Wild A7 og Wild A8, og det ble utført målinger på disse, på de isolerte gulvene og på bygningen utenfor de isolerte gulvene.

Målinger av trafikk utenfor bygningen ga for det største målegulvet, som ligger nærmest vei og kanal, store vibrasjoner. Ved passasje av større båter kom man her opp i meget store verdier ($13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$). Gangtrafikk over gulvet ga relativt store vibrasjoner ($3,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).

Det ble dessuten utført endel målinger for å undersøke hvorledes isoleringen av platen virket. Disse ble gjennomført ved sammenlignende målinger mellom isolert gulv og bygningsveggen som begrenset rommet. Fra båttrafikk på kanalen var vibrasjonene vesentlig større på gulvet enn på veggen, og dette gjaldt også fra gangtrafikk på gulvet.

Det ble også gjort endel målinger for å bestemme egen-svingetallet for de isolerte fundamentplatene. Resultatene av disse målinger har liten betydning for den aktuelle oppgaven, og de skal ikke nærmere omtales her. Målingene vil imidlertid kunne få betydning ved eventuell fremtidig konstruksjon av isolerte plater for N.G.O.'s bygning.

Bortsett fra for stereokomparatoren, som hadde måttet flyttes til et annet rom, var bruken av instrumentene ikke sjenert av de vibrasjoner som oppsto hverken fra trafikk på kanalen eller gangtrafikk på gulvet.

2.16 - Norges Geografiske Oppmåling, Den topografisk/kartografiske avdeling, Oslo.

Avdelingen holder til i instituttets bygning i St. Olavs gate 32. Langs bygningen går på to sider sterkt trafikerte gater. Bygningen er ca. 100 år gammel, den er utført av teglstein med trebjelkelag. En stereokomparator STK-1 og to stereoautografer Wild A7 er plasert i bygningens underetasje og der fundamentert direkte på fjell, adskilt fra det omliggende gulv med en luftspalte. Den delen av bygningen hvor instrumentene står, er fundamentert på fjell.

Det er ikke utført egne målinger som tar sikte på å undersøke vibrasjonsnivået for disse instrumentene, men slike er fremkommet i forbindelse med endel spesielle målinger omtalt under pkt. 2.2. Disse er alle utført på stereokomparator STK-1. Målingene viser at det generelle vibrasjonsnivået (trafikk utenfor og gangtrafikk på gulvet) ligger på grensen av det som kan registreres med utstyret (når det ikke brukes forsterker) ($0,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}$).

2.17 - Widerøes Flyveselskap A/S, Fotogrammetrisk avdeling, Rolfstangen, Bærum.

Bedriften har egen bygning beliggende i Rolfstangvn. 12, Rolfstangen i Bærum. Bygningen er oppført i betong og fundamentert direkte på fjell. Stereoautografer er plasert direkte på frittstående betongdekker i bygningens 2. etasje.

I samarbeide med Norsk Teknisk Byggekontroll A/S har vi i tidsrommet 6.4.-1.6.1970 foretatt måling av vibrasjoner i bedriften mens det ble foretatt utsprenkning for en utvidelse av bygningen. Målingene ble foretatt på to stereoautografer, Wild A7 og Wild A8, som begge sto nær veggen inn mot utvidelsen. Det ble i det nevnte tidsrom foretatt i alt 143 registreringer. Hastighetsamplitudene lå mellom $0,7 \cdot 10^{-3}$ m/s og $17 \cdot 10^{-3}$ m/s, med et gjennomsnitt på $2,3 \cdot 10^{-3}$ m/s. Akselerasjonene lå mellom $190 \cdot 10^{-3}$ m/s² og $5700 \cdot 10^{-3}$ m/s², med et gjennomsnitt på $900 \cdot 10^{-3}$ m/s².

Under noen av sprengningene ble det observert i et av instrumentene, og det kunne da tydelig sees gjensidige forskyvninger mellom målemerke og bilde. Allerede kort tid etter at sprengningen var påbegynt, kom instrumentene så meget ut av justering at de ikke kunne brukes til nøyaktigere arbeider. (Det var selvsagt umulig å arbeide med instrumentene mens sprengningene pågikk.)

Da sprengningsarbeidet var avsluttet, ble instrumentene justert av en representant for Wild. Han kunne fortelle at de var bragt helt ut av justering, men at det ikke hadde vært så store vibrasjoner at noen deler var skadet.

o t. lørte-
ider. Mot instituttets eiendom støter en importhavn for olje, som forsyner Fornebo flyplass med drivstoff for flyene. Det går her i en avstand av ca. 25 m fra bygningen stadig tankbiler av vekt ca. 40 t, men vibrasjoner fra disse har man aldri hatt inntrykk av forstyrret observasjonene. Noen måling av vibrasjonene fra slik trafikk er imidlertid ikke foretatt. Den veien tankvognene kjører på ligger langs bygningen dels på fjell dels på løsavlagringer.

2.2 - Spesielle undersøkelser for stereokomparatoren.

Som et ledd i arbeidet med å klarlegge hvilket vibrasjonsnivå som kan tillates, er følgende to undersøkelser gjennomført med N.G.O.'s stereokomparator.

2.21 - Den grense ved hvilken instrumentet vil bli bragt ut av justering, må antas å ligge vesentlig over det vibra-

sjonsnivå som instrumentet er utsatt for ved daglig bruk. Det ble derfor utført målinger for å bestemme vibrasjonsnivået i instrumentet når vognene, som utgjør endel av instrumentet, kjøres frem og tilbake. Forflytning av disse vognene, når dette skal skje over en større del av billedfeltet, skjer ved hjelp av elektriske motorer, og det må regnes med at det ved start og stopp, samt særlig ved hurtig endring av kjøreretningen vil oppstå forholdsvis store krefter.

En slik undersøkelse ble utført 10.7.1970. Undersøkelsen viste at det ved kjøring av vognene oppsto vibrasjoner med akselerasjonsamplituder i disse av størrelse $2900 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$ og i instrumentrammen av størrelse $2100 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

- 2.22 - For å klarlegge hvor store vibrasjoner instrumentet kunne være utsatt for uten at dette virket forstyrrende på observasjonene, ble instrumentet eksitert mens det ble observert i instrumentets betraktningsapparat samtidig med at det ble utført målinger både av de absolutte vibrasjoner og av forskyvningsdifferensene.

Slike målinger ble utført 4.8.1970. Stereokomparatoren ble da eksitert ved at det ble slått på instrumentets ramme med en knyttet neve. Det syntes noe vanskelig for observatøren å avgjøre når bildet beveget seg. Grensen for dette blir derfor noe diffus, men kan antagelig trekkes ved en forskyvningsamplitude på $4-5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$ og en akselerasjonsamplitude på ca. $300 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$. Ved dette nivå syntes imidlertid fortsatt målepunkt og bilde å bevege seg samlet, slik at det ikke var noen synlig forskyvning mellom disse.

For de i denne forbindelse målte forskyvningsdifferenser kan det, slik målingene er utført, ha oppstått deformasjoner i måleutstyrets feste, og dette bør tas for øye ved vurdering av måleverdiene.

2.3 - Konklusjon

For å komme frem til hvilke av de målte størrelser (forskyvning, hastighet, akselerasjon) som bestemmer de forskjellige grader av instrumentforstyrrelser, er det nedenfor gjort endel enkle betraktninger. Disse har kun denne hensikt og må ikke tillegges noen verdi ut over dette.

2.31 - Forstyrrelse av synsinnstrykket ved at bildet beveger seg for observatørens øye.

Forskyvning av bildet vil fremkomme hvis instrumentet vibrerer som en enhet, og forskyvningene vil være lik forskyvningsamplitudene målt på instrumentet. Forskyvningene av bildet i forhold til observatørens øye avhenger av om øyet står stille. Bevegelsen av de enkelte deler av kroppen, herunder øyet, i relasjon til underlaget (gulvet, stolen) er avhengig av de forstyrrende svingningers frekvenser og av stivhets- og resonansforhold i kroppen. Disse forhold som igjen er avhengige av kroppens stilling, og også tildels varierer fra menneske til menneske, vil ikke kunne utredes innenfor rammen av den aktuelle oppgaven.

Forskyvning i relasjon til øyet vil også være avhengig av hvilken svingeform instrumentet har (rotasjon eller translasjon) og hvilket punkt på instrumentet de angitte forskyvninger refererer seg til. Forholdene vil også fortone seg forskjellige avhengig av svingeretningen (vertikalt eller horisontalt, langs eller tvers på kikertaksen). Forstyrrelsens form må antas å være avhengig av svingefrekvensen, idet en lav frekvens må antas å føre til at bildets bevegelser kan følges, mens en høy frekvens gjør at det sees et uttrukket bilde.

En fullstendig analyse av forholdene med alle disse variable ville ha mangedoblet oppgaven. Slik forholdene ligger an, menes det imidlertid at måleverdier som er fremskaffet under noenlunde ensartete betingelser, burde kunne gi et grovt sammenligningsgrunnlag uten en slik

analyse, og i henhold til dette og foranstående er den på instrumentene (eventuelt på gulvet ved siden av) målte forskyvningsamplitude benyttet som målgivende for denne type forstyrrelser.

Ved samtlige besøkte institutter, unntatt I.T.C., ble det opplyst at arbeidet med stereokomparatoren ikke ble forstyrret av normale vibrasjoner, mens man ved I.T.C. hadde måttet flytte stereokomparatoren vekk fra den plassering den opprinnelig hadde hatt på grunn av vibrasjonsforstyrrelser. Mens de maksimale vibrasjoner i den første gruppe institutter ligger under $4 \cdot 10^{-6} \text{ m}$, er det ved I.T.C. målt svingninger opp til $13 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

Ved målinger ved N.C.O. ble det funnet at det inntrådte synlige forskyvninger av bildet ved en forskyvningsamplitude av instrumentrammen på $4-5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$. I dette tilfellet hvor instrumentet ble eksitert ved slag, må det også regnes med at andre forhold, som elastiske deformasjoner av de enkelte deler av instrumentet, kan være aktuelle; dette er nærmere omtalt nedenfor.

Etter foranstående synes det som om grensen for tillatte vibrasjoner ut fra hensynet til at bildet ikke skal bevege seg for observatørens øye, bør settes ved $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$.

2.32 - Forstyrrelse av synsinntrykket ved at bilde og målepunkt beveger seg i forhold til hverandre.

Hvis svingningene overstiger en viss grense, vil det inntre gjensidige bevegelser av de enkelte instrumentdeler på en slik måte at dette vil forårsake både en forskyvning av bildet og en gjensidig forskyvning av bildet og målepunktet. Disse bevegelser vil addere seg til de bevegelser som er omtalt under pkt. 2.31.

Bevegelsen av de enkelte deler vil foruten av de forstyrrende svingninger være bestemt av delenes eller delsystemenes resonansfrekvenser. (Det sees for denne forstyrrelseskategori bort fra svingninger som er så

store at de forårsaker plastiske formendringer eller forskyvninger. Slike forskyvninger hører inn under pkt. 2.33.) Hvilken av svingningsstørrelsene (forskyvning, hastighet, akselerasjon) som er målgivende for forstyrrelsens (forskyvningens) størrelse, vil være avhengig av forholdet mellom de forstyrrende svingningers frekvens og delenes resonansfrekvenser, og delenes respons på svingningene vil også være avhengig av dette forhold. Da resonansfrekvensene ikke er kjent og ikke kan bestemmes med et rimelig arbeide, og da det dessuten ville være meget komplisert å gjøre en vurdering av dette spørsmål avhengig av de forstyrrende svingningers frekvenser, må det ansees riktigst i denne forbindelse å basere en grense for tillatte vibrasjoner på svingningenes hastighetsamplitude, som er den størrelse som mest generelt karakteriserer svingninger.

(Slark i instrumentet vil kunne forårsake forstyrrelser som hører inn under denne kategori. Selv om det er andre forhold som bestemmer forskyvningene i dette tilfellet, er også forstyrrelser av denne årsak regnet bestemt av hastighetsamplituden.)

Det foreligger ikke materiale som direkte kan fastlegge den aktuelle grense. Følgende kan imidlertid fastslåes:

1. Ved alle de besøkte institutter lå hastighetsamplituden for alle ordinære vibrasjoner under $1,2 \cdot 10^{-3}$ m/s. Ikke ved noen av disse institutter eksisterte det ved slike vibrasjoner en synlig gjensidig forskyvning mellom målepunkt og bilde.
2. Ved N.G.O. ble det da instrumentet ble eksitert med slag, målt hastighetsamplituder opp mot $3 \cdot 10^{-3}$ m/s. Det ble herunder ikke observert gjensidige forskyvninger mellom målepunkt og bilde.
3. Under sprengning hos Widerøe ble det observert svingninger med hastighetsamplituder opp til $17 \cdot 10^{-3}$ m/s. Her ble det observert en tydelig forskyvning mellom målepunkt og bilde, men det ble ikke foretatt en

systematisk undersøkelse av forholdene, slik at grensen for slik gjensidig forskyvning kan fastlegges ut fra dette.

Ut fra foranstående må det ansees riktig å sette grensen for tillatelige vibrasjoner ut fra hensynet til gjensidig forskyvning av målepunkt og bilde til $3 \cdot 10^{-3}$ m/s.

2.33 - Forstyrrelse av instrumentets justering.

Denne må antas å skyldes plastiske forskyvninger i instrumentets sammenføyningspunkter og å være avhengig av kreftene på de enkelte instrumentdeler, og således av disses masse, og av den akselerasjon de blir utsatt for.

På samme måte som for forstyrrelsene behandlet under pkt. 2.32, vil den størrelse som i dette tilfelle er målgivende for forstyrrelsen være avhengig av forholdet mellom de forstyrrende svingningers frekvens og de eksisterende resonansfrekvenser og delenes respons på de forstyrrende svingninger også være avhengig av dette forholdet.

Da disse forhold, som nevnt under pkt. 2.32, ikke lar seg klarlegge i detalj, er også her valgt en fast målgivende størrelse for det forhold det gjelder. I dette tilfellet ansees akselerasjonsamplituden å gi det riktigste grunnlag.

Justeringsforstyrrelsene kan ikke antas å være proporsjonale med de opptredende krefter, men vil komme sprangvis når bestemte grenser overskrides, både med hensyn til svingningenes intensitet og varigheten av disse.

Det foreligger ikke materiale som direkte kan fastlegge den aktuelle grense, men følgende observasjonsresultater skal summeres:

1. Ved alle de besøkte institutter lå for ordinær støy fremkalt utenfor instrumentet akselerasjonene under $1000 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.
2. Ved kjøring av instrumentvognen og ved slag på instrumentet oppsto svingninger med akselerasjoner opp til $2000 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.
3. Ved sprengning hos Widerøe oppsto vibrasjoner med akselerasjonsamplituder opp til $5600 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

Under hensyn til forhold vedrørende akselerasjonskurvens antatte form vil vi anta at det generelt bør settes en grense for tillatelig fremmedstøy, under hensyntagen til instrumentenes justering, på $1000 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

2.34 - Ødeleggelse av instrumentet.

Ved ødeleggelse tenkes på permanent deformasjon av de enkelte delene i instrumentet. Særlig ømfintlige er lagrene for vognene, hvor kuler løper på slipte skinner. Slik ødeleggelse vil være avhengig av de samme faktorer som er nevnt under pkt. 2.33. Også her må det antas at ødeleggelsene ikke er proporsjonale med de opp-tredende krefter, men vil komme sprangvis når bestemte grenser overskrides, både med hensyn til svingningenes intensitet og varighet.

Som målgivende størrelse for svingningene i denne forbindelse må det også ansees riktigst å benytte akselerasjonsamplituden.

Det has ingen observasjoner til bedømmelse av ovenstående forhold. Grenseverdien må imidlertid ligge over det vibrasjonsnivå som ble målt ved sprengninger hos Widerøe, idet det her ikke inntrådte skader på instrumentene. Største målte verdi var her $5600 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

I henhold til dette bør grensen for tillatelige vibrasjoner for ikke å få skader på instrumentene, settes til $5000 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$. Denne verdi bør gjelde for en enkelt

vibrasjonspåkjenning. Ved stadige vibrasjoner bør grensen sikkert settes lavere.

Etter foranstående kan skisseres følgende grenser:

- 2.31 - Forstyrrelse av synsinntrykket ved at bildet beveger seg for observatørens øye:

Forskyvningsamplitude - $5 \cdot 10^{-6} \text{ m}$

- 2.32 - Forstyrrelse av synsinntrykket ved at bilde og målepunkt beveger seg i forhold til hverandre:

Hastighetsamplitude - $3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

- 2.33 - Forstyrrelse av instrumentets justering:

Akselerasjonsamplitude - $1000 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

- 2.34 - Ødeleggelse av instrumentet:

Akselerasjonsamplitude - $5000 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

(Gjelder for en enkelt vibrasjonspåkjenning, for gjentatte vibrasjoner en lavere grense.)

3. VIBRASJONSNIVÅET PÅ TANDBERGMOEN

På Tandbergmoen syd for Hønefoss er valgt ut et område på ca. 200 x 300 m innen hvilket det nye instituttet skulle kunne plasseres.

Norges Geotekniske Institutt har våren 1970 foretatt grunnundersøkelser for området. Redegjørelse for de geotekniske forhold er gitt i rapport nr. 7007.1 av 8.5.1970.

Det fremgår av denne at det er løsavlagringer i hele den undersøkte dybde ned til 25 m. Avlagringene består i den sydlige delen av fast lagret sand og grus ned til 25 m dybde. I den nordre delen er det ned til 3-4 m dybde en siltig tørrskorpeleire, videre ned til 5-6 m dybde lagdelt silt og sand og derunder en sand. N.G.I. anser ut fra dette den sydligste delen av tomten for å være meget godt sjikket for bygging av et nytt institutt, under forutsetning av at vibrasjonsforholdene her stiller seg gunstig.

3.1 - Vibrasjonsundersøkelser på Tandbergmoen.

Ut fra ovenstående er det utført undersøkelser av vibrasjonsforholdene på den sydlige delen av det undersøkte området. Undersøkelsene ble utført 5.8.1970.

Undersøkelsene har tatt sikte på å bestemme:

3.11 - Vibrasjonsnivået over området fra en utvalgt vibrasjonskilde.

3.12 - Forplantningsforholdene for vibrasjoner over området.

3.13 - Dominerende svingefrekvenser i området.

3.11 - For bestemmelse av vibrasjonsnivået er valgt en kilde bestående av en lastebil med sand, totalvekt 10 t. Bilen kjørte med en hastighet på ca. 20 km/t på en skogsvei. Vibrasjonene er målt i to punkter i avstand 20 m og 58 m fra nærmeste punkt på veien. Forholdene fremgår av kartskisse, bilag 22.

- 3.12 - For å klarlegge forplantningsforholdene er foruten i de to punkter i terreng vibrasjonene målt i et borhull i 10 m dybde.
- 3.13 - På grunn av refleksjons- og refraksjonsforhold vil bestemte frekvenser bære vesentlig bedre gjennom enn andre. For å finne frem til slike er det fremkalt et støt i bakken ved at en sandsekk med vekt 50 kg er sluppet ned ca. 2,0 m.

Målingene av vibrasjonene er utført med det samme utstyr som beskrevet under pkt. 2.

Resultatene av de utførte undersøkelser fremgår av tabeller, bilag 18-20.

Fra lastebiltrafikk på veien er det observert følgende maksimale verdier:

I terreng i 20 m avstand:

Forskyvningsamplitude	$2,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}$
Hastighetsamplitude	$0,45 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.}$
Akselerasjonsamplitude	$71 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2.$

I terreng i 58 m avstand:

Forskyvningsamplitude	$1,7 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$
Hastighetsamplitude	$0,20 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.}$
Akselerasjonsamplitude	$31 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2.$

I 10 m dybde i 20 m horisontal avstand:

Forskyvningsamplitude	$0,8 \cdot 10^{-6} \text{ m.}$
Hastighetsamplitude	$0,05 \cdot 10^{-3} \text{ m/s.}$
Akselerasjonsamplitude	$4 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}^2.$

Den mest dominerende frekvens er 25 s^{-1} .

3.2 - Konklusjon.

De vibrasjoner den valgte kilde, 10 t lastebil, fremkalte, er moderate. Vibrasjonene avtar relativt raskt med avstanden fra vibrasjonskilden. Vibrasjonene avtar også raskt med dybden.

Den valgte vibrasjonskilde må ansees å fremkalle større vibrasjoner på det aktuelle området enn noen eksisterende kilder i området, og det naturlige vibrasjonsnivå må derfor i dag ansees å ligge betydelig under det som er bestemt ved de aktuelle undersøkelsene.

4. OVERFØRING AV VIBRASJONER FRA GRUNN TIL BYGNINGER - INNFØRING AV SPESEIELLE VIBRASJONSISOLERENDE SYSTEMER.

11. B
Overføring av vibrasjoner fra grunnen til bygningene er avhengig av egensvingetallet for de svingesystemer som bygningene som helhet (med underliggende masser) og de enkelte deler av bygningene danner. Det er nødvendig å kjenne både bygningskonstruksjonene og grunnens dynamiske stivhet for å kunne klarlegge disse forhold. Det vil derfor ikke være mulig å klarlegge denne side av saken før prosjekteringen av bygningene påbegynnes og det dessuten er gjennomført endel undersøkelser for å bestemme de dynamiske stivhetsforhold i grunnen nærmere.

Det er imidlertid, uavhengig av slike undersøkelser, klarlagt at det ved den konstruktive utformning av bygningene er mulig å regulere overføringsforholdene slik at vibrasjonsnivået i bygningene ikke overstiger det man har i grunnen.

Det er også fullt mulig ved innføring av spesielle løsninger å bringe vibrasjonsnivået i bygningene ned under det som eksisterer i grunnen. Dette vil imidlertid i enkelte tilfeller kunne føre til relativt kostbare løsninger og bør bare komme på tale hvis det vibrasjonsnivå som ellers vil oppstå i bygningene, må ansees utillatelig høyt.

Av mulige løsninger for å redusere vibrasjonsnivået i bygningene kan til orientering nevnes følgende:

Vibrasjonsisolering.

2. / Slik kan gjennomføres ved at det innføres svingesystemer som har lave egensvingetall i forhold til de forstyrrende svingningers frekvens. Her kan tenkes en elastisk opplagring av hele bygningen, av en plattform for de ømfintlige instrumentene eller av hvert enkelt instrument.

Vibrasjonsskjerming.

Slik kan gjennomføres ved fundamentering av bygningen på pilarer ned til en dybde hvor vibrasjonsnivået er sterkt redusert. Løsningen skiller seg fra vanlig pilarfundamentering ved at pilarene må stå fritt i rør (ikke fylt med vann), slik at de ikke har kontakt med den omliggende massen.

En annen utformning av samme prinsipp består i innføring av en dyp grøft rundt bygningen. Grøften må utformes på en slik måte av vibrasjonene ikke kan passere denne. Dette betyr at den må være helt åpen (heller ikke være fylt med vann).

5. KONKLUSJON

På grunnlag av de undersøkelser som er utført, og de opplysninger som er innhentet, er vi kommet frem til følgende konklusjon:

For den sydlige delen av tomten på Tandbergmoen ligger det naturlige vibrasjonsnivå i dag under den verdi som, alle forhold tatt i betraktning, kan virke hemmende eller forstyrrende på målinger med de mest ømfintlige instrumenter Norges Geografiske Oppmåling i dag har til disposisjon.

Ved bygging av et nytt institutt på tomten er det ved en hensiktsmessig utforming av bygningskonstruksjonene, inklusiv fundamenteringen, mulig å oppnå at vibrasjonsnivået i bygningene ikke overstiger det som eksisterer i grunnen i dag.

Det er også fullt mulig ved innføring av spesielle konstruksjoner å bringe vibrasjonsnivået i bygningen ned under dette nivå.

Innføring av nye vibrasjonskilder i området vil kunne øke vibrasjonsnivået ut over det som eksisterer i dag. Som slike kilder kan tenkes gjennomgangsveier med tyngre trafikk og industri med vibrasjonsgenererende maskineri (f.eks. smihammere, rammesager). For at man ikke skal risikere at vibrasjonsnivået i instituttet skal øke ut over det som er ønskelig, må det derfor ikke innføres slike nye kilder uten at virkningen

av disse er undersøkt på forhånd. Slike undersøkelser kan utføres ved at det på de aktuelle tomtene plasseres en transportabel vibrator (for støykilder med periodisk forløp) eller en rambukk (for støykilder med støtpulser), og at de vibrasjoner som overføres til det nye instituttet (eller instituttstomten) måles.

Det kan regnes med at det vil være tilstrekkelig med slike undersøkelser innenfor en avstand av 500 m fra instituttet. Skulle det imidlertid dreie seg om spesielt sterke vibrasjonskilder, vil det være tilrådelig at det foretas måling også utenfor denne grense.

Ovenstående betyr på den annen side ikke at vibrasjonsgenererende anlegg ikke kan plasseres innen den angitte grense. Vibrasjonene synes å tape seg relativt raskt på den aktuelle tomten, og det er sannsynlig at de nevnte restriksjoner vil få liten praktisk betydning for disponeringen av området omkring instituttet.

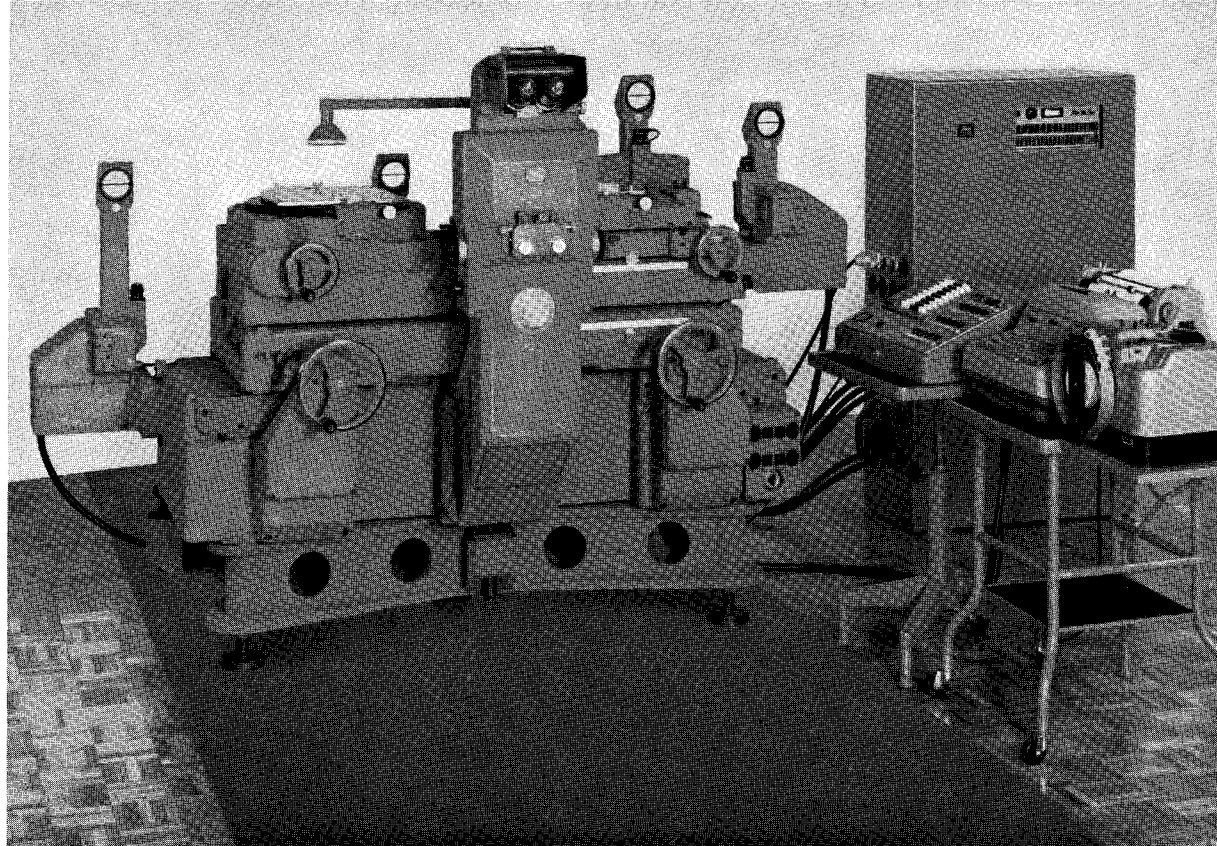
N.B. / Det er av betydning at den delen av bygningen hvor de ømfintlige instrumentene blir plassert, blir adskilt fra den øvrige delen av bygningen, og at det i den aktuelle delen ikke blir introdusert vibrasjonskilder av betydning. Alle konstruksjonselementer (dekker, vegger) må både statisk og dynamisk dimensjoneres under hensyntagen til de krav instrumentene stiller.

Som det fremgår av foranstående, synes det ikke å skulle innebære noen betenkeligheter med hensyn til vibrasjonsforstyrrelser å legge et nytt institutt for Norges Geografiske Oppmåling på det undersøkte området på Tandbergmoen ved Hønefoss, når bare de forhold som er nevnt, ivaretas.

Oslo, 25.9.1970


Per A. Madshus

Stereokomparator Wild STK-1



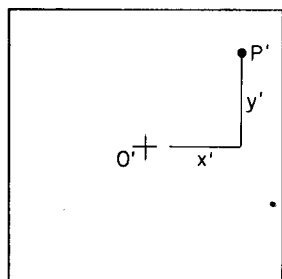
B. Terrestrische Photogrammetrie:

1. Punktweise Ausmessung von Bildpaaren für Probleme des Ingenieurbauwes.
 2. Modellversuche.
 3. Ballistische Probleme.
 4. Ausmessung stereoskopischer Mikroaufnahmen.
- C. Astronomie: Ausmessung von Astrolaufnahmen.
D. Physik: Ausmessung von Experimentalaufnahmen.
E. Hilfsmessungen für die Prüfung photogrammetrischer Geräte:
Ausmessung von Gitterplatten.
Ausmessung von Kompensationsplatten.
Ausmessung von Testaufnahmen, z. B. für Verzeichnungsprüfungen.

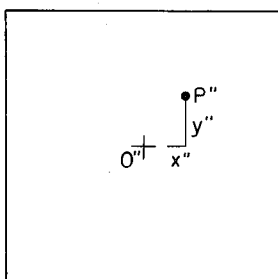
Genauigkeit:

In Anbetracht der hohen Anforderungen an den Stereokomparator muss die Einstell- und Registrierengenauigkeit für die rechtwinkligen Koordinaten x, y am linken Bildträger und für die Koordinatendifferenzen Δx und Δy zu den identischen Punkten am rechten Bildträger oder wie letztere in der Photogrammetrie genannt werden, die Bildparallaxen p_x und p_y , etwa 2 Mikron betragen. Um diese extrem hohe Genauigkeit zu gewährleisten, ist der Stereokomparator Wild im Gegensatz zu bisherigen Komparatoren ausserordentlich massiv gebaut und besitzt eine mechanische Korrekturvorrichtung zur Ausschaltung der Restfehler der Meßspindeln.

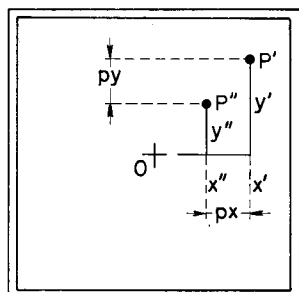
Schema der Koordinatenmessung:



Linkes Bild



Rechtes Bild



$$p_x = x' - x'' = -\Delta x$$

$$p_y = y' - y'' = -\Delta y$$

Bilder übereinander gelegt
zur Darstellung der
Parallaxen p_x und p_y

Aufbau des Gerätes:

Auf einem dreipunktgelagerten robusten Stabilisator ruht eine starre Grundplatte, welche die Schiene für den x' -Wagen trägt. Auf dem x' -Wagen gleitet auf einer Schiene der y' -Wagen, auf welchem sowohl der linke Bildträger als auch die x'' -Schiene für den x'' -Wagen des rechten Bildträgers angebracht sind. Auf der x'' -Schiene gleitet der x'' -Wagen mit der y'' -Schiene, die den y'' -Wagen mit dem rechten Bildträger führt. Beide Bildträger machen daher die x' - und y' -Bewegung gleichzeitig mit, während sich bei der y'' - und x'' -Bewegung nur der rechte Bildträger relativ zum ruhenden linken Bildträger verschiebt, also nur die Differenz- oder Parallaxenbewegung ausführt.

Die Bildträger sind für die Auskantung der eingelegten Bildpaare zur Bildorientierung für die stereoskopische Betrachtung um ihren Mittelpunkt sowohl frei, als auch mittels Feinschraube drehbar (z -Bewegung).

Da die Bildpaare von oben beleuchtet und von unten frontal betrachtet werden, können die Aufnahmen statt auf planparallele Bildträger auf Kompensationskassetten für frontale Betrachtung aufgelegt werden (A 7- oder A 8-Kassetten), wodurch eine allfällige rotationssymmetrische Restverzeichnung des Aufnahmeobjektivs direkt getilgt wird.

Die hohe Genauigkeit des Komparators erfordert eine besondere Betrachtungsoptik mit Vergrößerungs- und Markenwechsel, zur besten Anpassung an die Bildqualität des auszumessenden Objekts.

FORKLARING TIL TABELLUTTRYKKENETabellfotenMålested

Her er angitt det institutt og det rom hvor målingene er foretatt. For instituttene er benyttet følgende forkortelser:

- KTH - Kgl. Tekniska Högskolan, Stockholm, Institut för fotogrammetri.
- VIAK- Ingenjörshyrån VIAK AB, Göteborg, Fotogrammetrisk avdeling.
- WILD- Wild Heerbrugg Aktiengesellschaft Heerbrugg/Schweiz. Fabriken für Optik und Feinmechanik.
- SSP - Schweizerische Schule für Photogrammetrieopérateure, St. Gallen, Sveits.
- ITC - International Training Center for Photogrammetry and Photointerpretation (I.T.C.), Delft, Holland.
- NGO - Norges Geografiske Oppmåling, Den topografisk-kartografiske avdeling Oslo.
- Widerøe- Widerøes Flyveselskap A/S. Fotogrammetrisk avdeling, Bærum.
- Tandbergmoen - Tomteområde på Tandbergmoen ved Hønefoss (tomtealternativ for N.G.O.'s nybygg).

Målepunkt

Her er angitt det punkt hvor seismometeret er plasert. For instrumentene er benyttet følgende forkortelser:

- STK-1 - Stereokomparator Wild STK-1.
- A7 - Stereoautograph Wild A7.
- A8 - Stereoautograph Wild A8.

Tabellene

Obs.nr. (observasjonsnummer)

Dette er sammensatt av måleserienummeret (3 sifre) og løpenummeret (2 sifre). Her er anvendt:

21101-21120	-	Målinger KTH,	bilag 3
21201-21213	-	" VIAK,	" 4
21301-21334	-	" WILD,	" 5-7
21401-21420	-	" SSP,	" 8-9
21501-21576	-	" ITC,	" 10-14
21601-21605	-	" NGO,	" 15
22201-22209	-	" NGO,	" 17
31001-31027	-	" Tandbergmoen	" 18-20

Kl.slett (klokkeslett)

Der hvor bare ett klokkeslett er angitt, er observasjonen meget kortvarig (vanligvis under ett minutt). Der hvor den er vesentlig lengre, er observasjonens begynnelsestidspunkt og slutt angitt. (Tidspunktene har underordnet betydning, og det er ikke lagt vekt på en nøyaktig tidsangivelse.)

Vibrasjonskilde

Her er angitt den eller de spesielle vibrasjonskilder som har ført til at opptaket er gjort. I tillegg til disse eksisterer bestandig et alminnelig støynivå samt støy som ikke direkte kan identifiseres. Der hvor kun slike vibrasjonskilder eksisterer, er angitt "Ingen spesiell". Angående disse kilder henvises til omtalen av undersøkelsene i teksten.

Målepunkt

Her er angitt seismometerets plassering betegnet med et nummer som henviser til en forklaring gitt i tabellfoten. Hvor det er målt forskyvningsdifferenser, er angitt to nummer, representerende de to punkter mellom hvilke forskyvningene er målt.

Måleretning

Her er anvendt følgende betegnelser:

a. For de horisontale retninger:

Der hvor målingene er utført på eller i nærheten av et av de større instrumenter, er benyttet instrumentets akser, X og Y. For de aktuelle instrumenter er X-aksen instrumentets lengdeakse.

For andre målepunkter er benyttet himmelretningene Ø-V og N-S.

b. For vertikalretningen er benyttet betegnelsen V.

Maks.hast.ampl. (maksimal hastighetsamplitude)

Her er ført opp den maksimale hastighetsamplitude som kan beregnes på grunnlag av ordinater uttatt av diagrammene og frekvensavhengige kalibreringskurver. Da det for oppgaven ikke har interesse med en stor nøyaktighet på måleverdiene, er det ikke lagt vekt på en slik. Der hvor utslaget på registreringsdiagrammet $< 1,0$ mm, er resultatet angitt med ett siffer, forøvrig med to sifre. (Den samme regel er benyttet for angivelse av de avledete størrelser, forskyvningsamplitude og akselerasjonsamplitude.) Der hvor utslaget er så lite at verdien vanskelig kan fastslåes, er denne angitt til null. (Nøyaktigheten bestemmes foruten av utmåling av kurveutslagene på diagrammet av kalibreringen av de enkelte kanaler med forskjellige kombinasjoner av seismometre, nettverk og galvanometre. Standardavvik for observasjonene kan stort sett anslåes til $\pm 10\%$ av observasjonsverdien. En økning av nøyaktigheten krever et vesentlig mer omfattende arbeid, som ikke er ansett regningssvarende i dette tilfellet.)

Maks.forsk.ampl. (maksimal forskyvningsamplitude)

Forskyvningsamplituden beregnes prinsipielt ved integrasjon av hastighetskurven. Hvor forløpet er tilnærmet sinusformet, er beregningen utført forenklet ved at det er gått ut fra sinusform. Der hvor det er åpenbart at den uttatte maksimale hastig-

hetsamplituden ikke gir den maksimale forskyvningsamplituden, er for denne anvendt et annet kurvestykke, og de to verdier representerer derfor ikke samme del av opptaket. Nøyaktigheten ved bestemmelse av forskyvningsamplituden er mindre enn for hastighetsamplituden, idet den foruten av de forhold som bestemmer hastighetsamplituden er avhengig av kurveformen.

Forskyvningsamplitudedifferensene er beregnet på grunnlag av diagramutslagene og kalibreringsdiagrammer for den benyttete utrustning. Forskyvningsdifferensene er oppført i samme rubrikk som forskyvningene; der hvor verdien gjelder en differens, er dette angitt ved at det i rubrikken for målested er ført opp to nummer, representerende de to punkter mellom hvilke forskyvningene er målt.

Maks. aks.ampl. (maksimal akselerasjonsamplitude)

Akselerasjonsamplituden beregnes prinsipielt ved derivasjon av hastighetskurven. Hvor forløpet er tilnærmet sinusformet, er beregningen utført forenklet, idet det er gått ut fra sinusform. Der hvor det er åpenbart at den uttatte maksimale hastighetsamplitude ikke gir den maksimale akselerasjonsamplitude, er anvendt det kurvestykke som gir den maksimale akselerasjonsamplitude ved beregning av denne, og hastighetsamplituden og akselerasjonsamplituden representerer derfor i slike tilfeller forskjellig del av det samme opptak. Nøyaktigheten ved bestemmelse av akselerasjonsamplituden blir mindre enn for hastighetsamplituden, idet den foruten av de forhold som bestemmer hastighetsamplituden er avhengig av kurveformen.

Frekvens

Her er oppført den eller de dominerende frekvenser i opptaket. Dette vil i alminnelighet være frekvenser som gjelder de deler av kurven som er lagt til grunn for beregning av de oppførte verdier.

Anmerkninger

Her er benyttet følgende forkortelse:

F: Det er i kretsen innkoblet et filter som reduserer utslagene for høyere frekvenser (over 10 l/s). Dette gjør det mulig ved forsterkning av signalene å få bedre fremsvingninger som har lave frekvenser. Fileteret er kombinert med en forsterker.

A: Det er i kretsen innkoblet en forsterker.