



Sprengnings- arbeider Drammen 07.- 08.03.2024

Harry Herland
Seksjonsleder Måletjenester – Seniorrådgiver
vibrasjon og bygningsskader
Multiconsult Norge AS
Komiteleder SN/K 293 (vibrasjonskomiteen)





De viktigste endringene ift. tidligere utgave P-741

De viktigste endringene i forhold til Publikasjon P-741 er følgende:

- Veiledningen omfatter nå alle delene av NS 8141.
- Formlene og beregningseksemplene for svingehastighet er gjort om fra frekvensveid svingehastighet til uveid svingehastighet i samsvar med reviderte standarder. Beregning av ladningsmengder er også gjort om på tilsvarende måte.
- [tillegg A](#) er endret ved at informasjon om dominerende frekvens er tatt ut. Tabellen med veiledende grenseverdier for fersk betong er revidert.
- Nytt [tillegg B](#) er tatt inn fra tidligere del 1 av NS 8141. Virkningskurvene er endret til uveid svingehastighet.
- Oppdaterte eksempler på naboinformasjon er gitt i et nytt [tillegg C](#).

NS 8141 er en serie av tre dokumenter med fellestittel *Vibrasjoner og støt — Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk*. Tidligere del 2 er nå trukket tilbake og er inkludert i del 1. De tre gjenstående delene er:

- *Del 1: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt på byggverk, inkludert tunneler og bergrom;*
- *Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire (under revisjon);*
- *Del 4: Retningslinjer for besiktigelse av byggverk og eiendom før bygge- eller anleggsstart.*



Bruk av standardene

- Dette dokumentet er en veiledning med **praktiske råd** om bruk av NS 8141-1:2022, NS 8141-3:2014 og NS 8141-4:2021. Disse reviderte utgavene av NS 8141 brukes til å bestemme veiledende vibrasjonsverdier for å unngå skade påbyggverk, dvs. ved bruk av toppverdien av uveid svingehastighet. Del 3 fastsetter fortsatt en frekvensveid verdi, men denne standarden er under revisjon.
- Standardene brukes vanligvis som **grunnlag i kontraktsforhold**. Derfor er det viktig å avtale hvilken utgave eller del som skal ligge til grunn.
- Standarden har inkludert sikkerhetsmarginer i grenseverdiene for å unngå skade påbyggverk. **Det innebærer at det ikke er nødvendig å legge til ytterligere sikkerhetsmarginer når grenseverdier beregnet etter NS 8141-serien brukes.**

Praktiske forhold ved sprengningsarbeider

- Vibrasjoner fra sprengning avhenger stort sett av hvor mye **sprengstoff som detoneres per tenner-intervall**, avstand til sprengningsstedet og hvordan byggverket ligger i forhold til sprengningsstedet.
- Vibrasjonene avhenger også av om det sprenges på overflaten eller i tunnel. I tillegg er vibrasjonsverdiene avhengige av om det sprenges foran, bak eller til siden for byggverket, og av innspenningen av salvene.
- Vanligvis blir **vibrasjonsverdiene størst bak salven**. Dette bør det tas hensyn til ved orientering av utslagsretningen på salven.

Sprengning nær eksisterende tunnel

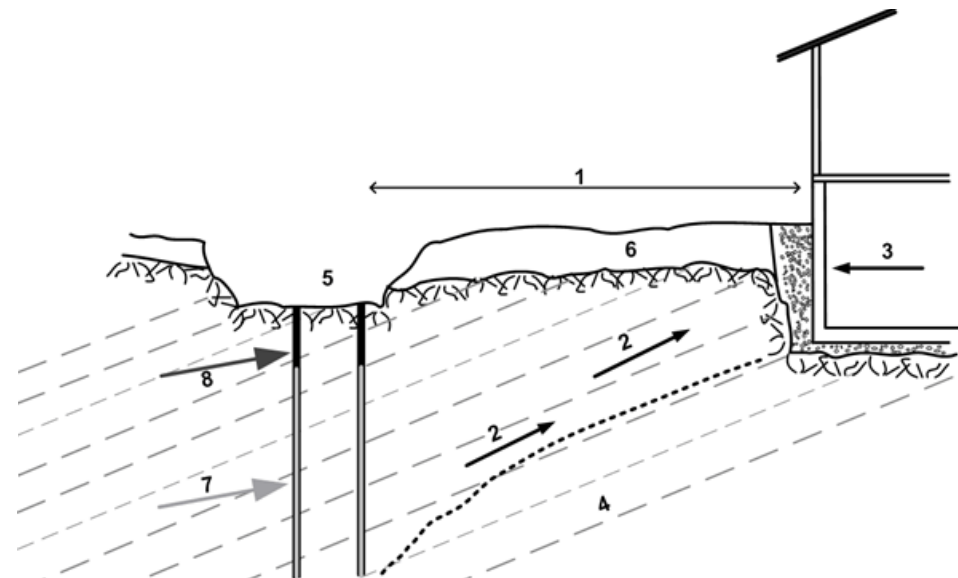
- Ved sprengning nær eksisterende tunnel eller bergrom er det flere forhold som er viktig å vurdere. Det viktigste er å vurdere **stabiliteten til bergmassivet** rundt tunnelen eller bergrommet. Dette krever **ingeniørgeologisk kompetanse** og er ikke behandlet i denne veiledningen. Andre forhold som bør vurderes, er fare for ras og utstøting av fragmenter utløst av trykkbølger fra sprengningsarbeidene. Når trykkbølgene treffer den frie flaten i en eksisterende tunnel, oppstår det spenninger som kan slå løs steiner og blokker. Problemet er størst ved en kombinasjon av kraftige vibrasjoner og en dårlig vedlikeholdt tunnel med mangelfull rensk og sikring.
- Det anbefales at tunnelen **befares i god tid før sprengningsarbeidene begynner**. Om nødvendig bør det gjennomføres rensk og supplerende sikring. Vær oppmerksom på at gammel sprøytebetong kan være uarmert, ha dårlig heft og være så tynn at den kun har «kosmetisk» verdi, selv om den på avstand ser bra ut.
- Eier av tunnel eller anlegg bør varsles tidligst mulig før anleggsstart og være med på å vurdere nødvendige tiltak.

Anleggsarbeider nær bebyggelse

- Ved sprengning nærmere enn 10 m fra byggverk skjer de fleste skadene fordi sprengningen forårsaker et løft eller en forskyvning av berget som ligger mellom salven og byggverket. Det finnes også en fare for at bergmasse og dekningsmateriell kan bli kastet mot byggverket. Tele, plattinger og trapper e.l. kan overføre støt og forskyves mot byggverket. Det kan være aktuelt med sikringstiltak i form av forbolting eller fjerning av masser eller objekter mellom sprengningsstedet og byggverket. Figur 1 viser et eksempel på en slik direkte forskyvning.
- Bryting av tele med pigghammer eller gravemaskinskuff kan forårsake kraftige vibrasjoner og bør unngås tett inntil byggverk.

Tegnforklaring

- | | |
|------|----------------------------------------------------------------------------|
| 1 | kritisk avstand inntil 10 m |
| 2 | mulig forskyvning av bergmassen langs lagdeling |
| 3 | horisontale sprekker i grunnmuren er en typisk skade ved varig forskyvning |
| 4 | lagdeling i berget |
| 5 | skjæring/grøft som skal sprenges |
| 6 | løsmasser/tele som kan forflyttes |
| 7 | ladning i borehull |
| 8 | fordemming i borehull |
| ---- | bruddlinje |



Figur 1 — Eksempel på direkte forskyvning

Grunnforhold og fundamentering

- Grunnforholdsfaktoren som er gitt i tabell 1 i NS 8141-1, gjelder grunnforholdene under byggverket og ikke de stedlige omgivelsene i området.
- Fundamenteringsfaktoren som er gitt i tabell 4 i NS 8141-1, gjelder byggverkets fundamentering og er vesentlig forenklet. Denne faktoren tar ikke hensyn til konstruksjon av fundamenteringen.

Tabell 1 — Grunnforholdsfaktor, F_g

Hovedgruppe	Grunnforhold	Grunnforholdsfaktor F_g
Løsmasser	Leire, vannrik silt, sand, grus og silt	1,3
	Fylling med komprimert sprengstein > 2 m over berg, eller fast lagret morene	2,0
Berg	Fast berg, fylling med komprimert sprengstein ≤ 2 m over berg	2,5

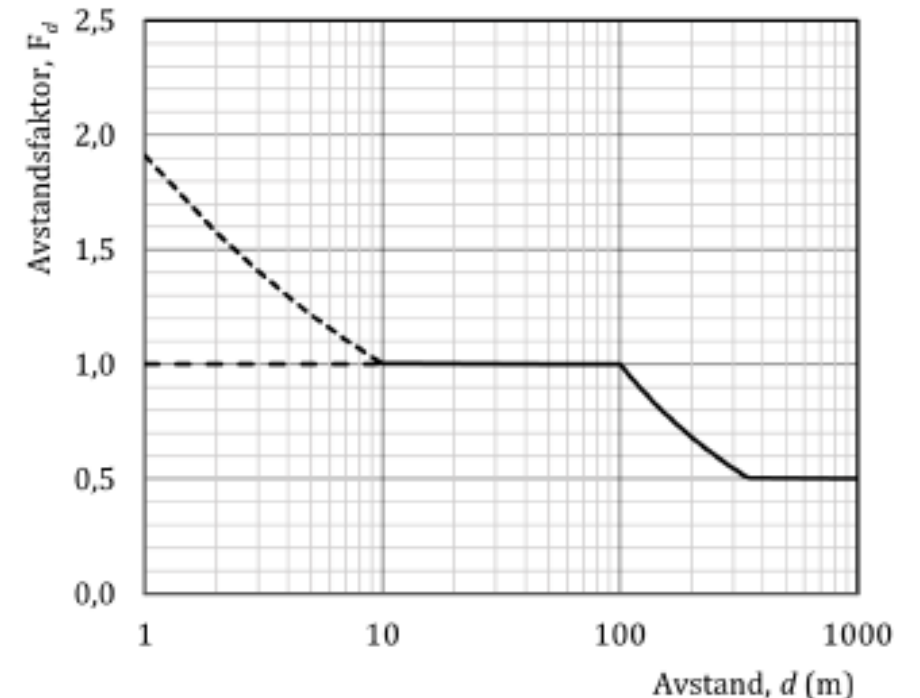
^a Ved meget bløte grunnforhold skal faktor vurderes.

Tabell 4 — Fundamenteringsfaktor, F_f

Fundamenteringsmåte	Fundamenteringsfaktor F_f
Fundamentering på eller i løsmasser	0,8
Fundamentering på berg eller fylling med komprimert sprengstein og avrettingslag med puk ≤ 2 m over berg eller i direkte kontakt med berg	1,0

Bakgrunnen for avstandsfaktoren er ulike vibrasjonsenergi i ulike frekvensområder

- I NS 8141-1:2022 er avstandsfaktoren delt inn i tre soner, og den gjelder for alle grunnforhold, se figur1 i standarden.
- Ved sprengning på avstander kortere enn 10 m domineres vibrasjoner av trykkbølger som har høyere frekvenser, og disse vurderes som mindre skadelige for byggverk enn overflate bølger med lavere frekvens. Avstandsfaktoren for sprengning er derfor større enn 1,0. For andre kilder enn sprengning er avstandsfaktoren lik 1,0 under 10 m.
- Ved avstander mellom 10 m og 100 m er avstandsfaktoren 1,0. Ved avstander fra 100 m til 350 m reduseres avstandsfaktoren gradvis fra 1,0 til 0,5. Over 350 m er avstandsfaktoren lik 0,5. Dette avspeiler at vibrasjoner på lange avstander domineres av overflatebølger med lavere frekvenser, som vurderes som mer skadelige for byggverk.

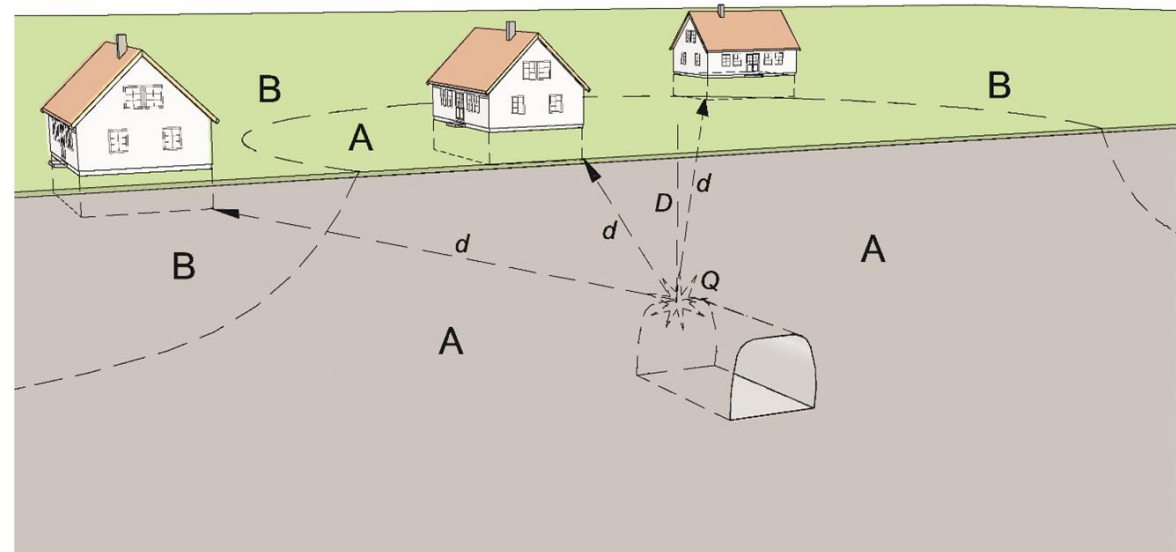


Ulike typer vibrasjonsbølger i ulike avstander

- Ulike typer vibrasjonsbølger dominerer i ulike avstander fra en sprengning. Ved kortere avstander fra sprengningsaktiviteten dominerer vanligvis trykkbølger, mens ved lengre avstander dominerer overflatebølger. Trykkbølger har høyere bølgehastighet og er ofte mer høyfrekvente enn overflatebølger, og de vurderes derfor som mindre skadelige for byggverk enn overflatebølger.
- Figuren viser to soner, A og B. I mangel på annen informasjon er formelen for beregning av uveid svingehastighet gjort lik for sone A og B. Brukeren bør imidlertid være bevisst på at både vibrasjonsverdiene og vibrasjonenes frekvens kan påvirkes av bølgetypen, og dermed være ulike i de to sonene.

Tegnforklaring

A	trykkbølgesone
B	overflatebølgesone
D	dybde til nærmeste delladning
d	avstand (skråavstand)
Q	enhetsladning
---	grense mellom sone A og B

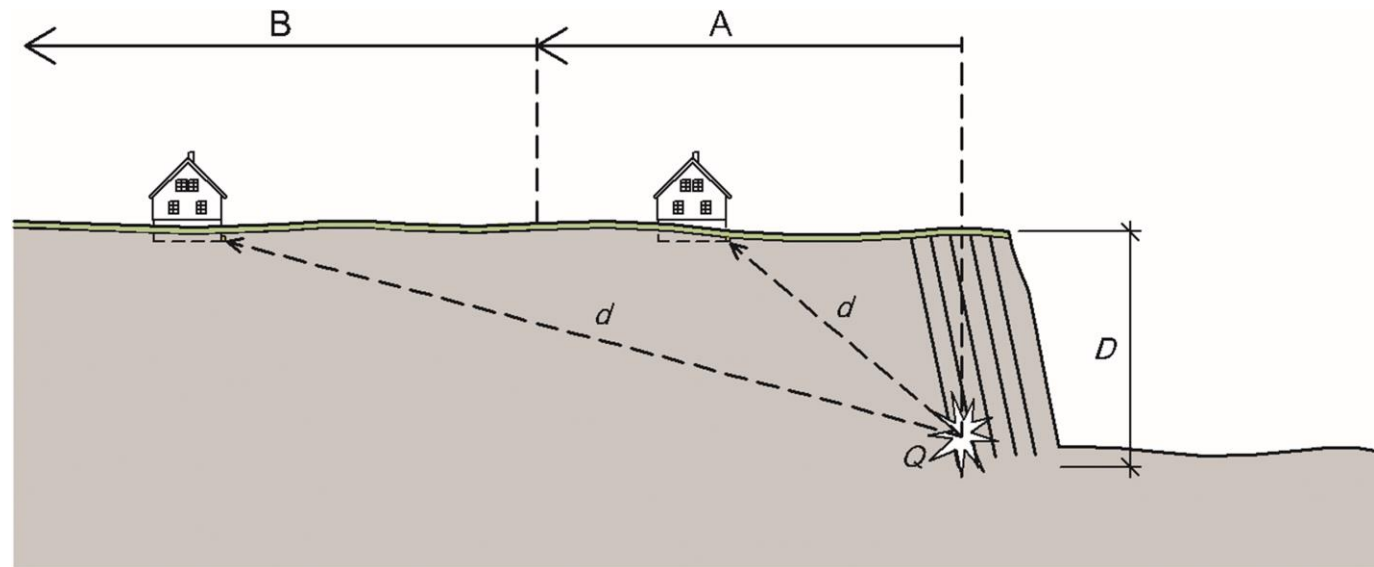


Utstrekning av «bølgesoner»

- Utstrekningen av sone A og B påvirkes av hvordan de ulike bølgetypene dempes med avstanden. Trykkbølger har høyere geometrisk demping og vil derfor avta raskere med avstanden enn overflatebølger. Utstrekningen av sone A og B påvirkes i tillegg av forholdet mellom vertikal og horisontal avstand fra ladning til mottaker og av faktorer som ladningens størrelse, grunnforhold og topografi. Utstrekningen av sone A og sone B kan derfor ikke fastsettes generelt. Som en tommelfingerregel vil overflatebølger normalt være fullt utviklet ved en horisontal avstand på $5 \cdot D$ (fem ganger dybden til nærmeste delladning). Avstanden til der overflatebølger er den dominerende bølgetypen, vil imidlertid ofte være lengre.

Tegnforklaring

A	trykkbølgesone
B	overflatebølgesone
D	dybde til nærmeste delladning
d	avstand (skråavstand)
Q	enhetsladning



Beregning av vibrasjonsgrenser og ladningsmengder

5.1.1 Generelt

Grenseverdiene som beregnes etter [5.1.2](#), skal ikke oppfattes som skadegrenser. Beregningen av grenseverdier skal rapporteres som gitt i [8.1](#).

5.1.2 Beregning av grenseverdi

For alle typer byggverk, unntatt tunneler og bergrom, gjelder en grenseverdi, v , for toppverdien av uveid svingehastighet i vertikal retning (se [5.9.2](#)) på byggverkets fundament eller grunnmur beregnet etter følgende formel:

$$v = v_0 \cdot F_g \cdot F_b \cdot F_m \cdot F_f \cdot F_d \cdot F_k \quad (1)$$

der

- v_0 er den ukorrigerede toppverdien av vertikal svingehastighet, i millimeter per sekund, og fastsatt til 20 mm/s;
- F_g er en grunnforholdsfaktor som tar hensyn til grunnforholdene der byggverket står, se [5.2](#);
- F_b er en byggverksfaktor som er avhengig av type, utforming og tilstand av byggverk, se [5.3](#);
- F_m er en material- og bygningsdetaljfaktor som tar hensyn til hovedmaterialene i byggverket, se [5.4](#);
- F_f er en fundamenteringsfaktor som er avhengig av hvordan byggverket er fundamentert i relasjon til grunnforholdene, se [5.5](#);
- F_d er en avstandsfaktor som tar hensyn til avstanden mellom vibrasjonskilden og målepunktet, se [5.6](#);
- F_k er en kildefaktor som tar hensyn til egenskaper ved vibrasjonskilden, se [5.7](#).

Beregningsresultatet for grenseverdien avrundes til nærmeste heltall.

Eksempel på beregning av grenseverdier

EKSEMPEL 1 Sprengning nær en boligbygning fundamentert på berg. Avstanden fra sprengningsstedet varierer mellom 4 m og 18 m.

Type faktor	Vurdering	NS 8141-1	Verdi
Basisverdi, v_0			20
Grunnforholdsfaktor, F_g	Fast berg	Tabell 1	2,5
Byggverksfaktor, F_b	Boligbygning	Tabell 2	1,0
Material- og bygningsdetaljfaktor, F_m	Lettklinkerbetong	Tabell 3	1,0
Fundamenteringsfaktor, F_f	På berg	Tabell 4	1,0
Avstandsfaktor, F_d	4 m 10 m-18 m	Tabell 5	4 m: $1,91 \times 4^{-0,28} = 1,3$ 10 m-18 m: 1,0
Kildefaktor, F_k	Sprengning	Tabell 6	1,0
Grenseverdi, v , mm/s	4 m: $v = 20 \times 2,5 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,3 \times 1,0 = 65 \text{ mm/s}$ 10 m-18 m: $v = 20 \times 2,5 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 50 \text{ mm/s}$		

Eksempel på beregning ledningsmengde ut fra grenseverdi

Ladningsmengden som resulterer i en gitt toppverdi av uveid svingehastighet i en bestemt avstand, kan beregnes etter [formel \(3\)](#):

$$Q = \left(\frac{v \cdot d}{K}\right)^2 \quad (3)$$

der

- v er toppverdien av uveid svingehastighet, i millimeter per sekund;
- d er avstanden (skråavstanden) fra sprengningsstedet til målepunktet, i meter;
- K er K-verdien som leses fra diagrammet på [figur 4](#) eller beregnes etter [formel \(2\)](#);
- Q er enhetsladningen, i kilogram per intervall.

[figur 4](#) viser K-verdien plottet mot avstand. K-verdien kan alternativt beregnes etter [formel \(2\)](#). [figur 4](#) viser også eksempler på K-verdier beregnet fra måledata for å illustrere spredning i data. Dette viser viktigheten av å gjennomføre prøvesprengninger.

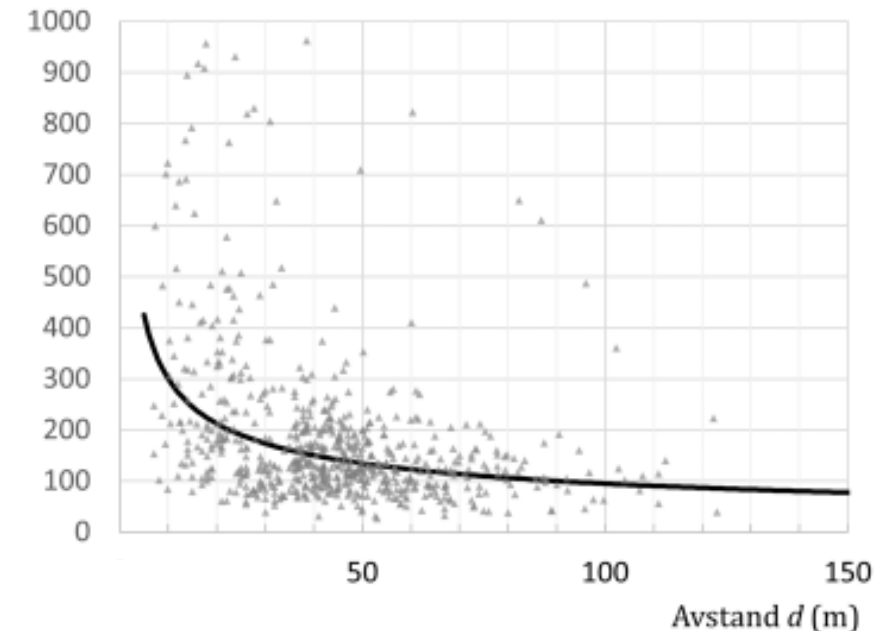
$$K = \frac{950}{\sqrt{d}} \quad (2)$$

der

- K er den beregnede K-verdien;
- d er avstanden (skråavstanden) fra sprengningsstedet til målepunktet, i meter.

Utgangsformel

$$v = K \cdot \frac{\sqrt{Q}}{d}$$



Tegnforklaring

- basiskurve $K = \frac{950}{\sqrt{d}}$
- ▲ eksempel på spredning av data

Justering av K-verdi etter prøvesalve

K-verdiene for det aktuelle stedet i en gitt avstand kan beregnes etter [formel \(4\)](#):

$$K = v \cdot \frac{d}{\sqrt{Q}} \quad (4)$$

der

v er toppverdien av uveid svingehastighet, i millimeter per sekund;

d er avstanden (skråavstanden) fra sprengningsstedet til målepunktet, i meter;

Q er enhetsladningen, i kilogram per intervall;

K er den beregnede K-verdien for det aktuelle stedet og avstanden.

Eksempel på justering av ladningsmengder etter salveresultater

EKSEMPEL 1 Det skal utføres sprengningsarbeid i nærheten av en vanlig boligbygning der grenseverdien, v , er satt til 50 mm/s. Avstanden fra salvene til bygningen er på mellom 12 m og 20 m.

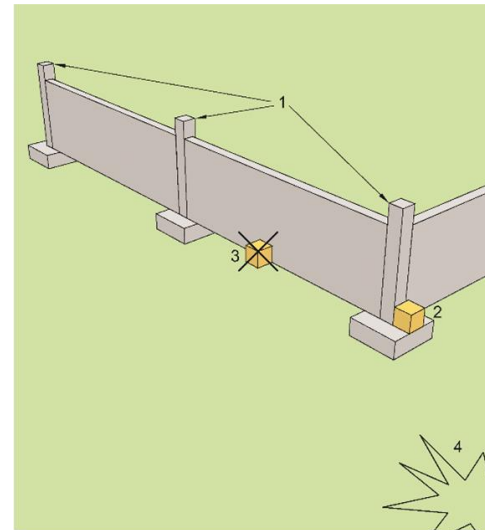
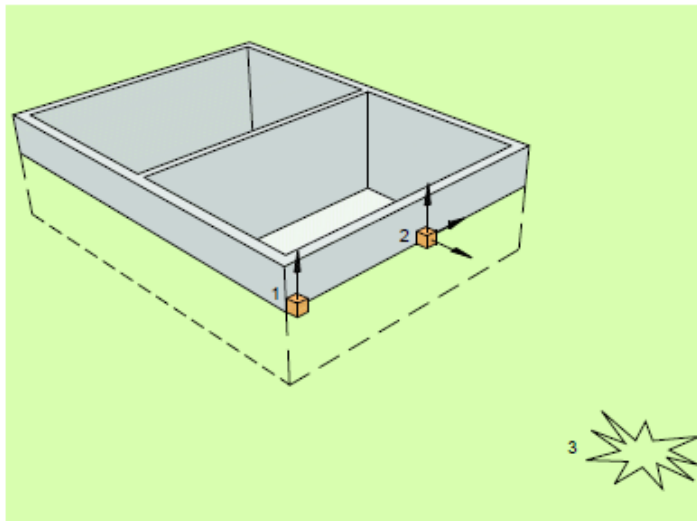
<p>K-verdien for prøvesalven estimeres konservativt for korteste avstand ut fra formel (2):</p> $K = \frac{950}{\sqrt{d}}$	$\frac{950}{\sqrt{12}} = 274$
<p>Største enhetsladning for første salve beregnes ved hjelp av formel (3):</p> $Q = \left(\frac{v \cdot d}{K}\right)^2$	$\left(\frac{50 \cdot 20}{274}\right)^2 = 13,3 \text{ kg}$
<p>Det skytes en mindre prøvesalve for å kontrollere K-verdien. Salven lades med en enhetsladning på 6 kg og skytes. Måleren viser $v = 36$ mm/s. En ny K-verdi beregnes ved hjelp av formel (4):</p> $K = v \cdot \frac{d}{\sqrt{Q}}$	$\frac{(36 \cdot 20)}{\sqrt{6}} = 294$
<p>Neste salve skal skytes 5 m nærmere. Det beregnes en ny største enhetsladning ut fra de nye erfaringstallene ved hjelp av formel (3):</p> $Q = \left(\frac{v \cdot d}{K}\right)^2$	$\left(\frac{50 \cdot 15}{294}\right)^2 = 6,5 \text{ kg}$
<p>Det settes en enhetsladning på høyst 5 kg. Salven lades og skytes. Måleren viser $v = 46$ mm/s. En ny K-verdi beregnes ved hjelp av formel (4):</p> $K = v \cdot \frac{d}{\sqrt{Q}}$	$\frac{(46 \cdot 15)}{\sqrt{5}} = 309$
<p>Neste salve skal skytes 12 m unna. Det beregnes en ny største enhetsladning ut fra de nye erfaringstallene ved hjelp av formel (3):</p> $Q = \left(\frac{v \cdot d}{K}\right)^2$	$\left(\frac{50 \cdot 12}{309}\right)^2 = 3,8 \text{ kg}$
<p>Neste salve skytes igjen nærmere. Det settes en enhetsladning på 2,5 kg. Salven skytes og måles. Prosessen med å beregne K-verdi og enhetsladning fortsetter.</p>	

Hensyn til ømtålig utstyr og ømtålige produksjonsprosesser

- Grenseverdier for ømtåligutstyr er ikke gitt i NS 8141-1. Standarden gir grenseverdier for byggverk, inklusive tunneller og bergrom, som det tekniske utstyret står i eller er festet i. Del 1 henviser til å bruke ISO/TS 10811-1 og -2 (og) for vurdering av ømtåligutstyr og ømtålige produksjonsprosesser, se også del 4 om besiktigelse. Nedenfor er det gitt noe veiledning om fremgangsmåten [4] [5] for vurdering av slikt utstyr og slike produksjonsprosesser.
- Bedrifter eller virksomheter som har produksjonsprosesser eller utstyr som kan påvirkes av bygge- og anleggsarbeidet, kan forespørres om grenseverdier for vibrasjoner for disse. Alternativt kan utstyrleverandører ofte oppgi grenseverdier. Grenseverdier oppgis vanligvis som akselerasjon, svingehastighet eller utsvingsamplitude, gjerne knyttet til ulike frekvensområder. Det er viktig å være oppmerksom på om grenseverdiene er gitt som toppverdier eller RMS-verdier, og om de er frekvensveide eller uveide verdier. I slike tilfeller anbefales det å måle vibrasjoner med de samme parametrene som grenseverdiene er satt i.
- I mange tilfeller oppgis det konservative grenseverdier for utstyret. Disse er ofte strengere enn grenseverdier for byggverk. De kan være så lave at det blir utfordrende å gjennomføre grunnarbeidene, spesielt sprengningsarbeid. I slike tilfeller avtales det som regel driftsstans av utstyret under vibrasjonsinduserende arbeid. Enkelte typer maskiner og utstyr kan ha strenge krav til vibrasjoner i avslått modus. Det finnes utstyr som tåler vibrasjoner bedre under drift enn avslått, dvs. drift uten produksjonsbelastning. Vibrasjonsoverføringen kan dempes ved å plassere utstyret på energiabsorberende underlag eller på spesialtilpassede dempeputer. Alternativt kan utstyret eventuelt flyttes midlertidig under anleggsarbeidene. Det finnes også en eldre rapport om hvordan sensitivt utstyr kan håndteres, se [6].
- Grenseverdier for vibrasjoner for produksjonsprosesser kan være vanskeligere å dokumentere. Ofte klarer ikke bedriften å fremlegge grenseverdier for produksjonen. I slike tilfeller blir det gjerne avtalt grenseverdier basert på erfaringer fra tilsvarende virksomheter, dersom det finnes, eller at det benyttes konservative grenseverdier som utgangspunkt for anleggsarbeidene.

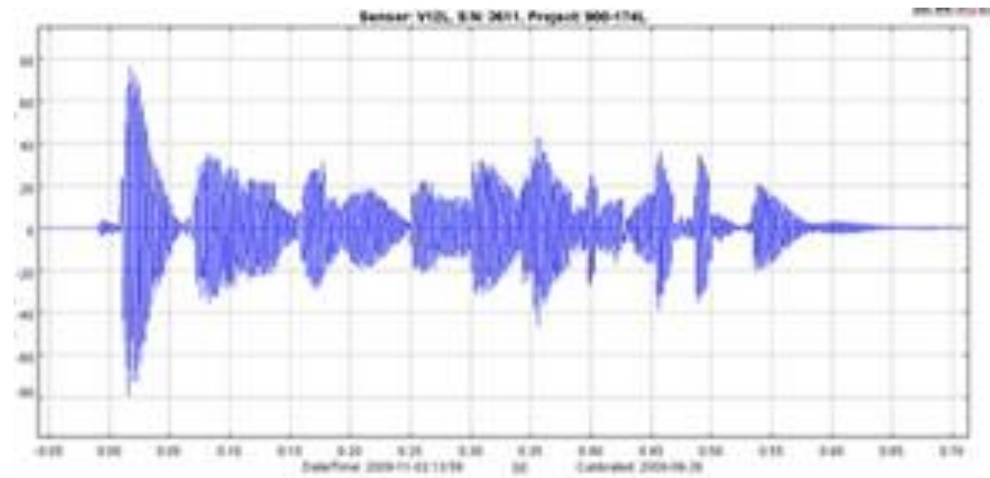
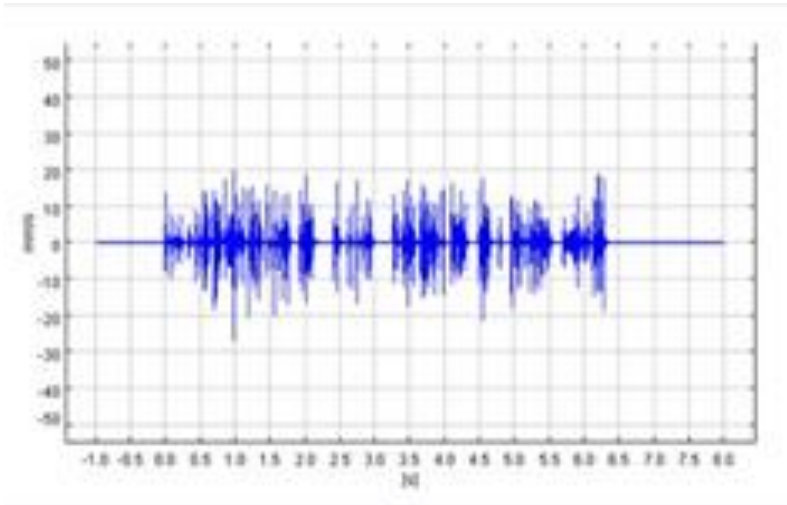
Plassering av målepunkt

- NS 8141-1 angir at giver som hovedregel skal plasseres på grunnmur. Dette gjelder også når avstanden til utstikkende konstruksjoner som trapp o.l. er under 10 m. Måling på lette konstruksjoner, for eksempel fundamentet for en verandasøyle eller en lav støttemur, kan gi ikke-representative måleverdier og bør unngås, spesielt ved sprengning. Slike konstruksjoner vil i mange tilfeller ha en enklere fundamentering enn selve bygningen, noe som påvirker måleresultatet. Det samme gjelder boder og garasjer. Dette er lette konstruksjoner hvor det erfaringsmessig ikke oppnås representative måleverdier, men som regel for høye verdier i forhold til hva byggverket reelt utsettes for.
- Figurene viser riktig plassering av målepunkter i forhold til bygningens vektbelastning, dvs. byggverkets bærende deler.
- Ved sprengning og andre vibrasjonskilder som forflytter seg langs et byggverk, for eksempel ved grøftesprengning, spunting, peling og kjøring med vibrovals, er det viktig å være oppmerksom på at vibrasjoner avtar raskt med økende avstand. I slike tilfeller bør giver flyttes etter vibrasjonskilden, eller det bør etableres flere målepunkter, slik at det alltid måles der avstanden er kortest.



Festing av giver

- En giver er forholdsvis tung, og for at målingene skal bli representative, er det viktig at den **sitter godt fast**. Ved festing på grunnmur bores det derfor et hull i muren, og giveren skrues fast med en solid skrue og ekspansjonshylse av metall. Ekspansjonshylser av plast vil ofte tøy seg litt over tid, slik at giveren løsner.
- Det er viktig at føttene på giveren har ordentlig kontakt med underlaget. Hvis de målte **vibrasjonene dør ut**, og kurveforløpet ser ut som et **«liggende juletre»**, tyder det på at det er noe feil med festingen av giveren, se figur til høyre nedenfor.
- Ved måling i byområder (områder med mye gangtrafikk) er det viktig å plassere giver slik at den ikke blir utsatt for spark og slag fra forbipasserende.
- Det anbefales å benytte et vater ved montering av givere. En geofon har bestemte måleretninger, enten horisontalt eller vertikalt. Derfor er det viktig at geofoner monteres riktig, ellers vil de ikke virke. Det finnes også geofoner for vertikale målinger som er beregnet på montering opp/ned (**inversgeofoner**). Standarden forutsetter at giveren monteres slik at avviket fra måleretningen, enten vertikalt eller horisontalt, **er maksimalt 5°**.



Dårlig eller manglende festepunkt for giver

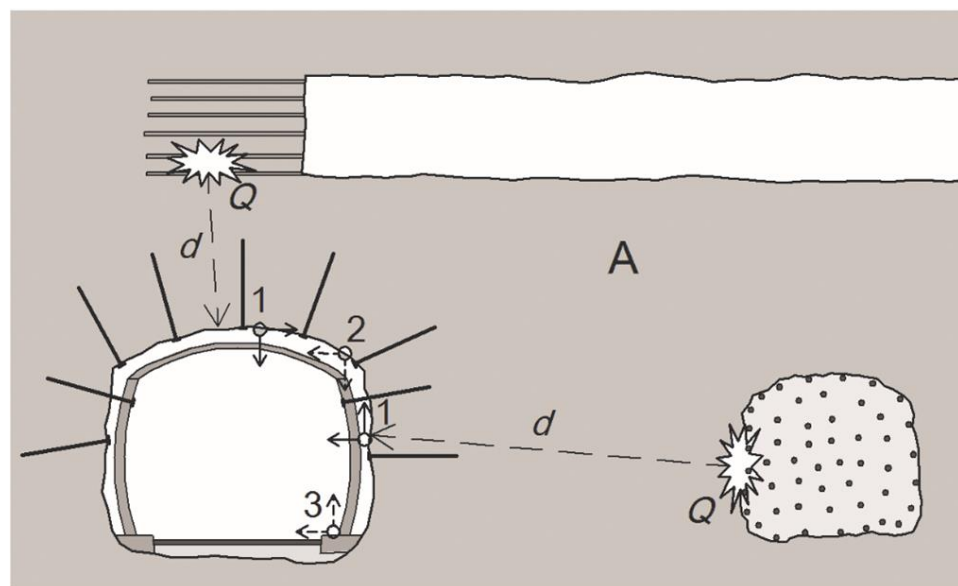
- For å avdekke om det finnes **festemuligheter**, bør det bankes lett i muren før boring. Ved **bomlyd** er det stor sannsynlighet for at det er dårlige festemuligheter. En del bygninger har ikke murverk i fundamentet eller grunnmuren som giveren kan skrus fast i. I slike tilfeller er det viktig å vurdere om det finnes muligheter for å montere giveren på et annet sted med tilsvarende bærende konstruksjon. En løsning kan være å montere giveren på et gulv (for eksempel kjellergulv) på grunnen ut mot ytterveggen.
- **Måling på kledning gir som regel høyere måleverdier for målestedet enn plassering på fundamentet og er ikke i henhold til standarden.** Måling på kledning er en problemstilling der det ikke er funnet løsninger som gir representative målinger. I slike tilfeller åpner NS 8141-1, 5.9.2, for måling **på andre bærende konstruksjoner** nær fundamentet og flere målepunkter.
- På **grunnmurer av naturstein** bør det måles på steiner som er store, og som ser ut som om de ligger godt i muren. Det kan imidlertid være vanskelig å se hvor representativt målepunkteter. Det anbefales derfor å montere givere på to steiner eller blokker, for å avdekke eventuelle avvik. Ved samsvar mellom måleverdiene kan den ene giveren demonteres. Dersom det er stor forskjell mellom måleverdiene, er det viktig å vurdere andre giverplasseringer.
- **Dersom en avvikende giverplassering brukes, er det viktig å rapportere at giveren ikke er montert i henhold til standarden.** I slike tilfeller er det viktig med dokumentasjon av monteringsmåten.

Festing av giver i tunneler og bergrom

- Som beskrevet i standardens del 4 bør det kontrolleres med en hammer om det er bomlyd. Giveren bør ikke festes der det er bomlyd.
- Ved montering av giver i tunneler og bergrom kan det være vanskelig å finne horisontale eller vertikale plane flater å montere giveren på. Et alternativ er å benytte en justerbar monteringsplate, men det kan gi resonanseffekter ved feilmontering. Måledataene bør derfor kvalitetssikres. Det er også viktig å benytte vater, fordi det ofte er vanskelig å ta på øyemål at giveren er i lodd. Akselerometre er ikke like retningsfølsomme.
- figur8 gir eksempler på mulige plasseringer av målepunkter i tunnel. **Foretrukket plassering av målepunkteter avhengig av hvor det sprenges:** Hvis det sprenges over tunnelen, bør målepunktet plasseres i hengen, og hvis det sprenges til siden for tunnelen, bør det plasseres på veggen, som vist med 1-tallet på figuren. En alternativ plassering av måle punkt der det ikke er mulig å komme inn bak hvelvet, er vist med 3-tallet på figuren. Dersom spennvidden er mer enn 8 m eller overdekningen er mindre enn 12 m, kan det vurderes å måle også i vederlaget, som vist med 2-tallet på figuren, hvis mulig.

Teguforklaring

- 1 foretrukket plassering av målepunkt
- 2 målepunkt i vederlag
- 3 alternativ plassering av målepunkt ved fundament
- A trykkbølgesone
- d avstand (skråavstand)
- Q sprengladning



Måling av lufttrykkstøt fra sprengning

- Måling av lufttrykkstøt er vanligvis aktuelt i forbindelse med sprengninger i **pukkverk eller i tunneller nær munningen**. Grenseverdien for lufttrykkstøt er basert på erfaringer fra Sverige.
- Til måling av lufttrykkstøt kreves det mikrofoner som er beregnet til dette formålet. Flere produsenter av vibrasjonsmålere leverer mikrofoner som kan kobles til vibrasjonsmålerne.
- Ved måling av lufttrykkstøt fra sprengning anbefales det at **mikrofonen og vibrasjonsgiveren kobles til samme målekjede**. Vibrasjonene som går gjennom bakken, vil i de aller fleste tilfeller komme frem før lufttrykkstøtet. Triggingen på mikrofonen settes til «off», mens triggernivået for vibrasjonsgiveren settes så lavt at sprengningen vil bli registrert. På denne måten unngås det at vindstøt eller annen støy forårsaker uønskede trigginger. Standarden krever at måletiden settes slik at hele lufttrykkstøtet blir registrert, inklusive tiden for lydoverføringen fra sprengningsstedet. Vanligvis vil måletiden være minst 5 s.



Tillegg A - Sprengning nær plasstøpt betong under avbinding og herding

Tillegg A (informativt)

Sprengning nær plasstøpt betong under avbinding og herding

Ved sprengning nær betongkonstruksjoner som er under avbinding og herding, er det nødvendig å ta hensyn til i hvilken fase av avbindings- eller herdeprosessen konstruksjonene er i. Nystøpt betong, dvs. inntil ca. 4 h etter utstøping, vil normalt ikke bli påvirket av sprengningsvibrasjoner. Den mest kritiske fasen er når betongen begynner å sette seg, dvs. tiden mellom ca. 4 h og 14 h etter utstøping. Da kan vibrasjoner fort stresse betongen over skjærstyrken, slik at det oppstår riss.

Når betongen har blitt ca. 24 h gammel, begynner den å oppnå forholdsvis god fasthet, og betong som er 7 døgn gammel, har i de fleste tilfeller oppnådd så stor fasthet at sprengningsarbeidene kan gjennomføres uten spesielle restriksjoner.

Det er viktig å vurdere følgende forhold, som har betydning for avbindings- og herdeprosessen til betongen:

- lufttemperatur (tidsintervallene i tabell A.1 gjelder ved +20 °C);
- tykkelsen på betongen;
- slump;
- bruk av tilsetninger som akselerator eller retarder.

Det finnes lite litteratur om hva fersk betong tåler av vibrasjoner, men som en indikasjon kan uveide verdier av svingehastighet i [tabell A.1](#) legges til grunn for dette. Det finnes imidlertid indikasjoner på at dette er konservative verdier. Mer detaljerte vurderinger finnes i referanse [\[11\]](#).

Tabell A.1 — Veiledende toppverdier av uveid svingehastighet som betongen kan forventes å tåle, avhengig av herdetiden

Herdetid	Toppverdi av uveid svingehastighet <i>v</i>
0 h til 4 h	200 mm/s
4 h til 14 h	10 mm/s
14 h til 24 h	40 mm/s
1 d til 7 d	100 mm/s
over 7 d	Grenseverdier som beregnet etter NS 8141-1

Veiledning til NS 8141-3

- NS 8141-3 fastsetter en veiledende grenseverdi for å unngå utløsning av skred i kvikkleire på grunn av vibrasjoner forårsaket av sprengning. Dvs. at standarden kun omfatter risiko for utløsning av skred i kvikkleire og ikke andre typer vibrasjonsskader. Sprengning i berg eller andre faste masser som grenser inn mot kvikkleire der det finnes helning, topografi, skrenter mv., kan føre til at et skred vil kunne utvikle seg. Standarden beskriver hvordan vibrasjonene skal måles og vurderes i slike tilfeller.
- Grenseverdien i del 3 fra 2014 er angitt ved toppverdien av frekvensveid svingehastighet på 45 mm/s. I del 1 er det nå innført uveid svingehastighet. Grenseverdien for frekvensveid svingehastighet i NS 8141-3 er beregnet fra en uveid svingehastighet på 25 mm/s med en antagelse om en typisk frekvens for vibrasjoner i kvikkleire.
- Revisjon av del 3 har startet, og den er planlagt harmonisert med del 1 om bruk av uveid svingehastighet. Dette punktet av veiledningen er planlagt supplert når revisjonen av del 3 er fullført.

I revisjonen vil en vektlegge sikkerhetsfaktor, terskeltøying ved dybde og plastisitet på leiren i fastsettelsen, noe som gir fleksible nivåer og høye grenseverdier der dette er forsvarlig.

Det diskuteres også om det er behov for målinger om kvikkleireområdet er mer enn 50 – 100 m fra sprengningsarbeidene eller om sikkerhetsfaktoren overstiger 2.0.

Dette er foreløpig premature diskusjoner i arbeidsgruppen og i mellomtiden er det nåværende utgave av standarden som fortsatt er gjeldende.



Veiledning til NS 8141-4

- NS 8141-4 gir **krav og retningslinjer for besiktigelse av nærliggende byggverk** og eiendommer til bygge-og anleggsplass før bygge- og anleggsarbeider starter. Eiendomsbesiktigelse er en registrering av eiendommens eller byggverkets tilstand. Ved behov for skadevurdering i etterkant brukes forhåndsbesiktigelsen til sammenligning. Veiledning til metoder for besiktigelse i standardens del 4 er gitt i etterfølgende punkter.

Valg av metode for besiktigelse

- Måten bygningsbesiktelser utføres på, har utviklet seg over tid, ikke minst i takt med nye teknologiske hjelpemidler. De senere år har bygningsbesiktigelse med videokamera vært den vanligste utførelsen i større og sentrale utbyggingsprosjekter, og dette har langt på vei blitt den foretrukne metoden i bransjen, som beskrevet i NS 8141-4. Denne metoden brukes fordi videoregistreringen anses for å gi en mer helhetlig dokumentasjon av byggverket og eiendommen enn ved bruk av stillbilder, samtidig som det kan legges til kommentarer direkte i opptakene med beskrivelse av tilstanden, angivelse av mulige årsaksforhold med tilliggende eller understøttende observasjoner osv.
- Videobesiktigelse er nyttig ved dokumentasjon av eksisterende svakheter eller skader som ikke fremkommer visuelt på bilder som f.eks. ved bom i løs puss eller keramiske fliser. Utbredelse av bom kan dokumenteres ved kontrollbanking og lydopptak. Ved besiktigelse med bilder og beskrivende tekst ville dette ha krevd en detaljert beskrivelse. Tilsvarende er det når det er fall i gulv med bygningsmessige tilpassinger, fuktindikasjoner med innestengt lukt eller omfattende forekomst av svinnsprekker osv. som krever begrunnelse for utvelgelse eller tilleggskommentarer til den visuelle observasjonen.
- Stedsangivelse i lokaler eller rom er viktig under besiktigelse, noe som spesielt gjelder ved større og komplekse næringsbygg. Under besiktigelsen er det nyttig å fange opp tilleggsopplysninger fra tilstedeværende eiere, leietakere, brukere, driftsledere, forvaltere osv.
- Besiktigelse med bilder og beskrivende tekst brukes fremdeles i en viss utstrekning. Denne metoden krever skriftlig dokumentasjon som underbygger bildene, og ikke minst en tydelig stedsangivelse med oversiktsbilder og markering av detaljerte nærbilder. Dokumentasjon av byggverket og eiendommen med skadedimensjoner, utbredelse av bom, årsaksforhold ved vesentlige skader beskrives i rapporten. Kommentarer fra tilstedeværende på befaringen samt forhold som ikke fremkommer visuelt, som lukt, høy luftfuktighet, trekk e.l., noteres i rapporten. Besiktigelsesrapporten kan bli omfattende med påfølgende tekst- og bildebehandling, spesielt ved større og omfattende bygningsmasser eller næringsbygg.

Omfang av besiktigelsen

- Anbefalt omfang av besiktigelsen er beskrevet i tabell 1 i del 4 av standarden. Hvor stort besiktigelsesområdet bør være, varierer en del avhengig av situasjonen. **Omfanget av besiktigelsen tilpasses skadepotensialet ut fra bygge- og anleggsarbeidets størrelse og varighet.** Tabellen er således retningsgivende, og omfanget vurderes i det enkelte tilfellet ut fra anleggsaktiviteten, grunnforholdene og nærliggende eiendommer.

Tabell 1 - Anbefalt område for besiktigelse avhengig av avstand fra anleggsstedet

Situasjon	Besiktigelsesområde med avstand fra anleggssted m
Sprengning i dagen, bygninger fundamentert på berggrunn eller komprimerte steinmasser inntil 2 m	30 til 50
Sprengning i dagen, bygninger fundamentert på løsmasser	50 til 100
Sprengning i underjordsanlegg som tunneler og bergrom, og ved etablering av dype byggegropar ^a	50 til 100
Alle andre anleggsarbeider i dagen som forårsaker vibrasjoner, inklusiv vei og bane ^{b c}	30 til 50
Anleggsarbeider som innebærer setningsfare på byggverk og eiendom, inklusiv vei og bane ^{a b c}	100 til 200
^a Dette gjelder ved fare for grunnvannssenkning, se punkt 10 og A.2.2. Ved underjordsanlegg skal besiktigelsesområdet vurderes utfra overdekningen. ^b Setningsfare skal vurderes spesielt, se punkt 8. ^c For besiktigelse av bergrom, se punkt 5 og 10.	

Eksempler på angitte situasjoner fra tabell 1

- **Sprengning i dagen – Byggverk fundamentert på berggrunn eller komprimerte steinmasser inntil 2 m**

Byggverk som ligger tett inntil stedet der anleggsaktiviteten foregår, vil ofte være styrende for utførelsen. Ivaretagelse av de nærmeste byggverkene kan redusere vibrasjonseksposering av andre byggverk som ligger lenger unna. I slike tilfeller vil det være tilstrekkelig med et besiktigelses område på 30 m. Ved spredtbebyggelse økes gjerne salvestørrelsen, og det medfører at besiktigelsesområdet bør utvides til 50 m. I tilfeller der det ikke er noen byggverk innenfor 50 m, kan nærmeste byggverk utenfor denne avstanden vurderes.

- **Sprengning i dagen – Byggverk fundamentert på løsmasser**

Vurderingene som er beskrevet ovenfor, gjelder også for byggverk med fundamentering på løsmasser, men besiktigelsesområdet er mer omfattende. I tettbebyggelse er det i de fleste tilfeller tilstrekkelig med besiktigelse opptil 50 m, med mindre det er risiko for setninger utenfor dette området. Ved spredt bebyggelse og/eller omfattende setningshistorikk i område bør besiktigelsen utvides til 100 m avstand.

Byggetomt med sprengningsarbeider og nærliggende bebyggelse



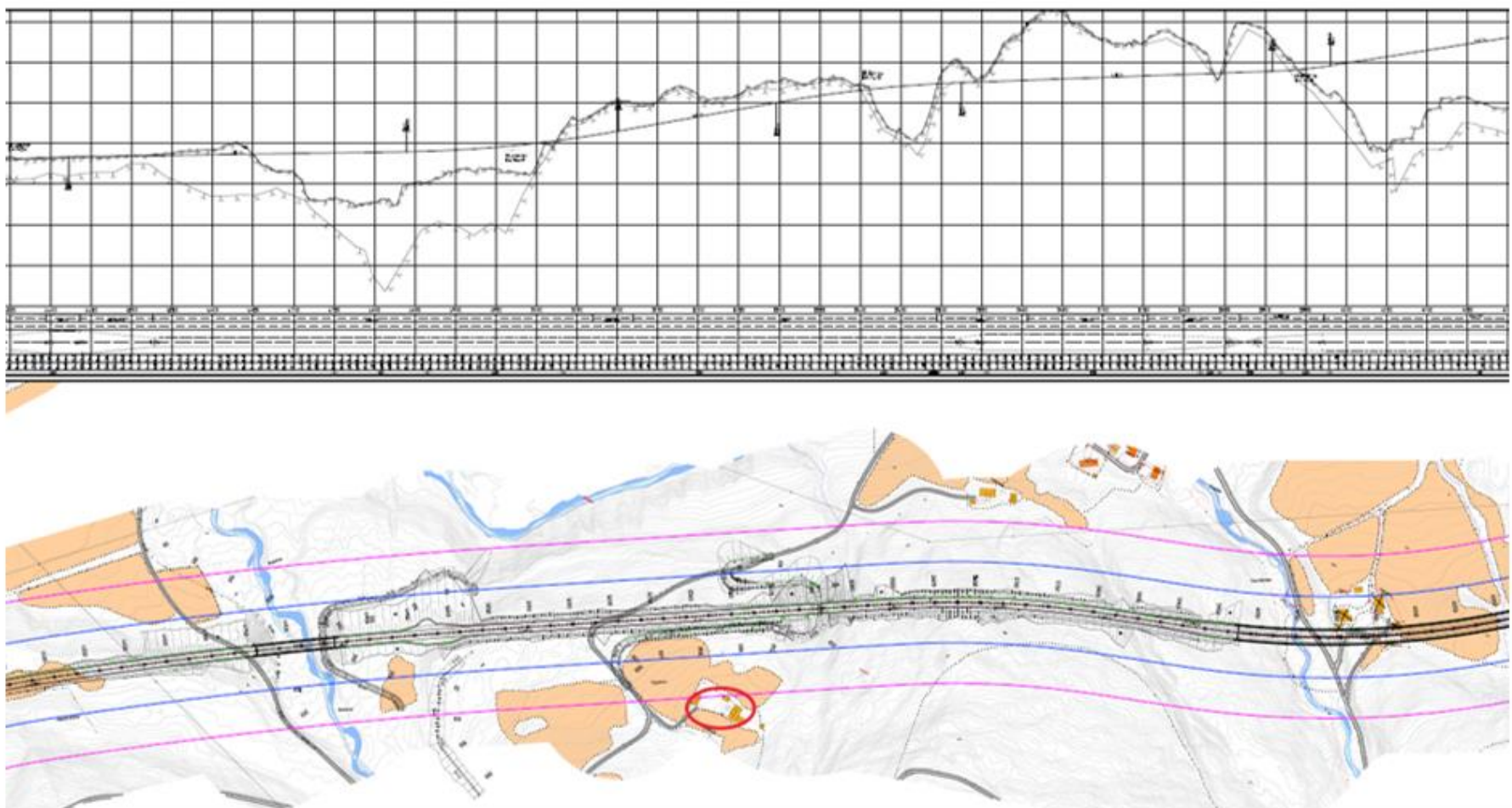
Omfanget av besiktigelsen er markert på vedlagte kartutsnitt med følgende tegnforklaring:

- Komplet (utvendig og innvendig)
- Fasadebesiktigelse



En besiktigelse med dette omfanget koster ca. kr 25 000,-.
Tillegges alle eiendommene komplett besiktigelse innenfor 50m-sonen, kommer kostnaden opp i ca. 42 000,-.

Veitrase med spredt bebyggelse



Benytt gjerne utvidet sone ved spredt bebyggelse.
Liten økonomisk konsekvens og dokumentasjon på vibrasjonsutbredelsen ved klager.

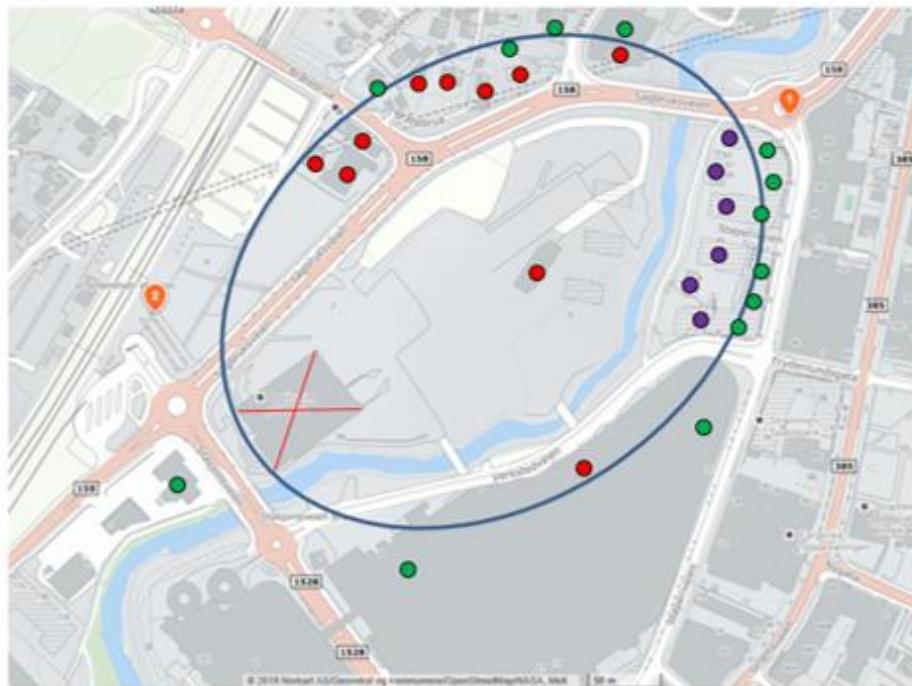
Flere byggetrinn

Ved prosjekter med flere byggetrinn, anbefales det besiktigelse av utvalgte leiligheter i foregående byggetrinn ved ferdigstilling/innflytting. Dette for å avdekke opptredende grad av tørkesprekker- og andre problemskader, og spesielt i de tilfeller der utbyggingen/besiktigelsen utføres i forkant av ettårsbefaringer.

Ved tidligere byggetrinn som er under oppføring, må besiktigelsen vurderes ift. byggefasen.

NB: strenge vibrasjonsgrenser for betong under herding:

- 4-14 h $v = 10 \text{ mm/s}$
- 14-24 h $v = 40 \text{ mm/s}$



Omfanget av besiktigelsen er markert på vedlagte kartutsnitt med følgende tegnforklaring:

- Komplet (utvendig og innvendig)
- Fasader, kjellere, trapper og utvalgte leiligheter
- Fasadebesiktigelse



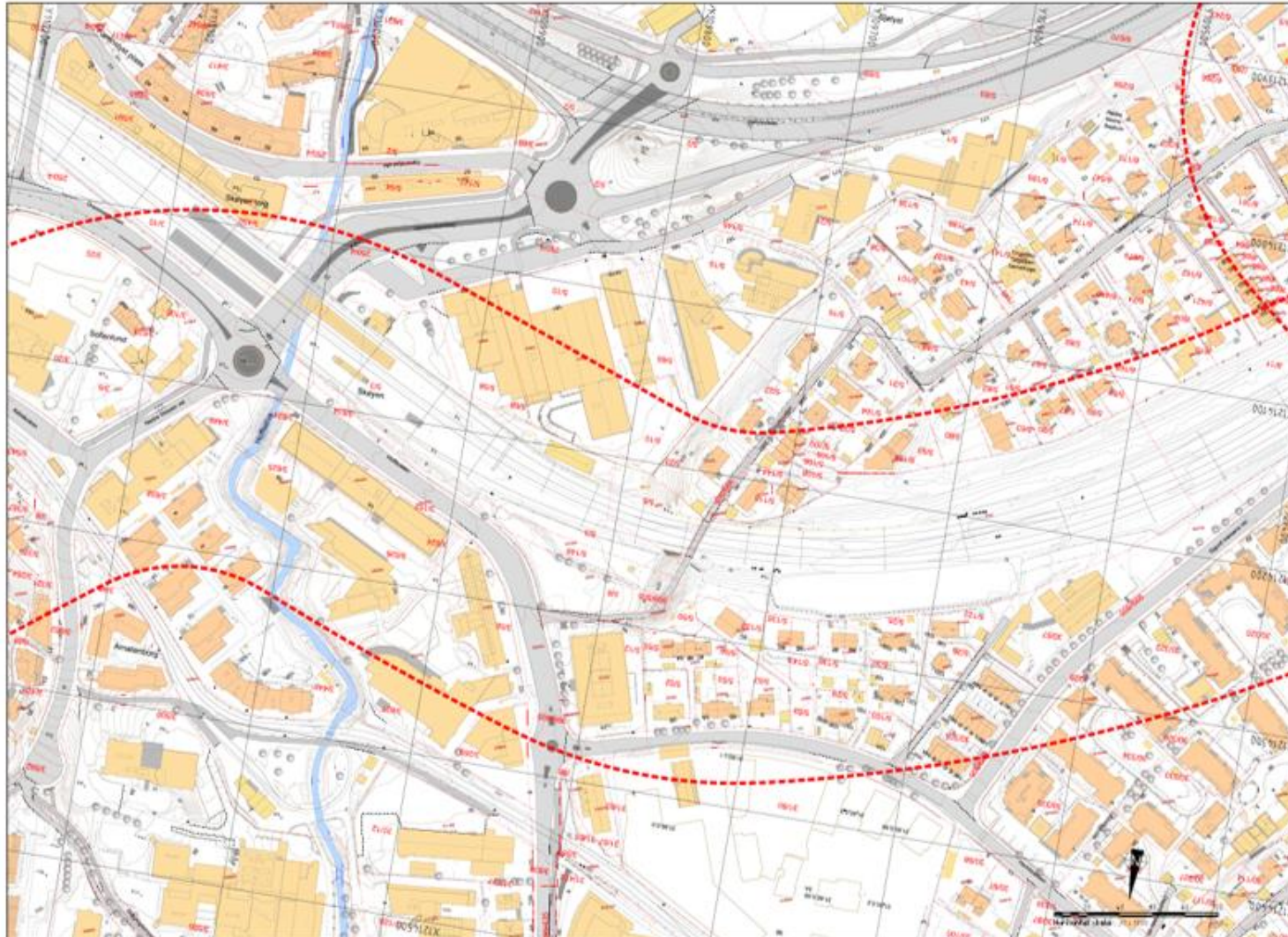


Sprengning i underjordsanlegg som tunneler, bergrom og dype byggegrop

- For underjordsanlegg og dype byggegrop vil det være behov for et utvidet besiktigelsesområde fordi utbredelse av mulig grunnvannssenkning kan være større. Erfaringsvis er besiktigelsesavstanden opptil 100 m for slike anlegg.
- Ved arbeider som innebærer stor fare for påvirkning av grunnvannet og fare for setninger, bør besiktigelsesområdet vurderes spesielt av fagkyndige på geoteknikk eller hydrogeologi. Ved ugunstige grunnforhold som dyprenner og uheldige grunnforhold med utstrekning av vannførende lag kan det forekomme at avstanden settes opptil 200 m. I spesielle tilfeller kan besiktigelse utenfor dette området vurderes.



Tunneltrase



Basert på risikoen for grunnvannspåvirkninger og setningsfare, bør det legges opp til en besiktigelses- sone på 100m ved tunnel- prosjekter.

Begrunnelse for omfang ved tunneltrase

- Tunnelsalver har lenger varighet enn for sprengning ved daganlegg, noe som bidrar til at vibrasjonene oppleves kraftigere og mer skremmende.
- Større risiko for grunnvannspåvirkning enn for daganlegg.
- Usikre fundamenteringsopplysninger på vanlig boligbebyggelse.
- Vil kunne medføre terrengsetninger og setninger av gulv på grunn, selv ved bebyggelse som er fundamentert på peler til berg.
- **Velg alltid 100m besiktigelsessone ved tunnelanlegg, eller mer ved dyprenner og utvidet setningsfare (vurderes av geotekniker (hydrogeologi)).**
- **Som fremdriftsbetraktning bør besiktigelsen ligge > 1.000m foran tunneltuffen**



Andre anleggsarbeider i dagen som forårsaker vibrasjoner, inklusive vei og bane

- Andre anleggsarbeider har vanligvis mindre energi enn sprengningsarbeider. Besiktigelsesområdet avgrenses gjerne til en avstand på 30 m, med mindre det avdekkes økt risiko for setninger.

Sentralt byggeprosjekt med hovedsakelig løsmassearbeider



Omfanget av besiktigelsen er markert med følgende tegnforklaring:

- Komplette besiktigelse
- Fasadebesiktigelse



En besiktigelse med dette omfanget koster ca. kr 90 000,-. Tillegges alle eiendommene komplett besiktigelse innenfor 50m-sonen, kommer kostnaden opp i ca. 170 000,-.

Oppsummert angående omfang

Besiktigelsessoner basert på vibrasjonspåvirkninger

Ulike prosjekt

- Daganlegg med sprengnings- eller løsmassearbeider i tett-/sammenhengende bebyggelse.
- Vei-/jernbanetraseer og andre prosjekter i åpen bebyggelse.
- Tunnelanlegg

Soner

- 30-50m
- 100m
- 100m ++

Sonene er veiledende basert på vibrasjonspåvirkninger, og bør kvalitetssikres av geotekniker ift opptredende setningsfare for tiltaket.



Da har vi vel kontrollen....

Hva er besiktigelsessonen for pigging og bergfundamentert bebyggelse?

- En vil aldri komme i nærheten av gjeldende grenseverdier for aktiviteten iht NS8141 og skaderisikoen i er tilnærmet lik 0.
- Aktiviteten har likevel en følbart vibrasjon som kombinert med et intensiverende støynivå, oppleves ubehagelig og gir betydelige sjanser for både klager- og skadepåstander av aktiviteten.

Det vil alltid være tilfeller der en må bruke skjønn, og det kan lønne seg å besiktige tilstøtende bygninger selv ved lav skaderisiko.



The end....

Takk for oppmerksomheten.

harry.herland@multiconsult.no



Multiconsult