



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

# Bekæmpelse af støj fra byggepladser

Miljøprojekt nr. 1409, 2012

**Titel:**

Bekæmpelse af støj fra byggepladser

**Redaktion:**

Kenneth Grenaa Lillelund  
Rambøll

**Udgiver:**

Miljøstyrelsen  
Strandgade 29  
1401 København K  
www.mst.dk

**Foto:****Illustration:****År:**

2012

**Kort:****ISBN nr.**

978-87-92779-82-3

**Ansvarsfraskrivelse:**

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

# Indhold

INDHOLD	3
FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	8
SUMMARY AND CONCLUSIONS	11
1 INDLEDNING	13
2 STØJ FRA BYGGEPLADSER	15
2.1 STØJENS KARAKTER	15
2.2 GENER OG HELBREDSEFFEKTER	15
2.3 STØJKILDER	17
2.4 BESTEMMELSE AF STØJ FRA BYGGEPLADSER	18
<b>2.4.1 Støjmålinger</b>	<b>18</b>
<b>2.4.2 Støjregninger</b>	<b>19</b>
<b>2.4.3 Tidsaspekter</b>	<b>21</b>
3 BEKÆMPELSE AF STØJEN	23
3.1 DANSKE LOVE OG REGLER	23
3.2 KOMMUNALE FORSKRIFTER	24
<b>3.2.1 Københavns Kommune</b>	<b>24</b>
<b>3.2.2 Aalborg Kommune</b>	<b>25</b>
<b>3.2.3 Aarhus Kommune</b>	<b>25</b>
<b>3.2.4 Odense Kommune</b>	<b>25</b>
3.3 INITIATIVER FRA EU	25
3.4 PLANLÆGNING OG UDFØRELSE	26
<b>3.4.1 Kontrakter</b>	<b>26</b>
<b>3.4.2 VVM undersøgelser</b>	<b>26</b>
<b>3.4.3 Støjhåndteringsplaner</b>	<b>27</b>
<b>3.4.4 Information til naboerne</b>	<b>27</b>
3.5 EKSEMPLER PÅ TEKNISKE LØSNINGER	28
<b>3.5.1 Støjdæmpet hammer til pæleramning</b>	<b>28</b>
<b>3.5.2 "Silent piler"</b>	<b>29</b>
<b>3.5.3 Alternativer til spuns</b>	<b>29</b>
<b>3.5.4 Støjdæmpning af motorer</b>	<b>30</b>
<b>3.5.5 Støjdæmpede bæltter</b>	<b>31</b>
<b>3.5.6 Støjdæmpet skovl til gravemaskiner</b>	<b>31</b>
<b>3.5.7 Støjafskærmning</b>	<b>32</b>
4 UDVIKLINGSMULIGHEDER	33
4.1 ADMINISTRATIVE MULIGHEDER	33
4.2 INNOVATION I BYGGE- OG ANLÆGSBRANCHEN	34
4.3 SAMMENHÆNG MED ANDRE TEKNISKE OG MILJØMÆSSIGE FORHOLD	34
4.4 ØKONOMISKE FORHOLD	35
5 UDVIKLINGSPROJEKTER	37
5.1 STØJDÆMPET HAMMER TIL SPUNSRAMNING	37
5.2 ELDRETVET GRAVEMASKINE	38

5.3	PRÆFABRIKEREDE BYGNINGSELEMENTER	39
5.4	STØJDÆMPNING AF BÆLTEDREVNE ENTREPRENØRMASKINER	40
5.5	FLEKSIBEL STØJSKÆRM	41
5.6	NYE STØJSVAGE METODER TIL NEDBRYDNING	42
<b>6</b>	<b>LITTERATUR</b>	<b>43</b>

# Forord

Miljøstyrelsen har bedt Rambøll udføre et projekt med det formål at give praktiske og tidssvarende anvisninger på at forhindre og bekæmpe støj fra bygge- og anlægsarbejder, samt at beskrive et eventuelt behov for udviklingsprojekter. Projektets anvisninger baseres på indsamling af erfaringer fra ind- og udland om hvordan bygge- og anlægsarbejder kan tilrettelægges og udføres med et minimum af støj.

Rapporten dokumenterer de resultater, der er kommet ud af projektet. Den henvender sig til alle som ønsker at få et indblik i støj fra byggepladser og hvordan denne støj kan minimeres.

Grundlaget er udarbejdet af en projektgruppe hos Rambøll bestående af Kenneth Grenaa Lillelund og Allan Jensen. Endvidere har Vagn Brogaard bistået med en værdifuld teknisk research. Rapporten er skrevet af Kenneth Grenaa Lillelund. Den er i sine konklusioner, vurderinger og anbefalinger ikke nødvendigvis udtryk for Miljøstyrelsens holdninger.

Der er indhentet oplysninger om diverse maskiner og aktiviteter fra leverandører og entreprenører, som opererer både i Danmark og i udlandet. Kommunerne har bidraget med oplysninger om naboklager, kommunale forskrifter og den daglige håndtering af støj fra bygge- og anlægsarbejder. Større bygherrer som Vejdirektoratet, Banedanmark og Metroselskabet har været behjælpelig med oplysninger om støjhåndteringsplaner og beboerinformation.

Århus den 27. februar 2012.

***Kenneth Grenaa Lillelund***  
Chefrådgiver





# Sammenfatning og konklusioner

## **Innovation kan bekæmpe støjen på byggepladser**

Der er brug for nye innovative løsninger, hvis støjen fra byggepladser skal dæmpes. Der er allerede udviklet nogle støjsvage løsninger, men fordi de er både dyrere og mere tidskrævende end traditionelle løsninger, anvendes de sjældent her i landet. Det er ikke nok at fokusere på støjdempering ved valg af maskine eller byggeproces. Løsningerne skal også tage hensyn til andre væsentlige parametre, såsom effektivitet, ydeevne, emissioner og sikkerhed. Men innovationen i bygge- og anlægsbranchen er lav sammenlignet med andre brancher, så der er behov nye tiltag eller opfølgning på eksisterende tiltag, hvis støjbekæmpelsen skal fremmes.

## **Baggrund og formål**

Støj er et væsentligt problem ved bygge- og anlægsarbejder, især for større anlægsprojekter i byer, hvor folk bor tæt. Ofte afhjælpes problemerne ved at kommunen sætter grænser for de tidsrum, byggeriet kan foregå, eller ved at stille krav om støjafskærmning. Ved større anlægsarbejder med arbejde i døgn drift kan der ske genhusning af de mest støjbelastede familier.

Der er gennem tiden udviklet støjsvage entreprenørmaskiner, ligesom der er fundet mindre støjende processer både til byggeri og nedrivning. Men anvendelsen af disse støjsvage teknologier har været ret begrænset i Danmark i forhold til vores nabolande.

Der er gjort status for den nuværende bekæmpelse af støj fra byggepladser, og mulighederne for udvikling af nye støjsvage løsninger beskrives. Desuden gives der forslag til konkrete udviklingsprojekter.

## **Undersøgelsen**

Rambøll har gennemført et litteraturstudie på baggrund af følgende dokumenter fra Danmark og udlandet:

- Undersøgelser af støj fra byggepladser
- Vejledninger, love og regler som vedrører støj fra byggepladser
- Produktspecifikationer
- Udviklingsprojekter

Der er desuden gennemført interviews af udvalgte entreprenører og leverandører, som beskæftiger sig med de mest støjende maskiner og aktiviteter.

## **Resultater og konklusioner**

Der er kun opnået en beskedent reduktion af støjbelastningen fra byggepladser i de seneste 10-15 år, og støjen kan stadig være til gene for naboerne, især når arbejde foregår om natten og hvis byggeaktiviteterne foregår over lang tid.



Der er indført direktiver fra EU om reduktion af støjen fra maskiner og mange kommuner har indført forskrifter med begrænsning af arbejdstiden og anbefalede grænseværdier for støjbelastningen. Alligevel overskrides disse grænseværdier nogen gange, og der vælges ikke altid den mest støjsvage metode eller maskine.

Nogle leverandører har udviklet støjsvage metoder og maskiner, men de oplever en unfair konkurrence fra konkurrenter, der ikke bruger penge på støjdæmpning, fordi der ikke følges op på støjkravene til maskiner.

De største støjniveauer optræder ved spunsramning, nedrivning og anvendelse af visse typer elektrisk håndværktøj. Fælles for disse aktiviteter er at støjen kommer fra kontakten mellem maskinen eller værktøjet og materialet.

Den mest markante udvikling af støjdæmpning er sket indenfor nedbringelse af spuns og pæle, hvor der er udviklet metoder til nedpresning af spunsjernene i stedet for ramning og vibrering, og der er udviklet en støjdæmpet hammer til betonpæle. Der er desuden sket en udvikling indenfor almindelige entreprenørmaskiner, hvor der findes støjdæmpede motorer, skovle, køleventilatorer og bæltter.

I nogle tilfælde, som for eksempel ved nedrivning med hydraulisk hammer, er det meget vanskeligt at dæmpe støjen, og der er behov for udvikling af en helt ny teknologi. I andre tilfælde, som for eksempel nedvibrering af spunsjern, er der mulighed for at støjdæmpe den eksisterende metode eller maskine. Den mest effektive støjbekæmpelse vil være helt at fjerne aktiviteterne fra byggepladsen. Dette kan opnås ved at udvikle flere præfabrikerede bygningselementer eller ved hjælp af en grundig projektering, så arbejdet på pladsen kan foregå så effektivt som muligt, og man undgår støj fra udbedring af fejl.

Udviklingen og anvendelsen af de støjsvage metoder og materiale er påvirket af krav fra EU, myndigheder og fra bygherrer, som indskrives krav i kontrakterne. Udviklingen af støjsvage metoder til nedbringelse af spuns kan således tilskrives, at der ofte stilles skærpede krav til denne aktivitet i forhold til andre aktiviteter. Desuden har EU indført en mærkningsordning og støjgrænser for visse maskintyper. Dette har givet entreprenører mulighed for at vælge de mindst støjende maskiner.

Der er registret muligheder for at udvikle nye støjsvage maskiner og metoder, og det er identificeret følgende konkrete udviklingsprojekter:

- Støjdæmpet hammer til spunsramning
- Eldrevet gravemaskine
- Præfabrikerede bygningselementer
- Støjdæmpning af bæltedrevne entreprenørmaskiner
- Fleksible støjskærme
- Nye støjsvage nedbrydningsmetoder



# Summary and conclusions

## **Innovation can reduce noise from construction sites**

There is a need for new innovative solutions if the noise from construction sites is to be reduced. There are already some quieter solutions, but they are both more expensive and time consuming than traditional solutions, and therefore these solutions are not used frequently.

It is not sufficient to focus on only noise reduction. The solutions must also take into account other important parameters such as efficiency, performance, emissions and safety. Innovation in the construction industry is slow compared to other industries, so there is a need for new measures or updating of existing measures where noise control is concerned.

## **Background and objectives**

Noise is a major problem during construction, particularly for larger construction sites in cities where people live nearby. To control the noise problems the municipality often sets limits for the time of day the construction can take place, or by requiring noise barriers. For larger projects, with construction activities occurring around the clock, the most noise-impacted families can be relocated.

Low noise construction machinery and low noise construction processes have been developed both for construction and demolition. However, the use of these low-noise technologies has been quite limited in Denmark compared to our neighbor countries.

The current status of the fight against noise from construction sites and the potential development of new low-noise solutions are described. As well, there is given suggestions for specific development projects.

## **The study**

Rambøll has conducted a literature study of relevant documents in the following disciplines from Denmark and abroad:

- Studies of noise from construction sites
- Manuals, laws and regulations relating to noise from construction sites
- Product specifications
- Development projects

Furthermore, interviews with selected contractors and suppliers of the most noisy machines and operations have been made.

## **Results and conclusions**

Only a modest reduction of noise impacts from construction sites has been achieved during the last 10-15 years. Construction noise continues to be a nuisance to neighbors, especially when work is done at night and if construction activities take place over a long time.

EU has introduced a directive which has reduced noise from the machines and some municipalities have adopted regulations to limit working hours and noise impacts. The recommended limits values are still exceeded at times, and the most quiet methods or machines are not always chosen.

Some vendors have developed quieter methods and machines, but they are subject to unfair competition from competitors who do not spend money on noise reduction, because the noise requirements of the machines are not controlled.

The highest noise levels occur from sheet piling, demolition and use of certain types of electric hand tools. Common to these activities is that the noise originates from the contact between the machine or tool and the material.

The most significant development of noise reduction have occurred in sheet piling, which are methods for driving the sheet piles hydraulically instead of impact driving and vibration driving, and development of a noise reduced pile driver for concrete piles. There has also been a development, in general, for construction equipment including low-noise engines, buckets, cooling fans and crawler belts.

In some cases, such as demolition with a concrete breaker, it is very difficult to reduce the noise, and there is a need for an entirely new technology. In other cases, as sheet piling with a vibrator, there is a possibility to dampen the existing method or machine. The most effective noise control will be completely removing activities from the construction site. This can be achieved by developing more prefabricated building elements, or by means of a careful design, so the work on site can take place as efficiently as possible and to avoid noise from repairing errors.

The development and use of quieter methods and materials are influenced by demands from the EU, authorities and developers who specify requirements in contracts. The development of quieter methods for sheet pile driving can be attributed to the fact that requirements for this activity are often made stricter than to other activities. Moreover, the EU has introduced a labeling scheme and noise limits for certain types of equipment. This has given developers the opportunity to choose the least noisy machines.

Opportunities to develop new low-noise machinery and methods have been registered, and the following development projects have been identified:

- Low noise sheet-piles
- Electrical driven excavator
- Prefabricated building elements
- Low-noise crawler belts
- Flexible noise barriers
- Low-noise demolition methods

# 1 Indledning

Der er gennem tiden udviklet støjsvage entreprenørmaskiner, ligesom der er fundet mindre støjende processer både til byggeri og nedrivning. Alligevel er støjen et væsentligt problem ved bygge- og anlægsprojekter, især for større anlægsprojekter i byer, hvor folk bor tæt. Ofte afhjælpes støjproblemer ved, at kommunen sætter grænser for de tidsrum, hvori byggeriet kan foregå, mens der ved større anlægsprojekter med arbejde i døgndrift kan ske genhusning af de mest støjbelastede familier.

Denne rapport beskriver muligheder for at udføre bygge og anlægsarbejder med et minimum af støj. Rapportens anvisninger er baseret på indsamling af erfaringer fra ind- og udland. De væsentligste støjkilder udpeges, der identificeres såvel administrative som tekniske muligheder for at forhindre og bekæmpe støj fra byggepladser, og der peges på hvilke af disse muligheder, der kan videreudvikles. Der formuleres et antal udviklingsprojekter, som vil kunne udnyttes af danske distributører eller leverandører.

Rapporten beskriver mulighederne på et overordnet niveau, og der fokuseres på de støjmæssige forhold. Den vil således kun i begrænset omfang omfatte vurderinger af andre miljø- og eller tekniske aspekter af mulighederne.



## 2 Støj fra byggepladser

### 2.1 Støjens karakter

Støj fra byggepladser adskiller sig fra andre typer støj, som for eksempel trafikstøj og industristøj, ved at støjen kun optræder i en begrænset periode, hvorefter aktiviteterne flytter til en anden byggeplads. Perioden med støj kan være kort eller den kan være af længere varighed på flere uger, måneder eller år. Eksempelvis vil byggepladserne til den kommende Metro Cityring i København være i drift i flere år.

Støjkilderne og omfanget af støjgener varierer afhængig af hvilke aktiviteter der foregår og antallet af boliger og andre støjfølsomme anvendelser i nærheden. Byggepladser kan etableres alle steder og nogle gange meget tæt på bebyggelser, hvor beboere kan opleve meget høje støjniveauer. Det er som oftest ikke muligt at etablere effektiv støjafskærmning omkring pladsen eller de enkelte aktiviteter, fordi aktiviteterne flytter rundt på pladsen. Der kan desuden være flere forskellige aktiviteter i gang samtidig, og støjbilledet varierer alt efter sammensætningen af aktiviteter. I modsætning hertil er trafikstøj mere ensartet både med hensyn til støjens sammensætning og variation. Endvidere er det lettere at etablere effektive støjdæmpende foranstaltninger langs veje og jernbaner.

Det vil typisk være de mest støjende eller nærmeste aktiviteter, som giver anledning til gener. Men aktiviteter med mindre støjniveauer kan også være kritiske, især hvis de foregår om natten, hvor baggrundstøjen er lav. Støj fra aktiviteter som spunsramning og nedbrydning med hydrauliske hamre indeholder hørbare impulser, som øger genen ved støjen. Det samme er gældende for støj som indeholder hørbare toner, hvilket er tilfældet for nogle typer save og mejsler.

I de fleste tilfælde vil støjen fra byggepladsen være luftbåren, men der kan også være tale om bygningstransmitteret støj, hvis arbejderne foregår i en bygning, hvor der samtidig opretholdes boliger eller andre støjfølsomme anvendelser. I sjældne tilfælde kan der opstå støj fra aktiviteter under jorden, fra spunsramning eller komprimering af materialer, hvor vibrationer kan forplante sig til bygninger og frembringe støj indendørs.

### 2.2 Gener og helbredseffekter

Forskningsresultater viser at støj kan påvirke vores helbred. Ifølge WHO kan trafikstøj, herunder især tung trafik, give søvnforstyrrelser, som anses for at være en af de alvorligste sundhedsmæssige effekter af støj<sup>1,2</sup>. Da støj fra byggepladser i de fleste tilfælde forekommer i en kortere periode, vil den næppe i sig selv være årsag til helbredseffekter, men den vil i mange tilfælde virke sammen med andre typer af støj, som for eksempel trafikstøj, og dermed

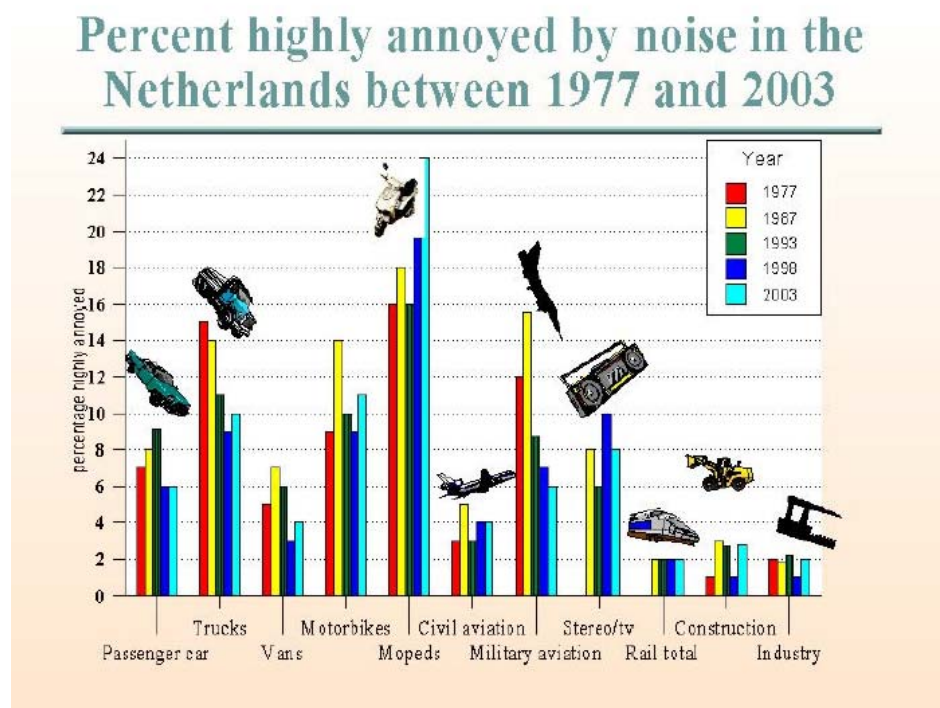
---

<sup>1</sup> Night noise guidelines (NNGL) for Europe. Final implementation report, WHO, 2007

<sup>2</sup> Evaluering af Vejstøjstrategien, hovedrapport, Rambøll, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 1/2010

bidrage til den samlede påvirkning. Og der er større projekter som for eksempel anlæggelsen af Metro Cityringen, hvor byggepladserne vil påvirke de omkringboende over en længere årrække. Der er dog ingen dokumentation for, at støj fra byggepladser har sundhedsmæssige konsekvenser, der adskiller denne form for støj fra anden støj.

I en Hollandsk undersøgelse fra 2003<sup>3</sup> er udviklingen i antallet af stærkt støjbelastede personer fra forskellige støjkildere blevet opgjort. Resultatet kan ses i Figur 1.



Figur 1 Andel stærkt støjbelastede personer fra forskellige typer støj, en Hollandsk undersøgelse(3)

Baseret på denne undersøgelse har antallet af støjbelastede personer fra byggepladser i Holland ikke udviklet sig nævneværdigt i perioden fra 1977 til 2003. Der er ikke lavet lignende undersøgelser i Danmark, og det kan derfor ikke afgøres om der har været en tilsvarende udvikling.

Undersøgelsen giver desuden det indtryk, at støj fra byggepladser rangerer lavt i forhold til vejtrafikstøj og nabostøj, men at det kan sammenlignes med togstøj og virksomhedsstøj, når der sammenlignes stærkt støjbelastede personer. Det skal bemærkes, at selvom støj fra byggepladser ikke er den væsentligste støjkilde, så kan den alligevel have stor betydning, især når byggepladsen ligger i et boligområde. Og hvis aktiviteterne foregår meget tæt på boligerne, kan støjbelastningen være meget høj.

Kommunerne oplever klager over støj fra anlægsarbejder, især hvis disse foregår om natten og udenfor normal arbejdstid. I Århus kommune skyldes langt de fleste klager (ca. 80 %), at anlægsarbejdet udføres udenfor normal

<sup>3</sup> E.A.M. Franssen e.a. Disturbance due to environmental factors and the assessment of the living environment in the Netherlands – Inventory disturbances, RIVM report 81512001001, RIVM/TNO July 2004.



arbejdstid. Oftest fordi arbejdet påbegyndes tidligt om morgenen. Det kan for eksempel være levering af materialer til byggepladsen.

Særligt støjende aktiviteter som spuns og pæleramning kan også give anledning til klager, selvom de udføres indenfor normal arbejdstid.

### 2.3 Støjkilder

Der er mange forskellige aktiviteter på en byggeplads, og de fleste giver anledning til støj, men ikke alle med et niveau, som er til gene for naboerne.

Fra kommunernes forskrifter, en vejledning fra Branchearbejdsmiljørådet og fra en engelsk database med støjdata for entreprenørmaskiner er der opstillet følgende liste med de mest støjende maskiner og processer<sup>4,5,6</sup>.

- Håndholdte betonbrækkere og pickhammere
- Nedbringelse af spuns og pæle
- Komprimering med tromle eller pladevibrator
- Hydrauliske hamre
- Eldrevne vinkelslibere, rundsave, boremaskiner mv.
- Bæltedrevne dozere, grave- og læsemaskiner



Figur 2 Hydraulisk hammer. Kilde: Kingo Karlisen

En af fællesnævnerne for de mest støjende aktiviteter er, at den mest betydende støj kommer fra maskinens bearbejdning af materialet. Denne processtøj afhænger af typen af værktøj og materialer, og af den måde hvormed værktøjet bearbejder materialet.

<sup>4</sup> Forskrift for visse miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder i Københavns Kommune, Københavns Borgerrepræsentation 12. oktober 2006.

<sup>5</sup> Branchevejledning om støj og hånd/arm vibrationer, Håndværktøj & maskiner, Branchearbejdsmiljørådet, marts 2008.

<sup>6</sup> Update of noise database for prediction of noise on construction and open sites, Department for Environment Food and Rural Affairs, 2005.

Forbrændingsmotorer, køling og hydraulik til opbygning og overførsel af kræfter til værktøjet er en anden fælles kilde til støj fra ovennævnte aktiviteter. Der er gennem tiden fundet måder at dæmpe denne støj, men det vurderes, at der stadig er muligheder for yderligere dæmpning af støjen.

I nogle tilfælde kan støjen brede sig som strukturlyd i værktøj eller materiale, som for eksempel ved spunsramning, hvor slaget kan brede sig til de foregående spunsjern og udstråles som strukturlyd. Et andet eksempel er anvendelse af slagboremaskine, hvor borestøjen kan sprede sig via betonkonstruktionen til andre steder i bebyggelsen.



Figur 3 Håndholdt slagboremaskine, kilde: Robert Bosch A/S.

Støjen indeholder ofte impulser og kan også indeholde tydelige toner fra mejslen.

Der kan være aktiviteter på byggepladsen, som foregår udenfor normal arbejdstid. Dette kan være af- og pålæsning af materialer samt drift af tårnkraner, generatorer, kompressorer, pumper o. lign. Med undtagelse af aflæsning og pålæsning af materialer er støjniveauet fra disse aktiviteter generelt lavt i forhold til andre aktiviteter, men da baggrundstøjniveauet også er lavt, og fordi naboerne er mere følsomme overfor støj om natten, kan disse aktiviteter give anledning til gener.

## 2.4 Bestemmelse af støj fra byggepladser

Det kan være nødvendigt at bestemme støjen fra byggepladser i forbindelse med tilsyn med byggepladsen, som udføres af myndigheden eller af bygherren. Støjen fra byggepladser kan bestemmes ved målinger eller beregninger. Det skal ske i henhold til vejledningerne fra Miljøstyrelsen om ekstern støj fra virksomheder<sup>7,8</sup>.

### 2.4.1 Støjmålinger

Når der udføres målinger af støjen fra byggepladser, er det ekstremt vigtigt at registrere hvilke aktiviteter der finder sted under målingerne og driftssituationen for disse aktiviteter.

I situationer hvor byggepladsen er placeret mellem høje bygninger, som kan reflektere støjen, skal man være opmærksom på hvor støjen måles. Støjen skal

<sup>7</sup> Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 1984: "Måling af støj fra virksomheder"

<sup>8</sup> Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5 1993: "Beregning af støj fra virksomheder"

måles som en fritfeltsværdi, hvilket betyder at refleksionen fra den bygning, hvori boligen er, ikke skal medtages. Dette kan undgås ved en såkaldt +6 dB måling, hvor målemikrofonen placeres helt tæt på den reflekterende facade<sup>9</sup>, og der korrigeres for refleksionen ved at trække 6 dB fra de målte støjniveauer.

Støjovervågning med permanente støjmålestationer kan anvendes til at følge det overordnede støjniveau fra byggepladsen. Forudsat at baggrundsstøjniveauet er tilstrækkelig lavt på målestedet, vil det kunne aflæses af målingerne, hvornår særligt støjende aktiviteter startes og stoppes. Det vil desuden være muligt at følge udviklingen af støjen. En støjovervågning er ikke velegnet til at dokumentere støjen fra enkelte aktiviteter, fordi det er vanskeligt at kæde målingerne sammen med aktiviteterne på pladsen. Der er dog muligheder for at lave lydoptagelser når der er særligt høje støjniveauer, som kan hjælpe til at opklare, om det skyldes aktiviteter på byggepladsen. Hvis støjen anses for særlig kritisk, kan der etableres permanente overvågningsstationer og alarmsystemer som giver besked, når støjen overstiger en på forhånd fastsat grænse, fx i et referencepunkt tæt ved de støjende aktiviteter. Denne metode kendes fx fra motorsportsbaner, hvor der måles om en såkaldt støjkvote er overskredet.



Figur 4 Permanent støjmåling ved anlægsarbejde i København

Støjen skal suppleres med et særligt tillæg på 5 dB for den gene, der er knyttet til støj, som indeholder tydeligt hørbare impulser eller toner. Det er en trænet måletekniker, der ved en subjektiv vurdering afgør om impulser i støjen er "tydeligt hørbare". Vurderingen skal ske ved de støjbelastede naboer i omgivelserne, og den tager hensyn til anden støj i området, der kan maskere impulsernes hørbarhed. Er der fx en støjende vej i nærheden, kan den betyde, at impulser ikke er tydeligt hørbare om dagen, men tydeligt hørbare om natten, hvor der er mindre trafik.

#### 2.4.2 Støjberegninger

Der er typisk mange aktiviteter i gang på samme tid på byggepladsen, og det kan være overordentlig vanskeligt at udføre præcise og reproducerbare målinger af støjen fra enkelte aktiviteter. Aktiviteterne ændrer sig også hyppigt, og det er derfor næsten umuligt at bestemme støjniveauet ved

<sup>9</sup> Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 1984: "Måling af støj fra virksomheder"

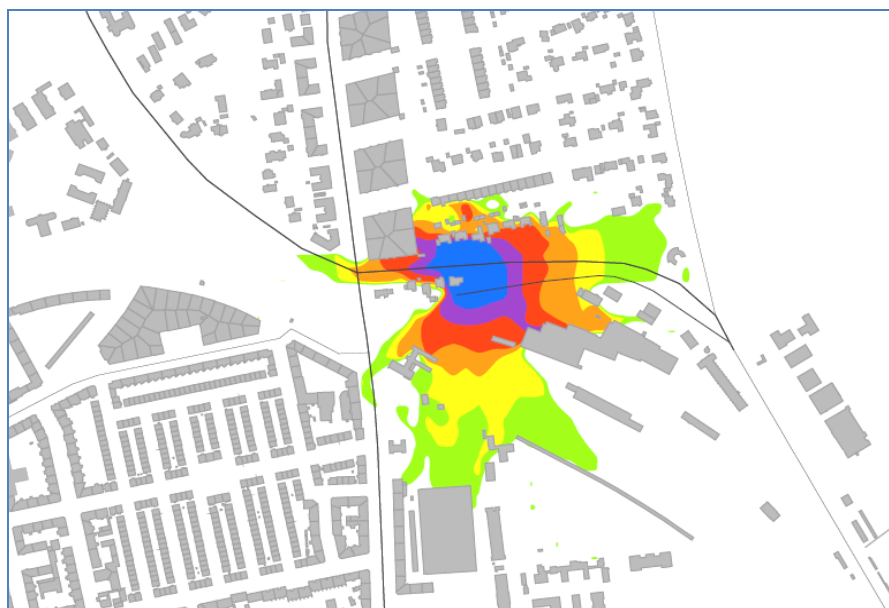
kortvarige målinger i referencepunkter i nærheden. Endelig kan der være et højt baggrundstøjniveau fra en nærliggende vej, virksomhed eller andet, som forstyrrer målingerne.

I sådanne tilfælde kan støjen ved naboerne bedst bestemmes ved en beregning på baggrund af støjdata for maskinen eller aktiviteten. Der findes omtrentlige støjdata for de mest almindelige entreprenørmaskiner, men hvis der kræves en mere præcis beregning, må der udføres en måling på den aktuelle aktivitet.

De fleste entreprenørmaskiner er mærket med et garanteret lydeffektniveau i henhold til regler fra EU<sup>10</sup>. Denne værdi kan bruges til orienterende beregninger, men da den ofte er for højt sat, egner den sig ikke til mere præcise beregninger.

Støjberegninger kan også anvendes i forbindelse med planlægningen af bygge- og anlægsarbejdet. Støjen fra de mest støjende aktiviteter kan bestemmes på forhånd, og der kan indregnes støjdæmpende foranstaltninger. I forbindelse med VVM undersøgelser af større anlægsarbejder skal der foretages vurdering af støjen fra anlægsfasen, og dette kan gøres på baggrund af en beregning. Senere i projektførelsen inden opstart af anlægsarbejderne kan der udføres mere detaljerede støjberegninger for de planlagte aktiviteter. Dette gøres i forbindelse Vejdirektoratets større vejprojekter, hvor de udarbejder en støjhåndteringsplan, og forud for byggearbejderne til den kommende Metro Cityring udfører entreprenøren detaljerede støjberegninger for hver byggeplads.

Resultatet af en støjberegning kan vises som et støjkort, der viser, hvordan støjen fra en eller flere aktiviteter vil udbrede sig fra byggepladsen. Der er vist eksempel på et støjkort i Figur 5. Støjkort giver et godt overblik og de støjmæssige konsekvenser, og de er velegnede til at informere borgere og myndigheder om støjen.



Figur 5. Eksempel på støjkort for anlægsaktiviteter.

<sup>10</sup> EU direktiv 2000-14-EF om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om støjemission fra maskiner til udendørs brug.

### 2.4.3 Tidsaspekter

For veje, jernbaner, virksomheder og andre permanente anlæg har støjen normalt en meget ensartet variation og et rimeligt konstant niveau. Støjen vurderes og reguleres derfor ud fra støjniveauet i faste tidsperioder. For byggepladser, hvor aktiviteterne er midlertidige og med varierende intensitet, er situationen er anden. Det må formodes, at genen af en given aktivitet afhænger af varigheden eller antallet af hændelser. Dette betyder, at støjen fra byggeaktiviteterne ikke kun skal vurderes ud fra støjniveauet i et af de sædvanlige referencetidsrum, men også ud fra den samlede tidsperiode for aktiviteten, som kan vare fra få dage til flere år.

Det er ikke undersøgt hvilken vægtning varigheden skal have i forhold til andre egenskaber som for eksempel tydeligt hørbare toner og impulser. I et EU-projekt om betydningen af støj fra de meget forskellige støjkluder, benyttes en korrektion for driftstiden med følgende udtryk<sup>14</sup>:

$$\Delta L_{\text{tid}} = 10 \log \left( \frac{n_{\text{måneder}} n_{\text{dage}} t_{\text{dag}}}{(365 \times 24 \times 60)} \right)$$

Hvor,

$n_{\text{måneder}}$	Antal måneder om året i drift
$n_{\text{dage}}$	Antal dage om måneden i drift
$t_{\text{dag}}$	Minutter om dagen i drift

I en udenlandsk vejledning om dæmpning af støj fra byggepladser anbefales det, at de støjende aktiviteter samles til samme tidsperiode, for at få dem overstået<sup>11</sup>. Dette lyder som en rimelig anbefaling, hvis den samtidige afvikling af de støjende aktiviteter kun giver anledning til en beskedne stigning i støjbelastningen ud over den stigning som byggepladsen har givet anledning til.

Det bør både i beregninger og målinger af støjen fremgå, hvordan støjen forventes at ændre sig over tid og den samlede forventede varighed.

Tid er desuden en vigtig parameter ved vurdering af alternative metoder, som måske har lavere støjniveau, men som kan tage længere tid. Som eksempel kan nævnes nedpresning af spuns med "Silent piler". Traditionel spunsramning er meget støjende men også en effektiv og hurtig metode til at nedbringe spunsjernene. En "Silent Piler" er støjsvag ved nedbringelsen, men der kan opstå komplikationer ved hårde jordlag eller store sten i undergrunden, som kræver at spunsjernene skal efterrammes med traditionel faldhammer. Det komplicerer og forlænger processen.

---

<sup>11</sup> Interim Construction Noise Guideline, Department of Environment and Climate Change, NSW, July 2009.



## 3 Bekæmpelse af støjen

I Danmark gælder der ikke egentlige støjgrænser for bygge- og anlægsarbejder, men nogle kommuner har opstillet forskrifter for visse typer af bygge- og anlægsarbejder, hvori der eksempelvis er krav om, at arbejdet på byggepladser kun må foregå i dagtimerne. Desuden har EU opstillet målsætninger for nedbringelse af støjen og vedtaget direktiver til opfyldelse af disse mål. Og endelig er der gennem tiden udviklet nye mere støjsvage entreprenørmaskiner og mindre støjende byggemetoder. I det følgende beskrives de initiativer, som er taget i såvel Danmark som EU, for at bekæmpe støjen fra byggepladser.

### 3.1 Danske love og regler

Støjen fra byggepladser i Danmark reguleres i henhold til Miljøbeskyttelsesloven og Miljøaktivitetsbekendtgørelsen<sup>12</sup>.

Hvis en aktivitet på en byggeplads medfører væsentlige gener, eksempelvis i form af støj, kan kommunalbestyrelsen med hjemmel i miljøbeskyttelseslovens § 42 give påbud om, at forureningen (her støjulemper) skal nedbringes, herunder påbud om gennemførelse af bestemte støjbegrænsende foranstaltninger. Et påbud om at nedbringe støjen gives undertiden i form af et påbud om, at støjende aktiviteter ikke må foregå uden for et nærmere anført tidsrum, og ikke som et påbud om at overholde visse specificerede støjgrænser. Det er væsentligt mere enkelt at føre tilsyn med og håndhæve et påbud om driftsbegrænsning end et påbud med støjgrænser.

Inden der træffes endelig afgørelse om et påbud eller forbud, skal adressaten for disse beslutninger skriftligt underrettes om sagen og adressaten skal have mulighed for at udtale sig, jf. § 75 i miljøbeskyttelsesloven. Kun hvis en øjeblikkelig afgørelse er nødvendig, eller hvis underretning må anses for åbenbart unødvendig, kan denne varsling udelades.

En afgørelse efter miljøbeskyttelsesloven § 42 (vedrørende støj fra bygge- og anlægsarbejder) kan påklages til Natur- og Miljøklagenævnet. En klage har normalt opsættende virkning, jf. Miljøbeskyttelseslovens § 95.

I henhold til miljøaktivitetsbekendtgørelsen skal placering og anvendelse af visse maskiner og aktiviteter anmeldes til kommunalbestyrelsen. Anmeldelsen skal som hovedregel være modtaget senest 14 dage før aktiviteten påbegyndes. Anmeldelsen skal redegøre for driftsperiodens længde og de foranstaltninger, som den ansvarlige har foretaget eller agter at foretage for at forebygge eller afhjælpe forurening eller gener for omgivelserne, herunder driftstidens fordeling på dag-, aften- og nattetimer.

---

<sup>12</sup> Bekendtgørelse nr. 1517 af 14/12/2006 om miljøregulering af visse aktiviteter og senere ændringer, jf. bekendtgørelse nr. 1485 af 21/12/2009, som har regler om anmeldelse af en række midlertidige aktiviteter.

Kommunalbestyrelsen kan fastsætte vilkår for eller nedlægge forbud mod aktiviteten, og hvis den anmeldte aktivitet giver anledning til væsentlig forurening, kan kommunalbestyrelsen fastsætte vilkår for det videre arbejde eller nedlægge forbud mod aktiviteten, selv om de anmeldte forureningsforebyggende foranstaltninger eller den anmeldte driftstid mv. er overholdt.

Der er regler for støj i arbejdsmiljøet, som også kan begrænse den eksterne støj fra byggepladser. Ifølge en bekendtgørelse fra Arbejdstilsynet må ingen udsættes for støj, som overstiger 85 dB(A) eller spidsværdier af impulser over 137 dB(C)<sup>13</sup>. For aktiviteter på byggepladsen, som kræver en operatør, vil en overholdelse af disse grænseværdier, i nogle situationer også kunne begrænse støjen i omgivelserne. Det er dog ofte tilfældet, at støjproblemerne i arbejdsmiljøet løses ved, at operatøren bærer høreværn, og så har grænseværdierne fra Arbejdstilsynet ingen effekt på den eksterne støj.

Arbejdstilsynet har desuden udgivet vejledninger til begrænsning af støjen i arbejdsmiljøet i bygge- og anlægsbranchen<sup>5</sup>. I vejledningen sættes der fokus på at støjen kan nedbringes ved at der i planlægningsfasen overvejes alternative mindre støjende metoder og maskiner, og at der tages hensyn til støj i forbindelse med indkøb af nyt materiel.

### 3.2 Kommunale forskrifter

Miljøaktivetsbekendtgørelsen giver desuden kommunerne mulighed for at vedtage lokale forskrifter inden for nærmere angivne geografiske områder i kommunen. En række kommuner, hvor der ofte forekommer store bygge- og anlægsarbejder, har benyttet sig af denne mulighed og har indarbejdet grænser for driftstid og/eller for støj og vibrationer i forskriften. Driftstiden er typisk begrænset til dagperioden kl. 7-18 og støjgrænsen for boliger er 70 dB(A) i dagperioden og 40 dB(A) i natperioden.

Fordelen ved en lokal forskrift er, at der herved kan skabes en retstilstand, som umiddelbart kan håndhæves. En forudsætning for, at forskriften "virker efter hensigten" er, at forskriften indeholder klare bestemmelser om støjgrænser og driftsvilkår.

#### 3.2.1 Københavns Kommune

Forskriften i Københavns Kommune indeholder klart definerede grænseværdier for både luftbåren og bygningstransmitteret støj samt vibrationer. Grænseværdierne gælder på hverdage (mandag-fredag) kl. 07-18. Det er tydeliggjort, at bygge- og anlægsarbejder – uanset bestemmelserne om overholdelse af grænseværdier - skal tilrettelægges således, at omgivelserne generes mindst muligt af støj og vibrationer.

Kommunen kan forlange, at der benyttes alternative maskiner og arbejdsmetoder med henblik på at begrænse støj og vibrationer. Og ydermere kan kommunen forlange dokumentation for, at valgte maskiner og arbejdsmetoder er de mest skånsomme for miljøet med hensyn til støj og vibrationer. Der kan i særlige tilfælde dispenseres fra kravet om, at arbejdet

---

<sup>13</sup> Beskyttelse mod udsættelse for støj i forbindelse med arbejdet, Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 63 af 6. februar 2006.



skal udføres på hverdage i tidsrummet kl. 07-18. I disse tilfælde skal den udførende entreprenør informere naboer og andre, der kan blive berørt.

### 3.2.2 Aalborg Kommune

I Aalborg Kommune indeholder forskriften ligesom i Købehavn en grænseværdi for støj og en grænseværdi for vibrationer. Disse grænseværdier gælder på hverdage mandag-fredag kl. 07-18. Der kan i særlige tilfælde dispenseres fra ovennævnte driftstider og grænseværdier.

Forskriften indeholder ingen straffebestemmelser, hvilket svækker den betydeligt. Forskriften har derfor nærmest karakter af en vejledning. Hvis der opstår tilfælde, der nødvendiggør indgriben overfor tilsidesættelser af forskriftens bestemmelse, må tilsynsmyndigheden benytte sig af påbud efter miljøbeskyttelseslovens § 42. I praksis føres kun tilsyn, hvis der fremkommer klager over gener fra en midlertidig aktivitet. I disse tilfælde er en mundtlig henstilling som oftest tilstrækkelig til at bringe forholdene i overensstemmelse med tilladelsens vilkår.

### 3.2.3 Aarhus Kommune

Aarhus Kommune har ikke en forskrift vedrørende støj fra bygge- og anlægsarbejder. I stedet stilles enkle driftsvilkår i forbindelse med anmeldelser af midlertidige aktiviteter. Ramning i bymæssig bebyggelse må normalt først påbegyndes kl. 08. Der stilles ikke vilkår om overholdelse af støjgrænseværdier.

Kommunen fører ikke planlagte tilsyn med de midlertidige aktiviteter. Klager over gener fra midlertidige aktiviteter forekommer oftest på grund af tilsidesættelse af tilladelsens driftsvilkår. I disse tilfælde indskræpes det overfor anmelderen af den midlertidige aktivitet, at driftsvilkåret skal overholdes. Hvis indskræpelsen ikke følges, bliver overtrædelsen politianmeldt, og i sjældne tilfælde meddeler kommunen et straksforbud (efter § 42) under henvisning til, at aktiviteten medfører en alvorlig gene for omgivelserne.

### 3.2.4 Odense Kommune

Odense Kommune har ingen forskrift vedrørende bygge- og anlægsarbejder. På baggrund af anmeldernes oplysninger stilles der krav om, at arbejdet skal foregå på hverdage (mandag-fredag) kl. 07-18, og at der anvendes støjdæmpede maskiner. Regulering af eventuelle støj-, vibrations- og støvgener sker ved hjælp af miljøbeskyttelseslovens § 42, og som oftest på baggrund af klager. Der føres ikke regelmæssig tilsyn med midlertidige tilladelser.

## 3.3 Initiativer fra EU

Et vigtigt initiativ i bestræbelserne på at reducere støj fra maskiner, og dermed også fra byggepladser, er et EU-direktiv for maskiner til udendørs brug. Direktivet er implementeret i Danmark. Det indeholder en mærkningsordning, og det fastsætter grænser for støjuddannelsen fra nogle typer af maskiner. I 2007 blev der udført en evaluering af implementeringen

og administrationen af direktivet<sup>14</sup>. En væsentlig konklusion i denne evaluering er, at støjen fra maskiner til udendørs brug er reduceret, men at der er muligheder for at reducere støjen endnu mere. Af væsentlige barrierer for en forsat udvikling nævnes, at overvågningen af markedet og efterlevelsen af direktivet er utilstrækkelig, hvilket fører til en unfair konkurrence fra producenter, som ikke lever op til direktivet og derfor har færre omkostninger. Målet for støj fra maskiner til udendørs brug er at støjgenerne skal være halveret i 2020 i forhold til niveauet i 2002<sup>15</sup>.

### 3.4 Planlægning og udførelse

I planlægningen af anlægsarbejder kan der tages initiativer til støjdemper af arbejderne eller til minimering af støjgenerne. Dette kan ske ved at planlægge arbejdet udført med støjsvage metoder. Eksempelvis er den borede tunnel til den københavnske metro en støjsvag metode i forhold til en højere liggende løsning hvor tunnelen skulle anlægges med en cut and cover metode. Generne kan reduceres ved at planlægge arbejdet udført så hurtigt som muligt og indenfor almindelig arbejdstid, og desuden ved anvendelse af støjsvagt materiel.

#### 3.4.1 Kontrakter

I udbudsmaterialet og i den efterfølgende kontrakt med entreprenøren har bygherren muligheder for at forlange anlægsarbejderne udført med et minimum af støj. Der kan indarbejdes grænseværdier og overordnede krav om, at der anvendes metoder og maskiner med et lavt støjniveau. Her kan mærkningen i henhold til EU-direktivet bringes i anvendelse, den såkaldte CE mærkning, og der kan stilles krav om, at maskinerne skal have en dokumenteret lav støjudsendelse. Udfordringen i forbindelse med sådanne krav er, at de mindre støjende metoder også kan være dyrere, og der skal således prioriteres mellem anlægspris og hensynet til støjfølsomme naboer omkring byggepladsen.

#### 3.4.2 VVM undersøgelser

Større anlægsprojekter gennemgår en VVM proces, hvor anlægsarbejderne vurderes, og der beskrives afværgeforanstaltninger. I nogle VVM redegørelser er støjen fra anlægsarbejder kun beskrevet på et overordnet niveau, hvor der er taget udgangspunkt i typiske aktiviteter. I enkelte VVM redegørelser er der udført detaljerede analyser og beregninger af støjen, hvilket fx er tilfældet for Metro Cityringen i København. Denne VVM er udarbejdet af Metroselskabet i samarbejde med København og Frederiksberg kommuner. Der er udført støjberegninger og støjkort for de kommende kritiske byggepladser, og der er beskrevet afværgeforanstaltninger. Sådanne undersøgelser giver såvel bygherre som myndigheder mulighed for at vurdere støjbelastningen og træffe de fornødne støjdempernde foranstaltninger.

---

<sup>14</sup> NOMEVAL – noise from machinery – evaluation of directive 2000/14/EC, 12 december 2007, European commission, TNO Science and Industry

<sup>15</sup> "Research for a quieter europe in 2020" en opdateret strategi fra CALM II netværket, februar 2007.

### 3.4.3 Støjhåndteringsplaner

Efter udbudsprocessen, hvor der er fundet en entreprenør, kan minimeringen af støj fortsætte ved udarbejdelse af støjhandlingsplaner for arbejdet på byggepladsen. I en sådan plan skal entreprenøren redegøre for det planlagte arbejde og maskiner, for det forventede støjniveau og hvad der vil blive gjort for at minimere støjen.

Vejdirektoratet er en bygherre, som indtager en myndighedslignende rolle overfor entreprenører. Inden igangsættelse af større anlægsarbejder foretager Vejdirektoratet en beregning af støjbelastningen fra anlægsarbejderne. Beregningerne gennemføres som grundlag for en dialog med de berørte kommuner og borgere.

Vejdirektoratet udarbejder en støjhåndteringsplan inden igangsættelse af større bygge- og anlægsarbejder. En støjhåndteringsplan fastlægger dels procedurer for indmelding af støjende anlægsaktiviteter i henhold til miljøaktivitetsbekendtgørelsen og dels procedurer for håndtering af eventuelle støjklager i forbindelse med udførelsen af de anmeldte anlægsaktiviteter.

Der udpeges en kontaktperson for naboforhold. Denne kontaktperson samler alle indkomne klager, som senest den førstkommande arbejdsdag sendes i kopi til kommunen, der er myndighed for forhold vedrørende støj fra anlægsaktiviteter. Kontaktpersonens opgave er derudover at undersøge, om den aktivitet, som har udløst klagen, er varslet, og om aktiviteten udføres med de aftalte metoder og udstyr, samt om der er foretaget de aftalte støjdæmpende foranstaltninger.

Banedanmark indtager ligesom Vejdirektoratet en myndighedslignende rolle overfor entreprenører. De har udarbejdet en generel arbejdsbeskrivelse for miljøkrav i forbindelse med anlægsarbejder, der sendes i udbud. Banedanmark stiller krav til entreprenøren om udarbejdelse af en miljøhandlingsplan omfattende administrative procedurer og arbejdsprocedurer for de miljømæssige forhold i forbindelse med entreprisen. Banedanmarks byggeledelse anmelder bygge- og anlægsarbejder til de berørte kommuner. Desuden stilles konkrete krav til entreprenører vedrørende støj og naboinformation.

### 3.4.4 Information til naboerne

Det er vigtigt at informere naboer til byggepladsen om aktiviteterne som foregår og vil foregå. Dette reducerer naturligvis ikke støjen, men det kan reducere generne, fordi naboerne kan tage forholdsregler, og fordi det er lettere at tolerere støjen, hvis man kender omfanget og ved, hvornår støjen hører op.

Hvis naboerne henvender sig er det lige så vigtig at disse henvendelser behandles seriøst og klageren får klar besked om aktiviteten. Der kan aftales klare regler for hvordan klager skal behandles, de bør registreres og der bør være tidsfrister for hvornår der svares.

Information skal gives i god tid. Der kan eventuelt opsættes en informationstavle ved byggepladsen med oplysninger om hvem der er ansvarlige for arbejdet (bygherre, myndighed og entreprenør), og med kontaktoplysninger.

Ved større anlægsarbejder kan der afholdes beboermøder og omdeles nyhedsbreve til naboerne.

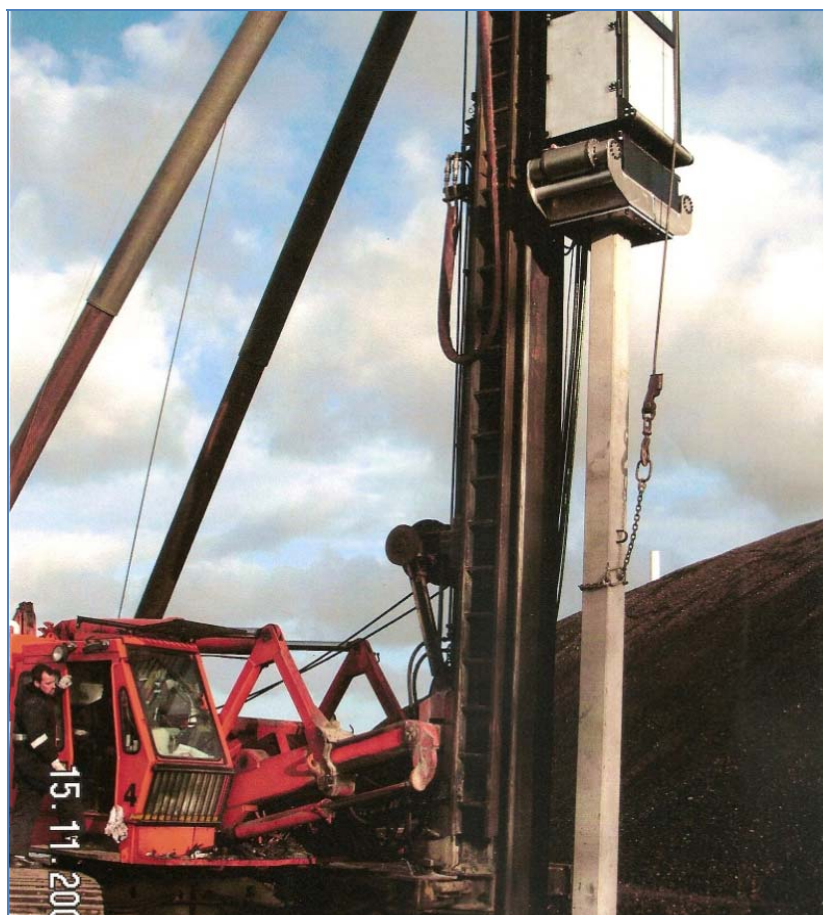
### 3.5 Eksempler på tekniske løsninger

Som andre typer af støj bør støj fra byggepladser først og fremmest dæmpes ved kilden ved at vælge mindre støjende maskiner og metoder eller ved at reducere arbejdstiden. Dernæst kan støjen dæmpes under udbredelsen ved hjælp af afskærmning og indkapsling. Og endelig kan støjen dæmpes ved modtageren ved hjælp af facadeisolering og genhusning.

Nedenfor er beskrevet eksempler på tekniske løsninger, som giver entreprenørernes muligheder for at vælge støjsvage maskiner og metoder.

#### 3.5.1 Støjdæmpet hammer til pæleramning

Skærpede krav til rammearbejder har betydet at entreprenører og leverandører af rammeudstyr har udviklet støjdæmpet rammeudstyr og alternative spunsmetoder. Det danske entreprenørfirma Per Aarsleff har udviklet en støjdæmpet hammer til ramning af betonpæle. Der er monteret en støjdæpende indkapsling omkring rammestedet. Løsningen dæmper støjen fra hammeren med ca. 10 dB.



Figur 6. Støjdæmpet hammer til ramning af betonpæle. Kilde: Per Aarsleff.

### 3.5.2 "Silent piler"

Der er udviklet en metode til hydraulisk nedpresning af spunsjern. Metoden er langt mindre støjende end traditionel spunsramming, og man undgår den impulsholdige rammestøj. Denne metode går under navnet "Silent piling". Metoden kan kombineres med forboring og spuling for lettere at komme gennem stenholdige eller meget hårde jordtyper.



Figur 7. Nedpresning af spunsjern. Kilde: Giken VP system.

### 3.5.3 Alternativer til spuns

Ved etablering af en byggegrube kan der vælges sekantpæle eller slidsevægge i stedet for spuns. Sekantpæle etableres ved at nedbore et rør, hvori der efterfølgende nedsænkes armering og fyldes beton, samtidig med at røret trækkes op. Bores disse pæle med overlap har man en sekantpæle væg, som kan benyttes både som afstivning af en byggegrube og som bærende fundament for en bygning. Slidsevægge etableres ved at grave en dyb rende, som efterfølgende fyldes med armering og beton. Under udgravningen stabiliseres renden med bentonit, som løbende cirkuleres og renses af et anlæg på byggepladsen.

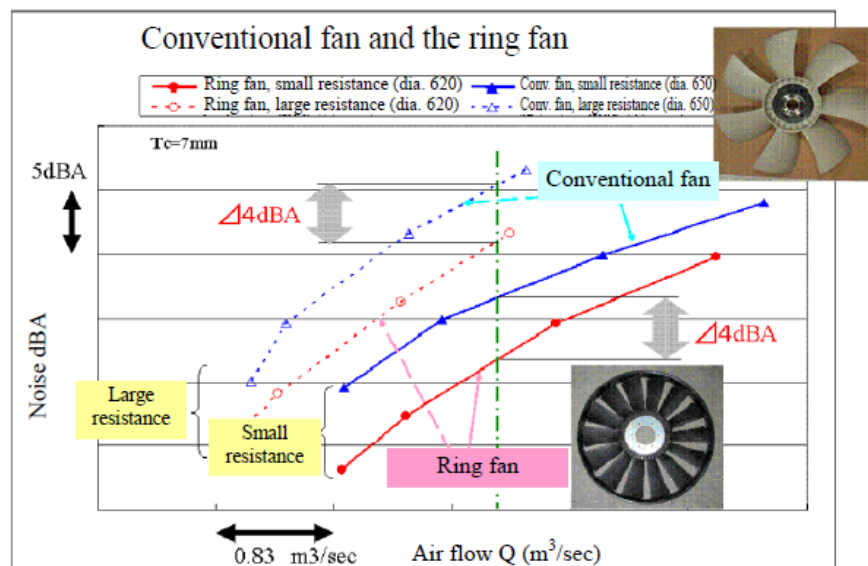


Figur 8. Boring af sekantpæle til cityringen i København 2011. Kilde: Per Aarsleff

### 3.5.4 Støjdæmpning af motorer

Der er udviklet mere støjsvage forbrændingsmotorer, køling og hydrauliksystemer på almindelige entreprenørmaskiner som gravemaskiner, dozere, gradere og dumpere. Fra producenten Liebherr kan der tilkøbes diverse kit med støjdæmpning af motorrummet og af hydraulikpumpen. Disse kits er ikke monteret på standardmaskinen, fordi det ikke er nødvendigt for overholdelse af støjgrænserne i EU-direktivet.

Producenten Komatsu har udviklet en mindre støjende blæser til køling af motorer. Designet er hentet fra bilindustrien og tilpasset til entreprenørmaskiner. Den støjdæmpede blæser støjer ca. 4 dB mindre end en standard blæser<sup>16</sup>.



Figur 9. Støj fra en ringventilator sammenlignet med støjen fra en traditionel ventilator.

<sup>16</sup> Research and Development of Ring Fan, Komatsu Technical report 2007, vol. 53 no. 159.

### 3.5.5 Støjdæmpede bælte

Metalbælterne på en bæltedrevet gravemaskine eller lignende kan være en væsentlig støjkilde, især hvor maskinen skal køre meget, og hvor underlaget er hårdt. Det kan nævnes at der i nogle tilfælde sker afdækning af byggepladsen med metalplader for at den originale belægning ikke beskadiges. Når der køres med bæltedrevne maskiner på disse metalplader giver det et meget højt støjniveau.

Støjen fra bælteerne kan reduceres ved at anvendes gummibælter, som vist på gravemaskinen i Figur 10. Disse gummibælter har dog en begrænsning, idet de kun er anvendelige til maskiner med en vægt på op til 14-15 tons. På gravemaskiner til almindeligt jordarbejde, som typisk har en vægt på 20-80 tons, vil gummibælterne blive ødelagt.



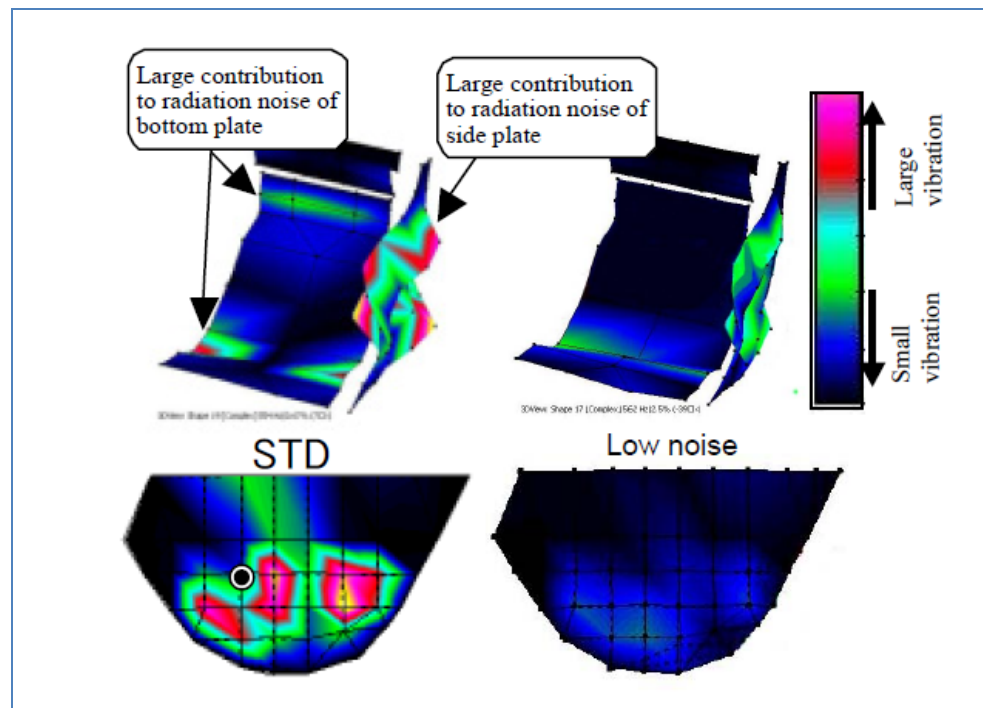
Figur 10. Gravemaskine med gummi bælte. Kilde: Takeuchi.

### 3.5.6 Støjdæmpet skovl til gravemaskiner

Producenten Komatsu har støjdæmpet skovlen på en af deres gravemaskiner og opnået en dæmpning på op til 5 dB<sup>17</sup>. Støjdæmpningen er opnået ved at påføre forstærkninger på sider og kanter, hvilket har reduceret vibrationer og dermed strukturlyden fra skovlen.

---

<sup>17</sup> Research and Development of Low-noise Bucket for Construction Machinery, Komatsu Technical report 2005 vol. 51 no. 156.



Figur 11. Støjdæmpning af skovl til gravemaskiner. Målinger af vibrationer i skovlen. Kilde: Komatsu<sup>17</sup>.

### 3.5.7 Støjskærmning

Ud over at vælge de mindst støjende maskiner på byggepladsen kan der opsættes støjskærme mod naboerne. I nogle tilfælde udføres byggepladshegnet som et lukket hegn for at opnå støjskærmning. Denne løsning har dog en meget begrænset virkning, fordi hegnet er for lavt og typisk står for langt fra aktiviteten. I andre tilfælde etableres der støjskærme tæt omkring aktiviteten. Disse kan være udført af containere der stables, af stilladser som beklædes med vintermætter eller der bygges en midlertidig støjskærm eksempelvis i træ. Sidstnævnte mulighed er vist i Figur 12. Ulempen ved en støjskærm tæt ved aktiviteten er, at den løbende skal flyttes efterhånden som arbejdet skrider frem, og samtidig skal den være sikkerhedsmæssigt i orden.



Figur 12. Støjskærm omkring byggeplads til den eksisterende metro i København



## 4 Udviklingsmuligheder

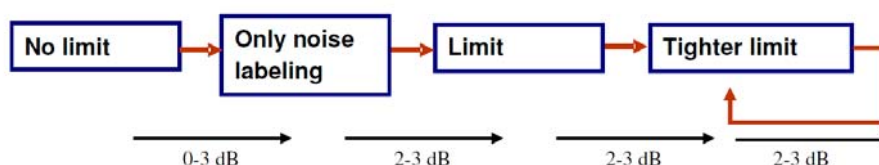
På trods af indsatsen for at bekæmpe støj fra byggepladser i Danmark, og selvom der er kommet mere støjsvage maskiner på markedet, foregår der stadig bygge- og anlægsarbejder med høje støjniveauer og gener til følge. Der er således brug for en fortsat udvikling af nye teknologier. I det følgende belyses mulighederne for at dæmpe støjen yderligere, og hvilket forhold der kan påvirke udviklingen.

### 4.1 Administrative muligheder

Det er tvivlsomt, om indførelse af egentlige grænseværdier vil kunne reducere støjen på byggepladser. For det første er det meget vanskeligt at dokumentere en eventuel overskridelse af grænseværdien, og for det andet kan være praktisk umuligt at reducere støjen, hvis der ikke findes en mindre støjende maskine. Men det har derimod vist sig effektivt at indføre begrænsninger af arbejdstiden for støjende aktiviteter. Typisk bliver arbejdet begrænset til dagperioden kl. 07-18, men der er også eksempler på at arbejdstiden er indskrænket yderligere for særligt støjende aktiviteter. I Aarhus Kommune må nogle spunsarbejder eksempelvis ikke foregå tidligere end kl. 8. Dette kan muligvis også praktiseres for andre aktiviteter, og vil kunne være et incitament til at benytte en mindre støjende proces, fordi det så kan ske i et større tidsrum. Dette kunne eksempelvis benyttes til at begrænse anvendelsen af vinkelslibere, fordi der findes mindre støjende alternativer.

I nogle tilfælde kan støjen dæmpes med enkle midler, som for eksempel ved at indrette byggepladsen så støjende aktiviteter placeres længst væk fra boligerne. Det er ofte et spørgsmål om viden og opmærksomhed på problemet, som afgør, om de enkle foranstaltninger træffes. Den nødvendige viden kan sikres ved hjælp af information og oplysning til entreprenører og andre aktører. Ved kommunernes behandling af anmeldelser af bygge- og anlægsarbejder er der en naturlig anledning til at overbringe denne viden.

EU-direktivet om maskiner til udendørs brug indeholder krav om mærkning af støjen fra nogle typer maskiner og for andre maskiner er der krav om overholdelse af grænseværdier for kildestøjen. I en evalueringsrapport vurderes det, at direktivet har haft en positiv effekt på støjniveauet, og at denne effekt er størst for maskiner, hvor der er fastsat grænseværdier<sup>14</sup>. Endvidere vurderes det, at et krav om mærkning af en maskine vil kunne bevirke en reduktion af støjen på 0-3 dB. Og fastsættelse af en støjgrænse vil kunne bevirke en reduktion på 2-3 dB. Reduktionerne vil naturligvis ske over tid efterhånden som producenterne udvikler støjdæmpende løsninger.



Figur 13. Processen for nye maskintyper, som optages i direktivets artikel 13 (mærkning) og senere i artikel 12 (grænseværdi), og den typiske reduktion.

I Danmark foretages der ingen systematisk overvågning for at kontrollere om det benyttede materiel på byggepladserne lever op til EU-direktivets krav. Der er eksempler på, at direktivet benyttes i krav til entreprenørerne, hvilket er tilfældet i anlægsprojektet "Nordhavnsvejen" i København. Det vurderes, at en bedre opfølgning på direktivet vil kunne højne standarden af entreprenørmateriel i Danmark, og mærkningsordningen vil muligvis kunne anvendes i højere grad til at fremme støjsvage maskiner.

#### 4.2 Innovation i bygge- og anlægsbranchen

I såvel EU som i Danmark ønsker man at fremme innovationen, herunder også i byggebranchen. Men ifølge flere undersøgelser er der en forholdsvis lav innovation i byggebranchen- og anlægsbranchen, og i Danmark er den lavere end i andre EU-lande<sup>18,19</sup>. Dette er bekræftet ved kontakt med danske entreprenører, som oplyser, at der indenfor de seneste 10-15 år kun er sket en begrænset udvikling af mindre støjende maskiner og metoder.

I innovationsrapporterne konkluderes det samtidig, at den teknologiske udvikling er en forudsætning for ændringer i byggebranchen, fordi udvikling fører til innovation og nye teknologiske løsninger. Samtidig sker ibrugtagningen af nye teknologier langsomt, især i de små og mellemstore virksomheder, og der peges blandt andre på følgende barrierer:

1. Stigende antal små og mellemstore byggefirmaer, som kun har begrænset viden om støj
2. Vægten af traditioner inden for byggemetoder og teknikker
3. Branchens politiske relevans for den nationale økonomi
4. At bygge- og anlægsarbejder er meget projektorienterede
5. Bygge- og anlægsarbejders karakteristik i øvrigt.

Der er dog sket en udvikling indenfor visse områder, som for eksempel ramning, hvor der er udviklet mindre støjende maskiner og metoder. Denne udvikling indenfor ramning skyldes formodentlig, at det er en markant støjende og vibrerende aktivitet, som ofte giver anledning til naboklager. Nabohenvendelserne kan skærpe myndighedernes opmærksomhed, og det kan udløse krav til, at arbejdet foregår med et minimum af støj.

#### 4.3 Sammenhæng med andre tekniske og miljømæssige forhold

Udviklingen af støjsvage teknologier kan være påvirket af andre krav til maskinerne, som for eksempel krav til sikkerhed, emissioner, ydeevne og effektivitet. Strengere krav til emissioner kan påvirke udviklingen af forbrændingsmotorer, og hvis dette leder til en forøgelse af støjen, kan det blive et fokuspunkt for støjdemningen.

Hvis batterier bliver mere effektive og vægten af dem reduceres, kan det fremme brugen af elektrisk drevne maskiner og værktøjer, hvilket kan reducere

---

<sup>18</sup> Trends and drivers of change in the European construction sector: Mapping report, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2005

<sup>19</sup> The Danish Construction Sector in the Future - from Tradition to Innovation, Danish Agency for Trade and industry, December 2000.

støjniveauet. Samtidig har hybridbiler vist sig effektive, hvilket måske kan anvendes til entreprenørmaskiner med en variabel arbejdscyklus.

Ydeevne og effektivitet er væsentlige faktorer på en byggeplads, hvor arbejdet ofte skal foregå så hurtigt som muligt. Men dette kan være i modstrid med krav til støjen, fordi høj ydelse og effektivitet opnås med kraftigere maskiner, flere maskiner eller flere aktiviteter på samme tid, og dette medfører mere støj. Bedre effektivitet kan dog også reducere støjgenerne, hvis den tid det tager at udføre en støjende aktivitet forkortes. En ideel ny teknologi vil derfor være en maskine eller metode, som både er mindre støjende og mere effektiv på samme tid.

Silent piling og boring af sekant pæle er eksempler på støjsvage metoder, som har den ulempe, at de er mere tidskrævende og dyrere end traditionel spunsramning. Det gør disse metoder mindre attraktive, og de anvendes derfor kun, hvis der er særlig høje krav til støj og vibrationer, eller der forventes mange gener for naboerne. I VVM-undersøgelsen af Metro Cityringen i København er det vurderet, at boring af sekantpæle kan reducere støjen med 5-15 dB i forhold til almindelig spunsramning, og at "Silent piling" kan reducere støjen med yderligere 10 dB.

#### 4.4 Økonomiske forhold

I en undersøgelse af erfaringerne med at implementere EU-direktivet om brug af maskiner til udendørs brug er der givet en beskrivelse af markedssituationen for entreprenørmaskiner. Dele af beskrivelsen er relevant i forhold til denne rapport, og de gengives derfor her.

Der er en større og større efterspørgsel efter automatisering for at spare arbejdskraft, samt for at kunne arbejde mere effektivt og sikkert. Dette bevirker en stigning i antallet af maskiner, og det kan ændre støjen fra byggepladser, både i positiv og negativ retning.

Samtidigt er der et stort pres på priserne på grund af billig import fra østen, og prisen er ofte den vigtigste købsparameter. Det meste udstyr bliver lejet eller leaset, og der er et stærkt voksende genbrugsmarked. Støj er typisk ikke en vigtig parameter ved køb af nye maskiner, selvom mange producenter tilbyder en støjdæmpet version af deres maskiner. Der er dog en efterspørgsel efter kvalitet, men mest i form af ydeevne, effektivitet, energiforbrug mv.

Det er ofte vanskeligt for producenterne at reducere støjen, da de ikke har tilstrækkelig kontrol over de støjmæssige egenskaber af delkomponenter fra underleverandører. Samtidig er der stort pres på at begrænse tiden til at udvikle nye produkter eller at modificere eksisterende produkter. Dette betyder, at adgang til know-how omkring støjdemning kan spille en meget vigtig rolle i mulighederne for at medtage støj i udviklingen.

En stor andel af de europæiske producenter producerer til det europæiske marked. Disse producenter bruger væsentlige ressourcer på at leve op til alle EU-direktiver for sikkerhed og miljø, men virksomhederne giver udtryk for at de oplever en unfair konkurrence fra leverandører af maskiner, som ikke lever op til kravene. De højere priser på støjdæmpede maskiner medfører, at det er vigtigt at overvåge markedet for at undgå unfair konkurrence. Og overvågningen er vigtigst for de maskintyper, hvor efterspørgselen er begrænset, og hvor det er usikkert om udviklingsomkostningerne kan betales.



## 5 Udviklingsprojekter

I dette afsnit gives der forslag til udviklingsprojekter, som forventes at kunne reducere støjen fra maskiner og metoder, der anvendes på danske byggepladser.

Et udviklingsprojekt kan være en videreudvikling af en eksisterende løsning eller udvikling af en ny teknologi, som kan erstatte eksisterende aktiviteter eller maskiner.

### 5.1 Støjdæmpet hammer til spunsramning

Der er udviklet en støjdæmpet hammer til ramning af betonpæle, men denne hammer kan ikke bruges til spunsjern, fordi kappen ikke passer til spunsprofilet. Det foreslås, at den støjdæmpede hammer videreudvikles til også at passe til spunsjern, hvorved støjen fra kontakten mellem spunsjernet og hammeren kan dæmpes.



Figur 14. Støjdæmpet hammer til ramning af betonpæle. Indkapslingens nederste del kan muligvis udvikles til at passe til spunsjern. Kilde: Per Aarsleff A/S.

Der vil sandsynligvis ikke kunne opnås samme dæmpning, som opnås ved betonpæle, fordi der kommer et betydeligt støjbidrag fra selve spunsen.

Støjen som udstråles fra selve spunsjernene kan muligvis dæmpes ved at udvikle spunsjern, som minimerer udstrålingen af strukturlyd og "syngen", når spunsen rammes. En anden mulighed kan være spuns af andre materialer end jern. Der er eksempler på anvendelse af PVC spuns, f.eks. kaldet "Plastic

piling" eller Geoflex, på grund af disse spunsjers fordele med hensyn til korrosion og fleksibilitet. PVC spuns anvendes til havneprojekter og andre projekter, hvor spunsen skal tilbageholde vand. Disse PVC spuns kan nedbringes ved traditionelle metoder, men kun i blød jordbund. Ved hårde jordbundsforhold er der behov for at koble PVC spunsen til en stålspons for at gennembyde de hårde jordlag.



Figur 15 Nedbringelse af spuns på Christianshavns Torv. Kilde: Metro.

## 5.2 Eldrevet gravemaskine

Hvis støjen fra gravemaskiner skal dæmpes yderligere er der muligheder i eldrevne motorer. Der er udviklet motorer som er stærke nok til selv de største gravemaskiner, både til fremdrift og hydraulikpumpe. Problemet er strømforsyningen. Batterier vil være for store og holdbarheden er begrænset. Forsyning via et kabel er en mulighed, men kun hvis maskinen er stationær eller så godt som stationær. Det er også en betingelse at der er tilstrækkelig strømforsyning til byggepladsen. Det er ikke tilstrækkeligt med almindelig byggepladsstrøm.

Eldrevne gravemaskiner anvendes på lossepladser og ved udgravning af råstoffer, som vist på **Fejl! Henvissningskilde ikke fundet.**

Det foreslås, at der eksperimenteres med eldrevne gravemaskiner til udgravning af byggegruber, hvor maskinen kan være forholdsvis stationær.



Figur 16. El-drevet stationær gravemaskine, kilde: [www.Liebherr.com](http://www.Liebherr.com). Præfabrikerede bygningselementer

### 5.3 Præfabrikerede bygningselementer

Støjdæmpningsmuligheder vil naturligvis knytte sig til nye metoder og maskiner med mindre støjniveau, men da støjen fra byggepladser ofte kommer fra forarbejdningen af materialer, vil der også kunne støjdæmpes ved at udvikle nye støjsvage materialer eller materialer som ikke kræver forarbejdning på byggepladsen. Dette kunne eksempelvis være præfabrikerede materialer i fixmål, som kan monteres direkte uden at anvendes støjende værktøj til afkortning eller forboring. Det kan også være nye typer beton, som ikke skal forarbejdes med vibratorer. Et eksempel på et sådan materiale er RdBX ställægter fra Lindab. Disse kan tilpasses ved hjælp af en teleskopfunktion, og dermed undgås tilskæring på byggepladsen. En løsning som både reducerer støjniveau og tid.



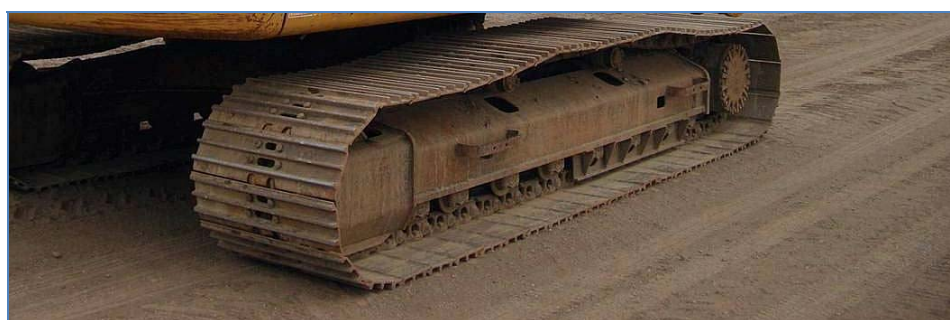
Figur 17. Lindab RdBX stål lægter, som kan tilpasses på stedet uden brug af støjende værktøj. Kilde: Lindab.

#### 5.4 Støjdæmpning af bæltedrevne entreprenørmaskiner

Bælterne og hydraulikken som driver bælterne er en væsentlig støjkilde på bæltedrevne entreprenørmaskiner. Støjen kommer fra hydraulikpumperne, fra selve stålbelættet og fra kontakten til underlaget. Støjen fra kontakten til underlaget kan være særlig kritisk, hvis der er udlagt stålplader til beskyttelse af en eksisterende hård eller blød belægning.

Som nævnt i et tidligere afsnit findes der støjsvage gummibælter til minigravemaskiner, men disse bælter kan ikke anvendes til større gravemaskiner over ca. 15 tons.

Det vurderes, at der også er muligheder for at dæmpe støjen fra de større bæltedrevne maskiner. Men der bør indledningsvis udføres en nærmere undersøgelse af støjen for at finde de væsentligste kilder.



Figur 18. Stålbælter på en bæltedrevet gravemaskine.



## 5.5 Flexibel støjskærm

Der etableres ofte støjafskærmning mellem aktiviteterne og naboer, men disse støjafskærmninger er sjældent effektive. For at sikre en mere effektiv støjskærm skal den kunne tilpasses den pågældende aktivitet. Dette kan lade sig gøre, hvis aktiviteten er stationær og hvis støjkilden har en begrænset udstrækning, som for eksempel et nedknusningsanlæg, et betonblande anlæg eller en arbejdsplads med skærearbejde. Men for en aktivitet som spunsramning, eller gravearbejde, hvor maskinen flytter sig, og hvor støjkilden er placeret højt, er det mere vanskeligt. Der skal også tages hensyn til sikkerhed og pladsforhold, hvilket betyder, at støjskærmen skal have god stabilitet, den må ikke hindre udsyn og den skal kunne indpasses på byggepladsen.

Der er behov for at udvikle en effektiv og fleksibel støjskærm med en til flere af følgende egenskaber:

- Kan tilpasses til aktiviteten
- Kan genbruges for at begrænse omkostningerne
- Har en passende lydisolation gennem skærmen
- Er lydabsorberende på siden mod aktiviteten
- Kan samles til en indkapsling af en stationær aktivitet
- Kan hænges op på spunsjern for at dæmpe den udstrålede støj fra disse.

I Figur 19 er vist et eksempel på en støjskærm med en vis fleksibilitet, og som kan genbruges.



Figur 19. Mobil støjskærm, dBARRIER, kil de: [www.jarven.se](http://www.jarven.se)

## 5.6 Nye støjsvage metoder til nedbrydning

Nedbrydningen foregår hovedsagelig med hydraulisk hammer, betonsakse eller lignende. Mulighederne for støjdæmpning er begrænsede med den givne metode, så der er brug for udvikling af nye metoder til nedbrydning. Ved opbrydning af belægninger findes der alternative metoder, hvor belægningen klippes eller skæres i mindre stykker, som derefter løftes væk med gravemaskine eller kran.

En væsentlig støjkilde ved nedbrydning er håndtering og nedknusning af brokkerne. Læsning på lastbiler kan eksempelvis give høje støjniveauer, når store stykker beton rammer ladet.

Nedbrydning kan også foregå med sprængning, som minimerer tiden til aktiviteten væsentligt. Men af sikkerhedsmæssige grunde og af hensyn til støv, kan dette ikke altid lade sig gøre.

Et eksempel på nedrivning ved hjælp af sprængning finder man i Rødovre, hvor højhusene Ruskær og Agerkær på henholdsvis 12 og 14 etager jævnes med jorden i maj 2012. Inden sprængningen skal alt andet end betonkonstruktionen fjernes, herunder PCB, vinduer, døre, facadebeklædning, gulve, osv. Og efter sprængningen skal betonbrokkerne bortskaffes og arealet klargøres.



Figur 20. Højhusene Ruskær og Agerkær i Rødovre skal fjernes ved sprængning.

## 6 Litteratur

1. Night noise guidelines (NNGL) for Europe. Final implementation report, WHO, 2007
2. Evaluering af Vejstøjstrategien, hovedrapport, Rambøll, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 1/2010
3. E.A.M. Franssen e.a. Disturbance due to environmental factors and the assessment of the living environment in the Netherlands – Inventory disturbances, RIVM report 81512001001, RIVM/TNO July 2004.
4. Forskrift for visse miljøforhold ved bygge- og anlægsarbejder i Københavns Kommune, Københavns Borgerrepræsentation 12. oktober 2006.
5. Branchevejledning om støj og hånd/arm vibrationer, Håndværktøj & maskiner, Branchearbejdsmiljørådet, marts 2008.
6. Update of noise database for prediction of noise on construction and open sites, Department for Environment Food and Rural Affairs, 2005.
7. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 1984: "Måling af støj fra virksomheder"
8. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5 1993: "Beregning af støj fra virksomheder"
9. Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 6 1984: "Måling af støj fra virksomheder"
10. EU-direktiv 2000-14-EF om indbyrdes tilnærmelse af medlemsstaternes lovgivning om støjemission fra maskiner til udendørs brug.
11. Interim Construction Noise Guideline, Department of Environment and Climate Change, NSW, July 2009.
12. Bekendtgørelse nr. 1517 af 14/12/2006 om miljøregulering af visse aktiviteter og senere ændringer, jf. bekendtgørelse nr. 1485 af 21/12/2009, som har regler om anmeldelse af en række midlertidige aktiviteter.
13. "Beskyttelse mod udsættelse for støj i forbindelse med arbejdet" Arbejdstilsynets bekendtgørelse nr. 63 af 6. februar 2006.
14. NOMEVAL – noise from machinery – evaluation of directive 2000/14/EC, 12 December 2007, European commission, TNO Science and Industry
15. Research for a quieter Europe in 2020, en opdateret strategi fra CALM II netværket, februar 2007. Research and Development of Ring Fan, Komatsu Technical report 2007, vol. 53 no. 159.
16. Research and Development of Ring Fan, Komatsu Technical report 2007, vol. 53 no. 159.
17. Research and Development of Low-noise Bucket for Construction Machinery, Komatsu Technical report 2005 vol. 51 no. 156.
18. Trends and drivers of change in the European construction sector: Mapping report, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2005
19. The Danish Construction Sector in the Future - from Tradition to Innovation, Danish Agency for Trade and industry, December 2000

## **Resume**

Støj er et væsentligt problem ved bygge- og anlægsarbejder, især i byer, hvor folk bor tæt. Kommunen kan sætte grænser for de tidsrum, byggeriet kan foregå, eller stille krav om støjafskærmning. Ved større anlægsarbejder i døgndrift kan de mest støjbelastede familier genhuses.

Der er udviklet støjsvage entreprenørmaskiner og mindre støjende processer til byggeri og nedrivning. Men disse støjsvage teknologier anvendes i ret begrænset omfang i Danmark sammenlignet med vores nabolande. Rapporten gør status for den nuværende bekæmpelse af støj fra byggepladser, og mulighederne for udvikling af nye støjsvage løsninger beskrives. Desuden gives der forslag til konkrete udviklingsprojekter.



Miljøministeriet  
Miljøstyrelsen

Strandgade 29  
DK - 1401 København K  
Tlf.: (+45) 72 54 40 00

**[www.mst.dk](http://www.mst.dk)**