



# Åkustik och tunnelborrning

## - vilka är utmaningarna?

Tunnelborrning kan innebära störningar för boende och verksamheter. Men akustisk påverkan från tunnelborrning omfattar fler utmaningar än att mäta och följa upp ljudnivåer.

### Om tunnelbormaskinen

Tunnelbormaskinen har namnet Elektra. Den kallas i dagligt tal för TBM, vilket står för "tunnel boring machine." Elektra är en mindre modell jämfört med de som borrar trafiktunnlar, men är ändå 240 meter lång. Den är konstruerad som ett tågset med 20 vagnar och väger 1 000 ton.

På vagnarna finns bland annat generatorer, hydraulik, verkstäder, cementblandare och en räddningskammare som ska kunna användas i händelse av en olycka.

Längst fram finns borrhuvudet, som är fem meter i diameter och väger 50 ton.

Maskinen tar sig i snitt 60-70 meter in i berget per vecka och under gynnsamma förhållanden drygt 100 meter per vecka. När bormaskinen är i drift förbrukar den 3 megawatt, lika mycket el som ett litet samhälle. Källa: Svenska kraftnät.

marby Sjöstad i Stockholm. Arbetet med att borra tunneln startade i början av 2020 och i nuläget har halva sträckan borrats ut. Tunneln borrar mellan 50-100 meter under marknivå. Geologin utmed sträckan kan beskrivas som "bra och hårt berg" med granit, gnejs och metagråvacka med inslag av svaghetszoner.

### Hur hanteras ljudkrav och arbetstider vid tunnelborrning?

Innan ett infrastrukturprojekt börjar byggas krävs ett omfattande arbete med tillstånds- och miljöprövning. När projektets miljödom vunnit laga kraft styr villkoren hantering av miljöpåverkan och tunneldrivningen.

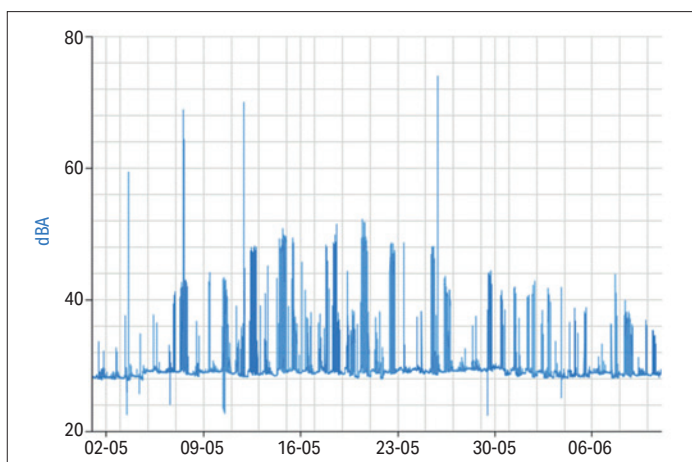
Miljövillkoren omfattar bland annat:

- Villkor för grundvattenpåverkan och inläckage av grundvatten i tunnelanläggningen
- Arbetstider för bullrande eller stomljudsalstrande arbeten
- Ljudkrav – riktvärden på buller och stomljud

Artikeln baseras på erfarenheter från Svenska kraftnäts projekt Anneberg – Skanstull Tunnel. Syftet med projektet är att bygga en kabeltunnel för att förstärka Stockholmsregionens elnät. Tunneln är 13,4 km lång och byggs med hjälp av en tunnelbormaskin från Mörby till Ham-



**Carl Lind**  
Tilia Consult AB  
Teknikstöd till Svenska kraftnäts projekt  
Anneberg – Skanstull Tunnel



**Figur 1:** Mätdata på ekvivalenta stömljudsnivåer i källare. Tunnelborren passerar under byggnaden och nivåerna uppgår till cirka 50 dBA. Påverkanstiden är mindre än några veckor för stömljud från tunnelborring. Stömljuden uppstår periodvis eftersom en del arbetsmoment innebär att tunnelborringen avbryts, till exempel under injekteringsborring eller servicearbeten. Nattetid utförs inte heller tunnelborring vid bostäder. Topparna i diagrammet som är mellan 60 – 75 dBA är bakgrundsljud och inte från tunnelborring. Källa: Svenska kraftnäts upphandlade webbplats ncvib.com



**Figur 2:** Exempel på placering av öövervakad och stationär stömljuds- samt vibrationsmätning i källare till ett bostadshus. Vibrationsensorn är placerad i utrymmets hörn nära betongplattan.

- Under vilka förutsättningar tillfällig vistelse kan erbjudas till boende om ljudkrav överskrids
- Tillsynsmyndigheternas roller för att följa upp villkor i miljödomen

I miljödomen för projekt Anneberg – Skanstull Tunnel framgår ljudkrav inomhus och arbetstider för tunneldrivning i ramvillkor nr 9:

Luftburet buller och stömljud under TBM-driften och under anläggandet av förbindelsestunneln mellan kabeltunneln och ventilationsschakten ska begränsas så att den ekvivalenta ljudnivån inomhus som riktvärde inte överskrider:

- 45 dB(A) i bostäder och arbetslokaler för tyst verksamhet samt 40 dB(A) i skolor helgfri måndag – fredag kl. 07.00 – 19.00
- 40 dB(A) i bostäder helgfri måndag – fredag kl. 19.00 – 22.00
- 40 dB(A) i bostäder lördag, söndag och helgdag kl. 09.00 – 18.00 med undantag för helger med två eller fler helgdagar i följd då 35 dB(A) inte får överskridas
- 35 dB(A) i bostäder lördag, söndag och helgdag kl. 07.00 – 09.00 och kl. 18.00 – 19.00
- 30 dB(A) i bostäder lördag, söndag samt helgdag kl. 19.00 – 22.00
- 30 dB(A) i bostäder alla dagar kl. 22.00 – 07.00

Arbeten som medför överskridanden av riktvärden får endast ske helgfri måndag-fredag kl. 07.00-22.00 samt lördag, söndag och helgdag kl. 09.00 – 18.00

Andra avvikelser får, om det finns särskilda skäl, ske endast efter tillsynsmyndighetens godkännande. Bulleralstrande arbeten som inte medför överskridande av riktvärdena får förekomma alla dagar dygnet runt.

Sammantaget innebär ljudkrav enligt ramvillkor 9 att stömljud från tunneldrivning får bedrivas helgfria vardagar mellan kl 07-22 samt helgdagar kl 09-18 med undantag för långhelger. Ljudkraven, eller riktvärdena, får även överskridas under dessa tider. Under veckans alla dagar och nattetid får arbeten däremot endast bedrivas om ekvivalenta ljudnivåer är lägre än 30 dBA i bostäder. Kravet motsvarar Naturvårdsverkets riktlinjer enligt NFS-2004:15, Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från bygplatser. Därmed tas större hänsyn till boendes nattsömn men under andra tider kan högre ljudstörningar tillåtas. Om riktvärdet för bostäder under nattetid ska få överskridas måste tillsynsmyndigheten lämna godkännande. Tillsynsmyndigheten är i detta fall den kommun som tunnelborren passerar.

#### Vilka faktorer påverkar ljud- och vibrationsutbredning?

Vid tunnelborring kan buller uppstå i byggnader från strukturbundna vibrationer. Bullret benämns stömljud. Högre stömljud uppstår i berggrundlagda byggnader eftersom berg har låg materialdämpning. För byggnader grundlagda på jordar och särskilt leror med hög materialdämpning blir stömljudsnivåerna lägre och ibland inte ens hörbara. Det beror på att jordar agerar som akustiska filter som reducerar ljudnivåerna. De parametrar som påverkar stömljud från tunnelborring är:

- Avstånd från tunnelborring till byggnad
- Geologi, typ av bergmassa eller jord samt mäktighet på jordlager
- Byggnaders grundläggning

- Våningsplan i en byggnad
- Ljudabsorbenter i ett utrymme
- Till viss del hur tunnelborren passerar en byggnad (mot eller från byggnaden)

Vibrationspåverkan bestäms främst av:

- Avstånd från tunnelborring till byggnad
- Geologi, typ av bergmassa eller jord samt mäktighet på jordlager
- Byggnaders grundläggning

Det är därmed många parametrar som påverkar stömljuds- och vibrationsöverföring. Parametrar som kan innehålla stor osäkerhet, inte minst avseende en byggnads grundläggning.

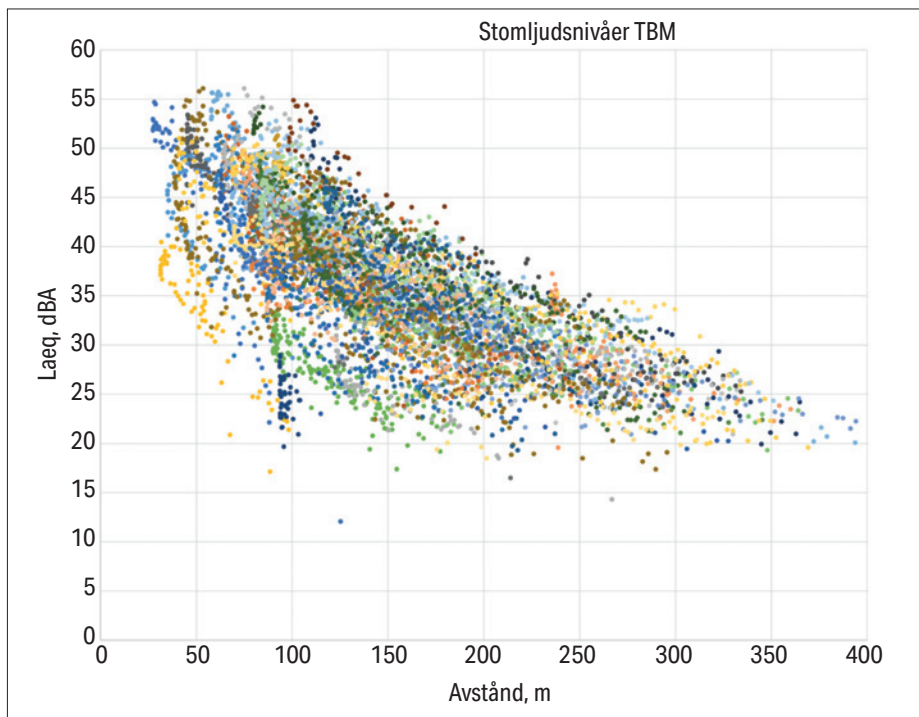
#### Hur övervakas stömljud och vibrationer?

De finns två metoder för att registrera stömljud:

- Öövervakad ljudmätning – benämns även stationär ljudmätning
- Övervakad ljudmätning – benämns även handhållen ljudmätning

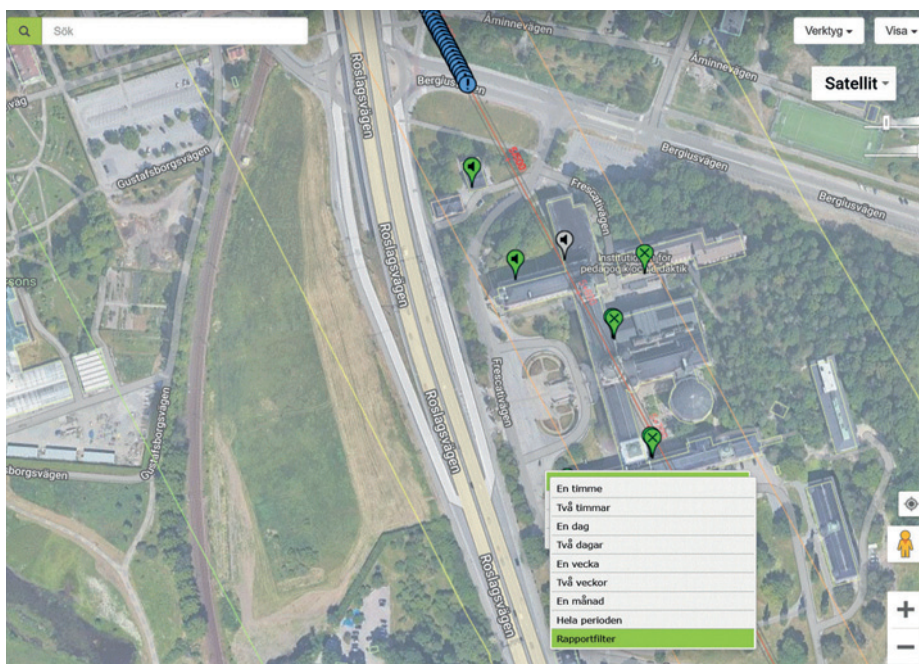
Fördel med öövervakad ljudmätning är möjlighet till långa mätperioder med begränsad arbetsinsats. Nackdel är att bakgrundsljud kan påverka tillförlitligheten på registrerade ljudnivåer. Stor omsorg måste läggas på att välja utrymmen med låga bakgrundsljud.

Fördel med öövervakad ljudmätning är att bakgrundsljud enkelt kan exkluderas från inspelningar och mätdata får hög kvalitet. Nackdel är att mätperioden är begränsad eftersom en mättekniker är på plats eller att stömljudsalstrande arbeten inte utförs då mättekniker planerat att utföra mätning.



**Figur 3:** Mätdata på stomljuds nivåer i källare- eller förrådsutrymmen i samband med tunnelborrning från ett 60-tal övervakade mätpunkter (avser klass 1-mätning och ekvivalent ljudnivå i dBA). Ljudnivåerna i byggnad bestäms av avstånd till tunnelborren, byggnadens grundläggning, ljudabsorbenter i ett utrymme samt våningsplan. Det förklarar varför spridningen i diagrammet är stor. För att ta fram kvalitativa stomljudsprognoser krävs fördjupade analyser av mätdata, plats specifika förhållanden kombinerat med produktionsdata från tunnelbormaskinen. Källa: Svenska kraftnäts projekt Anneberg – Skanstull Tunnel.

- Stomljuden avtar cirka 3 dBA per våningsplan (intervall 2 - 5 dBA)
- Stomljuden är cirka 2 dBA lägre bakom tunnelborren jämfört med framför densamma
- Stomljud från injekteringsborrning är cirka 15 dBA (intervall  $\pm 5$  dBA) lägre jämfört med tunnelborrning - beror på avståndet till tunnelborren och markslag
- Avståndet till tunnelborren är minst 200-250 meter för att i nedre våningsplan och byggnader på berg understiga 30 dBA
- Avståndet till injekteringsborrning, borrning för att täta berg mot inläckande grundvatten, är minst 100 meter för att i nedre våningsplan och byggnader på berg understiga 30 dBA
- Tunnelborrning utförs ”ryckigt under en arbetsdag” men över längre tidsperioder är framdriften högre än för sprängda tunnlar. Framdriften, eller farten på produktion av bergtunnel, är minst 3-5 gånger högre vid borrar tunnel jämfört med sprängda tunnlar i tätort. Det innebär att farten är 50-100 meter/vecka för tunnelborrning jämfört med 15-20 meter/vecka för sprängd tunnel.



**Figur 4:** Interaktiva kartmotorer är värdefulla för att utvärdera, analysera och grafiskt presentera stora mängder stomljuds- eller vibrationsdata. Blå symboler visar tunnelborrens läge och gröna symboler avser stomljuds- eller vibrationsmätpunkter. Källa: Svenska kraftnäts upphandlade webbportal ncvib.com.

Vibrationsmätning sker ofta genom att ansluta en triaxiell vibrationssensor till samma datalogger som registrerar stationära stomljud, se Figur 2. Stomljuds- och vibrationsmätning utförs därför ofta i samma utrymme.

#### Hur utförs prognostisering av stomljud?

Prognossamband för stomljud baseras på fältmätningar vid tunneldrivning. Sam-

bandet nedan avser ekvivalenta stomljuds nivåer för berggrundlagda byggnader och omöblerade bostadsutrymmen i första våningsplanet (normalt avses källare):

- Stomljudssnivå, LAeq (dBA) =  $-20,36 \times \ln(\text{avståndet från tunnelborr till byggnad, meter}) + 142,52$

Tumregler för stomljud från tunnelborrning är:

#### Hur höga blir vibrationerna?

Miljödomen anger inga uttalade villkor kopplat till vibrationskrav vid tunnelborrning. Bakgrunden är att vibrationer från tunnelborrning är avsevärt lägre jämfört med sprängda bergtunnlar. Toppvärdena är lägre än cirka 0,2-0,3 mm/s om avståndet är större än 75-100 meter. Det tangerar människans känseltröskel men är långt under vibrationsnivåer som kan skada byggnader.

Syftet med vibrationsmätning vid tunnelborrning är kopplat till verksamheter som har extremt störningskänsliga utrustningar. I praktiken berörs forskningsmiljöer med mycket låga vibrationskrav.

#### Hur utförs ljud- och vibrationsanalyser?

Mätdata från övervakade ljudmätningar rapporteras automatiskt till en webbportal för utvärdering eller fördjupad analys. Projektets akustiker och mättekniker utvärderar kontinuerligt mätningarna. Syftet är att följa upp miljödomens riktvärden, bedöma hur omgivningen påverkas eller som underlag till produktionsstyrande insatser för tunneldrivningen.

#### Vad krävs för att skapa förståelse för störningar?

Stora infrastrukturprojekt förutsätter fortlöpande kontakter med omgivningen. Framgångsrik kommunikation sker utifrån

proaktiva insatser där omgivningen i god tid förbereds på en kommande påverkan eller störning. Det ger förutsättningar att förstå syfte och nytta med projektet samt skapa acceptans eller förståelse för störningar, inte minst från stomljud. I projekt Anneberg – Skanstull tunnel har informations- och kommunikationsfrågor organiserats genom:

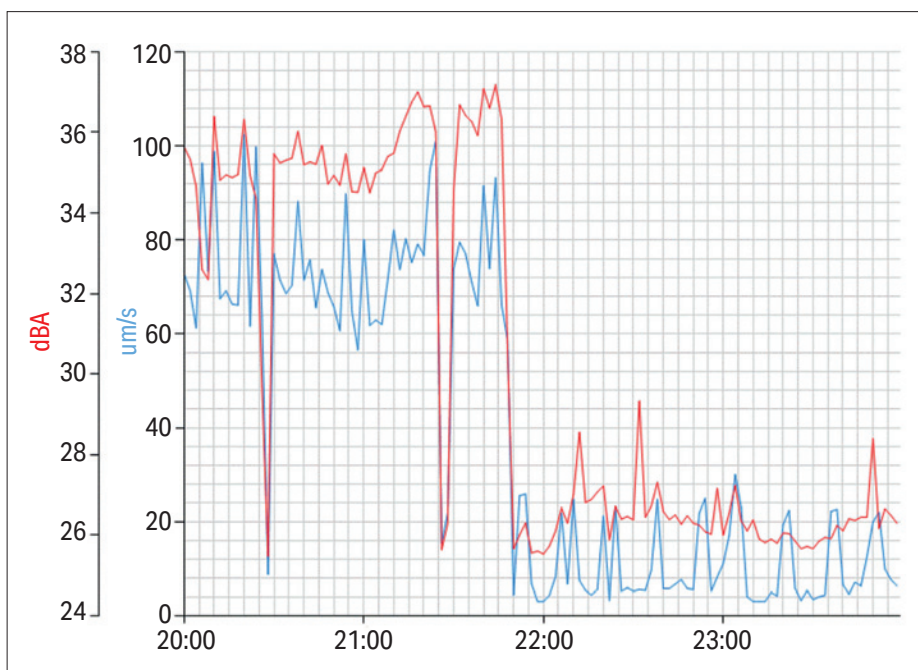
- Kommunikationsansvarig som samverkar nära funktioner inom akustik, hydrogeologi, tillstånds-, projekterings- samt produktionstekniska frågor
- Personlig kommunikation och snabb återkoppling på frågor via telefon, e-post samt möten med stöd av sociala nätverk
- Bemannad jourtelefon under dygnets alla timmar som registrerar frågor eller störningsärenden
- Mobil utställning som är bemannad under dagtid och finns i anslutning till tunnelborrens läge

Rapportering av akustisk påverkan till tillsynsmyndigheter omfattar registrerade stomljuds nivåer, planerade mätinsatser samt hur projektet hanterar extern kommunikation och störningsärenden. Tillsynsmöten sker efter behov men normalt med intervall mellan 1-3 månader.

### Slutsats

Akustisk omgivningspåverkan från tunnelborrning innebär fokus på:

- Ljudkrav och arbetstider
- Mätning och rapportering av stomljuds nivåer – ibland även vibrationsnivåer



**Figur 5:** Exempel på kombinerad analys av stomljuds- och vibrationsdata. Mellan kl 20-22 är vibrationerna från tunnelborren lägre än cirka 100 um/s eller 0,1 mm/s. Stomljudet från tunnelborren uppgår till cirka 35 dBA och är därmed hörbara om bakgrundsljuden är låga. Stomljud från tunnelborrning kan liknas vid ljudet i en passagerarfärja eller ett lågfrekvent ljud. Mellan kl 22-00 visar registrerade nivåer inte tunnelborrning utan tunnelbanan som passerar under byggnaden! Källa: Svenska kraftnäts upphandlade webbportal [ncvib.com](http://ncvib.com).

- Kommunikation och information till företag, verksamheter, boende samt tillsynsmyndigheter

Utmaningarna med tunnelborrning är därför mer omfattande än att övervaka ljud och vibrationer. För att framgångsrikt hantera akustisk påverkan från tunnelborrning krävs väl utformad information samt goda relationer med omgivningen.

Och inte minst följa projektets miljödömd. ■

### Referenser

- [1] Svenska kraftnäts hemsida [svk.se/anneberg-skanstull](http://svk.se/anneberg-skanstull)
- [2] Nacka tingsrätt/MMD mål nr M 2772-15 daterad 2016-11-30 (avser Svenska kraftnäts projekt Anneberg-Skanstull Tunnel)
- [3] Naturvårdsverkets författningssamling NFS 2004:15 - Naturvårdsverkets allmänna råd om buller från byggplatser



**Figur 6:** Information till omgivningen är en förutsättning för att skapa förståelse från störningar i samband med bygg- och anläggningsprojekt. Svenska kraftnäts mobila utställning är en viktig del i projekt Anneberg – Skanstulls arbete med att informera omgivningen. Utställningen är bemannad med representanter som har lång erfarenhet från infrastruktur- och anläggningsprojekt. Foto: Carl Lind