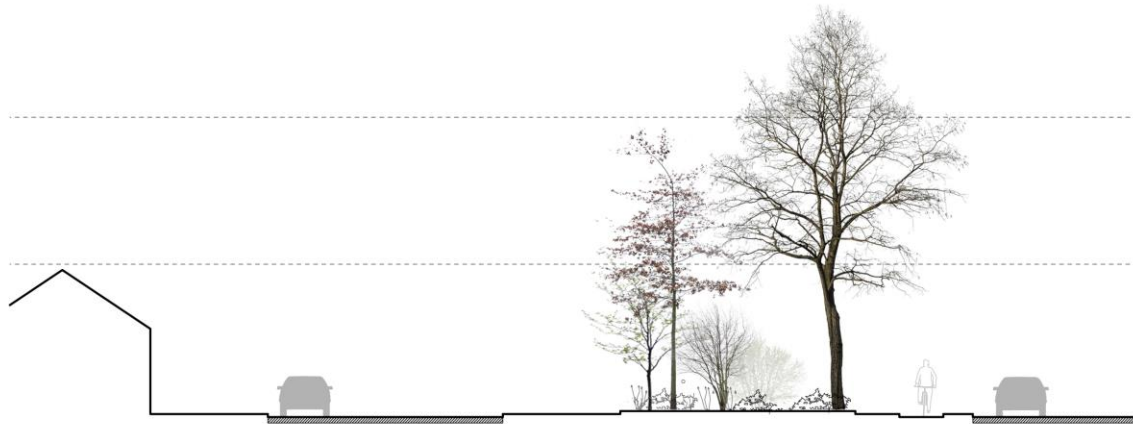


# RAPPORT



## Kan træer, buske og græs mindske støjgener? Analyse af beplantningers effekt på trafikstøj

---

### Udført for Gate 21 / Silent City

Sagsnr.: 122-34572

TC-102119

Side 1 af 38

Hørsholm, 12. september 2023

### Akustik, støj og vibrationer

Kvalitetssikret af

Udfærdiget af

# OVERSIGT

<b>Titel</b>	Kan træer, buske og græs mindske støjgener? Analyse af beplantningers effekt på trafikstøj
<b>Sagsnr.</b>	122-34572
<b>TC-nr.</b>	TC-102119
<b>Kunde</b>	Gate 21 Liljens Kvt 2 2620 Albertslund Tlf.: +45 31 11 40 40
<b>Kontaktperson</b>	Karolina Huss E-mail: karolina.huss@gate21.dk
<b>Resume</b>	<p>Denne rapport beskriver brugen af beplantning som en metode til at ned-sætte støjgenen hos beboere tæt ved en vej – herunder:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Parametre der har betydning for trafikstøjens udbredelse.</li><li>– Beskrivelser og karakterisering af beplantningstyper.</li><li>– Måle- og beregningsmetoder til beskrivelse af beplantningers støj-dæmpende effekt og eksempler herpå.</li><li>– Beskrivelse af beplantninger som et ikke-akustisk virkemiddel til reduktion af støjgenen hos beboere tæt på en vej.</li><li>– Afsluttende anviser rapporten, hvilke informationer og data der yderligere er behov for, for at kunne måle og beregne den støjreducerende effekt af beplantning.</li></ul> <p>De overordnede konklusioner af undersøgelsen er bl.a.:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– Beplantningers støjreducerende egenskaber er svære at beskrive, og det er ikke nemt at fremskaffe data til beregning af den støjreducerende effekt af beplantning.</li><li>– Den psykologiske effekt af at der er beplantning tilstede, reducerer ofte støjgenen mere, end beplantningen reelt reducerer støjniveauet.</li></ul>
<b>Revisioner</b>	Originalrapport
<b>Testlokation</b>	Venlighedsvej 4, 2970 Hørsholm
<b>Vores ref.</b>	RSJS/JEL/HACB/NPM/ilk

Rapporten må kun gengives i sin helhed.

Gengivelse i uddrag kræver skriftlig accept fra FORCE Technology.

Rapporten er kun gyldig med to digitale signaturer fra FORCE Technology. Rapporten forefindes som original i FORCE Technologys database og sendes som elektronisk duplikat til kunden. Den hos FORCE Technology lagrede original har forrang som dokumentation for rapportens indhold og gyldighed.

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Beplantningers effekter på trafikstøj – Hvad ved vi?</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Beplantning og trafikstøj – Introduktion</b>	<b>7</b>
2.1	Rapportens termer og begreber	8
<b>3</b>	<b>Trafikstøj</b>	<b>9</b>
3.1	Forhold der påvirker udbredelsen af støj positivt og negativt	9
<b>4</b>	<b>Beplantning</b>	<b>11</b>
4.1	Vegetationsformer	11
4.2	Beplantningseksempler fra Albertslund, Rødovre og Glostrup	13
4.2.1	Hegnsbeplantning /Albertslund – mellem Roskildevej 80 og Læhegnet	14
4.2.2	Skovplantninger / Glostrup – mellem Ejby Smedevej og Frederikssundsmotorvejen	15
4.2.3	Trærække / Rødovre – mellem Islev Kirke og Slotsherrensvej	16
4.3	Anbefalinger om beplantning	17
4.4	Positive afledte effekter af beplantning	17
<b>5</b>	<b>Sådan måles beplantningens støjdæmpning</b>	<b>18</b>
5.1	Indsætningsdæmpning	18
5.2	Vejsidemåling	19
5.3	Lydlandskabsmålinger	19
<b>6</b>	<b>Sådan beregnes beplantningens akustiske effekter</b>	<b>21</b>
6.1	Metoder	21
6.2	Parametre til beskrivelse af beplantning til beregningsformål	22
<b>7</b>	<b>Beplantningens støjdæmpning</b>	<b>23</b>
7.1	Beplantningsbælter	23
7.2	Beplantningsmønstre	24
7.3	Beplantningsarealet	25
7.4	Beplantning ved støjskærm	25
7.5	Støjreduktion af en hæk og en støjskærm	26
7.6	Beplantning på støjvold skaber øget støjreduktion	27

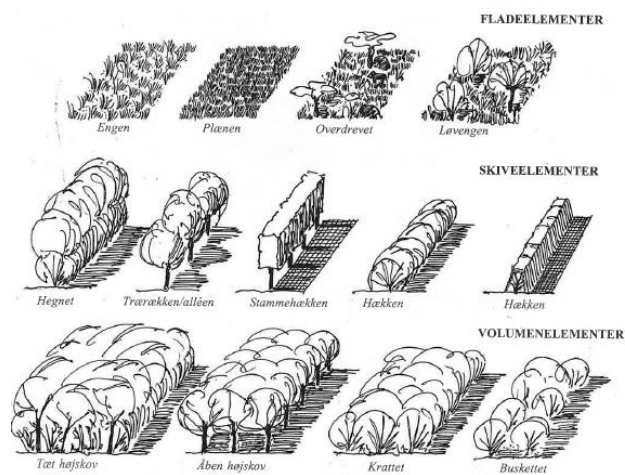
7.7	Beplantningens bredde og drift.....	28
7.8	Hypoteser om beregninger med terrænklasse i Nord2000 .....	29
7.9	Opsummering og andre effekter .....	30
<b>8</b>	<b>Psykologiske effekter af beplantning .....</b>	<b>32</b>
8.1	Effekttyper (moderatorer) .....	32
8.2	Resultater fra undersøgelser.....	33
<b>9</b>	<b>Afsluttende diskussion – Bepantning og trafikstøj.....</b>	<b>35</b>
9.1	Opsummering af akustiske effekter .....	35
9.2	Opsummering af psykologiske effekter .....	36
9.3	Hvad bør undersøges yderligere?.....	36
<b>10</b>	<b>Referencer .....</b>	<b>37</b>

## 1 Beplantningers effekter på trafikstøj – Hvad ved vi?

Der har i årevis hersket en generel opfattelse af, at beplantning kan reducere støjen – eller i hvert fald støjgenen – fra for eksempel en trafikeret vej. Men videnskabeligt set har det været svært eller umuligt at påvise forskellige typer af beplantninger med betydelig støjdæmpende virkning.

Det er derfor sjældent, at der forud for større byggeprojekter foretages støjberegninger, der inkluderer dæmpningseffekten af beplantningsløsninger. Til gengæld benyttes ofte en naturlig landskabelig formgivning, hvor det visuelle er i højsædet sammen med en alsidig og praktisk udnyttelse af naturen omkring byggeprojektet.

Der findes ingen ISO-standard, der fortæller, hvordan man skal måle støjreduktionen af et beplantningsareal. Alligevel findes der mange målinger af beplantning i litteraturen, men disse målinger kan være svære at sammenligne, fordi målebetingelserne er meget forskellige og ofte dårligt beskrevet.



Den største og mest toneangivende undersøgelse om beplantningers lyddæmpende effekt udført i Danmark er over 40 år gammel. Heri beskrives hvordan beplantning i nogle tilfælde har – og i andre tilfælde ikke har – en støjdæmpende effekt, hvilket kan tolkes meget forskelligt [8][9].

Formålet med denne analyse er at se nærmere på den viden, der trods alt findes på området og eventuelt at kunne påvise en støjdæmpende effekt af forskellige typer beplantning, samt hvor stor effekten vil kunne være.

Forud for denne analyse var det en ambition at kunne give klarere retningslinjer i forhold til, hvilke inputparametre der bør anvendes ved beregninger af den støjdæmpende effekt af forskellige typer beplantning. Det har dog ikke været muligt med de data, der har været tilgængelige.

Ligeledes har det været et ønske at kunne nuancere, hvilke psykologiske effekter der kan forventes fra forskellige typer af beplantning – altså hvor meget en støjgene kan mindskes af noget grønt og kønt at kigge på for den enkelte. Dette har heller ikke været muligt at kvantificere ud fra tilgængelige data.

Den psykologiske effekt af beplantninger er uomtvistelig og kan svare til mange decibels støjgene, især hvis beplantningen indgår naturligt i området og samtidigt hindrer udsynet til den aktuelle støjkilde. Der er imidlertid flere faktorer på spil end det grønne element og skærmningen af udsynet til støjkilden, der påvirker vores opfattelse af støjen. Disse faktorer, kaldet moderatorer, er vigtige at forstå og vil blive beskrevet i rapportens afsnit 8.1. Eksempler på moderatorer kan være: Synlig grøn bevoksning, den øvrige støj i området samt forventningen til effekten af støjdæmpningen.

Beplantningens akustiske dæmpning kan måles ved at benytte de samme metoder, som når effekten af en støjskærm skal måles - det vil sige en slags før- og eftermåling i forbindelse med opførelsen af en støjskærm, hvilket vil svare til at måle støjen ved en vej udført med og uden beplantningens tilstedeværelse. Forskellen mellem de to situationer (med og uden beplantning) kaldes indsætningsdæmpningen. Denne metode og to andre metoder er beskrevet i afsnit 5. Den akustiske dæmpning af beplantningen er dog ofte mindre end den visuelle og psykologiske effekt.

Rapporten er målrettet trafik-, by- og landskabsplanlæggere og andre interessenter i offentligt og privat regi. Den giver en viden om, hvor forskningen står i forhold til beplantningers akustiske og psykologiske betydning for derigennem at øge læserens bevidsthed om, hvordan beplantning aktivt kan bruges til at reducere en oplevet støjgene.

I afsnit 2 og 3 gives en indføring i begreberne: Beplantning og trafikstøj. Afsnit 4 giver en beskrivelse af de termer, der benyttes af landskabsarkitekter til at beskrive beplantning og dens delelementer.

I afsnit 5 og 6 gennemgås forskellige metoder til at måle og beregne støjdæmpende effekter af beplantning samt nogle lavpraktiske metoder til, hvordan man kan arbejde med området.

I afsnit 7 til 9 gives praktiske eksempler på forskellige beplantningsformer samt den akustiske og psykologiske effekt.

Til denne rapport hører et separat appendiks: Notat TC-102120 af 7. september 2023, se reference [41].

Rapporten er udført af FORCE Technology for Gate 21 / Silent City i samarbejde med Tegnestuen Vandkunsten.

## 2 Beplantning og trafikstøj – Introduktion

Trafikveje og beplantning, som et middel til at reducere støjen fra vejene, er to store emner med utallige nuancer, og kombinationen af dem fører til endnu flere spørgsmål. Effekterne af beplantning er i nogen grad af fysisk karakter opnået som beplantningens dæmpning af støjdbredelsen og i nogle tilfælde som en maskering (for eksempel vindens susen i træer og bladenes raslen), der overdøver vejstøjen ved naboen. De største effekter viser sig dog at være af psykologisk karakter. Den psykologiske virkning sammen med andre ikke-akustiske faktorer (se kapitel 8) kan have en hel del større betydning for nedsættelsen af støjgenen ved beboerne langs vejen end beplantningens støjreducerende egenskaber.

En udfordring ved at beskrive beplantningens evne til at reducere trafikstøj er i høj grad, at beplantning i modsætning til andre støjdæmpende elementer er et dynamisk element, der skifter karakter over år og sæsoner og derved er sværere at beskrive end for eksempel en bestemt type asfalt eller type støjskærm.

Grundlæggende er det nødvendigt at være så entydig som muligt i beskrivelserne af både beplantning og trafiksituation. I de følgende kapitler er beskrevet, hvilke definitioner og parametre, der anvendes til at beskrive trafikstøj, beplantning og støjdæmpning via beplantning.

Rapporten forsøger at være så entydig som muligt i betegnelser af parametre omkring støj og beplantning, men disse er ikke fyldestgørende til at skabe en egentlig terminologi til brug i beskrivelse af parametre omkring støj og beplantning. Det anbefales, at termerne i denne rapport anvendes i fremtidige projekter, men samtidig skal det understreges, at beplantning og trafikstøj er to forskellige faglige discipliner, og at der stadig er potentiale for, at der findes andre termer end de i rapporten beskrevne, der kan anvendes til at beskrive beplantning i relation til trafikstøj. Ligeledes anbefales det, at der arbejdes på at skabe en entydig metode til at måle beplantnings støjreducerende egenskaber i internationalt regi - for eksempel i ISO - International Organization for Standardization.

## 2.1 Rapportens termer og begreber

Termer og begreber	
Emne	Beskrivelse
Frekvens - lav, mellem og højfrekvente områder	<p>Frekvenser måles i Hertz – forkortet Hz - som er antal lydsvingninger per sekund. Akustisk set snakkes der ofte om, at støj er "lavfrekvent" eller "højfrekvent". I den aktuelle sammenhæng vil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lavfrekvent støj ligge under 500 Hz</li> <li>• mellemfrekvent ligge mellem 500 Hz og 1000 Hz og</li> <li>• højfrekvent ligge over 1000 Hz.</li> </ul> <p>Trafikstøj ligger i det mellem- og højfrekvente frekvensområde: 500-2000 Hz.</p>
Lydtrykniveau	<p>Lydtrykniveauer angives i decibel – eller forkortet dB. Målte decibel-værdier korrigeres i forhold til menneskers høretærskel, fordi det menneskelige øre ikke er særlig følsomt ved lave frekvenser under 500 Hz. Når støj er korrigeret for menneskets høretærskel, kaldes den decibel A - eller forkortet dB(A). Det menneskelige øre er mest sensitivt i det høje frekvensområde 2000-5000 Hz.</p>
Støjreduktion	<p>Begrebet benyttes i sammenhæng med, at støjen fra en bestemt kilde – for eksempel biler på en vej – skal dæmpes.</p>
Årsmiddelværdi $L_{den}$	<p>En støjindikator der beskriver årsmiddelværdien af støjen. I værdien indgår støjen i aften- og natværdien med en større vægtning, idet støjen om aftenen (<math>L_{evening}</math>) og natten (<math>L_{night}</math>) gives et genetillæg på henholdsvis 5 og 10 dB, før de midles med støjen om dagen (<math>L_{day}</math>). <math>L_{day}</math> <math>L_{evening}</math> og <math>L_{night}</math> forkortes ofte til henholdsvis <math>L_d</math>, <math>L_e</math> og <math>L_n</math>.</p>
Hørestyrke	<p>Hørestyrke - Loudness Level på engelsk angivet i Phon - er et begreb, der beskriver, hvor kraftigt mennesker opfatter lyd, idet vores øres opfattelse af støjens frekvensindhold afhænger af, hvor kraftig støjen. Jo højere støjens niveau er, desto mere følsomt er øret overfor den lavfrekvente del af støjen.</p>
Indsætningsdæmpning	<p>Hvis der indsættes et støj dæmpende element til at absorbere lyden fra en kilde, kaldes den mængde som lydtrykniveauet reduceres med for indsætningsdæmpningen. Elementet kan for eksempel være en støjskærm eller et beplantningsbælte.</p>
Referencestrækning	<p>En strækning, hvor det kun er selve terrænoverfladen som eksempelvis græs eller asfalt, der dominerer, og hvor der så vidt muligt ikke findes høj bevoksning, der absorberer lyden.</p>
Lydlandskabsmåling	<p>En procedure, der benyttes til at beskrive, hvordan mennesker opfatter lydforholdene i et bestemt område. Opfattelsen af lyden kan for eksempel være lavere ved, at der er meget beplantning til stede, som gør vejen og trafikken usynlig, men stadig hørbar.</p>
Metrologi - vind og vejr, med- og modvind.	<p>Da lydets hastighed afhænger af temperatur og luftfugtighed, har vejret en indflydelse på, hvordan lyden spredes og opfattes. Vinden kan påvirke lyden ved at sende lyden ned i jorden eller op i luften ved henholdsvis med- og modvind. Vejtrafik støjer desuden mere, når asfalten er våd, end når den er tør.</p>



### 3 Trafikstøj

Miljøstyrelsen vurderer, at den største årsag til støjgener i Danmark skyldes trafikstøj, og at cirka 800.000 boliger – næsten hver tredje bolig – er støjbelastet af vejstøj, der ligger over de vejledende grænseværdier på 58 dB(A) for trafikstøj i boligområder. Grænseværdierne er defineret i Miljøstyrelsens vejledning fra 2007 og måles som en døgnvægtet årsmiddelværdi kaldet  $L_{den}$  [1].

Da støjbelastning  $L_{den}$  er en årsmiddelværdi, er det ikke praktisk gennemførligt at måle støjen ved en bolig blandt andet på grund af baggrundstøj fra andre støjklender. Trafikken fra en vej beskrives i stedet ved at optælle mængden og hastigheden af køretøjerne [5] og [6]. Da tunge køretøjer støjer mere end lette køretøjer - en lastbil støjer for eksempel 10 gange så meget som en personbil – så opdeles mængden af de optalte køretøjer i tre vægtkategorier. Mængden opdeles yderligere inden for dag-, aften- og natperioden. Støjbelastningen, som har støjindikatoren  $L_{den}$ , er en sammensætning af støjbidrag fra dagen ( $L_d$ ), aftenen ( $L_e$ ) og natten ( $L_n$ ), beregnes så støjen i aftenperioden og natperioden gives et genetillæg på henholdsvis 5 dB og 10 dB, før de lægges logaritmisk sammen med dagværdien ( $L_d$ ) til døgnværdien  $L_{den}$ . Denne "genevægtede" årsmiddelværdi afspejler dermed, at støjen opleves mere generende i aften- og natperioden, hvor der er mere brug for ro.

---

#### $L_{den}$

**Day-Evening-Night-niveauet.** Parametere beskriver niveauet i løbet af et helt døgn, men vægtes med tillæg 5 dB om aftenen og 10 dB om natten.

---

I Hvidbogen om trafikstøj "*Trafikstøj – Et overset samfundsproblem, En hvidbog om løsninger og udfordringer*" [2] introduceres og behandles grundlæggende parametre og udfordringer ved trafikstøj. Ligeledes behandles flere emner omkring trafikstøj og støjdemping på hjemmesiden *roligbolig.dk*. Effekter af beplantning har til en vis grad sammenlignelige elementer med en støjskærm i forhold til skærmens højde og længde, og der kan derfor søges inspiration i rapporten: "*Effektiv planlægning af skærme mod trafikstøj*", [4].

#### 3.1 Forhold der påvirker udbredelsen af støj positivt og negativt

I Norden benyttes normalt metoden Nord2000 til beregning af støjudbredelse fra trafik [5] og [6]. Metoden kan – i forhold til de fleste andre beregningsværktøjer – medtage indflydelsen fra vejret - det vil sige effekten af både vindens hastighed og -retning samt de atmosfæriske forhold beskrevet ved temperaturgradienten.

*Atmosfærens indflydelse* kan betyde, at trafikstøjen øges markant, når der er medvind fra vejen til boligen og forstærkes yderligere, når vindhastigheden stiger. Lydens udbredelse påvirkes desuden af, hvor meget lufttemperaturen stiger eller falder med højden over jorden. Modsat kan vindretningen betyde, at støjens udbredelse reduceres kraftigt, når der er modvind fra vejen til boligen.

##### *Afstandsdemping*

Man kan sige, at støjen "fortyndes", når den bredes ud, så støjniveauet mindskes, når afstanden fra vejen øges. *Afstandsdempingen* for støj fra veje er cirka 3 dB for hver gang, at afstanden fordobles.

##### *Terræn- og skærmdemping*

Støjen dæmpes også af skærmning fra for eksempel bygninger og støjskærme og af lydabsorption i terrænet, når terrænet er akustisk blødt eller porøst. Dempingen kan være op til cirka 15 dB og er størst, når støjklender eller modtageren er tæt på støjskærmen. Støjen kan dog også forstærkes undervejs til boligen, når den bevæger sig hen over hårdt terræn som for eksempel grus, asfalt, vand, og når den reflekteres fra akustisk hårde bygninger og skærme. Forstærkningen fra refleksioner er dog normalt højst 3 dB.

### *Terræntyper*

I Nord2000-metoden er der defineret otte forskellige *terræntyper* [5], som akustisk set rangerer fra meget blødt terræn som sne til meget hårdt terræn som asfalt og beton. Terrænets dæmpning er størst tæt ved jorden, for eksempel ud for en boligs stueetage. Virkningen mindskes med højden over terrænet for de højere etager. Terrænet har kun en dæmpende virkning for lyd- eller støjudbredelsen, hvis der er en stor andel blødt terræn i forhold til hårdt terræn på lydets udbredelsesvej.

### *Ruhedsklasser*

Nord2000-metoden har desuden defineret fire forskellige *ruhedsklasser* [5] for terrænet, hvoraf dog kun den første af disse - klasse N - benyttes til danske terræntyper, hvor terrænprofilet normalt fluktuerer meget lidt i højden (mindre end  $\pm 25$  cm).

### *Beplantning*

Et beplantet areal dæmper støjen i nogen grad dels som en terræn-effekt for eksempel fra det porøse terræn i en skovbund, og dels som en skærmende/diffuserende effekt fra træer og buske. Som det ses i de følgende kapitler, er dæmpningen fra beplantning ret begrænset på cirka 1-4 dB og er mest udtalt ved højere frekvenser.

### *Beplantningstyper*

Der savnes i Nord2000-metoden data for forskellige typer af beplantning bortset fra "tæt skov" [5], som bruges til beregninger, hvis skoven har en vis størrelse og tæthed – se bilag 5 [41]. Der kan regnes på skove, der er mellem 20 og 200 meter dybe.

## 4 Beplantning

Beplantning kan benyttes som et tiltag til at forbedre det visuelle miljø omkring eksempelvis veje og bygninger. Som tidligere nævnt kan beplantning også dæmpe støjbredden fysisk og dermed reducere støjniveauet bag beplantningen - se afsnit 7. Den største virkning er dog den psykologiske effekt af planternes tilstedeværelse – se afsnit 8. Undersøgelser foretaget af FORCE Technology [19], [20] viser, at beplantning har en positiv effekt på den oplevede støj på op til 6-10 dB. Det vil sige, at den *reelle* støjreduktion altså er mindre end den *oplevede* støjreduktion – også kaldet den psykologiske effekt,  $L_{eas}$ . Lydmiljøet kan for eksempel opleves mere positivt, når man har noget grønt at se på, og hvis støjilden skjæmmes visuelt.

I dette afsnit beskrives forskellige typer beplantning og de termer, der benyttes af landskabsarkitekter til at beskrive beplantning og dens delelementer.

Formålet med dette afsnit er at finde et fælles sprog om beplantning således, at der ikke blot tales om beplantning, men om den specifikke type beplantning.

Beplantning kan praktisk inddeles i forskellige elementer som for eksempel hegn, skov eller eng, og der gives praktiske eksempler på tre lokationer i Albertslund, Rødovre og Glostrup, som Tegnestuen Vandkunsten har leveret.

### 4.1 Vegetationsformer

I bogen "*Planter i Miljøet*" [38] beskriver professor Ib Asger Olsen, hvordan valget af vegetation bør tage afsæt i den ønskede beplantningskarakter. Beplantningskarakteren skal være styrende for valget af vegetationselementer og derefter valget af arter:

Vegetationskarakter → Vegetationselementer → Valg af plantearter

#### Vegetationskarakter

Den danske landskabsarkitekt G.N. Brandt (1878-1945) beskriver vegetationskarakteren med to yderpunkter: *det plantede* og *det groede*, hvor det plantede tydeliggør det menneskeskabte, og det groede det *ikke* menneskeskabte plantelandskab.

#### Vegetationselementer

I dette afsnit er der fokus på vegetationselementerne. De enkelte arter er i beplantningen underordnet helheden, hvis primære funktion i denne analyse sammenhæng er at skabe en barriere, der både visuelt og psykologisk fjerner udsynet til vejen med en oplevet effekt mellem 6-10 dB. Disse effekter overstiger ofte langt den akustiske dæmpning, der opnås på cirka 0-5 dB.

Vegetationselementerne kan beskrives ud fra successionsfaser og den ønskede form.

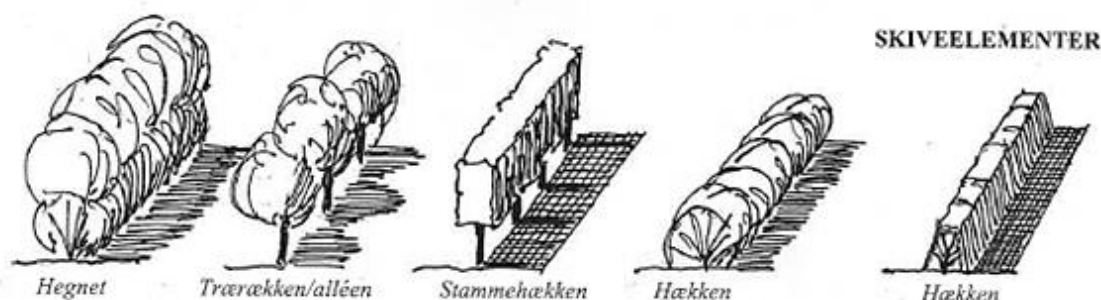
- **Vegetation efter successionsfaser**

Ethvert areal vil gennemgå en række faser i processen – successionsforløbet – frem mod en stabil klimaksvegetation, som består af; et urtelag, et busklag og et trælag, som er reguleret af træarternes lysgennemslip og jordbundsforholdene på lokaliteten. Processen starter med urtefasen på 1-2 år. Derefter forløber processen via en stabil græsfasen på 10-15 år videre til en kratfase for at ende i en skovfase efter 20-25 år.

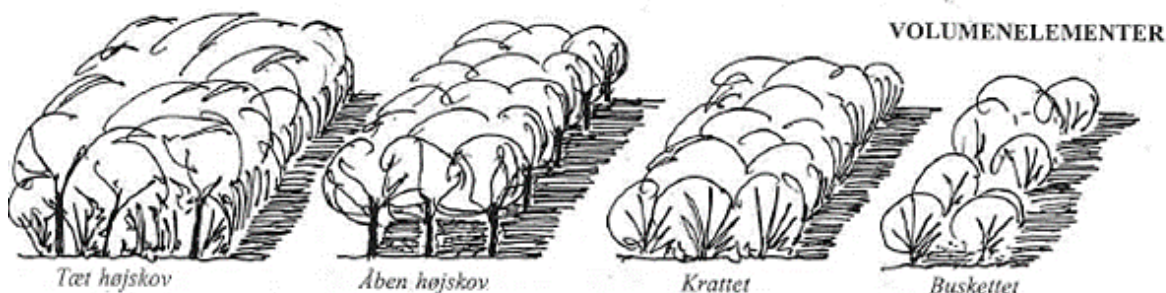
- **Vegetationselementer efter form**

Plantens form afhænger af mange faktorer, herunder dets vækstbetingelser og hvordan planterne anvendes. Planter et træ alene, får det lys fra alle sider og udvikler en kuglelignende form. Omvendt vil en tæt bestand af træer blive høje og slanke, fordi de stræber efter lyset og presser hinanden op. Ved udformning af fysiske miljøer bruges beplantninger til at løse funktionelle og æstetiske opgaver i vores landskaber. Ib Asger Olsen beskriver vegetationens elementer med udgangspunkt i tre forskellige stiliserede former: *Skiveelementer*, *Volumenelementer* og *Fladelementer*, som tager afsæt i kulturlandskabets grundtyper, som er *hegnet*, *skoven* og *engen*.

*Skiveelementer* har det levende *hegn* i landskabet som grundelement. Hegn er smalle og linjeformede plantninger. Ud fra plantevalg, driftsform og foryngelsesmetode fremkommer forskellige hegnstyper. Fjernes træerne fra hegnet, fremkommer hækken. Fjernes buskene, fremkommer træerækken [38].



*Volumenelementer* har *skoven* som grundelement. Ud fra plantevalg, driftsform og foryngelsesmetode fremkommer forskellige skovtyper. Er der ingen underskov, fremkommer højskoven eller lunden. Hugges træerne bort, dannes krat [38].



*Fladelementer* har *engen* som grundelement. Engen er åben. Engen skal påvirkes ved slåning eller græsning for ikke at springe i skov. Det kan have forskelligt udtryk, og afhængig af påvirkningen fremkommer: *engen*, *plænen*, *overdrevet* eller *løvengen* [38].



I bilag 4 [41] er der beskrevet yderligere otte beplantningselementer med dets fordele og ulemper:

Linje-elementer:

- Allé med træer
- Enkeltrækkede læhegn med én art
- Tre-rækkede hegn med mange arter
- Fritvoksende buske beplantninger med mange arter
- Hækken med én art.

Volumen-elementer:

- Tæt højskov
- Åben højskov
- Krattet.

## 4.2 Beplantningseksempler fra Albertslund, Rødovre og Glostrup

De kommende sider illustrerer tre konkrete eksempler på anvendelse af forskellige plantearter og vegetations-elementer samt en akustisk vurdering af, hvorvidt vegetationen giver en støj-dæmpende effekt:

### **Hegnsbeplantning** (*skivelement*)

Albertslund mellem Roskildevej og Læhegnet.

### **Skovbeplantning** (*volumenelement*)

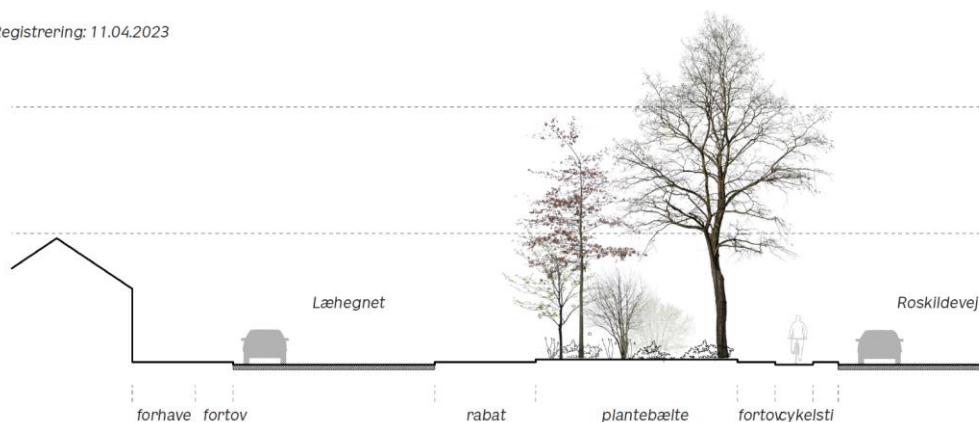
Glostrup mellem Ejby Skovvej og Frederikssundsmotorvejen.

### **Trærækker** (*skivelement*).

Rødovre mellem Islev Kirke og Slotsherrensvej.

## 4.2.1 Hegnsbeplantning / Albertslund – mellem Roskildevej 80 og Læhegnet

Registrering: 11.04.2023



### Bepantningsbeskrivelse

Hegnet er et varieret plantesamfund med både kronlag, mellemlag af store og mindre buske og en bundvegetation af urter og græsser.

**Bredde:** 6 meter      **Træer:** 15 meter      **Buske:** 1 meter

**Træarter:** Eg, Robinie, Ahorn, Hyld, Mirabel

**Buskarter:** Ribs, Liguster, Vedbend, Hassel og Ahorn

**Plantesystem:** Række af Robinietræer langs Roskildevej. En række egetræer mod Læhegnet. Mellemlag af spontan vegetation bestående af træer og buske.

**Bladfylde:** Jævn      **Kronedybde:** Eg og Robinie har spredte grene fra 1m

**Bundvegetation:** Græs og andre urter

**Drift:** Sandsynligvis er der blevet udtyndet og fjernet mellemlag.

### Akustisk vurdering

Bepantningsbæltet er akustisk porøst og absorberer derfor støjen bedre på udbredelsesvejen sammenlignet med hårdt terræn. Bredden af beplantningen er dog kun 6 meter, så der kan kun forventes en lille eller ingen effekt af beplantningen. Til gengæld kan bladenes hvislen/raslen i nogen grad maskere vejstøjen, så støjen ikke opleves så markant.



Foto / igennem hegnsplantning



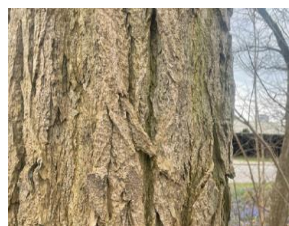
Foto / fra Læhegnet



Foto / fra Roskildevej



Kronlag / Mirabel



Kronlag / Robinie



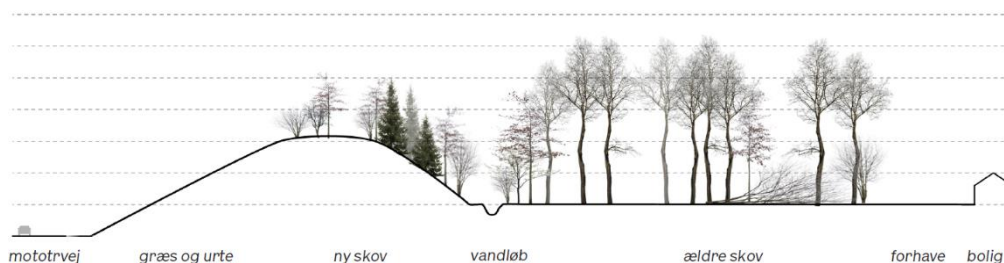
Mellemlag / Vedbend



Bundlag / Skilla

## 4.2.2 Skovplantninger / Glostrup – mellem Ejby Smedevej og Frederikssundsmotorvejen

Registrering: 11.04.2023



### Beplantningsbeskrivelse

Bepantningen består af to skovstykker: en ældre og en ny skov på støjvolden.

Den nye skov på støjvolden er en blandingskov af både løvfældende og stedsegrønne træer. Den ældre skov er også en blandingskov, men består primært af løvtræer.

#### Bepantningsinfo – ny skov

**Bredde:** 25 meter **Træer:** 10 meter  
**Buske:** 1-2 meter  
**Træarter:** Gran, Eg, Fyr  
**Buskarter:** Tjørn Rose, Hassel, Pil  
**Bladfylde:** Jævn til tæt  
**Bundvegetation:** Græs og andre urter under løvtræer  
**Drift:** Sandsynligvis er der ikke blevet udtyndet endnu

#### Bepantningsinfo – ældre skov

**Bredde:** 70 meter **Træer:** 30 meter  
**Buske:** 1 meter  
**Træarter:** Ahorn, Birk, Pil, Hylde, Eg  
**Buskarter:** Ribs, Liguster, Vedbend, Hassel og Ahorn  
**Bladfylde:** Jævn  
**Kronedybde:** Randbepantning har krone til jorden  
**Bundvegetation:** Græs og andre urter  
**Drift:** Udtynding – dødt ved i skovbunden

### Akustisk vurdering

Akustisk set har både støjvolden, skovbunden og træerne hver sin støjdæmpende effekt. Dertil kommer, at støjvolden visuelt skærmer for udsynet til motorvejen, hvilket yderligere reducerer støjgenen psykologisk set.



Foto / mod motorvej



Foto / stedsegrøn beplantning



Foto / igennem den ældre skov



Foto / ved i skovbunden



Foto / bøgehæk med blade

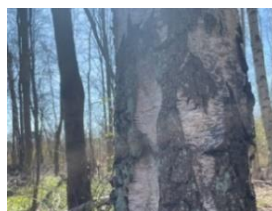


Foto / birk

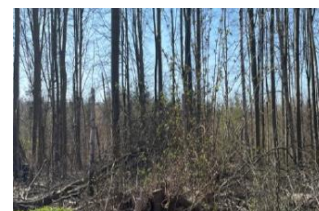
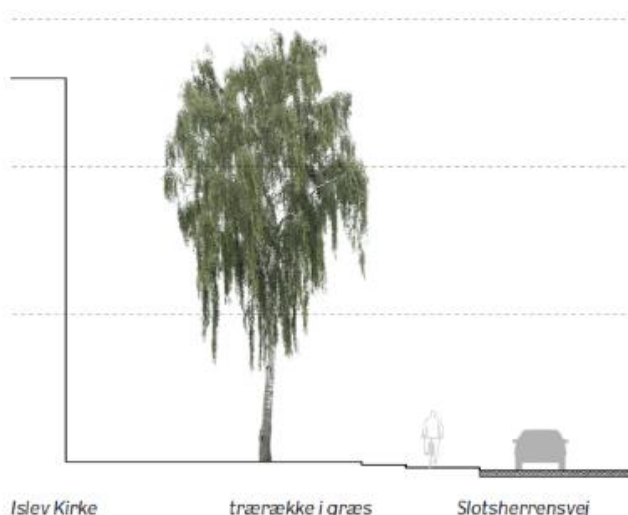


Foto / høje slanke træer

## 4.2.3 Trærække / Rødovre – mellem Islev Kirke og Slotsherrensvej

Registrering: 11.04.2023



### Akustisk vurdering

Rækken af birketræer er et lille stykke natur, som er godt for øjet, men som ikke har nogen målbar akustisk effekt. Modsat gælder der, at hvis rækken af træer fjernes, kan man forvente en negativ psykologisk effekt fra beboerne ved, at støjgenen fra trafikken på Slotsherrensvej kan opleves forøget.

### Beplantningsbeskrivelse

En række af birketræer med klippet græs. Beplantningen har stærkt kulturpræg.

**Bredde:** 10 meter    **Træer:** 25 meter    **Buske:** ingen

**Træarter:** Birk

**Plantesystem:** En række

**Bladfylde:** Jævn til tæt

**Bundvegetation:** Græs og andre urter under løvtræer

**Drift:** Sandsynligvis er der blevet udtyndet og fjernet mellemlag



**Foto** / fra Slotsherrensvej



**Foto** / 'igennem træerække'



**Foto** / mod Islev Kirke



### 4.3 anbefalinger om beplantning

For at opnå en tæt beplantning, der vil kunne skabe en visuel afskærmning – og dermed en god psykologisk dæmpning af trafikstøj (fra 2 dB til 10 dB) om end en noget mindre akustisk dæmpning, anbefales det:

- at der etableres beplantning med både løvfældende og stedsegrønne arter, så der skabes tæt beplantning, som er virkningsfuldt hele året. Graner har en forholdsvis kort levetid og bliver med alderen for åbne i bunden og angribes nemt af svampesygdom. Derfor er det blevet mere almindeligt at bruge løvtræer, der kan sammensættes med stor variation.
- at der generelt etableres beplantning med stor variation, som er robust, fordi de for eksempel ikke er så sårbare overfor sygdomme, der vil kunne medføre totalrydninger.
- at der plantes lystræer, som tillader lysgennemslip igennem kronen og dermed giver mulighed for opvækst af en tæt underskov. En underskov af buske, der kan danne en tæt skærm, har en visuelt afskærmende effekt.
- at der arbejdes med stor artsvariation med et naturpræget udtryk, som sikrer beplantningens robusthed. Det naturprægede udtryk vil sikre, at hvis dele af beplantningen går ud på grund af alder, skader, misvækst, sygdom vil anden beplantning overtage de 'døde huller'. Hvis beplantningen har et mere stiliseret udtryk, vil 'hullet' i beplantningen opleves som misligholdt.
- at der udarbejdes en beplantningsstrategi. En beplantningsstrategi er en overordnet styrende ramme, der sikrer kontinuerligt fokus på, at beplantningen har den skærmende effekt fra etablering til mere stabilt system.
- at valg af plantearter vælges ud fra geografiske, natur- og jordbundsmæssige forhold inden for de tekniske funktions- og trafikikkerhedsmæssige rammer. Der bør vælges planter tilpasset de givne vækstbetingelser, da de har større mulighed for at trives og komme i god vækst.
- at der skabes beplantninger med et mere naturpræget udtryk, som kræver mindre drift. Der er de seneste år sket et holdningsskifte i befolkningen. Den tidligere kontrollerede og præcise tilgang til beplantninger er ændret, idet man nu mere fokuserer på værdien af beplantninger med større indhold af natur og biodiversitet. Mere dynamiske beplantninger har også ofte en god afskærmende effekt.

### 4.4 Positive afledte effekter af beplantning

Træer danner rum. Står der flere træer, og står de på række, danner de linjer, vægge og flader i rummet. Træerne skaber variation og visuel æstetik i trafik- eller vejrummet. Når dette mangler, fremtræder rummet uden dybde, unuanceret og ofte lidt kedeligt og oplevelsesfattigt. Beplantning kan være med til at give vejen en bestemt karakter, der understøtter det omkringliggende landskab, samtidig med at beplantning kan medvirke til at give identitet til et område eller en bestemt vejstrækning. Beplantningen er således et arkitektonisk element og kan bruges aktivt til at skabe rum, linjer og dybde i landskabet.

Beplantningerne fremmer *biodiversiteten*. Ved målrettet valg af beplantning og de rigtige driftsmetoder fremmes artsdiversiteten til glæde for eksempelvis insekter og fugle. Der kan indarbejdes tiltag, som yderligere fremmer biodiversiteten såsom dødt ved, kvas, blomstrende træer og buske. Beplantning langs med veje kan ydermere være med til at skabe spredningskorridorer for arterne og på den måde fremme dyreliv ved at etablere levesteder for den lokale fauna.

Naturprægede beplantninger, hvor der plantes i flere lag og med mange forskellige arter, ser ud til at have den største afskærmende og psykologiske effekt.

## 5 Sådan måles beplantningens støjdemning

Beplantningens evne til at reducere støjen – eller i hvert fald dæmpe støjens genevirkning – fra for eksempel en trafikeret vej er undersøgt videnskabeligt, og det har vist sig svært at påvise beplantninger, der giver en betydelig støjdemning. Det er vanskeligt at generalisere ud fra de tidligere undersøgelser, da de ofte har dækket specifikke lokale forhold.

Den *psykologiske virkning*, som en beplantning kan give, kan undersøges for eksempel via spørgeskemaundersøgelser, lydlandskabsmålinger eller lydvandring, se afsnit 5.3. En undersøgelse udføres typisk både før og efter etablering af et vejprojekt, hvor beplantning indgår som en vigtig bestanddel.

Der findes ingen ISO-standard, der beskriver, hvordan man skal måle støjreduktionen af et beplantningsareal. Alligevel findes der mange målinger af beplantning i litteraturen, men disse målinger kan være svære at sammenligne, fordi målebetingelser er meget forskellige og ofte dårligt beskrevet.

Der findes en metode (ISO 10847, [16]) til at måle effekten af en støjskærm, der opstilles tæt på en vej. Her måles indsætningsdæmpningen – altså den mængde som lydtrykniveauet reduceres med – før og efter opsætningen af støjskærmen. Denne metode ses i litteraturen også anvendt på forskellige beplantningsarealer.

I det følgende beskrives de målemetoder, der kan benyttes:

- Indsætningsdæmpning
- Vejsidemåling
- Lydlandskabsmåling

### 5.1 Indsætningsdæmpning

Den akustiske dæmpningseffekt af et beplantningsbælte kan bestemmes ved at måle støjen fra vejtrafikken med en mikrofon placeret tæt ved vejen samt en mikrofon placeret på den anden side af beplantningsbæltet – se Figur 1. På samme vis skal der måles på et referenceareal uden beplantning således, at mikrofonerne har de tilsvarende afstande fra vejen. Referencearealet kan for eksempel bestå af græs. Forskellen mellem lyden i de to mikrofoner på hver side af beplantningsbæltet eller referencearealet kaldes for dæmpningen. Den isolerede effekt af beplantningen fås herefter som forskellen mellem dæmpningen hen over beplantningen og dæmpningen hen over referencearealet, hvilket kaldes indsætningsdæmpningen.

Ordet indsætningsdæmpning afspejler, at der på lydets transmissionsvej fra vejtrafikken til modtageren er "indsat" et støjdempende tiltag/element, hvis effekt man gerne vil måle. Tilsvarende kan effekten af for eksempel støjskærme beskrives med begrebet indsætningsdæmpning, som i det tilfælde beskriver forskellen i støjen i modtagerpunktet med og uden støjskærmen.

Der kan måles i kortere eller længere tid. Ved at måle i længere tid kan man få kendskab til de variationer, der skyldes vejret og trafikens støjspektrum samt trafik sammensætning.

---

*Indsætningsdæmpning:*

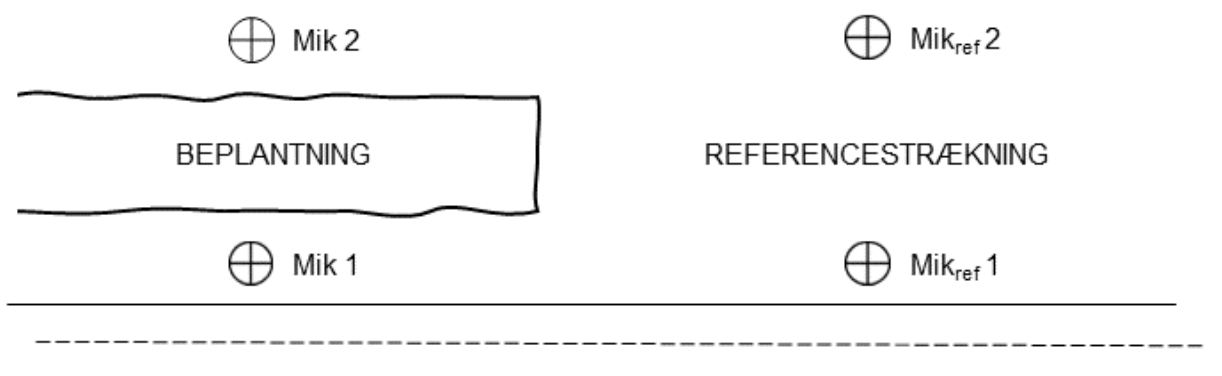
$$\Delta\Delta L = \Delta L_{\text{Beplantning}} \text{ minus } \Delta L_{\text{Reference}}$$

hvor

dæmpningen  $\Delta L_{\text{Beplantning}}$  er forskellen mellem støjen på hver side af beplantningen,

dæmpningen  $\Delta L_{\text{Reference}}$  er forskellen mellem støjen på hver side af et tilsvarende areal uden beplantning.

---



**Figur 1** Illustration af tosporet vej, beplantningsareal, referenceareal og mikrofonplaceringer ved måling af indsætningsdæmpning [8].

## 5.2 Vejsidemåling

Statistical Pass By-måling – også kaldet SPB-måling – betegnes også som en vejsidemåling. Målemetoden anvendes til at beskrive støjniveauet fra biler, der kører på en vej, og er én af to metoder til at beskrive støjsegenskaber af vejbelægninger. Målingen udføres ved, at støjen måles i vejsiden, når en bil passerer. Samtidigt måles bilens hastighed, så det er muligt at sammenligne målinger udført flere forskellige steder.

Anvendes principperne fra SPB-metoden til at måle på effekten af beplantning, kan der på samme vis måles ét sted med beplantning og ét uden beplantning. Her skal der måles med mikrofoner i vejsiden og bag beplantningen samt i tilsvarende afstande et sted på samme strækning, hvor der ikke er beplantning – et referenceareal. En fordel ved metoden er, at der bliver korrigeret for eventuelle forskelle i bilernes hastigheder. En ulempe ved metoden er, at den er relativ omstændelig, hvis man ikke allerede har måleudstyr til at udføre SPB-målinger. Et eksempel på en måling af støjreduktionen fra en hæk og en støjskærm er vist i afsnit 7.5.

## 5.3 Lydlandskabsmålinger

Lydlandskabsmålinger er en metode til at belyse, hvordan mennesker opfatter lydlandskabet i et givet byområde. Begrebet lydlandskab – på engelsk Soundscape – er i ISO-standarden DSF/ISO/DIS 12913-1 [32], defineret som:

*"De akustiske omgivelser som de opfattes, erfares og forstås af personer i den givne kontekst. Ideen med lydlandskabsmålingen er at få et holistisk billede af lydmiljøet et givet sted med henblik på at skaffe oplysninger om, hvorledes lydmiljøet opfattes."*

Målingerne foregår som en gåtur i et byområde med forskellige typer lyde og støj - et lydlandskab. Forsøgspersonen udfylder undervejs spørgeskemaer. "Lydvandringen" dokumenteres desuden med lydoptagelser og analyser af disse. Det er altså en kvalitativ analyse af opfattede lyde kombineret med de objektive lydoptagelser.

Lydlandskabsmålinger kan for eksempel anvendes til at undersøge effekten af et projekt, hvor der indføres fysiske ændringer og forbedringer af et byområde. Det kunne være før og efter gennemførelsen af et "grønt" projekt med beplantning og eventuelt ændringer af det fysiske landskab og byrum. Metoden kan belyse, om der er sket en forbedring af det opfattede lydmiljø.

Lydlandskabsmålinger skal ses som et supplement til traditionelle støjberegninger og -målinger, der frembringer unuancerede tal, der er egnede til at sammenligne med støjgrænser, men som ikke siger noget om, hvad folk opfatter som godt eller skidt. Opsamling af data og rapportering af lydlandskabsmålingen udføres efter principperne i ISO-standarden DS/ISO/TS 12913-2:2018 [33].

En lydlandskabsmåling består typisk af tre elementer:

1. Lydvandring
2. Akustiske målinger/beregninger
3. Interviews.



**Figur 2** *Lydlandsskabsmåling i en park i København udført af FORCE Technology som en del af FAMOS-projektet [19],[20]. Deltagerne besvarer på stedet en række systematiske spørgsmål om det oplevede lydlandskab på en iPad.*

Som et eksempel på en måling af ændringen af et lydlandskab har FORCE Technology udført et projekt for Københavns Kommune [34]. Lydlandskabet i et gårdrum til en etagebebyggelse i København blev evalueret før og efter anlæggelse af en gårdhave. Der skete ikke nogen ændring af de faktiske trafikstøjniveauer. Men resultaterne af lydvandringerne viste, at lyd miljøet i gennemsnit blev oplevet forbedret på alle øvrige karakteristika, og at de fleste forbedringer var statistisk signifikante. For eksempel blev lyd miljøet oplevet klart mere behageligt, klart mindre generende, og beboerne synes i højere grad om lyd miljøet. Lydlandskabsindekset, som beskriver forskellen mellem de faktiske bedømmelser og det ønskelige, blev også forbedret.

## 6 Sådan beregnes beplantningens akustiske effekter

Den akustiske effekt af beplantningen er meget vigtig at kende for eksempel ved planlægning af byggeprojekter således, at man på et tidligt tidspunkt i processen kan beregne, hvor meget beplantningers støjreduktion kan forventes at være. Problemet med beregninger er, at disse skal baseres på målinger, der skal være brugbare til den aktuelle opgave.

Som nævnt i forrige kapitel findes der ikke nogen generel standardiseret målemetode til at bestemme en beplantnings lydreducerende egenskaber. For skovlignende beplantning findes der en ISO-standard med formler, som kan benyttes til beregning af en skovs dæmpende effekt, men denne metode kræver indsamling af omfattende inputdata om skoven. Metodens anvendelighed er – så vidt vides – ikke testet på andre typer beplantning end skov.

Et meget vigtigt element i forhold til beregning af skovbeplantningens akustiske effekter er at have information om den specifikke skov, der skal regnes på:

- Hvor høje er træerne?
- Hvor tæt står træerne?
- Hvor store er stammerne?
- Har skoven samme tæthed over det hele?

Når disse parametre kendes, er det vigtigt at holde sig for øje, om beplantningen har den samme karakter/tæthed hele året, eller om den skifter markant karakter for eksempel grundet løvfald.

Hvis disse parametre er kendt således, at beplantningens effekt kan inkluderes i en støjberegning, da kan der opstå følgende dilemma:

- Hvem ejer skoven og kan det sikres, at de parametre, der beskriver skoven, forsat vil være gyldige efter en årrække?
- Kan skoven driftes, så den forsat har disse parametre i fremtiden?

Det er altså ikke alene nok at have viden om den beplantning, man ønsker at foretage en beregning for, man skal også sikre sig, at effekten forsat vil være der i en rimelig årrække fremover.

I næste afsnit beskrives metoderne til at beregne effekterne af beplantning i forbindelse med industristøj og trafikstøj kort, og herudover introduceres alternative metoder som oftest anvendes til for eksempel at beskrive effekter af beplantning.

### 6.1 Metoder

I Danmark beregnes industristøj efter Miljøstyrelsens vejledning: "Beregning af ekstern støj fra virksomheder" [7]. Beregning af trafikstøj i Danmark udføres efter beregningsmetoden Nord2000 [5] og [6].

For **industristøj** kan effekten af en skov medtages i en beregning, hvis støjen udbreder sig gennem tæt beplantning. En gruppe træer og buske betragtes som tæt, når man ikke kan se gennem den. Beplantningen er beskrevet ved dæmpningskoefficienter, der er beskrevet i en tabel. Der kan beregnes effekten fra 20-200 meter beplantning i alt. Dette er beskrevet nærmere i bilag 5 [41]. Værdierne i metoden til industristøj stammer fra ISO 9613-2 [18].

For **trafikstøj** kan effekten af beplantning i form af skov indgå i støjberegningerne med Nord2000-metoden. Skoven forenkles heri som områder/bælter af skov, som har samme tæthed. Dette er beskrevet nærmere i bilag 5 [41].

I Danmark er der den praksis, at der ikke beregnes effekter af beplantning i støjkortlægninger.

Som input til støjmodellen er parametrene:

- Længden af udbredelsesvejen gennem skoven
- Skovens middelhøjde
- Middelstammediameter
- Tæthed af træer (træer pr. m<sup>2</sup>)
- Middelabsorptionskoefficient (lydabsorption).

Der skal således kendes en hel del parametre for skoven, før det er muligt at udføre beregninger af skovens indflydelse, hvilket kan gøre det vanskeligt at beregne effekten af skoven.

Beregningsmetoderne til henholdsvis trafikstøj [1], [5], [6] og industristøj [7] er de officielle metoder, som skal anvendes i henhold til gældende dansk miljølovgivning til at beregne lydudbredelse. Disse metoder kan potentielt både forbedres eller præciseres, når/hvis der kommer flere data, der kan understøtte det. Til beregningsformål er der ikke endnu udført målinger af forskellige typer af skov og eventuel anden type vegetation, som kunne anvendes til beregninger i Nord2000-metoden. FORCE Technology har udført en række beregninger med Nord2000-metoden for at finde de inputværdier for "tæt skov", som passer bedst med metoden anvendt til industristøj. Disse er angivet i bilag 5 [41].

### **Eksempel: Hvor meget skov skal der til for at opnå 1 dB effekt af skov for et tre-lags hegn?**

For at opnå en dæmpning beregnet med Nord2000-metoden for et 4 meter højt og 3 meter dybt skovbælte tæt på en vej kræves der cirka 5-7 træer per m<sup>2</sup> for at opnå en dæmpning på cirka 1 dB. Dette afhænger dog af en række faktorer som for eksempel afstand til vej og vejens beskaffenhed.

### **Alternative beregningsmetoder**

Den akustiske verden bliver stadig i stigende grad beriget med forskellige beregningsmetoder, som kan anvendes til at beskrive alverdens forskellige akustiske fænomener. Der ses derfor også nye metoder anvendt til at beregne effekter af støjens udbredelse i forhold til trafikstøj og beplantning. Nogle af disse metoder er for eksempel statistisk baseret, andre er baseret på *Boundary Element Metoder* (BEM) eller *Finite-Difference Time-Domain* (FDTD). Disse metoder kan bruges til for eksempel at undersøge, hvilken tæthed af træer der kunne være optimalt i etablering af beplantningsbælter og mange andre fænomener. Metoderne bidrager med meget viden, men man skal holde sig for øje, hvilke begrænsninger der er for metoderne. Nogle af begrænsningerne kan for eksempel være, om beregningsmodellen tager højde for vejforhold, om beregningsmetoden kun kan anvendes i bestemte frekvensområder, eller om beregningerne kun gælder, hvis støjen udbredes vinkelret fra vejen.

Man skal derfor være meget opmærksom på, hvilke beregningsmetoder der er anvendt, når man støder på nye lovende resultater. Disse resultater kan givetvis være korrekte, men det kan i nogle tilfælde være svært at eftervise, om de er korrekte. Man bør derfor være opmærksom på, hvor stor vægt man lægger på disse resultater, hvis de for eksempel påtænkes anvendt til at træffe beslutninger om foranstaltninger til at reducere støjen hos borgere.

## **6.2 Parametre til beskrivelse af beplantning til beregningsformål**

Beplantning kan for eksempel beskrives med dimensioner for middelhøjden, dybden af terrænet set vinkelret fra vejen, typen af beplantning, typen af terrænet under beplantningen, diameter og tætheden af træerne, om det er løvfældende eller stedsegrønne træer, og hvad eventuelt lydabsorptionen er.

Til beregningsformål benyttes i støjprogrammer indtil videre kun parametrene nævnt i afsnit 6.1, indtil der foreligger mere entydige resultater af beplantningers lydæmpende egenskaber.

## 7 Beplantningens støjdemping

I det følgende beskrives nogle af de undersøgelser, der er udført for trafikstøj og beplantning, og de støjdempende effekter man kan opnå. De effekter man ser skyldes hovedsageligt jordbunden og beplantningen, som lyden bevæger sig henover. Variationer i jordbundens ruhed og bevoksningens hårdhed/porøsitet er afgørende for den strømningsmodstand, som overfladen yder i forhold til støjen udbredelse. Det porøse/ru terræn skal dog have en vis bredde, for at terrændæmpningen kan have en betydning.

### 7.1 Beplantningsbælter

Vejdirektoratet har tidligere fået udført måling af beplantningers støjdemping [8], [9]. Målingerne er udført i slutningen af 1970'erne og i starten af 1980'erne. Målingerne er udført af FORCE Technology - tidligere Lydteknisk Laboratorium. Der blev anvendt indsætningsdæmpningen, som er beskrevet i afsnit 5.1.

Her blev der udført målinger på beplantningsbælter, der var fra 3 til 41 meter dybe (typisk 15-25 meter). Målingerne blev hovedsageligt udført ved beplantning bestående af løvfældende træer og buske i august og september, hvor der var blade på træerne. 11 forskellige beplantningsbælter indgik i undersøgelserne.

Nogle af de fundne indsætningsdæmpninger er illustreret i Tabel 1, hvor der ikke ses en tydelig sammenhæng mellem for eksempel bredde af beplantning og støjdemping.

Beplantning	Hæk, særlig tæt	Bredt hegn	Tæt højskov	Åben højskov med skovbryn	Tæt skov
Bredde	2,5 m	11 m	20 m	17 m	25 m
Indsætningsdæmpning	3,2-5,2 dB	0-0,5 dB	0,6-2,6 dB	1,3 dB	0,4 dB

**Tabel 1** Indsætningsdæmpninger for et udsnit af beplantninger [8]. Tabellen er gengivet med flere detaljer i bilag 1 [41].

Hovedresultaterne fra målingerne er følgende:

- Ved lave frekvenser under 500 Hz påvirkes lydudbredelsen især af terrænoverfladen under beplantningen. Dette kan for eksempel komme fra rodsystemer. Undersøgelsen viser, at effekten af beplantningen var større end for lydudbredelse over græs uden beplantning.
- I mellemfrekvensområdet 500-1000 Hz var der ikke tydelig forskel mellem lydudbredelse gennem beplantning og lydudbredelse over græs uden beplantning. Dog blev det fundet, at ændringer i terrænoverfladens egenskaber ikke havde lige så stor dempende effekt som ved græsbevoksning.
- Tilstedeværelsen af stammer, grene og blade gav en betydelig ekstra dæmpning ved frekvenser over 2000 Hz. Dette skyldtes, at der bliver tilføjet mere materiale til at absorbere og reflektere lyden.

Nogle beplantningsbælter gav en 2-5 dB større reduktion af vejtrafikstøjen. Andre beplantningsbælter gav ingen reduktion af vejtrafikstøjen sammenlignet med lydudbredelse over græs uden beplantning.

På baggrund af undersøgelserne kan der drages to modstridende konklusioner:

- at beplantning har en støjreducerende effekt.
- at beplantning ikke har en støjreducerende effekt.

Der er derfor behov for, at der inkluderes nuancer i forhold til, hvilke typer beplantninger der har en positiv effekt, og hvilke beplantninger der ikke har nogen effekt.

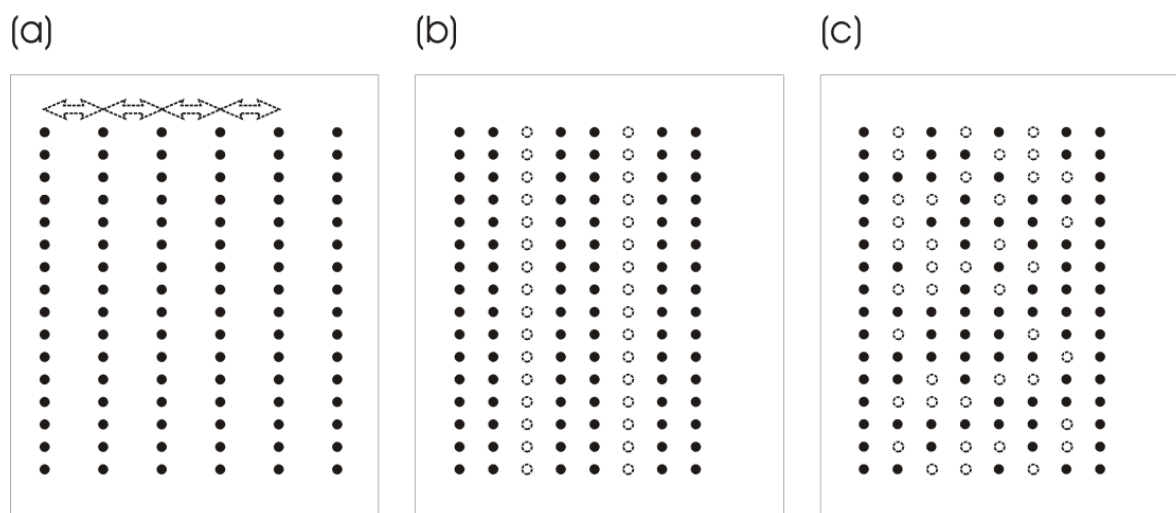
Resultaterne fra [8] beskriver indsætningsdæmpningen i frekvensområdet 80-5000 Hz, hvor der blev set forskelle i frekvens og lydstyrke. I en dybere analyse, der kan findes i bilag 1 [41], er resultaterne desuden beskrevet ved en anden parameter, hørestyrkeniveau, der ved tidligere studier har vist større korrelation med den oplevede gene. Ved analyse af hørestyrkeniveau blev der fundet en begrænset effekt, idet niveauforskellene var for små. Indsætningsdæmpningen viste, at nogle bevoksninger har større effekt end andre. Dog blev det vurderet, at der ikke kunne drages en entydig konklusion, da en enkelt beplantningstype viste varierende resultater blandt lokationerne.

## 7.2 Beplantningsmønstre

Undersøgelser beskrevet af universitetet i Gent har vist, at beplantningsmønstre har indflydelse på en beplantnings støjdæmpende effekt. I [12] er der udført numeriske beregninger af beplantningsmønstre, stammediameter og træafstandens indflydelse. Et af resultaterne er, at det er den samlede biomasse, der er vigtigst i forhold til at opretholde beplantningens afskærmende effekt. Det er således overvejende muligt at opretholde beplantningens skærmende effekt, selvom der er stier i beplantningen (på langs ved vejen) eller at der foretages en vis udtynding i beplantningen.

Principperne er illustreret i Figur 3: Eksempel a) forøgelse af trærækkernes vinkelrette afstand til vejen; Eksempel b) udeladelse af hele rækker af træer; (c) Udtynding af træbæltet. Forudsætningerne i analysen er blandt andet, at der ikke foretages udtynding i forreste og bagerste række af træer, for at skovbrynet kan udvikles. Resultaterne viser at:

- **Udtynding:** Analysen viser, at en 25 procent reduktion af stammearealet vil medføre en reduktion af beplantningens effekt med 0,3 til 0,7 dB i relation til det samme areal, hvor stammerne udgør 2 procent af det samlede areal.
- **Stier og spor på langs med vejen** vil ikke reducere effekten af beplantningens afskærmning, hvis den samme biomasse opretholdes. Studiet bekræfter ligeledes, at stier eller spor, der går på tværs af beplantningen og derved bryder skærmningen, har en negativ effekt.



**Figur 3** Strategier til at reducere træstammers biomassetæthed uden at påvirke støjafskærmningen fra vejtrafikken væsentligt: (a) forøgelse af træafstanden vinkelret på vejen, (b) udeladelse af hele rækker af træer, (c) udtynding af træbæltet. De udfyldte cirkler angiver stammetværsnit; De åbne cirkler viser, hvor der ikke er plantet træer (fra [12]).



### 7.3 Beplantningsarealet

I et belgisk studie [12], [13] udført med en Finite-Difference Time-Domain (FDTD) beregningsmetode anvendes beplantningsarealet som en inputparameter til at beskrive skoven. I dette tilfælde anvendes parameteren *basal area*, hvilket er et udtryk for stammearealet i brysthøjde. Beplantningsarealet udregnes derefter som et procentvist forhold mellem beplantningens samlede areal og stammeareal i brysthøjde.

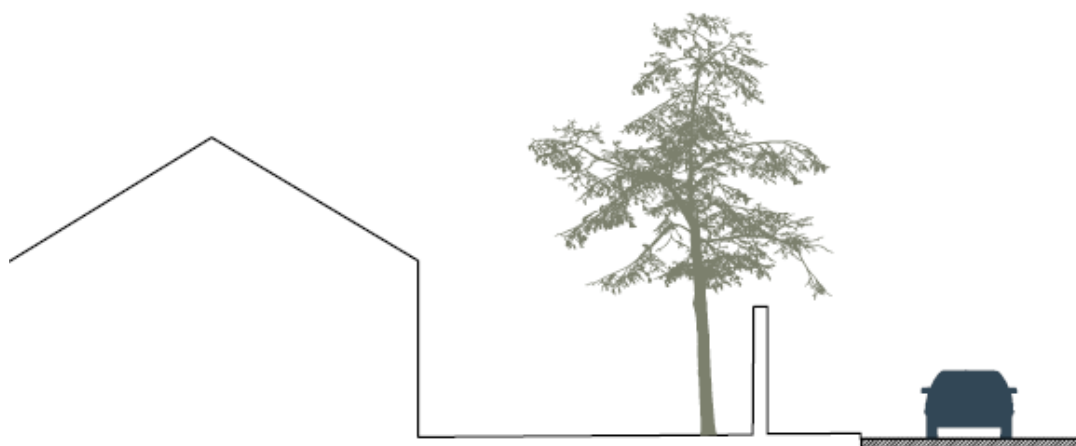
Beregningerne er udført for et 15 meter dybt træbælte nær en firesporet vej. Beregningerne viste, at med et stammeareal i brysthøjde på 1 procent, da er effekten af beplantningen fra 2,7-5 dB, mens den for et stammeareal i brysthøjde på 2 procent har en effekt på 3,6-8,3 dB.

At beskrive stammernes procentvise andel af det samlede areal vil potentielt kunne anvendes til at beskrive tætheden af en beplantning, hvis der i fremtiden kan udarbejdes tommelfingerregler for forskellige beplantningers støjreduktion.

### 7.4 Beplantning ved støjskærm

#### Løvtræer i kombination med støjskærm

Hollandske undersøgelser har påvist [14], at anvendelse af løvtræer i kombination med en støjskærm kan reducere støjskærmens virkning. Specifikt er der udført målinger på en strækning, hvor en støjskærm er etableret foran et område med træer, der er betydeligt højere end støjskærmen som vist på Figur 4.



**Figur 4** *Støjskærm etableret foran et område med træer (løvfældende træer), der er betydeligt højere end støjskærmen.*

Konklusionen er, at høje træer bag skærmen gør skærmen mindre effektiv. Selvom bladene kun reflekterer en lille del af lydenergien - cirka 5 procent - begrænser det skærmeffekten til omkring 13 dB. Der måles således i 1,5 meters højde 5 dB højere støjniveauer, end man ville forvente ud fra beregninger. Lyden får også en anden karakter. Stigningen i støjniveauet sker hovedsageligt mellem 2.000 og 6.000 Hz. Fordi den menneskelige hørelse er mest følsom over for lyd i dette område, vil denne stigning opleves som ekstra generende.

Der er ikke umiddelbart nogle simple tiltag for at kunne mindske støjgenerne og samtidig bevare træerne. Konklusionen er, at dette kun er muligt ved at bygge en støjskærm, der har samme højde som træerne.

## Nåletræer – i modsætning til løvfældende træer – i kombination med støjskærm

Andre undersøgelser har vist [12], at der kan være en positiv effekt ved at placere en række træer bag en skærm, når støjen udbredes i medvind fra vejen til modtager. Effekten af træerne sker ved, at vindhastighederne bliver reduceret. Den største effekt ses for træer med stor tæthed i bunden af trætoppen og samtidig har trekantet form. Dette betyder, at nåletræer er foretrukne, da der er stor nålearealtæthed, større modstandskoefficienter, og at der ikke er løvfald om vinteren.

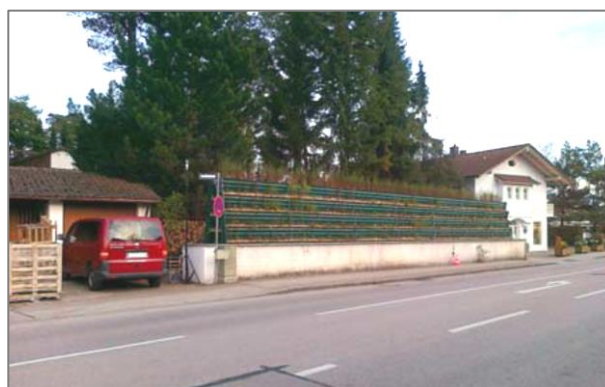
Der bemærkes, at det er vigtigt, at trækronen starter under toppen af støjskærmen.

### 7.5 Støjreduktion af en hæk og en støjskærm

Tyske undersøgelser [15] af støjreduktionen fra en hæk viser, at indsætningsdæmpningen af en 2 meter bred og 4 meter høj nåletræshæk er cirka 1 dB. Undersøgelserne er udført ved, at der er målt på en eksisterende hæk, hvorefter hækken er fjernet, og til sidst er der etableret en støjskærm med beplantning.

Der er udført følgende målinger:

- Høj nåletræshæk med 1,2 meter høj muret væg. Se Figur 5.
- 1,2 meter høj muret væg, men hæk fjernet (referencemåling).
- Støjskærm med beplantning etableret i stedet for hæk med 1,2 meter høj muret væg. Se Figur 5.



**Figur 5** Venstre: Eksisterende 2 m bred og 4 m høj nåletræshæk med 1,2 m høj muret væg.  
Højre: Støjskærm med beplantning etableret i stedet for hæk på en 1,2 m høj muret væg.

Måleresultaterne viser, at indsætningsdæmpningen af hækken er cirka 1 dB og cirka 9-11 dB for støjskærmen.

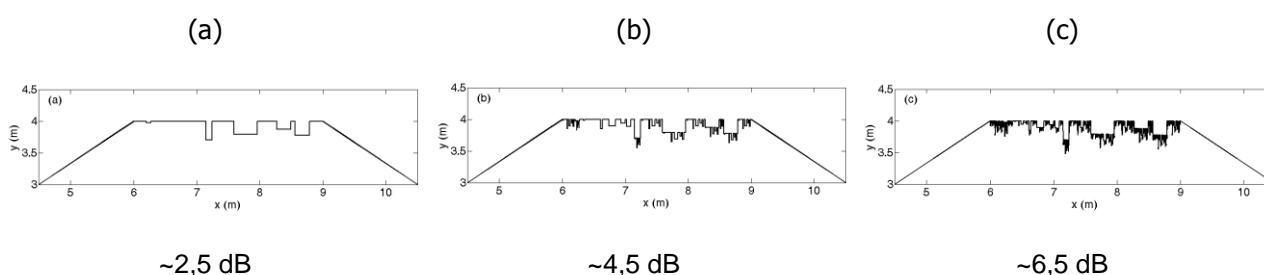
Målingerne viser altså, at der er en begrænset effekt af den tætte hæk, men en betydeligt større effekt for den tætte støjskærm.

Målingerne og måleopstillingen er nærmere gengivet i Tabel 2 i Appendiks TC-102120 [41].

## 7.6 Beplantning på støjvold skaber øget støjreduktion

Beregninger i EU-projektet HOSANNA<sup>1</sup> har undersøgt, hvad effekterne er af at skabe stor ruhed på en støjvold, [12]. At forøge ruheden kan svare til at beplante støjvolden. I studiet beregnes effekterne af at ændre støjvoldens overflade fra komprimeret jord til forskellige grader af ruhed. Ruheden er ikke relateret til specifik beplantning, så det er ikke muligt at omsætte resultaterne til specifik rådgivning om, hvilken effekt der kan opnås fra hvilke tiltag.

Resultaterne viser, at der kan opnås en effekt på cirka 2,5-6,5 dB ved at forøge ruheden på toppen af skærmen, mens der kan ses en effekt på op til cirka 8 dB ved både at forøge ruheden på støjvoldens sider og top.



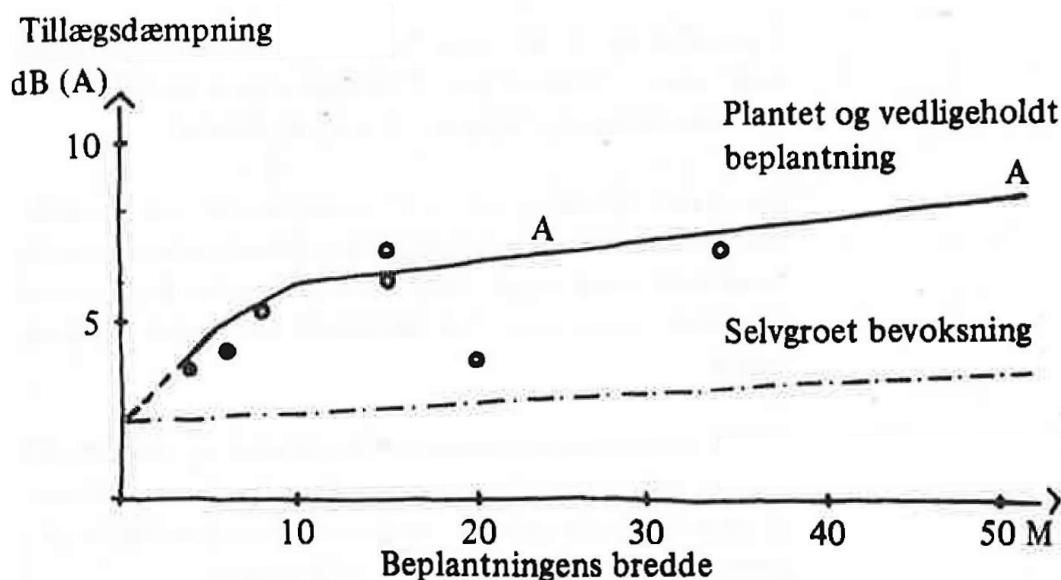
**Figur 6** Visuelle illustrationer (lodret snit) der viser forskellige ruhedsgrader på toppen af en trapezformet støjvold. Ruhedsgraderne er betegnet som 1. ordens (a), 2. ordens (b) og 3. ordens (c). Kilde: [9].

Der skal bemærkes, at resultaterne er udarbejdet med 2 Dimensionel Boundary Element Method, og at der derved kan forventes andre effekter, end når beregninger udføres med lydudbredelses-metoder som Nord2000, der benyttes til beregning af trafikstøj i Danmark.

<sup>1</sup> HOSANNA (HOListic and Sustainable Abatement of Noise by optimized combinations of Natural and Artificial means).

## 7.7 Beplantningens bredde og drift

Virksomheden af den porøse / ru terrænoverflade kombineret med en beplantning er undersøgt i en ældre rapport fra Lydteknisk Laboratoriums rapport fra 1982 [9], som også indeholder resultater fra Odense Kommune tilbage fra 1976. Støjens dæmpning hen over terræn og beplantning er målt i forskellige afstande fra vejen, som vist i Figur 7. Den fuldt optrukne kurve viser "Plantet og vedligeholdt beplantning" og den stiplede kurve "Selvgroet bevoksning". Effekten - angivet som tillægsgæmpning i dB(A) - stiger med bredden af terræn. Sammenlignes kurven i Figur 7 med resultaterne i Tabel 1, ses det at resultaterne i tabellen ikke helt hænger sammen med dæmpningens størrelse. Så figuren bør ikke uden videre antages som gyldig. Det kan dog godt antages at en plantet og vedligeholdt beplantning kan opnå en højere støjreduktion end en selvgroet bevoksning.



**Figur 7** Støjdæmpningen for varierende bredde af et sammenhængende (ikke række-opdelt) beplantningsbælte. Kilde [9].

## 7.8 Hypoteser om beregninger med terrænklasse i Nord2000

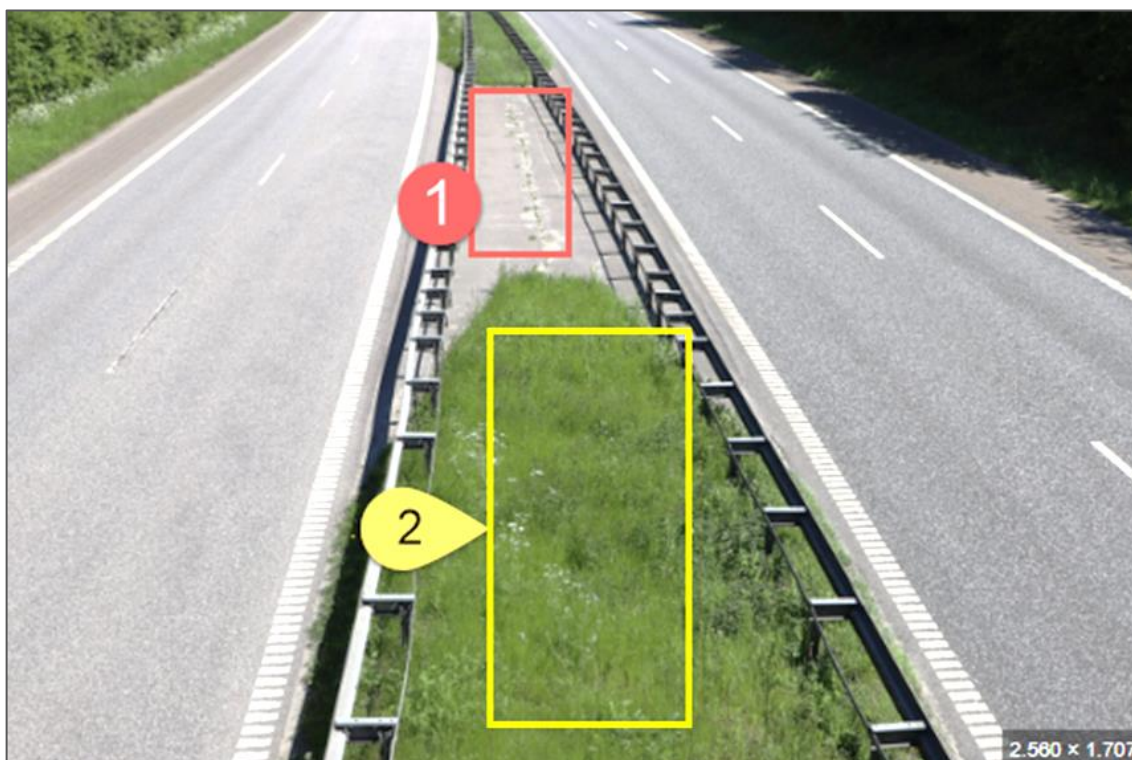
Nogle beplantningstiltag er relativt simple at udføre og er derfor oplagte at udføre, hvis for eksempel praktiske og lokale forhold ikke taler kraftigt imod disse tiltag. Dog kan der være udfordringer med at påvise effekten i efterfølgende beregninger af effekterne.

- 1) Hypotese: Se Figur 8. En støjvold med buske og langt græs - område 2 - er mere effektiv end en støjvold med kort græs som i område 1. Nord2000-metoden kan ikke håndtere dette optimalt. Dette understøttes af studiet beskrevet i afsnit 7.6.



**Figur 8** En støjvold med buske og langt græs – område 2 – er mere effektiv end en støjvold med kort græs som i område 1.

*Hypotese: Se Figur 9. En rabat med langt græs – område 2 – bidrager mere positivt til at mindske støjen end en asfalteret midterrabat med kort græs som område 1. Ved at ændre på strømningsmodstanden – kaldet terrænklassen i Nord2000 – er dette muligt at beregne. Den beregnede effekt er meget begrænset eller ikke eksisterende på grund af det forholdsvis lille areal, som beplantningen udgør.*



**Figur 9** En rabat med langt græs – område 2 – bidrager mere positivt til at mindske støjen end en asfalteret midterrabat med kort græs som område 1.

## 7.9 Opsummering og andre effekter

Hovedkonklusioner omkring beplantningers støjdemping er:

- **Beplantningsbælter**

Måling af beplantningsbælteres støjreduktion viser meget varierende effekter. Nogle beplantningsbælter giver anledning til 2-5 dB reduktion af vejtrafikstøjen. Andre beplantningsbælter giver ingen reduktion af vejtrafikstøjen sammenlignet med lydudbredelse over græs uden yderligere beplantning.

- **Beplantningsmønstres indflydelse på støjreduktionen**

*Udtynding.* Analysen viser, at en 25 procent reduktion af stammearealet vil medføre en reduktion af beplantningens effekt med 0,3 til 0,7 dB(A) i relation til det samme areal, hvor stammernes samlede tværsnitsareal udgør 2 procent af det samlede beplantede areal.

*Stier og spor på langs med vejen* vil ikke reducere effekten af beplantningens afskærmning, hvis den samme biomasse af beplantningen på hele projektarealet opretholdes. Studiet bekræfter ligeledes, at stier eller spor på tværs af beplantningen bryder skærmningen op og derfor har en negativ effekt.

- **Beplantning ved støjskærme**

*Løvtræer* i kombination med støjskærm kan i nogle tilfælde medføre en refleksion af støjen i trækronen, hvilket kan forringe støjskærmens effekt.

*Nåletræer* i kombination med støjskærme kan forøge støjskærmens effekt, hvis trækronerne starter under støjskærmens top. Den primære effekt kommer som følge af, at træerne nedsætter vindhastigheder.

- **Støjreduktion af en hæk ved en bolig**

Måling af støjreduktion af en høj nåletræshæk ved en bolig nær en vej viser en støjreduktion på cirka 1 dB. Til sammenligning giver en støjskærm i samme situation en støjreduktion på cirka 9-11 dB.

- **Beplantning på støjvold øger støjreduktionen**

Simuleringer af at forøge en støjvolds akustiske ruhed medfører en øget støjreduktion sammenlignet med komprimeret jord. En overflades akustiske ruhed kan for eksempel opnås ved beplantning. Effekterne i simuleringerne er op til 8 dB. Ruheden er ikke relateret til specifik beplantning, så det er ikke muligt at omsætte resultaterne til specifik rådgivning om, hvilken effekt der kan opnås i kombination med andre tiltag.

- **Beplantningens bredde og drift**

Det kan i mange tilfælde antages, at en plantet og vedligeholdt beplantning kan opnå en højere støjreduktion end en selvgroet bevoksning, blandt andet fordi beplantningen kan gøres mere homogen og visuelt mere lukket. Beplantningens effekt forøges med beplantningens bredde.

Andre effekter:

- Porøst terræn som græs eller mark uden yderligere beplantning kan give mindst 3 dB dæmpning i forhold til hårdt terræn som asfalt, grus eller komprimeret jord.
- Nåletræer har en dæmpende effekt hele året i forhold til løvfældende træer.
- Et skovbryn kan i visse tilfælde godt forstærke lyden fra en enkelt bilpassage på grund af lydrefleksion fra skovbrynet.
- Raslen af blade i vinden kan dæmpe støjgenen ved at maskere støjen fra trafik i større afstande.

## 8 Psykologiske effekter af beplantning

De psykologiske effekter af beplantning kan være mange. I dette afsnit fokuseres kun på de effekter, der har indflydelse på støjgenerne.

Der er ikke en entydig sammenhæng mellem støjens styrke, og hvordan den enkelte person oplever støjgenen. Støjgenen afhænger også af støjens karakter udover de omstændigheder, støjen optræder i, og hvilke personer der er udsat for støjen. To personer vil kunne opholde sig samme sted og blive udsat for den samme støj, men kunne opleve støjgenen vidt forskelligt. For at kunne tale om oplevelsen af støjen, er det derfor nødvendigt at introducere begrebet støjgene.

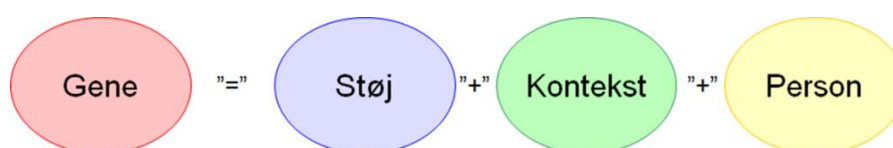
Støjgene er den første indikator på, at der er noget galt med lydmiljøet. Helt generelt medfører et højere støjniveau i gennemsnit også en højere støjgene. Hvis vi nedbringer støjen, går støjgenerne i gennemsnit ned, men der er også andre faktorer, der har betydning for den oplevede støjgene. Støjgene måles ved at spørge de personer, der er udsat for støjen, hvor generede de føler sig. Det kaldes den selvrapporterede støjgene. Ved at spørge på en struktureret og veldefineret måde kan man få pålidelige resultater, der kan sammenlignes med andre undersøgelser.

Da støjgenen afhænger af mange forhold, er der behov for at kunne adskille disse forhold for at kunne beskrive effekten af dem hver især. De forskellige forhold kan for eksempel være, at en motorvej er synlig direkte fra en bolig, om beboere har tillid til myndighederne, der er ansvarlige for vejen, eller om der er beplantning til stede mellem vejen og boligen. Hvert forhold, der påvirker støjgenen, kaldes en moderator, og beplantning er en af de mange moderatører, der påvirker støjgenen.

I næste afsnit beskrives, hvilke parametre der har indflydelse på den oplevede støj, og hvilke moderatører der har mest betydning for støjgenen.

### 8.1 Effekttyper (moderatorer)

Den gene, som beboerne langs en vej oplever fra trafikstøjen, afhænger af støjniveauet i dB samt nogle modererende forhold som vist i Figur 10. Støjgenen er sammensat af selve støjniveauet, konteksten og personen.



**Figur 10** Den oplevede støjgene er en funktion af tre modererende forhold, [19].

- *Konteksten*, hvori støjen opleves, kan være de fysiske omgivelser, for eksempel om der er beplantning, om der er en stille side bag boligen, og om vejen kan ses fra boligen. Men også forhold som arbejde / hjemme-situationen, tidspunktet på døgnet/ugen/året, boligens art, ejerskab af boligen og boligens værdi betyder noget for genevirkningen.
- *De personlige* forhold omhandler beboernes støjfølsomhed og tolerance overfor støjkilden samt relationerne til og opfattelse af myndighederne. Men også forhold som forventninger til områdets udvikling, frygt for støjkilden (ulykker/helbredseffekter) har betydning for geneopfattelsen af støjen.



## 8.2 Resultater fra undersøgelser

FORCE Technology udførte i 2019-2022 FAMOS-projektet – en stor undersøgelse som netop omhandlede, hvilke ikke-akustiske parametre der kan reducere støjgenen fra trafikstøj. Projektet var et samarbejde mellem FORCE i Danmark, LÄRMKONTOR i Tyskland og SINTEF in Norge. Projektets resultater blev samlet i en teknisk rapport [19] og en guide [20]. Resultaterne er gengivet i kort form i bilag 3 [41].

Analyserne i FAMOS-projektet førte til, at der efterfølgende kunne opstilles en liste med 10 betydningsfulde moderatorer, altså ikke-akustiske parametre, der kan påvirke støjgenen. På baggrund af undersøgelser og litteraturstudiet kunne der udarbejdes et første estimat af moderatorernes effekt – den geneækvivalente støjniveauændring ( $L_{eas}$ ), [19]. Effekten er den mindske de gene af støj et menneske oplever, hvilket oversættes til et modsvarende hypotetisk skift i støjniveauet. Metoden der oversætter gene til støjniveau betegnes dosis-responskurver, se bilag 3, figur 19 [41]. Her sammenlignes det faktiske støjniveau med, hvor stor en procentdel af respondenterne, som er stærkt generet støjen. Resultatet bliver en så kaldet geneækvivalente støjniveauændring ( $L_{eas}$ ), som må ikke forveksles med faktiske ændringer i støjniveauet.

---

*Den geneækvivalente støjniveauændring  $L_{eas}$  er en dB-værdi, som svarer til virkningen af en moderator, som eksempelvis kan være beplantning.*

---

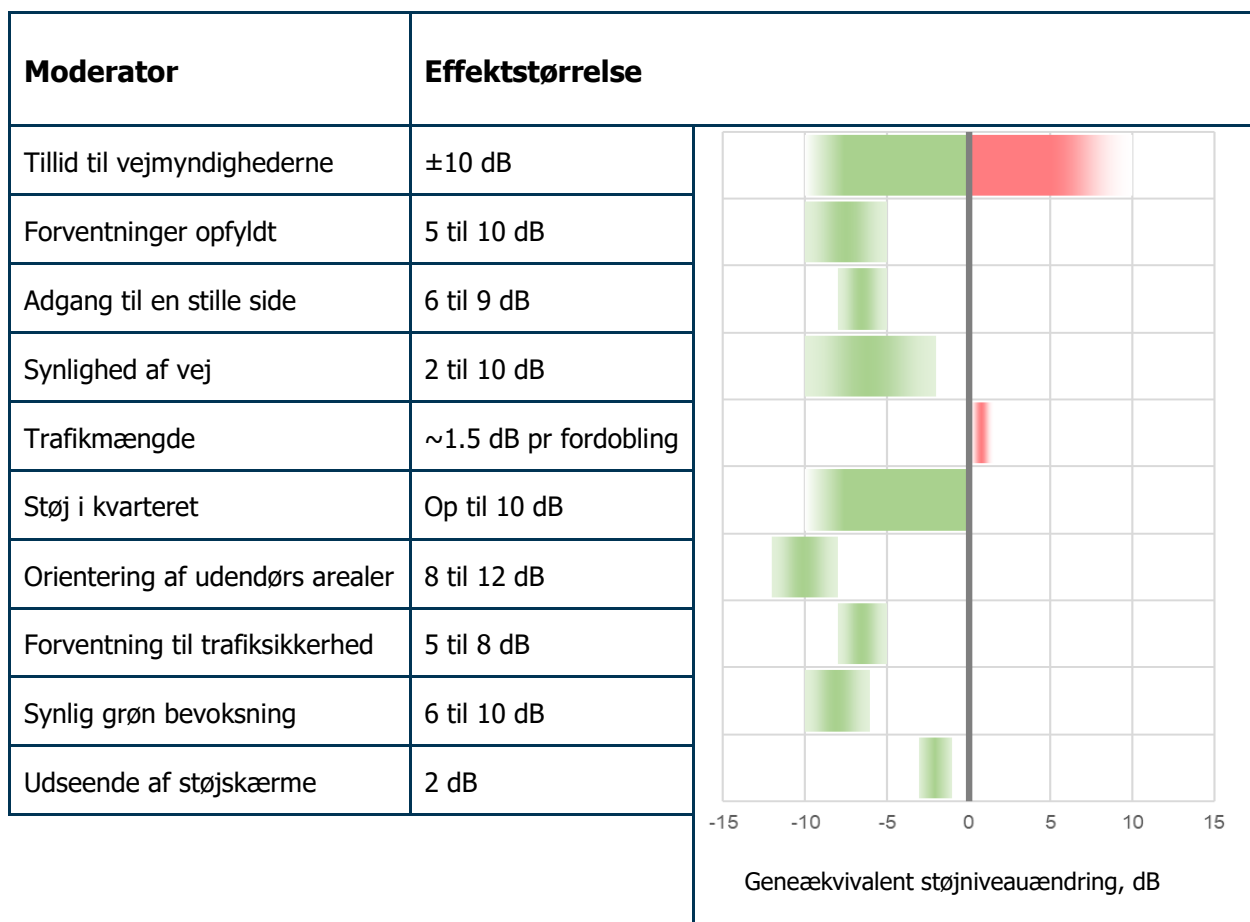
De 10 moderatorer og deres effekt fremgår af Figur 11. Det skal bemærkes, at angivelserne er omtrentlige størrelser, som påvirkes af specifikke forhold.

Betydningen af synlig grøn beplantning har en betydelig effekt. Et områdes visuelle udseende og tilstedeværelse af beplantning har en reducerende virkning på den oplevede støjgene med en effekt udtrykt som  $L_{eas}$  på 6-10 dB - se Figur 11. Denne moderator kan bringes i anvendelse ved at etablere beplantning med træer, buske mv.

Moderatorernes effekt på den oplevede støjgene ligger typisk mellem 2-10 dB, hvilket er ganske markant. Moderatorerne er både elementer, der kan tilføjes, fjernes eller ændres undervejs, og som påvirker opfattelsen af støjniveauet. Effekterne af flere moderatorer kan ikke bare opsummeres til en samlet effekt, fordi der kan forekomme vekselvirkninger mellem moderatorerne. Hvis flere moderatorer er i spil samtidigt, bør man tage udgangspunkt i den, der har den største virkning.

Det fremhæves i FAMOS, at resultaterne for de enkelte moderatorers effekt på den oplevede støjgene, repræsenterer den bedste viden, som det var muligt at fremskaffe omkring år 2020. Resultaterne vil kunne forbedres, hvis der skaffes ny viden om moderatorer af de oplevede støjgener og deres effekt, udtrykt som  $L_{eas}$ .

I bilag 3 [41] er der nævnt og uddybet flere moderatorer.



**Figur 11** 10 moderatører og deres effekt på den oplevede støjgen udtrykt som den geneækvivalente støjniveauændring (Leas), [15]. En detaljeret beskrivelse af de enkelte moderatører kan findes i "Guidebook on how to reduce noise annoyance" fra FAMOS-projektet, [20].

## 9 Afsluttende diskussion – Beplantning og trafikstøj

Vi har i denne rapport beskrevet, hvordan forskellige typer og former for beplantning sammen med støjskærme og -volde kan forenes til at reducere støjgen hos beboere, der er genereret af trafikstøj fra en nærliggende vej. Generelt set er der desværre få støj-dB'er at hente ved at etablere beplantede arealer set med den viden, vi har i dag, idet beregning med støjmodeller som Nord2000-metoden endnu ikke kan regne på andre typer beplantning end skove, og at der ikke er praksis for at medregne effekterne af beplantning. Til gengæld ser det langt mere lovende ud for de ikke-akustiske faktorer – moderatorer – som hver for sig har vist sig at kunne reducere støjgen ved naboen med op til, hvad der svarer til 10 dB støjdampering. Der er i afsnit 8.2 peget på flere moderatorer, der kan give denne store effekt, og som kan bringes i spil i projekter alt efter de lokale forhold. Virkningen af flere moderatorer på én gang kan dog ikke lægges sammen til en kombineret effekt.

Der mangler i Nord2000-metoden inputdata, der kan benyttes til at beregne effekterne af beplantning. Indtil der foreligger en større viden om beplantningers støjdamperende egenskaber, kan indsatsen for at dæmpe støjgener koncentreret om at udnytte naturlig landskabelig formgivning og beplantningselementer, hvor det visuelle er i højsædet.

Afsluttende bemærkes, at der er meget få tilfælde, hvor tilføjelsen af en beplantning har en negativ effekt på trafikstøjen. Effekten ved at fjerne beplantning kan have en større psykologisk negativ påvirkning.

### 9.1 Opsummering af akustiske effekter

- Udbreder støjen sig henover for eksempel skovbund eller højt græs, som har en større strømningsmodstand end asfalt eller andet hårdt terræn, dæmpes støjen mere. Effekten vil stige, jo større afstande støjen udbredes over. Dæmpningseffekten er cirka 3 dB.
- Stier i beplantning: Stier og gennemføringer i beplantningsbælter skal så vidt muligt undgå at gå vinkelret på vejen, fordi beplantningens skærmende effekt brydes. Alternativt kan der laves en snørklet vej, så der ikke er direkte sigt fra beboere til vejen.
- At tilføje beplantning på en støjvold vil forøge støjvoldens støjdamperende virkning.
- Beplantning kan have et meget varierende udseende, mønstre og effekt især i kombination med støjvolde og støjskærme - se afsnit 7.
- En vedligeholdet beplantning kan opnå en højere støjreduktion end en selvgroet bevoksning, idet det beplantningens tæthed øges, fordi de yderste grene ofte beskæres.
- Nåletræer har en dæmpende effekt hele året i forhold til løvfældende træer
- 3-lags levende hegn: For et 4 meter højt og 3 meter dybt skovbælte tæt på en vej kræves der cirka 5-7 træer per m<sup>2</sup> for at opnå en dæmpning på cirka 1 dB, hvilket er en forholdsvis tæt skovbeplantning.
- En støjskærm vil typisk skabe en betydeligt større støjreduktion end en beplantning.
- Et skovbryn kan i visse tilfælde godt forstærke lyden fra en enkelt bilpassage på grund af lydrefleksion fra skovbrynet.
- Raslen af blade i vinden og anden baggrundsstøj kan dæmpe støjgen ved at maskere støjen fra trafik i større afstande.
- For nye lovende resultater i litteraturen skal man være meget opmærksom på, hvilke beregningsmetoder og forudsætninger som for eksempel vejrforhold eller årstid, der er anvendt, og hvor stor vægt man kan tillægge disse resultater.

## 9.2 Opsummering af psykologiske effekter

Støjgenen beskrives i afsnit 8 som sammensat af bidraget fra støjens faktiske niveau, fra konteksten og fra personen, idet de to sidste er moderatører, som påvirker oplevelsen af støjens faktiske niveau.

- Konteksten har en stor effekt på geneoplevelsen af støjen, for eksempel arbejde-/hjemmesituationen, tidspunktet på døgnet, ejerskab af boligen og boligtypen, tilstedeværelse af naturlige omgivelser/beplantning omkring boligen.
- Personlige moderatører kan for eksempel være: Forventning til effekten af et støjdæmpende tiltag, beboernes støjfølsomhed og tolerance.
- Beplantning fungerer som positive moderatører, fordi de blander det naturlige element ind i bybilledet og fjerner fokus fra støjkluderne.
- Fjernelse af beplantning kan derimod have en stor, negativ psykologisk virkning.
- En moderatør der ikke altid virker: For eksempel betydningen af det visuelle skærmende element virker ikke over for nattesøvn, da det netop er den visuelle virkning, der nedsætter støjgenen.
- Effekten af flere moderatører på én gang kan ikke lægges sammen til en kombineret effekt.
- Hvis man skal vurdere virkningen af flere moderatører, der er i spil samtidigt, bør man tage udgangspunkt i den, der har den største virkning.

## 9.3 Hvad bør undersøges yderligere?

Nærværende rapport baserer sig på en gennemgang og analyse af eksisterende undersøgelser af beplantningers støjdæmpende effekt i ind- og udland. Som nævnt er undersøgelserne af varierende karakter og flere af ældre dato. For at konkludere stærkere om beplantningers støjdæmpende effekt bør følgende undersøges nærmere:

- Kombination af akustiske og psykologiske effekter.
- Støjreduktion fra typiske beplantninger i Danmark er meget begrænset dokumenteret – både til at skabe eksempler og inputdata til beregning af støjreduktionen.
- Den psykologiske effekt af forskellige beplantningsscenerier er ikke dokumenteret. Det kan for eksempel være:
  - En allé, hvor en række træer kun skærmer udsynet til vejen i begrænset omfang.
  - Træer, der er placeret på den anden side af vejen end beboelsen og derved ikke skærmer udsynet til vejen, men stadig tilfører et grønt element i landskabet.
  - Midter- og kantrabatter, der er beplantet med græs eller anden lav beplantning.
  - Beplantning på støjvolde.
  - En støjskærm med grøn beplantning er ikke dokumenteret, for eksempel støjskærme med klatreplanter som vedbend eller en levende støjskærm som for eksempel Pilebyg, hvor det er tydeligt, at der ikke er tale om en hæk, men et bygværk, der er beplantet.
- Klarere retningslinjer for hvilke forhold der skal være gældende, før effekten af beplantning kan medregnes i trafikstøjberegninger (Nord2000).
- Objektive beskrivelser af beplantning ved hjælp af parametre, der kan benyttes direkte som inputparametre til støjberegninger.

## 10 Referencer

- [1] Miljøstyrelsens vejledning nr. 4, 2007, "Støj fra veje".
- [2] Trafikstøj – Et overset samfundsproblem, En hvidbog om løsninger og udfordringer, maj 2016.
- [3] Hjemmeside: RoligBolig.dk
- [4] Vejdirektoratet rapport 429, 2013, "Effektiv planlægning af skærme mod trafikstøj - Støjskærms virkning på årsmiddelværdier".
- [5] DELTA / SINTEF, 2006, "User's Guide Nord2000 Road". Doc. ref.: AV 1171/06.
- [6] Vejdirektoratet, NORD2000 – HÅNDBOG Rapport 434, 2013, "Beregning af vejstøj i Danmark".
- [7] Miljøstyrelsens vejledning nr. 5, 1993, "Beregning af ekstern støj fra virksomheder.
- [8] Lydteknisk laboratorium, rapport 14, 1979, "Bevoksningers støjdemning".
- [9] Lydteknisk laboratorium, rapport 30, 1982, "Bevoksningers støjdemning III".
- [10] Vejdirektoratet Rapport 447, 2013, "Støjgener fra byveje og motorvej M3".  
Se: <https://www.vejdirektoratet.dk/udgivelse/stoejgener-fra-byveje-og-motorvej-m3>
- [11] Vejdirektoratet, Rapport 551, 2016, "Støjgener fra byveje og motorveje"  
Se: <https://www.vejdirektoratet.dk/udgivelse/stoejgener-fra-byveje-og-motorveje>
- [12] Van Renterghem, Timothy; Forss ´en, Jens; Attenborough, Keith; Jean, Philippe; Defrance, Jérôme; Hornikx, Maarten and Kang, Jian (2015). Using natural means to reduce surface transport noise during propagation outdoors. Applied Acoustics, 92 pp. 86–101.
- [13] Van Renterghem T, Botteldooren D, Verheyen K. Road traffic noise shielding by vegetation belts of limited depth. J Sound Vib 2012;331:2404–25.
- [14] M. Bakermans and A. Kok, "Geluidshinder A73-zuid (Beesel) Resultaten geluidsmetingen," 2013.
- [15] Euronoise 2012. "Insertion loss estimate for a hedge and a greened noise barrier" Beate Altreuther, Stefan Schubert and Manuel Maennel; Mueller-BBM GmbH, Robert-Koch-Strasse 11, 82152 Planegg, Germany.
- [16] ISO 10847: In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types, 1997.
- [17] DS/EN ISO 11 819-1: Acoustics - Measurement of the influence of road surfaces on traffic. Part 1. Statistical Pass-By method. September 1997.
- [18] ISO 9613-2: "Attenuation of sound during propagation outdoors – Part 2: General method of calculation", Annex A.1 Foliage, 1996.
- [19] FAMOS Project Report, "Factors MOderating people's Subjective reactions to noise"  
Se: <https://famos-study.eu>
- [20] FAMOS - FActors MOderating people's Subjective reactions to noise, "Guidebook on how to reduce noise annoyance".  
Se: <https://famos-study.eu>
- [21] European Commission: Position paper on dose-response relationships between transportation noise and annoyance, 2002.
- [22] FAMOS projektets hjemmeside: <https://famos-study.eu/>
- [23] Fricke, F. (1983). "Vegetation - attenuation for the birds?" Sydney, N S W.

- [24] Huddart, L. (1990). "The use of vegetation for traffic noise screening". Crowthorne, UK: Transport and Road Research Laboratory.
- [25] Kurze, U. (1974). Noise reduction by barriers. J Acoust Soc Am, 504-518.
- [26] Langdon, F. (1976). Noise nuisance caused by road traffic in residential areas. J Sound Vib, Vol 47, side 243-63.
- [27] Lercher, P. (1996). Environmental noise and health. Env. Int., Vol 22, side 117-29.
- [28] Leung, T. M., & al., e. (2017). The effects of neighborhood views on containing multiple environmental features on road traffic noise perception at dwellings. J Acoust Soc Am, vol 141, side 2399-2407.
- [29] van Renterghem, T., & Botteldooren, D. (2016). View on outdoor vegetation reduces noise annoyance for dwellers near busy roads. J Landscape and Urban Planning, vol 148, side 203-15.
- [30] Schäffer, B; Brink, M; Schlatter, F et al. Residential green is associated with reduced annoyance to road traffic and railway noise but increased annoyance to aircraft noise exposure. Environment International, 143 (2020), 105885.  
Se: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020318407?via%3Dihub#b0025>
- [31] Brink, M. et al. A survey on exposure-response relationships for road, rail, and aircraft noise annoyance: differences between continuous and intermittent noise. Environment International, 125 (2019), side 277-290.  
Se: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S016041201831897X?token=34F2C8C70A953B6407898ACD7F561882F21203202607507FCE5F295546CA9A2F715732E1996E66036F71D08C25B7D83&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230313140157>
- [32] ISO DSF/ISO/DIS 12913-1. Acoustics – Soundscape-Part 1: Definition and conceptual framework – 2014.
- [33] DS/ISO/TS 12913-2:2018. Acoustics – Soundscape – Part 2: Data collection and reporting requirements.
- [34] FORCE Technology teknisk notat: Lydlandskabsmåling II i Storgården. Efter anlæggelse af gårdhaven. Udført for Københavns Kommune. Sagsnr.: 122-30560 TC-101987. Hørsholm, 17. oktober 2022.  
Se: <https://forcetechnology.com/-/media/force-technology-media/pdf-files/unnumbered/senselab/122-30560---kbenhavn-kommune---lydlandskabsmling-ii-storgarden---tc-101987.pdf?la=en>
- [35] Schäffera, B; Brink, M; Schlattera, F; Vienneauc, D; Wunderli, J. Residential green is associated with reduced annoyance to road traffic and railway noise but increased annoyance to aircraft noise exposure. Environment International 143, (2020).
- [36] Juul, Jens Ole et al. "Kvalitetsbeskrivelse for drift af grønne områder", Forskningscentret for Skov & Landskab, 1998.
- [37] Larsen, J. Bo Larsen: "Katalog over skovudviklingstyper i Danmark" 1. udg. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, (2005).
- [38] Olsen, Ib Asger: "Planter i Miljøet" 1. udg. Grønt Miljø, 1999.
- [39] Schantz, Petra et al. "Håndbog Beplantning vejudstyr", Vejdirektoratet, 2022.
- [40] Birkkjær, Kræn Ole et al.: "Levende hegn i landskabet", 2. udgave, Videnscenter for landbrug, 2013.
- [41] APPENDIKS TC-102120: "Kan træer, buske og græs mindske støjgene? – Analyse af beplantningers effekt på trafikstøj", APPENDIKS til Rapport TC-102119, FORCE Technology, 2023.