



Multiconsult

Håndtering av vibrasjonsproblemer

Harry Herland

Seksjonsleder Måletjenester – seniorrådgiver vibrasjon og bygningsskader

Multiconsult Norge AS

Håhammeren bro og turvei | Foto: Jo Gaute Fornes



Innledning

- Tematikken rundt håndtering av vibrasjonsproblemer er erfaringsbasert og vanskelig å formidle uten å berøre eksempler fra reelle problemstillinger.
- For de som måtte føle at de kjenner seg igjen i noen av eksemplene eller problemstillingene, så er nok dette likevel tilfeldigheter og kunne i prinsippet vært «hvor som helst».
- Det er i hvert fall ikke til hensikt å henge ut noen i eksemplene og presiserer formålet med formidlingen er erfaringsoverføring og læring.



Håndtering av vibrasjonsproblemer

- Kan skape stor verdi for prosjekter som sliter med å overholde grenseverdier.
- Kan ta ned konfliktnivået ved å utrede betydningen av vibrasjonsoverskridelser.
- Er også krevende og konsulenten må vite hvor en står ift. ansvar og kunderelasjon.
- Ha alltid fokus på sikkerhet og selv om marginene som regel er store i skadesammenheng, skal en ikke gamble med folks eiendom og boligverdier.



Problemstilling – tunnel med lav overdekning

- Tunnel under tett sentrumsbebyggelse med lav overdekning.
- Hovedsakelig direktefundamentert bebyggelse og konservative vibrasjonsgrenser etter NS8141-2001 med $v = 10$ mm/s på leire og $v = 15$ mm/s på morene.
- Entreprenøren sliter med å overholde grenseverdiene og har redusert salvelengden til 0.5 m for å overholde enhetsladningen med «standard» boremønster.
- Dette løste ikke vibrasjonsproblemene og det hevdes at vibrasjonsgrensene kan være feil med støtte i entreprenørens rådgiver.
- En ønsker at vibrasjonsgrenser økes til $v = 50$ mm/s i betraktning av bergfundamentering.



Håndtering av vibrasjoner ved tunneldrift med liten overdekning.

- Vi har analysert noen vibrasjonsregistreringer og ved flere av målepunktene forekommer det et spredt frekvensbilde på fra 40 – 100Hz.
- Selv om deler av frekvensbildet er høyfrekvent, indikerer de lavere frekvensene at eiendommene er direktefundamentert på løsmasser og i utgangspunktet har en riktig fastsettelse av vibrasjonsgrenser.
- Det høyfrekvente bidraget skyldes korte avstander med liten overdekning til tunnelen, og det er nok heller ikke så stor løsmassemektighet i området.
- Å overskride grenseverdien i vertikal svingehastighet er ikke i seg selv så farlig ved entydig høy frekvens, men her en med seg hele frekvensspekteret- samtidig som energien kan gi større utsving/løft ved direktefundamentering enn for tilsvarende eksponeringer ved bergfundamentering. Skadepotensialet ved nærliggende salver er ofte knyttet til utsvinget/løft, og det er derfor viktig å begrense salveenergien (tilsvarende gjeldende vibrasjonsgrenser) i slike tilfeller.



Forventninger om høyere vibrasjonsgrense

- Å øke grenseverdien til $v = 50$ mm/s vil ikke forsvarelig, siden overskridelser opp mot nevnte nivå medfører løft (utsving/amplitude) på 250 μm .
- Et utsving på 250 μm er over grensen for anbefalt vibrasjonspåvirkning i skadesammenheng (normalgrense på 150 μm) og viser viktigheten av å ikke tolke de høyfrekvente vibrasjonene som bergfundamentering i slik sammenheng.
- Nivåer opptil $v = 20$ mm/s kan se ut til å gå greit med tanke på utsvinget, men en bør nok ikke komme noe særlig høyere med tanke på salveenergien og det lavere frekvensbildet.
- Det anbefales av vibrasjonsgrensene dobles til $v = 20$ mm/s for leire og $v = 30$ mm/s for morene, så lenger en overholder et utsving på $A < 150$ μm .

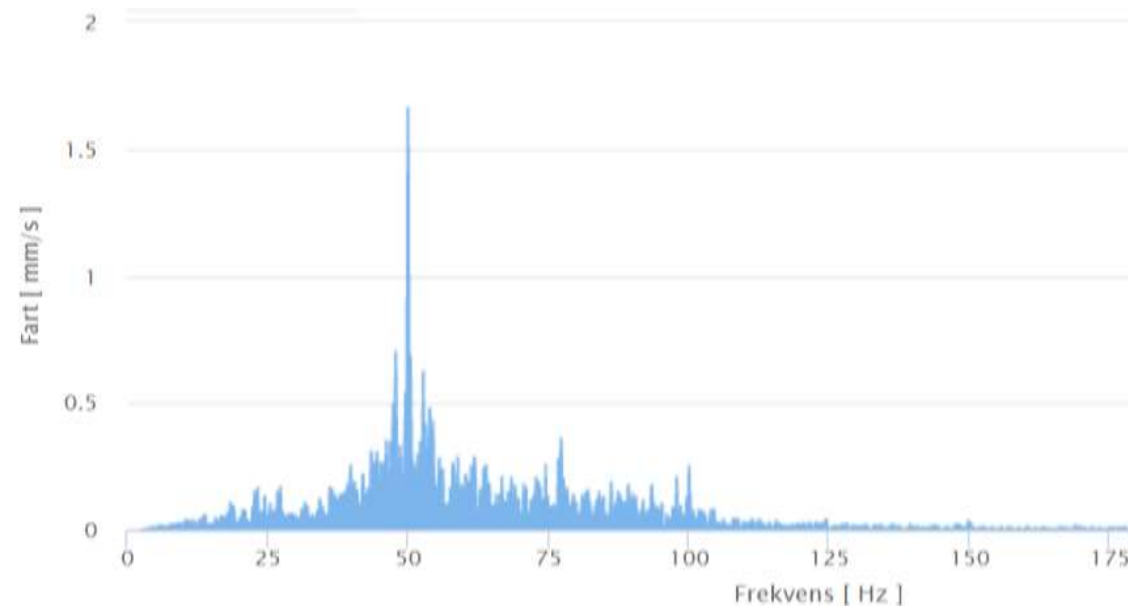
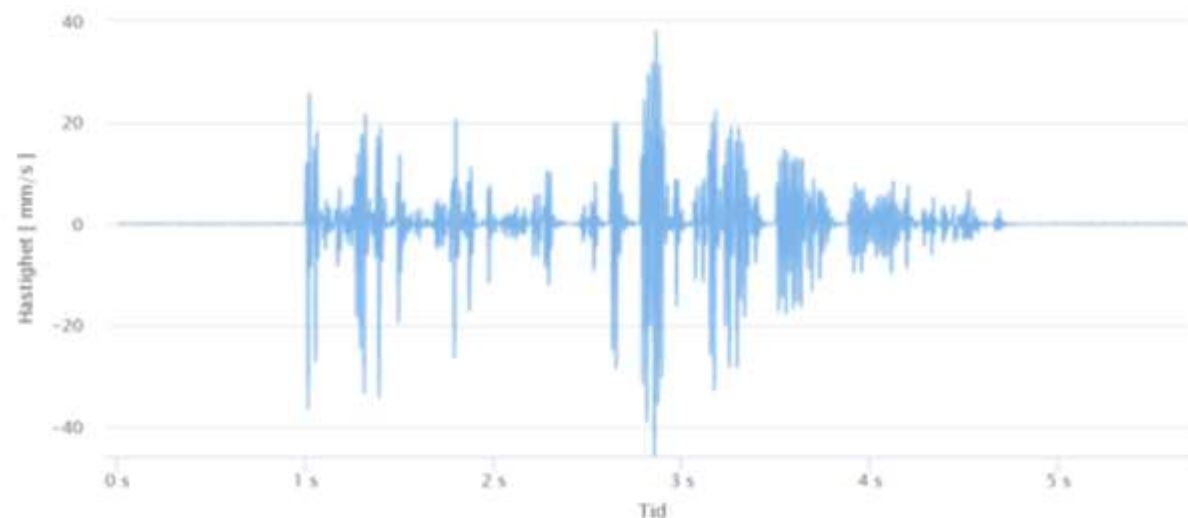
Overskridelsene fortsetter med lavfrekvente rystelser på opptil 40 – 50 mm/s

Det er gjort frekvensanalyser av rystelsene.

Under ser du et eksempel fra måleren på Rysteveien 14 som har vibrasjonsgrense på 15 mm/s.

På frekvensanalysen ser du at det er en samling av frekvenser på mellom 40 og 60 Hz noe som tydelig indikerer løsmassefundamentering.

I dette området er det grunt til berg og mange av bygningene er fundamentert løsmasser med mindre mektighet, noe som gjør at en får relativ god vibrasjonsoverføring fra berget og betydelig mindre demping enn ved tykkere løsmasser. Samtidig får en de lavfrekvente- og mest skadelige vibrasjonene fra overføringen i løsmassene.





Byggherren inviterer til et møte for å diskutere løsninger – er det mulig å fortsette med konvensjonell sprengning?

Mottatte salveplaner avdekker:

- Statisk boremønster og salvelengde på 0,5 m for å overholde enhetsladningen.
- Ved fortsatt vibrasjonsoverskridelser, reduseres enhetsladningene ytterligere og gir en spesifikk ladning på under 1 kg/m³.
- Salvene bryter tungt og spikere i vibrasjonsforløpet indikerer at enkelte hull tenderer til piling i salven.
- Risikoen er at hele salven piler om en viderefører tiltak med redusert ladning.



Forslag om å øke både salvelengde og spesifikk ladning

Et av grunnprinsippene ved vibrasjonsproblemer er små enhetsladninger og høy spesifikk ladning i salver (dvs. tettere boring).

Sistnevnte er viktig for at berget skal knuse lett og det er ikke uvanlig og overladde salvene en del ved slike utfordringer (gjerne 2,5 – 3,0 kg/m³ i tunnel).

Det kan for mange virke rart å øke sprengstoffmengden ved vibrasjonsproblemer, og det er ikke uvanlig å praktisere det motsatte i slike tilfeller. En oppnår i tilfellet større vibrasjoner ved tyngre bryting av berget- samt risiko for pilsalver, om forholdet trekkes til underladding av berget.

Tettere boremønster er også avgjørende i dette bildet, og spesielt i kutten som er det mest innspenste og energikrevende berguttaket i salven.

Ellers må enhetsladningene holdes lavt ved tilstrekkelig tennerfordeling i salver, noe som nærmest er ubegrenset med bruk av elektroniske tennere.

Sprengstoffleverandørene har omfattende erfaring og kompetanse på disse problemstillingene, og er naturlig å engasjere ved gjeldende kompleksitet.

Dette er en hel vitenskap og en ting er sikkert: Det lar seg løse med de rette virkemidlene.



Resultat

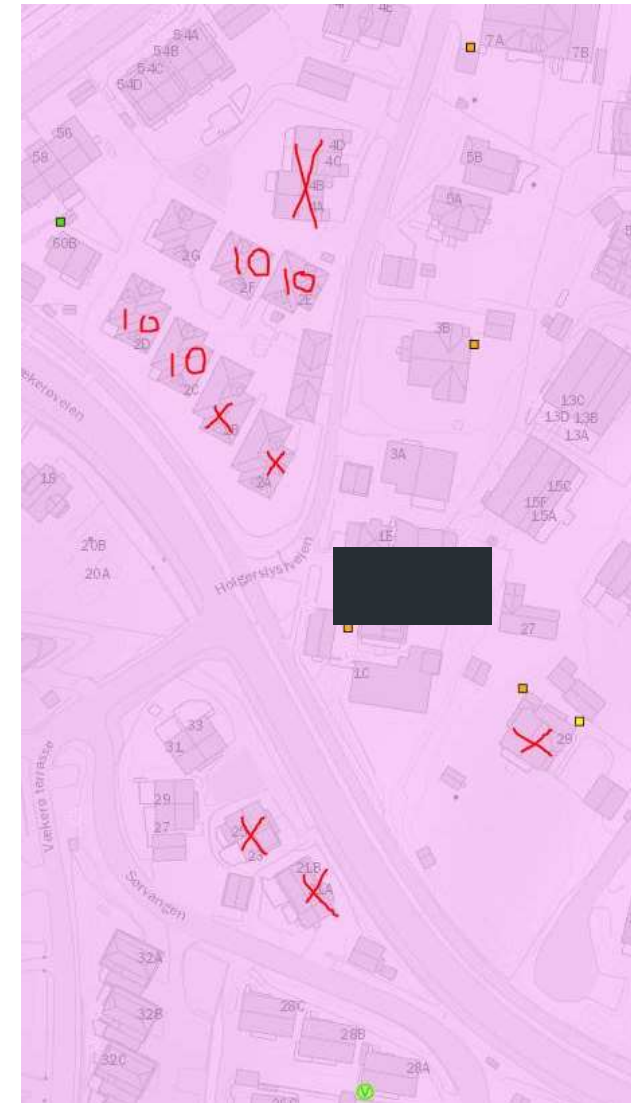
- Vibrasjonene «sank som stein» etter innføring av tettere boring og høy spesifikk ladning.
- Tunnelsalvene ble økt til 2 m med et ubetydelig antall- og nivå på vibrasjonsoverskridelser.
- Med overladningen overstiges motstanden i berget og reduserer vibrasjonseffekten fra den enkelte enhetsladning.
- Det krever derimot litt mot og det er lett å gå i feil retning med tiltakene i disse problemstillingene.
- Beboerne over tunnelen er spesielt ressurssterke og med stor tetthet av advokater.
- Mye klaging, men også det dempet seg litt etter tiltaket med overladning av salver.

Samme tunnel – område med spesielt strenge vibrasjonsgrenser

Nå nærmer vi oss et nytt område med veldig strenge vibrasjonsgrenser på tunnelen (10 mm/s og $x = 15$ mm/s).

Vi vil gjerne at det settes opp vibrasjonsmålere god tid i forkant så vi kan lære litt om hvordan bygningene responderer på sprengningene framover.

Kanskje det er mulig å verifisere antagelser rundt fundamentering basert på sprenginger vi utfører lengre unna (før vi kommer til huset). Har du anledning til å ta en prat med oss om dette torsdag eller fredag?





Forsøk med bruk av NS8141-1:2013

- Viser til møtet vi hadde sist fredag og gode innspill fra deg angående målinger med frekvensveide grenseverdier.
- Vi har tatt en prat med Entreprenøren og ønsker å teste dette ut i området vi er i nå. De neste fire ukene vil vibrasjoner forhåpentligvis ikke gi store problemer for oss, så vi tror det passer bra å benytte tiden til å teste måling med frekvensveide målere nå.
- Vi ønsker derfor at dere monterer tre-fire stk. målere som måler med frekvensveiing, samtidig som vi beholde målere etter den gamle standarden. Med andre ord ønsker vi å forholde oss til målinger og standard slik vi har gjort til nå, samtidig som vi gjør en liten test med frekvensveiing. Forslag til hus det kan måles på er gitt under, men her må du gjerne komme med innspill. Vi tenkte det kunne være bra med målinger på hus med forskjellig fundamenteringsmetode.
- Er det mulig å sette opp disse målerne slik at de sender målingene til et utvalg av personer hos oss og Entreprenør, så kan vi, dere og Entreprenør ta en prat om noen uker når vi har litt data?
- NB: Du må gjerne komme med innspill på hvordan det er best å utføre dette!



Stadige overskridelser av NS8141:2001

Målepunkt	Tidspunkt	Verdi	Info
Mpvf129.1-Vibrasjonshølet 11	25.08.2022 08:48:53	21,43 mm/s	Trigget topphastighet

Salven i dag kl. 08:48 hadde en uveid verdi på $v = 20,98$ mm/s på Vibrasjonshølet 11, noe som er overskridelse av opprinnelig vibrasjonsgrense på $v = 15$ mm/s.

Frekvensveid etter 2013-Standarden er den registrert til $v_f = 21,43$ mm/s på det samme målepunktet, og det er god margin til vibrasjonsgrensen på $v_f = 35$ mm/s.

Frekvensen bekrefter faste løsmasser og utsvinget er moderat med ca. $A = 50$ μm .

Resultatene viser hvor konservativ 2001-Standarden er i forhold til den frekvensveide, og det er dette som vil bli tillempet i det pågående revisjonsarbeidet av Standarden.



Foreløpig er dette testmålinger i regi av byggherren

Takk for melding. Dette er gode resultater, så håper jeg målingene videre viser tilsvarende verdier.

Enig, og en slipper nå omfattende prosesser med forsiktig sprengning knyttet til overskridelsen- for å etterleve 2001-Standarden.

Håper som antydnet at trenden opprettholdes gjennom sonen og bare for å presisere det, så går vi ikke på kant med sikkerhet for skader med å bruke 2013-Standarden.

Den er mer fleksibel i vektingen av opptredende frekvensnivåer i salver, men like fullt konservativ med god margin til teoretisk skadegrense.

Vi har foreløpig ikke lagt inn varsling til Entreprenøren på de frekvensveide målingene, og si gjerne fra om dere ønsker å innlemme dem i rapportering.



Entreprenøren orienteres og frekvensveid NS8141-1:2013 inntas styrende for videre tunneldrift

Det er mulig å innta de frekvensveide målingene på BlastManager, men fraråder å presentere verdier med ulike parametere i den samme visningsmalen. Dette for å unngå forbyting av resultatene i salveberegningene.

Derimot kan vi gjerne legge bergsprenger inn på denne varslingen fra målesystemet, og så må det bare tydelig formidles at vibrasjonsgrensen er lik på $v_f = 35 \text{ mm/s}$ for denne oppfølgingen.

De største verdiene er nå lavere som frekvensveid enn som uveide verdier, noe som tyder på høy frekvens og bergfundamentering på Frekvenstoppen 1A og 3B. Marginen er fortsatt god til gjeldende vibrasjonsgrenser, men for disse kan en gjerne styre mot uveid grenseverdi ved eventuell tidligere tangering av den frekvensveide.

Det er disse "lavere resultatene" ved bergfundamentering som kan være uheldig å presentere i BlastManager, og som kan forårsake uheldige salveberegninger ved forbyting av måleverdiene.



Konklusjon i oppsummeringsnotat til kunde/byggherre

Prøveprosjektet har visst seg vellykket og etter en innledende prøveperiode, ble det i møte mellom partene den 07.09. vedtatt å betrakte 2013-Standarden som førende for sprengningsarbeidene gjennom den aktuelle problemsonen. Oppfølgingen sikres fortsatt med uveide målinger etter 2001-Standarden, og det gjøres hyppige analyser av bl.a. amplituder for å sikre en forsvarlig påvirkning av nabohusene.

Analysene har bidratt positivt til å optimalisere fremdriften på tunnelarbeidene, samtidig som den har avdekt- og sikret en riktig fastsettelse av vibrasjonsgrenser på boligmassen. Sistnevnte gir økt sikkerhet mot følgeskader ved at ingen av de berørte måleobjektene oversees i frekvensanalysen. Dette er også hovedgrunnen til at vibrasjonsnivået kan optimaliseres på objektnivå, og med individuell sikkerhet for en forsvarlig påvirkning.



Annen tunnel - varsel om rådgivingsfeil

- Entreprenør antyder feil i vibrasjonsgrenser knyttet til vibrasjonsproblemer, men får ikke gehør eller vurdering fra byggherren.
- Videre påstås det målefeil ovenfor målekonsulenten som forsvarer seg med at vibrasjonsgrensen er fastsatt feil med bakgrunn i frekvensanalyse.
- Entreprenøren retter krav mot byggherren for forsinkelser om merkostnader med henvisning til målekonsulentens sin utredning, som igjen retter varsel om rådgivingsfeil ovenfor målekonsulenten.
- Innstillingen om rådgivingsfeil begrunnes i annen oppfatning fra byggherrens rådgiver, som egentlig ikke vil gå inn på vurdering av frekvensanalyser og fraråder byggherren enhver diskusjon eller tilpassing av grenseverdiene.
- Vanligvis er det en samstemt forståelse om å optimalisere vibrasjonsgrenser i utbyggingsprosjekter, siden en hverken rasjonelt- eller fremdriftsmessig er tjent med å overholde feil grenseverdier. Forholdet pleier også å være kontraktsfestet der en må ta høyde for slike justeringer i anbudet.



Tilsvar på rådgivingsfeil – og grenseverdiene ble senere hevet i møte med partene

- Grenseverdiene anslås gjerne i tidligfase for å inngå i anbudsbeskrivelsen og må gjerne revideres etter resultater av bygningsbesiktigelsen, siden det ikke er sikre fundamenteringsopplysninger på vanlig villabebyggelse i bygningsarkivet. Heller ikke i kontakt med eiere kan en være sikker på disse opplysningene og til slutt må en gjerne tolke det ut av vibrasjonsresultatene (frekvensanalyse) ved vibrasjonsproblemer. Det å overholde vibrasjonsgrense for direktefundamentering på løsmasser når huset ligger på berg, er tilnærmet umulig ved nærliggende sprengning i trykkbølgesonen. Det krever i hvert fall betydelige tiltak, noe som hverken er rasjonelt for fremdriften eller nødvendig med tanke på skaderisikoen for boligobjektet.
- Basert på frekvensanalyse og opptredende amplituder, er det overveiende sannsynlig at Utsvingveien 4B er bergfundamentert og skulle hatt en vibrasjonsgrense på $v = 50 \text{ mm/s}$. Selv i betraktning av faste løsmasser som morene, vil det være forsvarlig å heve vibrasjonsgrensen til $v = 35 \text{ mm/s}$ med bakgrunn i NS8141



Problemstilling: Sprengning inntil tunnel med trykksatt vannrør på 1.0 m i diameter

- Kunden/byggherren lurer på om problemstillingen kan løses med bruk av frekvensveid standard, tilsvarende tidligere tilfelle med tunnel med lav overdekning.
- Overgang til frekvensveid måling er nok ikke spesielt egnet i dette tilfellet.
- Dette siden standarden ble tilbaketrukket på grunn av måleproblemer i trykkbølgesonen, og situasjonen er helt annerledes enn ved tidligere tunnel med varierende lømassemektighet.
- Ved tidligere tunnel var frekvensveiing en suksess, mens det her vil virke mot sin hensikt ved eventuelle filterproblemer.



Utgangspunkt

- Opprinnelig vibrasjonsgrense er fastsatt av VAV til $v = 25 \text{ mm/s}$. Dette er en generell grenseverdi som er ment å ivareta alle typer vann- og avløpsrør uavhengig av alder, materialtype og kvalitet.
- Rørene som blir berørt av sprengningsarbeidene i dette tilfellet, er duktile støpejernsrør fra 1985. Vi har fått oppgitt at de har en diameter på 1,0 m og godstykkelsen er minst 11,2 mm. Rørene ligger på opplagringsbukker med avstander på henholdsvis 2, 4 og 6 m mellom bukkene. Mens sprengningsarbeidene pågår, er rørene avstengt, men vannfylte. Det er viktig at disse rørene ikke blir påført skade som følge av sprengningsarbeidene.

Begrunnelse for grenseverdi

- Ved fastsettelse av vibrasjonskriterier for frittliggende vannrør er det flere forhold som må vurderes. Mest kritisk er opplagringspunktene. Vibrasjoner vil gi punktblastning i kontaktflaten mellom opplagringsbukk og rør. I tillegg får røret strekkpåkjenning på grunn av svingninger som vibrasjonene forårsaker. Vibrasjoner bør derfor måles både på opplagringspunktene og på røret midt mellom opplagringspunktene.
- Vi er ikke kjent med at det finnes noen standarder for beregning av vibrasjonsgrenser på vannrør. Det er også lite faglitteratur på området. Det finnes en rapport som heter *Sprengning i kraftanlegg-Rystelser, skader, tiltak*. Den ble utgitt av Vassdragsregulantenenes forening i 1991. I denne rapporten anbefales det en grenseverdi med svingehastighet $v = 50 \text{ mm/s}$ ved sprengning nær trykkrør i kraftanlegg.
- **Vi foreslår derfor at svingehastighet $v = 50 \text{ mm/s}$ benyttes som en utgangsverdi for planlegging av de videre sprengningsarbeidene.** I tillegg må akselerasjon og utsving overvåkes. Her virker både frekvensen på vibrasjonene, rørdiameter, godstykkelse og avstand mellom opplagringsbukkene inn.



Avstand 2 og 4 m mellom opplagringsbukkene

Målested, type grenseverdi	Dominerende frekvens på vibrasjonene (Hz)			Merknad
	50-150	150-200	>200	
Opplagringsbukker for rør Akselerasjon a (m/s ²)	50	75	85	Det skal måles både horisontalt og vertikalt
Midt på røret mellom bukkene Utsving A (µm)	90	75	60	Det skal måles både horisontalt og vertikalt



Avstand 6 m mellom opplagringsbukkene

Målested, type grenseverdi	Dominerende frekvens på vibrasjonene (Hz)			Merknad
	50-150	150-200	>200	
Opplagringsbukker for rør Akselerasjon a (m/s ²)	40	60	65	Det skal måles både horisontalt og vertikalt
Midt på røret mellom bukkene Utsving A (µm)	140	110	90	Det skal måles både horisontalt og vertikalt



Fornøyd kunde

Takket være vibrasjonsgrense på 50 mm/s har vi kommet langt i sprengningen ved vannledningen. Vi skal også begynne å sprengne på forskjæringen i neste uke (illustrasjon under). Det gjør at vi må stenge av 700-ledningen. Når den er stengt, må 1000-ledningen være åpen for at det skal komme nok vann til enkelte bydeler og områder. Spørsmålet er om det vil være akseptabelt å sprengne kutten og splitte resten av profilet under tunnelen med 1000-ledningen.

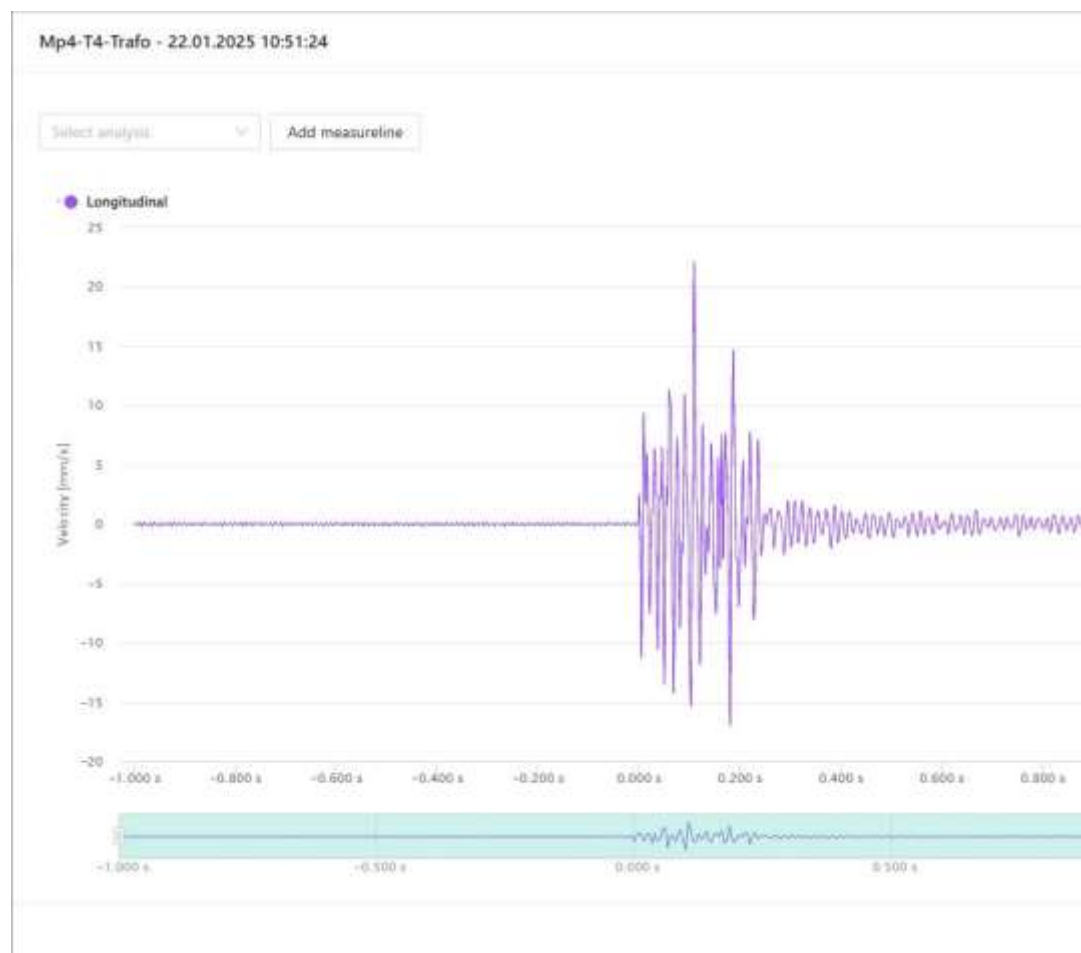
Vi lurte altså på om vi kan sprengne kutten og splitte resten av profilet – med de samme begrensningene på vibrasjon, frekvens og amplitude – selv om ledningen kommer til å være i vanlig drift.

Svaret er ja.

Problemstilling: Utvidelse av trafostasjon med strenge vibrasjonskrav til eksisterende installasjoner

- Vibrasjonskrav på eksisterende trafoer er satt til $v = 20 \text{ mm/s}$.
- Berguttaket er relativt omfattende og det starter tidlig med tilløp til overskridelser:

Vedlagt følger uttrekk av kurveforløp fra siste salve på Mp4, der det forekommer en spiker med $v = 22,15$ på tenner 8 i horisontal longitudinal retning. Resten av salver er i dominerende størrelsesorden $v = 10 - 12 \text{ mm/s}$.





Så øker vibrasjonene på, men kun i horisontal longitudinal retning

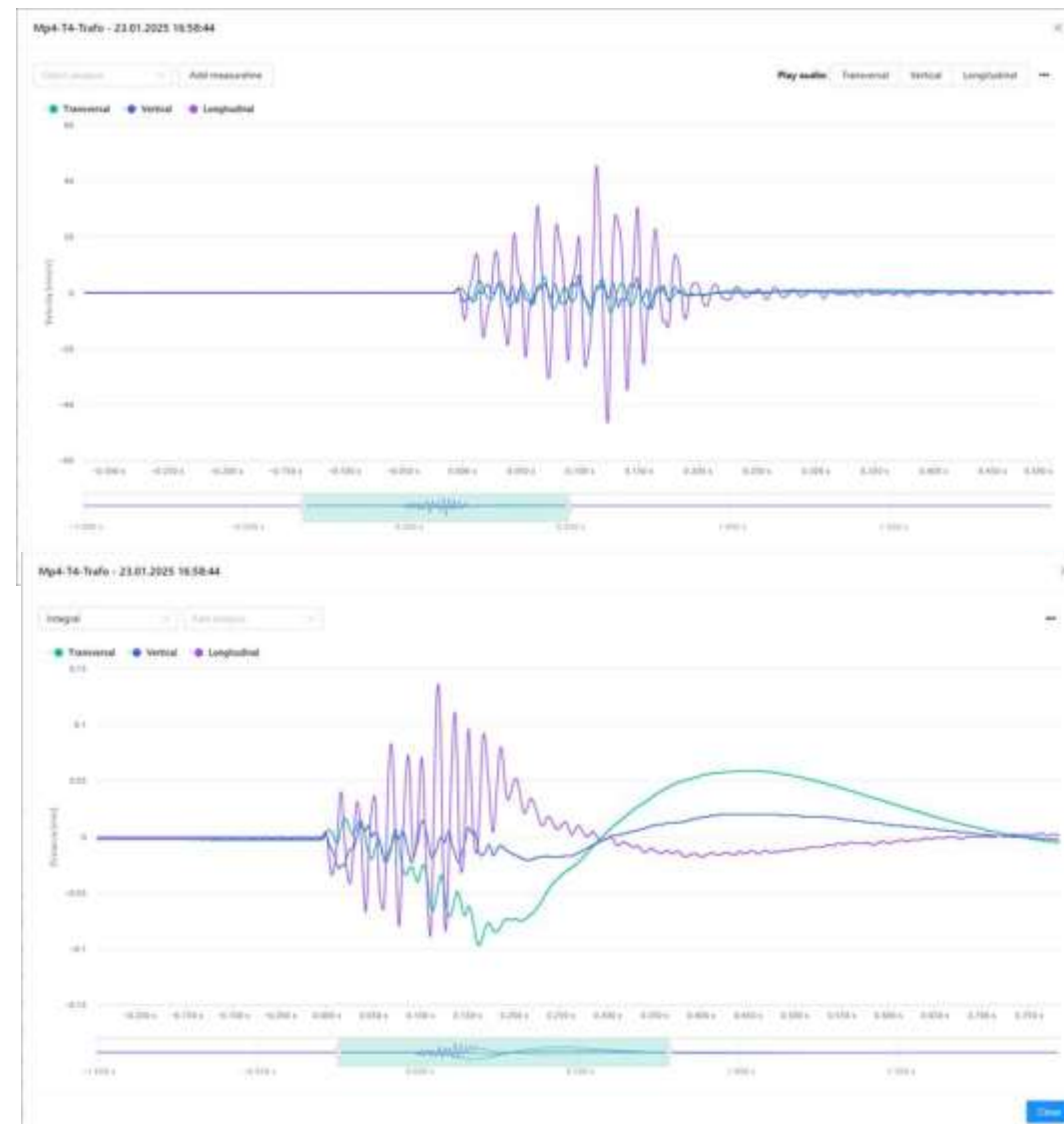
Vedlagt følger uttrekk av kurveforløp salve på Mp4 i går den 23.01.25 kl. 16:58, der det forekommer en spiker med $v = 46,55 \text{ mm/s}$ på tenner 8 i horisontal longitudinal retning.

Resten av salven er i dominerende størrelsesorden $v = 20 - 25 \text{ mm/s}$.

Den vertikale komponenten dempes normalt godt i skiferen med $v = 6,29 \text{ mm/s}$, og det er den horisontale komponenten i rekylretningen som forplantes godt gjennom skiferstrukturen.

Gulvet/fundamentet under trafoen har stor kontaktflate med underlaget og litt avhengig av oppbygging av fundamenteringen, gir det nok god overføring av vibrasjonene til konstruksjonen.

Energien er også ganske høy i horisontalretningen med $A = 130 \text{ um}$ og akselerasjonen ligger på ca. $2G$ med $19,99 \text{ m/s}^2$.





Foreløpige betraktninger

- I utgangspunktet er det nok litt mer enn ønsket påvirkning av installasjonen, selv om trafoen står på hjul og det er usikkert hvor mye av den horisontale vibrasjonsenergien som forplanter seg opp i installasjonen. Det hadde nok således vært større påvirkning om overskridelsen gjaldt vertikal retning og det at denne ligger lavt, er positivt med tanke på generell betraktning av vibrasjonspåvirkningen.
- Det samme gjelder enkeltstående peak/spiker i salven og at det dominerende vibrasjonsnivået er rundt halvparten av overskridelsen.
- Vet ikke om hull 8 sto litt innspent i bakre hjørne av salven, men det er gjerne slike ting som gir utslag og krever ekstra oppmerksomhet i utførelsen.
- Ellers synes salveopplegget å være noenlunde avstemt med vibrasjonskravet, selv om det generelt tangerer grenseverdien og påkaller skjerpet fokus på detaljer og lokale justeringer.

Etablering av testmålepunkt på trafoen





Resultater av testmålere bekrefter mistanken om vesentlig damping av den horisontale longitudinal komponenten i overføring til trafoen

- Vedlagt følger uttrekk av kurveforløp salve på Mp4 i går den 27.01.25 kl. 15:05, der maksverdien igjen opptrer horisontal i longitudinal retning med $v = 31,76\text{mm/s}$.
- Salven går litt tungt i starten, men ikke markant og resten av salven er i dominerende størrelsesorden $v = 20 - 30\text{mm/s}$.
- Den vertikale komponenten fortsatt moderat med $v = 10,82\text{ mm/s}$ og basert på antagelser om at den horisontale påvirkningen ikke overføres i samme grad til installasjonen (som den vertikale), ble det før salven i går etablert testmålepunkter både på fundamentet og på selve trafoen. Testmålerne dokumenterer mistanken om damping i overføring til trafoen og mens den vertikale komponenten dempes moderat fra $v = 10,83\text{mm/s}$ til $v = 6,29\text{mm/s}$, så forsvinner den horisontale longitudinal komponenten nesten helt fra $v = 31,76\text{mm/s}$ til $v = 2,22\text{mm/s}$ i overføringen. Dette er betryggende med tanke på sikkerheten for trafoen og indikerer at fokuset bør sentreres om den vertikale komponenten i overvåkingen. Vibrasjonsenergien ser også ut til å avgrenses til horisontalretningene ift. integral/utsvinget, men fikk ikke kurveforløp med den første registreringen på trafoen og må derfor avvente denne konklusjonen til mottak av måleverdier fra neste salve. Mest sannsynlig forsvinner også mye av energien i overføringen til trafoen (tilsvarende svingehastigheten), men må bare ta et lite forbehold til innkommende data ved neste salve.



Bekreftelse på at utvinget i longitudinal retning har tilsvarende damping som vertikal svingehastighet i overføringen fra fundamentet.

- Vi fikk nå inn det første kurveforløpet på trafoen fra salve i dag kl. 11:01 med vertikal svingehastighet $v = 6,64 \text{ mm/s}$.
- Kurven bekrefter at salveenergien (integral/utsvinget) er moderat på installasjonen med $A = 120 \mu\text{m}$ i vertikal retning, samt at utsvinget i longitudinal retning har tilsvarende damping som vertikal svingehastighet i overføringen fra fundamentet med ca. $A = 30 \mu\text{m}$.
- Dette var også som forventet og fjerner alle betenkeligheter rundt påvirkningen av trafoen fra horisontal komponenten.
- Anlegg-/netteier aksepterer at måler på trafoen blir styrende for vibrasjonsovervåkingen med en nåværende maksverdi på $v = 7.65 \text{ mm/s}$



Suksessfaktorer ifm. vibrasjonsproblemer

- Vibrasjonsgrenser må fastsettes riktig – og ikke tillegges større sikkerhet enn regulert av NS8141
- Det må være en samstemt forståelse mellom byggherre, entreprenør og konsulent om å optimalisere vibrasjonsgrenser i utbyggingsprosjekter, siden en hverken rasjonelt- eller fremdriftsmessig er tjent med å overholde feil grenseverdier.
- Jobb sammen rundt tiltak og tilpassinger og ikke skap unyttige konflikter.
- Avdekk gjerne sensitivt utstyr og andre restriksjoner i tidligfase, så en slipper å håndtere det «ad hoc» og med tidspress under berguttaket.
- Det meste går bra med riktig kompetanse....og et snev av kreativitet.



Takk for oppmerksomheten.

harry.herland@multiconsult.no