

## VÄGLEDNING BULLER MASSHANTERINGSPLATSER



RAPPORT  
2021-12-09

Projektparter



Med stöd från



Uppdrag Tystare tätortsnära krossning och masshantering  
Titel på rapport: Vägledning Buller – Masshanteringsplatser  
Status: Slutrapport  
Datum: 2021-12-09

Medverkande

Beställare: Vinnova och Sven Tyréns Stiftelse

Konsult: Tyréns Sverige AB  
Arbetspaketledare: Theodora Bjarkadottir  
Kvalitetsgranskare: Martin Almgren

Följande medarbetare på Tyréns akustik har medverkat i arbetspaket 3 - modellutveckling:

Theodora Bjarkadottir, Viking Schumacher, Hanna Leidholdt, Moa Wijkmark, Ricardo Ocampo Daza, Mathieu Boué, Ragnar Glav, Tobias Niewalda, Crispin Dickson, Mina Karimpour

---

Datum: 2021-12-09

Handlingen granskad av: Martin Almgren, Mina Karimpour, Brita Lanfelt

---

Datum: 2021-12-09

## FÖRORD

Buller är vanligt förekommande i det moderna samhället. Vid utformning av såväl det offentliga rummet som enskilda bostäder, kontor och industrier är det en ständig utmaning att begränsa störningarna och skapa en god ljudmiljö. Som följd av växande städer och tätorter genereras byggbuller i områden som tidigare har varit tysta.

Byggandet skapar stora mängder schaktmassor och sprängberg, upp mot 200–300 miljoner ton årligen i Sverige. I projektet *Tystare tätortsnära krossning och masshantering* har verktyg och processer utvecklats för att möjliggöra kross- och masshantering närmare de platser som materialet kommer ifrån, för att minska transporter och materialhantering. Detta ger en positiv effekt både på miljö och ekonomi men framförallt med avseende på hållbarhet. En hållbar stadsutveckling innebär att dessa massor hanteras i en cirkulär ekonomi där de uppgraderas och återanvänds till byggändamål på samma plats. Tätortsnära masshanteringsplatser hindras dock ofta av oro för bullerstörningar.

Med denna vägledning kan bullersituationen förespås redan innan verksamheten är på plats och genom förbättrade beräkningsmodeller kan mer specifika bulleråtgärder planeras i förväg. Under det dagliga arbetet kan ljudnivåer följas upp med en kontinuerlig mätning, vilken kan kopplas till larm innan krav överskrids.

Projektet utfördes under 2020-2022 och är en del av Vinnovas UDI-satsning (Utmaningsdriven innovation) steg 2. Partners är Tyréns, Ecoloop, ABT Bolagen, Maskin-Mekano, Stockholms stad, Tyresö kommun och Sveriges bergmaterialindustri.

Projektet finansierades av Vinnova, Sven Tyréns stiftelse och projektpartners.

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING .....	5
1 INLEDNING OCH SYFTE.....	6
2 ALLMÄNT OM BULLER.....	8
3 BULLER VID MASSHANTERINGSPLASTER .....	10
4 RIKTVÄRDESTILLÄMPNING .....	12
5 BULLERSKYDDSÅTGÄRDER.....	12
6 MÄTNING AV BULLERKÄLLOR .....	15
7 MÄTNING AV BULLERSKYDDSÅTGÄRDER.....	17
8 BERÄKNINGSMODELL.....	17
9 RAPPORTERING - BULLERPLAN .....	22
10 REDOVISNING / 3D-VISUALISERING.....	23
11 ÖVERVAKNING AV BULLER.....	25
12 ARBETSPROCESS.....	26
13 3D-VISUALISERING, PRINCIP .....	27
14 REFERENSER .....	28
15 ORDFÖRKLARINGAR OCH AKUSTISKA BEGREPP.....	29

## SAMMANFATTNING

Denna vägledning kan både användas som stöd vid planering av bullriga verksamheter samt som underlag för kravställning av byggverksamheter som kommer utföra bullriga arbeten. Vägledningen är tänkt att skapa ett standardiserat arbetssätt i form av mätning, beräkning och redovisning samt öka kvalitén för bullerutredningar både före och efter etablering. Vägledningen kan med fördel användas av samtliga aktörer i branschens värdekedja, tillsynsmyndigheter, beställare, entreprenörer, kravställare och akustikkonsulter i syfte att gemensamt få fördelarna av ett likriktat arbetssätt.

I vägledningen beskrivs metoder och arbetsprocesser som kan användas för att förutspå bullersituationen innan verksamheten är på plats genom förbättrade beräkningsmodeller. Utifrån dessa kan mer specifika bulleråtgärder planeras i förväg. Detta gör bullerbekämpningen mer effektiv och kostnadseffektiv.

Vägledningen introducerar även möjligheten att skapa och använda webbaserade och interaktiva verktyg. Med dessa kan resultatet kommuniceras på ett pedagogiskt och tydligt sätt, vilket ökar förståelsen för bullerhanteringen, förenklar spridningen av information till närboende och tillsynsmyndighet och ökar möjligheten att säkerställa att krav uppfylls.

För att möjliggöra masshanteringsplatser närmare bullerkänsliga miljöer (t.ex. bostäder) gäller det att planera och analysera bullersituationen innan etableringen, ha god uppföljning under pågående verksamhet samt analysera påverkan av ändrade förutsättningar innan förändringar sker.

## 1 INLEDNING OCH SYFTE

Växande städer och tätorter genererar stora mängder schaktmassor och sprängberg, upp mot 200–300 miljoner ton årligen i Sverige. För att möjliggöra hållbara cirkulära lösningar för materialet innebär det att bullrande verksamheter kommer behöva placeras nära ljudkänsliga miljöer som bostadsområden. Då kan cirkulär hållbarhet skapas genom att massorna återanvänds på samma plats som de kommer. Men för att inte konsekvenserna ska bli orimliga krävs det noggrann planering och hållbar hantering av bullersituationen.

### 1.1 INLEDNING

Med denna vägledning kan bullersituationen förutspås redan innan verksamheten är på plats och genom förbättrade beräkningsmodeller kan specifika bulleråtgärder planeras i förväg. Under det dagliga arbetet kan ljudnivåer följas upp med kontinuerlig mätning, vilka bland annat kan kopplas till larm innan krav överskrids i form av direkt meddelanden till exempel till maskinförare och produktionsansvariga. Detta för att kunna hantera verksamheten innan störningen förekommer samt förbättra planering.

Med denna vägledning kan tillsynsmyndigheter få stöd med

- Kontroll på indata för masshanteringsplatser – se avsnitt 3.2
- Riktvärdeställning – se avsnitt 4
- Kravställning på redovisning (rapport) – se avsnitt 9
- Bullerskyddsåtgärder – se avsnitt 5
- 3D-redovisning för olika bullerperspektiv – se avsnitt 10 samt avsnitt 13
- Övervakning av buller – se avsnitt 11

Med denna vägledning kan beställare få stöd med

- Beställningsprocess – se avsnitt 12
- Underlag till beräkningsmodell – se avsnitt 8.3
- Riktvärdeställning – se avsnitt 4
- Kravställning på redovisning (rapport) – se avsnitt 9
- Bullerskyddsåtgärder – se avsnitt 5
- 3D-redovisning för olika bullerperspektiv – se avsnitt 10 samt avsnitt 13
- Övervakning av buller – se avsnitt 11

Med denna vägledning kan entreprenör få stöd med

- Beställningsprocess – se avsnitt 12
- Bullerkällor till beräkningsmodell – se avsnitt 3.2 samt avsnitt 6
- Underlag till beräkningsmodell – se avsnitt 8.3
- Framtagande av rapport (Bullerplan) – se avsnitt 9
- Bullerskyddsåtgärder – se avsnitt 5 samt avsnitt 0
- 3D-redovisning för olika bullerperspektiv – se avsnitt 10 samt avsnitt 13
- Övervakning av buller – se avsnitt 11

Med denna vägledning kan akustikkonsult få stöd med

- Beställningsprocess – se avsnitt 12
- Mätning och analys av bullerkällor – se avsnitt 6
- Mätning och analys av bullerskyddsåtgärder – se avsnitt 0
- Utförande av beräkning – se avsnitt 8
- Framtagande av rapport (Bullerplan) – se avsnitt 9
- Bullerskyddsåtgärder – se avsnitt 5
- 3D-redovisning – se avsnitt 10 samt avsnitt 13
- Övervakning av buller – se avsnitt 11

## 1.2 BAKGRUND

Riktvärden för industri- och annat verksamhetsbuller är framtagna för att undvika olägenhet för boendes hälsa. Buller under längre tid kan påverka hälsan genom att exempelvis bidra till uppkomsten av högt blodtryck och i förlängningen hjärtkärlsjukdomar. När bostäder utsätts för flera olika typer av bullerkällor samtidigt, t.ex. trafikbuller samt buller från annan verksamhet kan det vara svårt att under övervakning särskilja verksamhetens buller från övrigt buller.

I dag utesluter beställare av byggprojekt platser för masshantering i tätorter redan på förhand. De vill minimera risken för förseningar som uppstår på grund av långa tillståndsprocesser som är en följd av närboendes oro för störningar från masshanteringsplatsen. Vid val av lokalisering av masshanteringsplatser tar beställaren stöd av akustikkonsulter som med hjälp av beräkningar, ofta framtagna utan samverkan med den tänkta verksamheten, leder till mindre kostnadseffektiva åtgärder och även att platser utesluts i onödan.

Beställaren (t.ex. markägare eller kommuner) undviker även att ställa krav vid beställning, bland annat på grund av rädsla för höga kostnader, vilket gör att entreprenörerna inte har incitament att arbeta med bullerfrågor och inte heller har någon marknadsfördel i upphandlingar om de driver ett proaktivt bullerbekämpningsarbete. Bullerfrågan drivs i dagsläget oftast genom störningsärenden från närboende där största problemet är kommunikationen som ofta inte sköts på bästa sätt, vilket skapar oro och motstånd till följd av okunskap.

I projektet *Tystare tätortsnära krossning och masshantering* har verktyg och processer utvecklats för att analysera verksamhetens bullerpåverkan både innan och efter etablering. Dessa verktyg kan öka förståelsen för bullersituationen och kan användas för att hantera bullerfrågorna rätt, samt för att enkelt ta fram effektiva och lönsamma bullerskyddsåtgärder.

Med stöd av vägledningen är det möjligt att ta fram mer detaljerad kravställning vilket möjliggör för både beställare och utförare att möta de rikt- och kravvärden som ställs. En ökad förståelse för verksamhetens buller i kombination med proaktivt arbete med åtgärder med stöd av kvalitativ övervakning skapar lönsamhet hos både beställare och entreprenör.

## 1.3 SYFTE

Denna vägledning syftar till att möjliggöra bullrig verksamhet på platser i anslutning till ljudkänsliga miljöer. Detta för att bidra till samtliga hållbarhetsperspektiv; ekologisk-, social- och ekonomisk hållbarhet. Det görs primärt genom att öka resurseffektiviteten, minska transportbehovet och öka transparensen i processerna genom att tydliggöra och sprida information kopplat till bullersituationen redan under tidig projektering.

Det gäller därför att planera och analysera bullersituationen innan etableringen, följa upp den under pågående verksamhet samt att analysera påverkan av ändrade förutsättningar innan förändringar sker.

### Standardiserat arbetssätt

Denna vägledning kan om den används bidra till ett standardiserat arbetssätt vad gäller mätning, beräkning samt redovisning av resultat för bullerutredningar av masshanteringsplatser. Vägledningen kan även användas som stöd under beställningsprocesser samt vid kravställning under anbudsprocesser.

### Redovisningsverktyg

Projektet har utvecklat verktyg i form av webbaserade lösningar som kan ge mer detaljerade, tydliga och pedagogiskt visualiserade resultat. Därigenom får beställare möjlighet att ställa funktionskrav på entreprenörerna och entreprenörer får möjlighet att designa en bulleroptimerad masshanteringsplats. Verktöget kan även användas för att förbättra kommunikation med närboende i form av visualisering av verksamhetens skedesplan och bullersituation. Verktöget kan enkelt anpassas till olika behov och användningsområden.

### Övervakning

Inom projektet har även ny mätutrustning tagits fram som ger ett mer detaljerat mätresultat och möjligheter till återkoppling till verksamheten i form av larm (t.ex. sms) som kan meddela när bullernivån från verksamheten börjar närma sig riktvärden/gränser. Med denna metod kan verksamheten få en direkt koppling mellan aktiviteter och riktvärden/gränser och med den erfarenheten bättre planera sin verksamhet och anpassa den till bullerkraven. Larmsystemet kan anpassas till kundens behov av information och olika detaljeringsgrad kan erbjudas olika användare.

Förutom utveckling av arbetssätt, beräkningsmodell, redovisningsverktyg och övervakning som beskrivs i denna vägledning har projektet utvecklat följande vägledningar och utbildningar:

- Beställarstöd och kravställning (se rapport "*Process för inrättande och upphandling av masslogistikcenter – fokus bullerstörning*")
- Utbildning och kommunikation (se SMBI kursutbud om buller)

## 2 ALLMÄNT OM BULLER

Buller (oönskat ljud) är vanligt förekommande i det moderna samhället. Vid utformning av såväl det offentliga rummet som enskilda bostäder, kontor och industrier är det en ständig utmaning att begränsa störningarna och skapa en god ljudmiljö.

### Hälsa

Buller är enkelt uttryckt oönskat ljud, det vill säga ljud som vi känner oss störda av och helst vill slippa. Buller påverkar hälsa och välbefinnande och hamnar högt på listan över allvarigare störningar i samhället. Buller kan påverka exempelvis sömnkvalitet, arbetsprestation och mer långsiktigt hälsan genom att exempelvis bidra till uppkomsten av högt blodtryck och i förlängningen hjärtkärlsjukdomar. Vägtrafikbuller försämrar orienteringsförmåga på en plats och kan orsaka störningar av taluppfattbarheten vid samtal. Byggbuller har ofta en mer intermittent bullerkaraktär, dvs. impulsiva toppar, ofta lågfrekventa, och oftast oregelbundna som kan upplevas mer störande än annat buller i miljön.

### Ljudnivå och frekvens

Ljud vars styrka är konstant i tiden mäts oftast i decibel med beteckningen dBA. Indexet "A" efter "dB" indikerar att ljudets frekvenser har korrigerats på ett sätt som motsvarar hur det mänskliga örat uppfattar ljud. Det mänskliga örat uppfattar högre frekvenser bättre än låga. Låga frekvenser kan dock ge mer störning eftersom våglängden är längre vilket innebär att det är svårt att dämpa dem med enklare bulleråtgärder. Lågfrekvent buller uppstår bl.a. från fläktar och större motorer.



### Ekvivalent och maximal ljudnivå

I Sverige används vanligtvis två störningsmått för buller: ekvivalent A-vägd ljudnivå  $L_{pAeq}$  och maximal A-vägd ljudnivå  $L_{pAFmax}$ . Med ekvivalent ljudnivå avses medelljudnivån under en given tidsperiod. Den maximala ljudnivån är den högsta förekommande ljudnivån under en viss period, ofta enbart kravställd under nattetid.

### Riktvärden

De riktvärden som gäller för masshanteringsplatser styrs av verksamhetens miljötillstånd. Ofta hänvisar dessa till Naturvårdsverkets rapport NV 6538 *Vägledning om industri och annat verksamhetsbuller* april 2015. Om det däremot är en byggarbetsplats (temporär plats) så är det Naturvårdsverkets *Allmänna råd om buller från byggplatser*, NFS 2004:15 som oftast hänvisas till. Verksamhet måste alltid uppfylla sina miljökrav enligt kontrakt.

Riktvärden är framtagna för att undvika betydande olägenhet för de boendes hälsa och skydda människor som vistas i lokaler som kan påverkas av bullerexponeringen. Det finns riktvärden både för utomhusnivåer vid fasad och vid uteplats (frifältsvärden) liksom för inomhusnivåer.

### Begrepp

**Ekvivalent ljudnivå:** En medelljudnivå, beräknad som ett frifältsvärde och som ett medelvärde över en given period (dygn, dag, kväll, natt).

**Maximal ljudnivå:** Ljudnivå för en enskild händelse, den mest bullrande händelsen med tidsvägning F, beräknad som ett frifältsvärde, gäller ofta endast nattetid.

**Frifältsvärde:** Ljudnivå som inte påverkas av reflexer vid egen fasad.

**Uteplats:** En iordningställd yta avsedd för vistelse utomhus, riktvärden anges som frifältsvärde

Riktvärden är en utgångspunkt och vägledning för den bedömning som görs i varje enskilt fall. Särskilda skäl kan motivera avsteg från riktvärden, såväl uppåt som nedåt. För byggverksamhet (NFS 2004:15) finns det framtaget ett antal olika förutsättningar som kan motivera högre värden i undantagsfall.

### Ljudutbredning

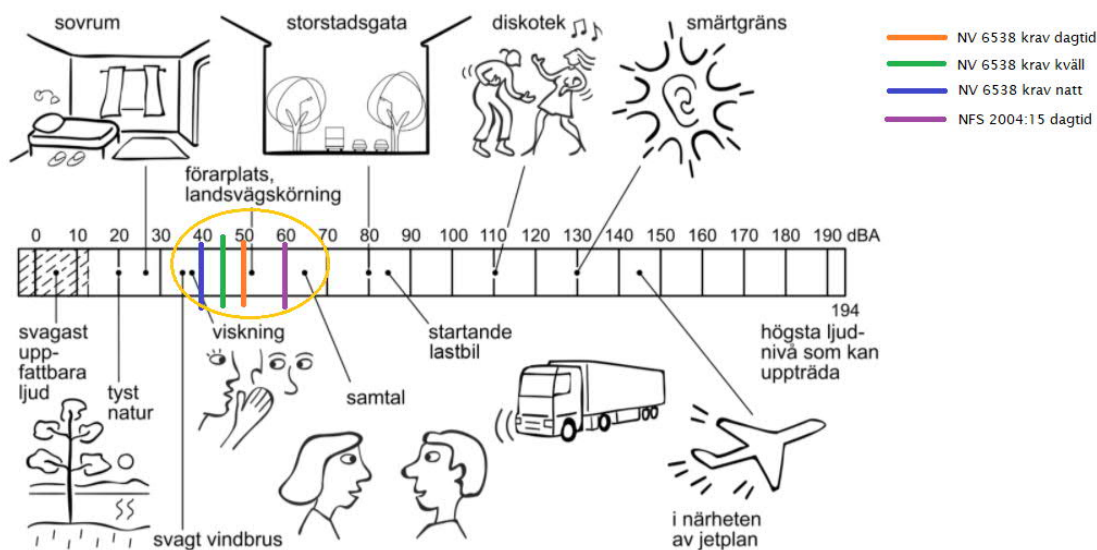
Bullerkällans ljudkaraktär, omgivning, placering och även väderförhållanden är avgörande för ljudutbredningen. Hur buller påverkar mottagaren (till exempel bostadsfasad eller uteplats) styrs framförallt av följande punkter:

- Avstånd mellan källa och mottagare
- Omgivning runt bullerkälla
- Typ av källa (stationär, rörlig)
- Bullerkällans ljudeffekt
- Bullerkällans frekvensspektrum (ljudkaraktär)
- Tider (källans körtider)

## Decibel

Ljud mäts i decibel (dB). Indexet "A" efter "dB" indikerar att ljudets frekvenser har korrigerats på ett sätt som motsvarar hur det mänskliga örat uppfattar ljud.

Det krävs en förändring av ljudnivån med 1-3 dB för att den ska vara möjlig att uppfatta. En skillnad mellan 5-10 dB kan däremot upplevas som en fördubbling eller halvering av ljudtrycket.



Figur 1 – Decibel-skalan (ljudtryck) för olika aktiviteter, bild från Boverket, illustration Kiran Maini Gerhardsson.

## 3 BULLER VID MASSHANTERINGSPLASTER

### 3.1 ALLMÄNT OM MASSHANTERINGSPLASTER

Vid all byggnation, liksom vid utbyggnad av infrastruktur för exempelvis trafik eller vatten och avlopp, uppstår massor i form av t.ex. berg, sten, grus, sand, lera, jord och asfalt som behöver hanteras. En hållbar stadsutveckling kräver att dessa massor hanteras i en cirkulär ekonomi där de uppgraderas och återanvänds till byggändamål med så korta transporter som möjligt. Hanteringen av massor kan dock vara bullrig och störande.

Enligt 9 kap Miljöbalken (miljöfarlig verksamhet) ska tillståndspliktiga verksamheter ta fram en miljökonsekvensbeskrivning (MKB) där buller utgör en stor del av miljöfrågan. Verksamheten måste uppfylla de ljudkrav som gäller enligt eventuellt miljötillstånd eller gällande riktvärden, där kraven ställs på ljudnivåer vid fasad (framförallt bostadsfasader) samt uteplatser.

Vanliga drifttider på masshanteringsplatser är dagtid (vardagar) för att undvika de bullervillkor som gäller under nattetid och på helgdagar.

### 3.2 BULLERKÄLLOR

Masshanteringsplatsen domineras ofta av transporter. Det kan vara tunga fordon som kör massor till och från platsen och hjullastare, dumpers eller traktorgrävare som hanterar massor på plats. Transporterna är dock oftast inte de mest bullrande aktiviteterna på masshanteringsplatser. Nedan listas typiska dominerande bullerkällor på en masshanteringsplats. Bullerkällorna anges i fallande ordning, så att den aktivitet som står först ger störst bulleralstring:

- Stenkross (mest bidrag)
- Skutknackning
- Hjullastare/Dumper/Traktorgrävare (maskiner som rör sig inom området)
- Grävmaskin (rör sig inom området)
- Lastbilar (transporter till och från området)
- Sorteringsverk (minst bidrag)

Bullerkällorna kan variera i ljudeffekt (ljudstyrka) beroende på tillverkare, drivmedel, underhåll samt även av typ av material som hanteras.

### 3.3 OMRÅDE/TERRÄNG

Hur miljön och området ser ut där verksamheten pågår påverkar även bullersituationen. Terräng och markhöjder påverkar ljudutbredningen samt även om marken är mjuk (lera) eller hård (berg).

### 3.4 TRANSPORTER UTANFÖR TILLSTÅNDSOMRÅDET

För transporter till och från verksamhetsområdet (väg och järnväg) på allmänna vägar tillämpas som huvudprincip för väg-/spårtrafik infrastrukturpropositionens riktvärden (1996/97:53). Det kan dock vara en bedömningsfråga vilka krav som ska tillämpas där det i särskilda fall kan vara aktuellt att ta med dessa transporter i tillståndskraven. Det kan exempelvis vara vid tillfartsvägar till täkter och för vägar där verksamhetens transporter står för en dominerande del av bullerstörningarna. En redovisning av den relativa bullerförändringen kan vara ett mått för att bedöma vilka krav som ska tillämpas i varje fall.

### 3.5 KOMMUNIKATION OCH ORGANISATION

Ofta är det kommunen som äger marken där masshanteringsverksamheten förläggs och som i sin tur anlitar en entreprenör för att ta hand om verksamheten. Entreprenören kan även anlita en underentreprenör (UE) för all verksamhet eller delar av verksamheten. Det är därför viktigt att informationsflödet i hela organisationen är pedagogisk och lättillgänglig så att uppdateringar når alla utan förvanskningar eller andra förändringar som riskerar att skapa missförstånd.

Kommunikation till närboende är även en viktig del, särskilt när bullrande verksamhet kommer utföras på känsliga tider som kväll och natt. Det är viktigt att informationen är lätt tillgänglig, tydlig och att närboende känner till verksamhetens planer för bullrande aktiviteter.

### 3.6 MILJÖASPEKTER

Det är flera miljöaspekter som måste hanteras på masshanteringsplatser. Förutom buller skapas till exempel damm, CO<sub>2</sub>-utsläpp och påverkan på mark och omgivning. Dessa aspekter tas inte upp i denna vägledning men bör även utredas/bedömas.

## 4 RIKTVÄRDESTILLÄMPNING

Naturvårdsverkets rapport NV 6538 beskriver vägledning om industri och annat verksamhetsbuler (daterad april 2015). Om det däremot är en byggarbetsplats (temporär plats) så är det Naturvårdsverkets Allmänna råd om buller från byggplatser, NFS 2004:15 som oftast hänvisas till. Varje verksamhet ska alltid uppfylla sina miljökrav enligt kontrakt.

Riktvärden för industriverksamheter och byggarbetsplatser delas upp i olika perioder av dygnet; dagtid, kvällstid och nattetid. Varje period (dag, kväll natt) bör definieras som 100% och de aktiviteter som ska analysera (beräknas) definieras sen med arbetscykler, t.ex. krossning av sten. Om aktiviteten endast pågår en del av perioden så bör den beräknas som en andel av perioden, till exempel 70%. På det viset är det även möjligt att applicera den bullrande verksamhetens cykel för den aktuella aktiviteten oavsett vilken tidsperiod det gäller, dag, kväll eller natt.

Uppdelning för de olika perioder på dygnet som andel och antal timmar:

Dag (klockan 06-18) – 100% = 12 timmar

Kväll (klockan 18-22) – 100% = 4 timmar

Natt (klockan 22-06) – 100% = 8 timmar

Nedan ett exempel:

En verksamhet där en kross används under 7 timmar dagtid. Det innebär då att krossen kommer låta under cirka 58% av dagtidskvoten, medan det under 5 timmar (42%) kommer att vara tyst. Detta innebär att den ekvivalenta ljudnivån är något lägre än om krossen hade använts under hela tiden (100%).

I vissa fall kan bedömningen av en cykel för ett arbetsmoment med framförallt intermittent buller definieras som endast den delen eller den tid vilken aktiviteten pågår, t.ex. under spontning, pålning, borring, etc.

Definitionen av en cykel bör dock alltid beslutas i samråd med akustiker, beställare och tillsynsmyndighet.

Transporter utanför tillståndsområdet hanteras enligt avsnitt 3.4.

Vissa avsteg kan göras från riktvärden men ska då bedömas från fall till fall. Särskilda skäl kan motivera avsteg från riktvärden, såväl uppåt som nedåt. För buller från byggverksamhet (NFS 2004:15) finns det även ett antal framtagna förutsättningar som kan motivera högre värden under en kortare period. Dessa bör dock bara tillämpas i undantagsfall.

## 5 BULLERSKYDDSÅTGÄRDER

### 5.1 ALLMÄNT

Bullerbekämpning kan generellt utföras i tre olika steg

1. Hantera bullerkällan
2. Hindra ljudutbredningen
3. Skydda mottagaren

Olika metoder finns för de olika stegen, men det viktigaste är att veta bullerkällans ljudkaraktär för att bekämpningen ska vara så effektiv och kostnadseffektiv som möjligt. Det mest effektiva sättet är oftast att hantera själva bullerkällan.

### Bullerbekämpning

Hantera bullerkällan, hindra ljudutbredningen och skydda mottagaren genom att tänka på:

- Avstånd
- Skärmning
- Tystare maskiner
- Arbetstider/körtider
- = Planering av verksamheten

### 5.2 PLANERING AV VERKSAMHETEN

Eftersom riktvärden anges som ekvivalent ljudnivå och gäller under en given *tidsperiod* är det mycket effektivt och kostnadseffektivt för verksamheten att i första hand optimera följande parametrar för att hantera bullersituationen

- Optimera arbetstider
- Optimera körtider
- Optimera antal källor

Planering innan etablering är den absolut viktigaste punkten för att kunna ta fram bulleranpassade lösningar för verksamheten som är kostnadseffektiva. Följande förslag bör utföras och analyseras i planeringsskedet, innan verksamheten etableras.

- Ökat antal likadana maskiner för att öka produktionstakten
  - Två lika starka ljudkällor ökar endast ljudnivån med cirka 3 dB
  - Det gäller dock att maskinerna är placerade nära varandra





- Avståndsdämpning och direktivitet
  - Placera bullerkällan så att ljudspridningen riktas åt mindre bullerkänsliga områden och med längre avstånd till dessa.
- Undersök verksamhetens bullerkällor
  - Ljudkaraktär, frekvensspektrum, toner, brus
  - Höjd på själva bullerkällan, inte maskinen
  - Körtider för bullerkällan (ta bort alla stilleståndstider).
- Körtider och riktvärden.
  - Riktvärden ska uppfyllas för både ekvivalent och maximal ljudnivå. Detta innebär att körtider under de perioder som krävs i riktvärden bör analyseras och optimeras så att riktvärden uppfylls. Den ekvivalenta ljudnivån gynnas av att det finns tysta perioder. Observera dock att cykler för varje aktivitet bör stämmas av med beställare och tillsynsmyndighet innan fullständig analys genomförs.


I avsnitt 0 beskrivs hur bullerskyddsåtgärder bör mätas in och analyseras. I avsnitt 0 och 8.11 beskrivs hur bullerskyddande åtgärder modelleras i beräkningsmodellen.

### 5.3 HANTERA BULLERKÄLLAN

Genom att hantera bullerkällans bullerursprung (t.ex. motor) skapas både bättre ljudmiljö i maskinens närmiljö samt att ljudutbredningen påverkas positivt. Det är den mest effektiva bullerbekämpningen och kan utföras exempelvis på följande sätt:

- Välj tystare maskiner 
  - Kan till exempel vara eldrift
  - Kravställning (ny maskin)
- Inkapsling 
  - Dämpa bullret med till exempel gummiduk och/eller tät inkapsling. Det är viktigt att inkapslingen är tät så att inte buller läcker igenom.
  - Inkapslingen kan även bestå av absorberande material i form av exempelvis mineralull eller ljuddämpningsmattor. Då behöver bullerkällans ljudkaraktär undersökas så att rätt material väljs och ljudreduktionen blir effektiv.



- Underhåll 
  - Att underhålla maskiner regelbundet minskar risk för till exempel gnissel och missljud

### 5.4 HINDRA LJUDUTBREDNING

Ljudutbredningen påverkas av reflekterande ytor samt hur absorberande ytorna är mellan bullerkälla och mottagare. Mark anses generellt vara mjuk och vatten hårt (ej absorberande). Där det finns många hus och trånga miljöer kan många reflexer skapas och det är därför viktigt att noga analysera till exempel skärmande lösningar innan beslut tas om placering, höjder och form.

För att hindra utbredning mellan bullerkällan och mottagaren så kan, utöver inkapsling, även skärmar och absorberande material användas. Skärmen bör placeras antingen nära mottagaren eller nära bullerkällan. Avståndet mellan skärm och källa/mottagare är viktigt för effektiva lösningar och ska analyseras i varje enskilt fall.

Det är viktigt att tänka på att skärmen kan reflektera och förstärka ljudet så att områden på den bullriga sidan (insidan) av skärmen blir mer utsatta än utan skärm. Det är därför en fördel om skärmen är absorberande mot bullerkällan för att minska den reflekterande effekten. Bullermiljön för maskinoperatören blir även något sämre med en reflekterande skärm placerad nära bullerkällan. Därför rekommenderas att skärmar nära bullerkällan förses med absorberande material mot bullerkällan.

Exempel på bullerskyddsskärmande lösningar är till exempel:

- Temporär skärmning (nära källa eller mottagare, oftast reflekterande, t.ex. ljudmattor på byggstaket)
- Container (oftast nära källan)
- Vallar/högar där verksamhetens material lagras (oftast nära källan)
- Absorberande bullerskyddsskärmar (oftast nära källan)

Observera att skärmande lösningar måste täcka källan så att ingen fri sikt finns mellan mottagare och bullerkällan. Det som krävs för att kunna ta fram en effektiv skärmlösning är följande

- Höjden på bullerkällan
- Bullerkällans karaktär (lågfrekvent buller, högt frekvent buller eller brus)
- Bullerkällans direktivitet och placering i förhållande till ljudkänsliga mottagare

Detta för att kunna ta fram en lösning som reducerar ljudet, framförallt hos mottagaren, effektivt.

### Bullerskyddsskärm

En bullerskyddsskärm kan vara reflekterande men även absorberande. Skärmlösningen behöver vara anpassad till den bullerkälla som den ska åtgärda.

Skärmlösningar kan tas fram med olika syften:

- skärma vid ljudkällan
- hindra ljudutbredningen
- skydda mottagaren

## 5.5 SKYDDA MOTTAGARE

Att skydda mottagare brukar vara den minst effektiva lösningen att åtgärda bullerproblem. Dessa kan dock ofta utföras tillsammans med andra åtgärder om bullerstörningen är hög. Lösningar består då oftast av fasadnära åtgärder med reflekterande (och kan även vara absorberande) skärmlösningar som reflekterar ljudet tillbaka och bort från mottagaren.

## 6 MÄTNING AV BULLERKÄLLOR

Mätningar av bullerkällor som ska analyseras och användas i beräkningsmodellen bör följa de mätstandarder som rekommenderas i detta avsnitt. Komplicerade bullerkällor, t.ex. bullerkällor som strålar buller mer åt ett bestämt håll (stark direktivitet) eller består av många olika delar (t.ex. motor, kross, matning), rekommenderas att brytas ner i flera källor för att fånga upp direktiviteten av bullerkällan.

### 6.1 MÄTNING OCH ANALYS

Mätstandarder som bör användas är antingen NT ACOU 080 eller ISO 3744, utföraren bör välja vilken standard som passar bäst för det specifika fallet.

I NT ACOU 080 beskrivs två mätmetoder; sfär-metoden och box-metoden. För att få information om mätobjektets direktivitet krävs att sfär-metoden används. Metoden ställer dock relativt höga krav på den akustiska miljön (inga andra ljudkällor i närheten, stor öppen yta) och kan vara svår att använda i fält, särskilt vid mätning på stora objekt som kräver ett stort mätavstånd. Vid mätning på en kross krävs att mätningar kan ske på cirka 25-30 m avstånd. Box-metoden går att använda även vid

sämre mätförhållanden i och med att mätning sker nära ljudkällan. Metoden ger dock ingen information om källans direktivitet.

Mätning enligt ISO 3744 kräver fler mätpunkter än NT ACOU 080, dock kan information om källans direktivitet erhållas även vid mätning på korta avstånd.

Exakta mått och positioner för mätpunkterna är avgörande för att inte tillföra onödiga osäkerhetsfaktorer. Ett krav enligt båda mätstandarderna är att samtliga mätpunkter ligger på samma avstånd från antingen origo eller vald referensbox.

Tillgång till måttsatta ritningar/modeller för mätobjekten underlättar, alternativt krävs en noggrann dokumentation på plats under mätningen.

#### Källnedbrytning

Om en bullerkälla består av två eller flera delkällor kan den brytas ned så att varje bullerkälla kan analyseras separat. Detta krävs också för att kunna modellera källans direktivitet. Ljudmätningar görs på nära avstånd av respektive källa, dock inte i källans närfält. Mätning utförs på följande sätt:

1. Mät bullerkällan i flera positioner runt om (minst 4 per delkälla).
2. Minsta mätavstånd till delkällan är cirka 2 m från källans mittpunkt.
3. Definiera de olika delkällorna (typ A, B, C). Källorna antas vara sfäriskt rundstrålande men med olika styrka.
4. Mät varje delkälla på olika avstånd, anteckna noggrant avstånden.

Om bullerkällan har en kraftigt dominerande delkälla (t.ex. motor) rekommenderas källnerbrytningsmetoden enligt ovan.

#### *Analys av mätningar görs på följande sätt:*

När bullerkällan är uppdelad i flera delkällor bestäms ljudeffekten för varje delkälla med hjälp av minsta kvadratmetoden. Utvärderingsmetoden skapar möjlighet att modellera maskinerna med ett antal sfäriskt strålande punktkällor placerade i bestämda positioner (istället för en enskild punktkälla med angiven direktivitet placerad i maskinens akustiska centrum). Position och höjd för varje punktkälla är mycket viktig i beräkningsmodellen för att få in den uppmätta direktiviteten.

#### Direktivitet

Ett annat sätt att mäta direktiviteten är enligt sfär-metoden i standard NT ACOU 080 eller mätstandard ISO 3744. Mät i minst fyra riktningar på ett avstånd som är minst 2 gånger maskinens största dimension (räknat från maskinens mittpunkt).



## 7 MÄTNING AV BULLERSKYDDSÅTGÄRDER

För att mäta in effekt av olika bullerskyddsåtgärder ska följande metoder och beskrivningar följas. De beskrivna metoderna gäller framförallt bullerskyddsåtgärder i form av tält eller skärmlösningar.

### 7.1 MÄTNING

#### Tält

Placera en högtalare med känd ljudeffektnivå inne i tältet, därefter mäts ljudnivån på olika avstånd utanför tältet. De uppmätta ljudnivåerna jämförs sen med teoretiskt beräknade nivåer utan tält. Observera att efterklangstid inuti tält kan vara svår att mäta och därav kan det vara svårt att utföra en fasadreduktions-mätning ( $R'w$ ).

#### Skärm

Samma metod tillämpas som för tält, placera en högtalare med känd ljudeffektnivå på ena sidan av skärmen, därefter mäts ljudnivån på olika avstånd på andra sidan av skärmen. Observera att ju längre mätavstånd är från skärmen desto mer bidrar ljudet som gått över skärmen.

## 8 BERÄKNINGSMODELL

Inför beräkning bör inventering av verksamhetens bullerkällor utföras. Ljudkällorna tilldelas därefter källstyrkor, antingen baserat på mätningar eller schablonkällor från databaser med likvärdiga ljudkällor/maskiner. Det är viktigt att anteckna modell och maskintyp, arbets- och drifttider i beräkningsmodellen i form av attribut som sedan används i redovisningsverktyget, se avsnitt 10.

För att kunna bedöma den befintliga bullersituationen innan verksamheten etableras bör beräkning av bakgrundsnivå utföras, se avsnitt 8.4.

Beställaren bör, för en effektiv uppdragsprocess, förse akustikkonsulten med det underlag som krävs enligt avsnitt 8.3.

Entreprenören eller UE som är ansvarig för verksamheten bör vara med vid uppbyggnad av modellen för att fånga upp alla bullriga arbetsmoment med realistiska förutsättningar, se avsnitt 0 nedan.

Beställarprocessen, se avsnitt 0, bör följas, särskilt när det gäller ändrade förutsättningar och omtag.

### 8.1 UPPBYGGNAD AV MODELL

Beräkningsmodellen byggs tillsammans med akustiker i samverkan med som har mest sak kunskap om verksamhetens operativa verksamhet (exempelvis produktionschef/platschef). I modelleringsprocessen är det viktigt att maskiner placeras noggrant och definieras på det mest realistiska sätt som är möjligt. Följande uppgifter bör matas in i beräkningsmodellen med stöd av ansvariga från verksamheten

- Markmodell
- Fastigheter som berörs och påverkar miljön
- Antal maskiner
- Typ av maskiner (modell)
- Typ av källa (punkt, rörligt, linje)
- Ljudeffekt för maskiner samt eventuell direktivitet
- Frekvensspektrum för maskiner
- Körutiner för rörliga källor (geografiskt)
- Körtider (när källan bullrar)
- Höjd på bullerkälla
- Befintliga bullerskyddsåtgärder
- Upplägg på arbetscykler för arbetsmoment med flera maskiner samtidigt
- Tidsschema för alla arbetsmoment

Följande avsnitt beskriver i detalj hur beräkningsmodellens olika indata bör hanteras.

### 8.2 BERÄKNINGSMETOD

Ljudutbredningsberäkningar utförs enligt svensk standard ISO 9613 (även DAL32 2019 kan väljas). Beräkningar ska utföras i beräkningsprogram som utnyttjar tredimensionella digitalkartor över området, även inkluderande byggnader. Utbredningsdämpning, markabsorption, skärmning, reflektioner med mera, ska kunna hanteras automatiskt av programmet i enlighet med rådande beräkningsmodeller.

Vid beräkning föreslås en sökradie på 2500 m mellan källa och mottagare och för reflexer 50 m från källposition och 200 m från mottagarposition. Tre reflexer används för beräkningarna och för utbredningen används ett rutnät om 5x5m eller mer detaljerat om så behövs. Beräkningsresultatet redovisas som ljudutbredningskartor där höjd över mark sätts till 2 meter. Fasdnivåer och uteplatser redovisas som frifältsvärden (utan reflexer). För uteplatser används en mottagarpunkt vid den punkt som bedöms utgöra primär vistelseyta. Beräkningshöden för uteplats sätts till 1,5 m över mark (sittande människa).

### 8.3 UNDERLAG SOM BEHÖVS

- Grundkarta med vägar och fastighetsgränser (noggrannhet rekommenderas lika med lasermätningar)
- Fastighetskarta helst med fastighetsbeteckning som attribut
- Inmätning av verksamhetsområdet (helst laserskannad med 1x1m)
- Marknivå för övrigt område (minst 10x10m upplösning, beror på terräng)
- Bullerkällor (ljudeffekt, körtider, höjd, frekvensspektrum)
- Trafikflöden på närliggande vägar för framtagande av bakgrundsbuller
- Befintliga industribullerkällor för framtagande av bakgrundsbuller

### 8.4 BAKGRUNDSBULLER

Beräkningsfallet beskriver det så kallade bakgrundsbullret för området. Det är oftast trafikbuller och/eller befintligt industribuller.

## 8.5 MARKABSORPTION

Vanligtvis antas mark vara absorberande (eller mjuk, =1). Dock kan områden där entreprenören arbetar (etableringsområden) antas vara hårda (ej absorberande, =0) på grund av mycket berg och stenar. Vatten antas också vara hårt (ej absorberande, =0).

## 8.6 BULLERKÄLLOR

För masshanteringsplatser kan nedanstående lista användas som stöd för de vanligaste förekommande bullerkällorna:

- Stenkross
- Skutknackning
- Hjullastare/Dumper/Traktorgravare (maskiner som rör sig inom området)
- Grävmaskin
- Lastbilar (transporter till och från området)
- Sorteringsverk

Maskiner som förflyttar sig inom området, till exempel grävmaskiner och lastbilar, kan ansättas som linjekällor i modellen eller punktkällor på de mest utsatta placeringarna. Här kan även egenskapen "moving point source" väljas för de programvaror som kan hantera denna typ av bullerkälla.

Maskiner eller andra bullerkällor av mer stationär karaktär ansätts som punktkällor.

Vissa källor kommer vara av karaktären punktkällor men flytta sig inom området över längre tidsperioder. För dessa bör olika scenarier tas fram där de värsta belägna punkterna undersöks och analyseras med hänsyn till de mest utsatta mottagarna.

Indata som behövs för beräkningsmodellen för varje bullerkälla är följande:

- Ljudeffekt (var noga med och dokumentera om den är A-vägd eller linjär)
- Frekvensspektrum (var noga med om den är A-vägd eller linjär)
- Höjd över mark
- Placering (värst utsatta läget ska användas för varje fall)
- Körtider (enligt den cykel som har tagits fram för varje aktivitet)

Om bullerkällor ej är inmätta kan indata i form av schablon enligt Tabell 1 användas. Tre varianter av schablon har tagits fram, bullrig, medel och en tystare variant. Vilken som används bör bedömas av akustikkonsult baserat på beställarens information om maskintyp samt de material som ska hanteras varje fall.

Schablonvärden är framtagna från ett flertal mätningar som har utförts under projekttiden av olika krossmodeller och materialhantering.

Tabell 1 Schablonvärden för bullerkällor, A-vägda värden utan direktivitet.

Bullerkälla	Höjd [m]	Typ	L <sub>WA</sub> [dBA]	Oktavband dBA								
				31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Mobil stenkross (bullrig)	3	Punkt	123	61	86	96	107	113	113	111	104	93
Mobil stenkross (medel)	3	Punkt	118	75	98	105	106	113	113	111	107	102
Mobil stenkross (tyst)	3	Punkt	115	69	81	94	100	103	105	104	99	93
Skutknackning	1.5	Punkt	120	69	83	106	110	110	114	116	111	108
Sorteringsverk diesel	2	Punkt	111	58	77	84	90	99	101	102	96	84
Sorteringsverk el	2	Punkt	106	70	77	83	88	92	95	96	94	85
Grävmaskin	2	Punkt	100	63	95	86	88	91	93	93	88	78
Lastbil	2	Area/Linje	99	64	74	83	87	92	95	93	86	79
Hjullastare	2	Area/Linje	104	83	94	100	93	95	97	95	88	78

## 8.7 ARBETSCYKLER

För arbetsmoment som består av flera olika bullerkällor bör en arbetscykel definieras. Dessa kan bestå av till exempel en kombination av grävmaskin, kross och hjullastare. Varje bullerkälla har en viss körtid och hela cykeln beskriver hur alla dessa bullerkällor arbetar tillsammans under en viss period. Arbetscykler bör stämmas av med beställare och tillsynsmyndighet innan analys.

Innan etablering kan det vara bra att fokusera extra på den delen av aktiviteten som kommer vara den mest dominerande bullermässigt under hela cykeln. Det kan exempelvis vara borring, spontning eller krossning. Det innebär att ett "värsta fall" analyseras för hela arbetscykeln.

## 8.8 KÄLLNEDBRYTNING – EN KÄLLA MED FLERA DELKÄLLOR

När bullerkällan består av flera delkällor och där en av källorna dominerar väsentligt är det lämpligt med källnedbrytning. Då placeras delkällorna som punktkällor (utan direktivitet) med exakta avstånd sinsemellan. Höjd för varje punktkälla, frekvensspektrum och ljudeffekt förs in i modellen.

## 8.9 DIREKTIVITET

En bullerkälla som är uppmätt med direktivitet matas in i modellen som punktkälla med *Directivity*. Direktiviteten ska anges för minst fyra riktningar runt bullerkällan (0°, 90°, 180°, 270°).

### 8.10 TÄLT/BULLERINKAPSLING

För att simulera tält eller inkapsling av bullerkälla ska källan placeras i ett 3-dimensionellt objekt (byggnad) som har en uppmätt eller rimligt antagen ljudreduktion kopplat till konstruktionen av tältet/inkapslingen. Vissa programvaror kallar dessa byggnader för "industrial building" där reduktionstalet kan matas in per frekvens. I andra program kan det utföras med hjälp av vertikala ljudkällor som placeras på byggnadens fasader där bullerkällans ljudeffekt har dämpats med inkapslingen/tältets ljudreduktion.

För att räkna ljudavstrålningen från byggnaden med ljudkällan inuti måste hänsyn tas till efterklangstiden, vilken bestäms antingen genom mätning eller med Sabines formel.

### 8.11 BULLERSKYDDSSKÄRMAR

Skärmar definieras alltid som fullreflekterande om inte mätningar eller dokumentation/beskrivning ger stöd för annan bedömning. Detta ska i så fall tydligt dokumenteras. Absorberande skärmlösningar måste beräknas noggrant för att undvika att absorptionsförmågan överskattas. I beräkningsprogrammen kan skärmar inte ge mer effekt än 20 dB reduktion och användning av dubbelskrämlösningar bör tillämpas mycket försiktigt.

Förslag till modellering av vanligt förekommande skärmlösningar:

*Tabell 2 Indata i beräkningsmodell för bullerskyddsskärmar.*

Skärmlösning exempel	Objekttyp i beräkningsprogram	Reflection loss [dB]	Kommentar
Container	Byggnad (building)	1 dB	Tom container, om flera containrar skall dessa stå tätt ihop, utan springor mellan containrarna
Absorberande bullerskyddsskärm	Skärm (barrier)	4 dB	Konstruktion oftast av trä och mineralull på bullersidan.
Bullerskyddsskärm av sandwichkonstruktion	Skärm (barrier)	0 dB	Konstruktion oftast med betong i botten och sandwich-element ovanpå.
Bullerskyddsskärm	Skärm (barrier)	0 dB	Endast reflekterande, konstruktion oftast i trä utan absorberande material.
Bullermattor	Skärm (barrier)	2 dB	Exempelvis Soundex eller EchoBarrier

Om en tillverkare av en absorberande skärmlösning kan leverera absorptionsdata så kan dessa användas i bedömningen, men med försiktighet i beräkningsmodellen. Vid osäker effekt använd alltid 0 dB i "reflection loss" så att skärmlösningen är endast reflekterande!

## 9 RAPPORTERING - BULLERPLAN

För rapportering av resultat bör ett levande dokument som kan nämnas "*Bullerplan*" tas fram. Detta dokument beskriver verksamhetens plan för att uppfylla riktvärden och/eller aktuella tillståndskrav, både innan etablering och under uppföljning av pågående verksamhet. Som bilagor till Bullerplanen kan olika scenarier som utvärderats och analyserats i form av exempelvis beräkningar eller mätningar redovisas och bifogas.

Beskrivning av verksamhetens Bullerplan med tillhörande utredning och åtgärdsförslag bör vara ett krav från beställare innan etablering.

Bullerplanen bör beskriva etableringen eller verksamhetens helhet utifrån dess bullerperspektiv med information om gällande riktvärden och miljökrav samt beräkningsutförande, redovisningskrav och mätutförande för verifiering, kontrollplan och uppföljning. Planen bör även beskriva hur kommunikation sköts, inom organisationen, till boende och tillsynsmyndighet, hur avvikelser och åtgärder utförs med ev. åtgärdstrappor och en beskrivning av bakgrundsbullret i området.

Bullerplanens utredningar (bilagor) bör innehålla information om vilka scenarier som har utretts, underlag som har använts, de bedömningsgrunder som gäller och hur resultat redovisas (till exempel med hjälp av digitala verktyg). Problem och lösning bör vara tydligt redovisade i bilagor, väl definierade bullerkällor enligt lista (se nedan) med tydligt utlåtande om eventuella åtgärdsförslag som behövs och hur de följer åtgärdstrappan i miljökraven (om sådan finns definierad).

När bullerkällor redovisas bör minst följande information framgå:

- Placering (på karta)
- Typ av maskin
- Typ av källa (linje, area, punkt)
- Höjd över mark för varje bullerkälla
- Ljudeffekt,  $L_w$ , totalnivå respektive i oktav-/tersband (mellan 25-10 000 Hz). Det bör tydligt anges om värdet ( $L_w$ ) är A-vägt eller ej.
- Förklaring på cykel

## Bullerplan

Ett levande dokument med kontinuerligt uppdaterade bilagor. Bullerplanen beskriver verksamhetens plan på att uppfylla riktvärden/tillståndskrav.

Bullerplan bör innehålla:

1. Bedömningsgrunder
2. Kommunikation internt i organisationen samt externt
3. Kommunikation och arbetsprocess vid eventuella avvikelser
4. Berörda områden (t.ex. var risk för överskridanden finns, skyddsobjekt)
5. Bakgrundsbuller
6. Utförandet av beräkningar (metod, noggrannhet, program)
7. Utförande av mätningar – verifiering, kontrollplan, uppföljning
8. Redovisning av resultat (förslagsvis web-baserad i 3D tillsammans med rapport)
9. Åtgärdsförslag (kan tillämpas för varje scenario som redovisas i separata bilagor)

Bilagor till Bullerplanen beskriver de analyser och utredningar som krävs och bör minst innehålla:

10. Tydlig beskrivning av vilket problemet är och vilka lösningarna som finns
11. Väl definierade bullerkällor
12. Utlåtande

## 10 REDOVISNING / 3D-VISUALISERING

Redovisning av resultat bör vara pedagogisk så att det tydligt framgår vilka åtgärder som krävs för att innehålla riktvärden. Resultat bör även vara lätt tillgängliga för de olika användare och berörda som behöver ha informationen.

### 3D-redovisning:

Web-baserad 3D redovisning kan med fördel användas som ett underlag i till exempel skedesplanering och för kontrakt om körtider/arbetstider för att säkerställa bullersituationen och lagefterlevnad.

Redovisningsformatet ger bättre förutsättningar att garantera effekt av åtgärder och efterlevnad av krav.

Redovisning bör visas som en 3D-modell med klickbara objekt som visar den nödvändiga informationen för varje användare. Rapporter och eventuella kartor som behöver vara utskrivbara kan med fördel vara nedladdningsbara från samma portal som 3D-verktyget.

Olika användarvyer kan skapas (olika bullerperspektiv) beroende på vilken information som ska delas. Förslagsvis delas de olika redovisningsformaten upp i tre grupper:

1. Boende
2. Beställare/Tillsyn,
3. Entreprenör/UE.

Se följande avsnitt.

### 10.1 BOENDE

Verktyget som boende i närmiljön kan få tillgång till bör innehålla följande information och inställningar:

- Tydligt markerat vilka fastigheter som påverkas av buller.
- Undvik att redovisa exakta dB-värden då de lätt övertolkas.
- Så få lager som möjligt
- Krav/riktvärden (precis som tillståndskrav redovisar)
- Sökbar adress men ej klickbar information på husen
- Åtgärder visualiserade
- Inga bullerkällor synliga
- Ljudutbredningskarta per aktuell tidsperiod med teckenförklaring
- Möjlighet att kunna mäta avstånd på kartan

### 10.2 BESTÄLLARE/TILLSYNSMYNDIGHET

Verktyget som beställare/tillsynsmyndighet kan få tillgång till bör innehålla följande information och inställningar:

- Tydligt markerat vilka fastigheter som påverkas av verksamhetens buller.
- Högsta beräknade ljudnivån per fastighet visualiseras (en siffra per hus)
- Arbetscykler redovisas i text eller attribut för varje scenario/arbetsmoment
- Åtgärder visualiserade (effekt både med och utan redovisas)
- Bullerkällor synliga och klickbara, med information om ljudeffekt, arbetstid, körtid, modell, operatör (om möjligt)
- Ljudutbredningskartor för alla analyserade fall redovisas mot riktvärden/tillståndskrav med teckenförklaring
- Sökbar adress och fastighetsbeteckning med klickbar information om beteckning och typ (t.ex bostad, verksamhet, undervisning, vårdlokal).
- Möjlighet att kunna mäta avstånd på kartan
- Redovisa tidplaner som gäller för verksamhetens analyserade aktiviteter.

### 10.3 ENTREPRENÖR/UE

Verktyget som entreprenör/UE kan få tillgång till bör innehålla följande information och inställningar:

- Fasadnivåer på detaljnivå, förslagsvis per 5m.
- Åtgärder visualiserade med detaljerad information om placering, typ, höjd, och eventuellt material.
- Bullerkällor synliga och klickbara, med information om ljudeffekt, arbetstid, körtid, modell.
- Ljudutbredningskartor för alla analyserade fall redovisas mot riktvärden/tillståndskrav med teckenförklaring.
- Fokus på att presentera resultat för olika arbetsmoment
- Sökbar adress och fastigheter klickbara med information om beteckning och typ (t.ex bostad, verksamhet, undervisning, vårdlokal).
- Möjlighet att kunna mäta avstånd på kartan
- Det bör vara enkelt att beställa tillkommande beräkning för eventuella förändringar/uppdateringar, gärna direkt i visualiseringsverktyget, då det är viktigt att alla förändringar bedöms och redovisas

Redovisningen ska kunna användas som ett underlag till arbetsplan för exempelvis körtider per bullerkälla och placering/körrutin.



## 11 ÖVERVAKNING AV BULLER

Att övervaka verksamheten under etablering bör vara en central del av kontrollplanen, för att följa upp och se till att inga överskridanden av riktvärden eller andra miljökrav sker. Övervakningen bör utföras så att det är buller från verksamheten som analyseras och att bakgrundsbullret ej påverkar analysen.

Mätningar bör utföras med god kvalitet där mikrofoner placeras både inom verksamhetsområdet, med fördel nära de mest bullrande källorna, men även vid mottagarsidan, förslagsvis vid de mest utsatta bostadsfasaderna alternativt vid verksamhetsgräns. Mätningarna bör kunna ha möjlighet att visa nivåer i tersband för att kunna analysera vilken bullerkälla som dominerar och kunna korrelera mot mätningar inom verksamhetsområdet (nära källan).

Mätningen bör vara lätt tillgänglig för användare, t.ex. entreprenör och UE, så att de kan användas vid daglig planering av verksamheten och för att skapa erfarenhet och förståelse kring de bullrande arbetsmomenten. Larm i form av t.ex. mail eller sms bör kunna kopplas till systemet för att varna verksamhetsansvarig när bullernivåer börjar närma sig de krav för buller som gäller för varje tidsperiod. Systemet bör visa tidssignaler tillsammans med periodresultat på samma sätt som riktvärden eller miljökraven för verksamheten redovisas.

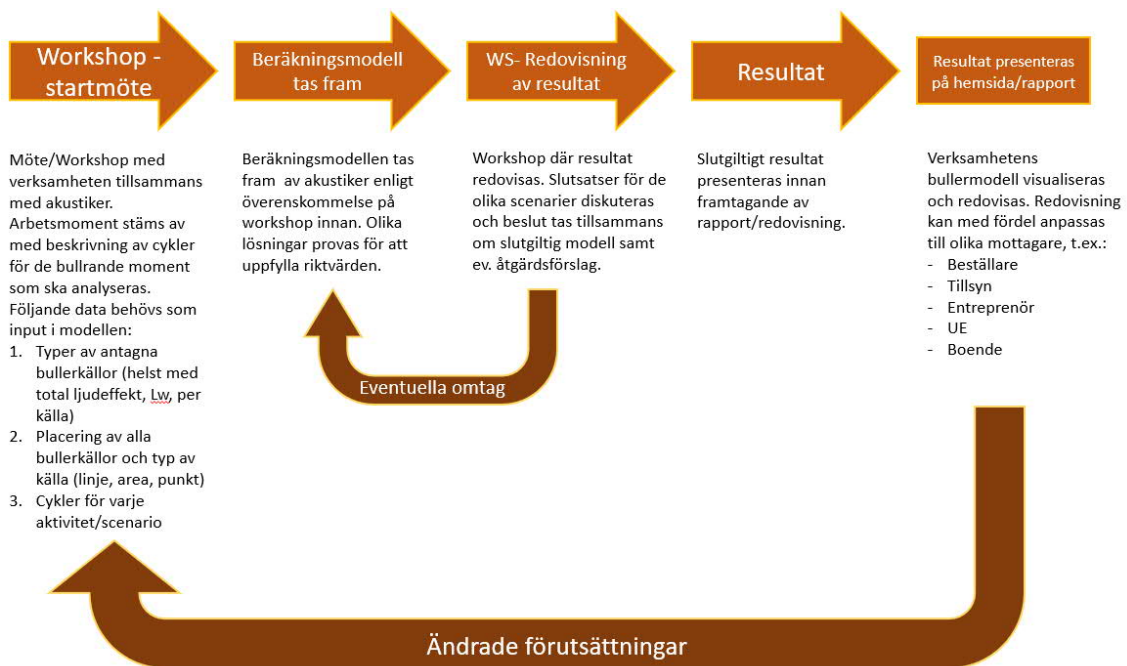
Att övervakningssystemet är pedagogiskt, lätt tillgängligt och med möjlighet till larm-meddelanden förenklar tillsynsmyndighetens uppföljningsprocesser och effektiviserar verksamhetens planering och eventuella åtgärdsbehov. Övervakningssystem har därmed stor potential att öka förtroendet mellan samtliga inblandade parter.

## 12 ARBETSPROCESS

För att säkerställa en god kvalitet och rätt informationsflöde rekommenderas följande arbetsprocess för framtagande av bullerutredning (avsnitt 12.1) samt framtagande av kravställning (avsnitt 12.2).

Processen baseras på interaktiva möten där verksamhetsansvarig redan från början är med och skapar beräkningsmodellen tillsammans med akustikkonsulten för att tidigt få in rätt indata. Detta innebär färre omtag, ökad kvalitet och en lönsammare affär.

### 12.1 ENTREPRENÖR/UE – PROCESS FÖR BULLERUTREDNING

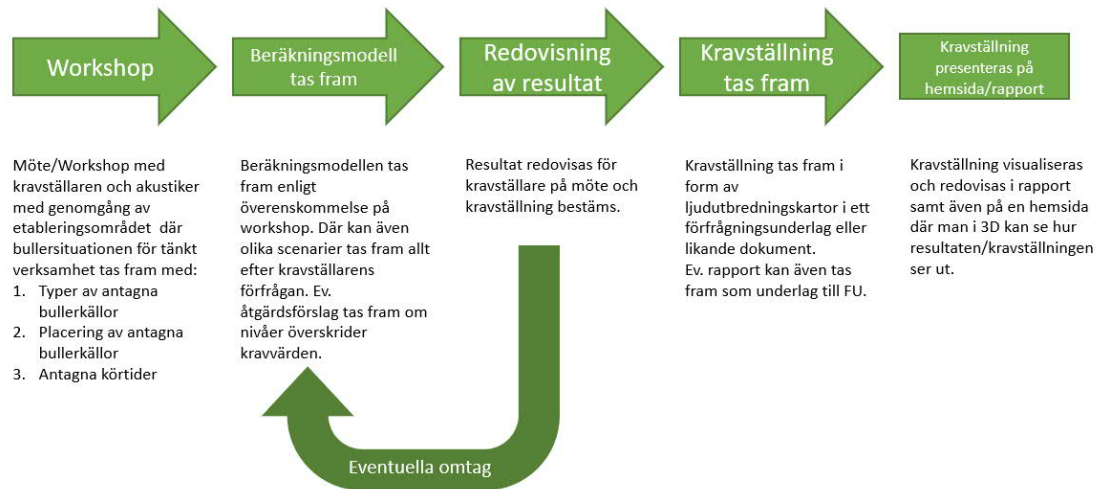


#### TIPS

Inför beräkning behöver alla arbetsmoment stämmas av med de som kommer vara ansvariga (E eller UE) för dessa, t.ex. produktionschef/platschef. Den som deltar i mötet från Entreprenören/UE bör ha mycket god kunskap om verksamheten för att kunna uppskatta de aktuella bullerkällornas ljudeffekt- $L_w$  (förslagsvis utifrån miljödeklarationer), dess körtider, cykler och rörelser (stationär/rörlig) för varje veckodag.

Processen kommer med tiden ge E/UE mycket bättre förståelse för bullerkraven och bullersituationen som den egna verksamheten skapar och hur området påverkas av verksamhetens buller. Exempelvis att den ekvivalenta ljudnivån gynnas av att bullrande aktiviteter utförs under en kortare tidsperiod och även att dubblering av likadana källor ger en marginell påverkan, eller en ökning med ca 3 dB.

## 12.2 BESTÄLLARE/TILLSYN – PROCESS FÖR KRAVSTÄLLNING



### TIPS

Beställaren bör ha en mycket god bild av vilken typ av verksamhet som kommer genomföras på etableringsplatsen. Utifrån denna bild bör verksamheten krävställas med tydliga tillståndstider och krav på tillåtna ljudnivåer. Beställaren bör även veta vilka bostäder som finns i närheten (skyddsobjekt), vilka det är och hur många våningar bostäderna har.

## 13 3D-VISUALISERING, PRINCIP

Det webbaserade verktyget som beskrivs i denna vägledning innefattar både en viss arbetsprocess med kravställning för beräkningsmodellen och även ett redovisningsformat tillsammans med en digital leveransportal. Genom webbaserad redovisning i 3D kan kunden digitalt koppla upp sig till en hemsida och hämta visualisering av resultatet, information från klickbara kartor och uppladdningsbara dokument. Verktöget bör ha inloggningskrav för vissa användare för att kunna styra tillgänglighet av information, så att den kan anpassas till användare (tillsynsmyndigheter, entreprenörer, boende).

Verktöget hjälper både kravställare och entreprenör med optimering av verksamheten, där bullersituationen analyseras för att ta fram effektiva, hållbara och kostnadseffektiva lösningar. Genom 3D-verktyget och den utarbetade arbetsprocessen kan bullerskyddsåtgärder optimeras så att effekten blir större och kostnaderna mindre.

Tyréns akustikavdelning kan erbjuda både standardiserade abonnemangslösningar och kundanpassade alternativ, allt efter projektets behov.

## 14 REFERENSER

- 1 "Best Available Technique, Buller från bergtäkter" av Pär Wigholm, Per Åke Nilsson och Örjan Johansson. TemaNord 2013:588. November 2013.
- 2 "Buller från transporter på allmän och enskild väg" Promemoria till Sverige Bergmaterialindustri (SBMI) från Anders Linnerborg och Jonas Söderstjerna hos SetterWalls, daterad 18 februari 2016.
- 3 "Tyst Krossning: Bullerminskning i krossanläggningar" SBUF ID 13385, daterad 2018-04-02.
- 4 "Hållbar hantering av massor, Masshanteringsstrategi för Östra Tyresö" av Tyresö kommun daterad 10 september 2019.
- 5 Boverkets rapport 2020:8 "Omgivningsbuller från industriell verksamhet och annan verksamhet med likartad ljudkaraktär – en vägledning", daterad april 2020.
- 6 Naturvårdsverkets rapport 6538 "Vägledning om industri- och annat verksamhetsbuller" daterad april 2015.

## 15 ORDFÖRKLARINGAR OCH AKUSTISKA BEGREPP

A-vägd ljudnivå	Örats känslighet varierar för olika frekvenser. För att ta hänsyn till detta filtreras eller frekvensvägs ljudet vid mätning. Den vanligaste filtreringen är A-filter vilket ofta benämns dBA eller dB(A). De flesta riktvärden utgår från A-vägd ljudnivå.
Decibel	Decibel, förkortat dB. Mått på ljudstyrka. Enheten dBA anger att måttet är vägd till det mänskliga örats känslighet för ljud med olika tonhöjd.
Ekvivalent ljudnivå	Ekvivalent ljudnivå ( $L_{eq}$ ) är en medelljudnivå för en given tidsperiod (dag, kväll, natt).
Frifältsvärde	En ljudtrycksnivå som inte är påverkad av reflexer i egen fasad, men inkluderar andra reflexer. Riktvärden för ljudnivå vid fasad och på uteplats avser frifältsvärden.
Luftburet buller	Med luftburet buller avses ljud som sprids från bullerkällan, via luften till omgivningen och även in i de närliggande byggnaderna.
Maximal ljudnivå	Maximal ljudnivå ( $L_{max}$ ) är den högsta momentana ljudnivån, med mycket kort varaktighet, under en enstaka bullerhändelse.
Riktvärde	Riktvärden för bedömning miljö kvalitet definieras ofta i vägledningar från nationella myndigheter. Riktvärde är i sig inte rättsligt bindande utan är vägledande för bedömningar och beslut under hänsynstagande av lokala omständigheter. De riktvärden som anges i villkor i fastslagen dom, anger den nivå där verksamhetsutövaren måste vidta åtgärder för att förhindra ett nytt överskridande.
Arbetsmoment	(även benämnt "aktivitet"/"scenario") En aktivitet som sker inom verksamhetsområdet. Aktiviteten kan bestå av en eller flera bullerkällor (t.ex. <i>krossning</i> som kan bestå av bullerkällorna kross, en grävmaskin och en hjullastare)
Arbetscykel	En cykel för en aktivitet där varje bullerkälla i aktiviteten bedöms utifrån hur stor andel av cykeln den bullrar. T.ex. <i>krossning</i> som kan bestå t.ex. av 70% bullrig kross, 50% bullrig grävmaskin, 20% bullrig hjullastare.