



# Støj og vibrationer

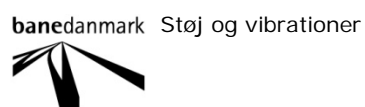
- Fagnotat

Ny bane Hovedgård - Hasselager

banedanmark



Revideringsdato	Resume af ændringer	ændringer markeret	Udført	Kontrolleret	Godkendt
24.08.2018	Endelig	Nej	JEK/HDK	LKR	JBN



Banedanmark  
Anlægsudvikling  
Amerika Plads 15  
2100 København Ø

[www.bane.dk](http://www.bane.dk)



# Støj og vibrationer

	<b>Indhold</b>	<b>Side</b>
<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Ikke-teknisk resume</b>	<b>6</b>
2.1.1	Støj og vibrationer i anlægsfasen	6
2.1.2	Støj i driftsfasen	7
2.1.3	Vibrationer i driftsfasen	10
<b>3</b>	<b>Lovgrundlag</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Baggrund og metode</b>	<b>12</b>
4.1	Baggrundsinformation om projektet	12
4.2	Fakta om støj	13
4.3	Fakta om vibrationer	15
4.4	Datagrundlag	16
4.5	Grænseværdier for støj og vibrationer i anlægsfasen	16
4.5.1	Grænseværdier for støj	16
4.5.2	Grænseværdier for vibrationer	17
4.6	Grænseværdier for støj og vibrationer i driftsfasen	18
4.6.1	Grænseværdier for støj fra jernbaner	18
4.6.2	Grænseværdier for mærkbare vibrationer	19
4.7	Støj og vibrationer i anlægsfasen	20
4.7.1	Væsentlige arbejdsprocesser i forhold til støj i anlægsfasen	20
4.7.2	Metode for vurdering af anlægsstøj	25
4.7.3	Væsentlige arbejdsprocesser i forhold til vibrationer i anlægsfasen	26
4.8	Støj og vibrationer i driftsfasen	26
4.8.1	Støjbelastede boliger	27
4.8.2	Støjbelastningstal	28
4.8.3	Trafikgrundlag	29
4.8.4	Togtyper	29
4.8.5	Beregningsmodel	30
4.8.6	Støjskærme	30
4.8.7	Støjisolering	31
4.8.8	Vejtrafikstøj	31
4.8.9	Vibrationer i driftsfasen	31
<b>5</b>	<b>Eksisterende forhold</b>	<b>33</b>
5.1	Jernbanestøj	33
5.2	Vibrationer	33
<b>6</b>	<b>0-alternativet</b>	<b>34</b>
6.1	Jernbanestøj	34
6.2	Vibrationer	35

<b>7</b>	<b>Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen – midlertidige påvirkninger</b>	<b>36</b>
7.1	Støjpåvirkning i anlægsfasen	36
7.1.1	Antal berørte boliger og støjfølsomhed for anlægsområderne	37
7.2	Vibrationer i anlægsfasen	42
7.2.1	Antal berørte boliger og vibrationsfølsomhed for anlægsområder	42
7.3	Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen	47
7.3.1	Støj	47
7.3.2	Vibrationer	48
7.4	Konsekvensvurderinger for anlægsfasen	48
7.4.1	Støj	48
7.4.2	Vibrationer	49
<b>8</b>	<b>Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i driftsfasen – varige påvirkninger</b>	<b>50</b>
8.1	Støj	50
8.1.1	Vestlig linjeføring	50
8.1.2	Central linjeføring	52
8.1.3	Østlig linjeføring	53
8.1.4	Sydøstligt alternativ	54
8.1.5	Lyntog til Skanderborg og regionaltoget på ny bane Hovedgård - Hasselager	54
8.1.6	Tilvalg station i Solbjerg	54
8.1.7	Følsomhedsanalyse med godstog på den nye jernbane	54
8.2	Vibrationer	56
8.3	Afværgeforanstaltninger i driftsfasen	57
8.3.1	Støj	57
8.3.2	Vibrationer	57
8.4	Konsekvensvurderinger for driftsfasen	57
8.4.1	Støj	57
8.4.2	Vibrationer	59
<b>9</b>	<b>Kumulative effekter</b>	<b>60</b>
<b>10</b>	<b>Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelsen</b>	<b>61</b>
<b>11</b>	<b>Referencer</b>	<b>62</b>
<b>12</b>	<b>Bilag</b>	<b>63</b>

# 1 Indledning

Som led i et politisk forlig af 14. januar 2014 mellem den daværende regering (S, SF og R), DF og Ø skal der etableres en ny bane mellem Horsens og Aarhus. Den nye banestrækning forventes at blive ca. 23 km lang og løber fra Hovedgård nord for Horsens til Hasselager syd for Aarhus. Der er afsat 3,3 mia. kr. til projektet.

Den nye strækning vil reducere baneafstanden mellem Horsens og Aarhus med ca. seks kilometer. *Ny bane Hovedgård - Hasselager* vil også aflaste den 29 km lange strækning, der løber over Skanderborg, ved at øge kapaciteten mellem Aarhus og Trekantområdet. Det giver mulighed for flere afgang, samt hastigheder på op til 250 km/t på den nye bane.

Den nye strækning vil skære seks minutter af rejsetiden. Derfor er strækningen en forudsætning for planen for at reducere rejsetiden mellem Danmarks største byer, og den vil gøre det muligt at køre mellem Odense og Aarhus på kun en time.

Projektet for *Ny bane Hovedgård - Hasselager* gennemgår en VVM-lignende proces (Vurdering af Virkninger på Miljøet). Dette fagnotat for støj og vibrationer er et bilag til VVM-redegørelsen, som udgives i forbindelse med den VVM-lignende proces. VVM-redegørelsen har til formål at skabe overblik over projektets samlede miljøpåvirkninger.

VVM-redegørelsen og de 15 tilhørende fagnotater danner grundlag for inddragelse af offentligheden i en høringsfase, og senere sammen med høringsnotatet for politisk beslutning om projektet.

Fagnotatet beskriver de eksisterende støj- og vibrationsmæssige forhold og vurderer de konsekvenser med hensyn til støj og vibrationer, som anlæg af en ny bane vil have. Dette sammenholdes med 0-alternativet, som er den situation, hvor den nye bane ikke anlægges.

Der er udarbejdet tre forslag til linjeføring for den nye bane, et vestligt forslag over Stilling-Solbjerg Sø vest for Solbjerg, et centralt forslag mellem Solbjerg Sø og Solbjerg, samt et østligt forslag øst for Solbjerg. Fra Hovedgård går linjeføringen i hovedforslaget gennem Hovedskov. Hertil er der udarbejdet en alternativ linjeføring øst om skoven, benævnt "Sydøstligt alternativ". De tre linjeføringsforslag og det sydøstlige alternativ vurderes ligeværdigt i VVM-redegørelsen.

Den centrale linjeføring for *Ny bane Hovedgård - Hasselager* undersøges med mulighed for en station ved Solbjerg. Konsekvenserne af en station ved Solbjerg beskrives i dette fagnotat i forhold til støj og vibrationer.

## 2 Ikke-teknisk resume

Støj og vibrationer kan forekomme både i anlægsfasen pga. kørsel og anvendelse af maskiner til anlægsarbejderne, og i driftsfasen fra de tog, der kommer til at køre på den nye bane.

Støj fra trafik (såvel jernbane som vej) kan være generende. Ved høje niveauer kan trafikstøj forringe livskvaliteten for naboerne og medføre øget risiko for helbredseffekter.

Vibrationer er rystelser, der udbreder sig gennem jorden til de omkringliggende bygninger, hvor det kan give anledning til rystelser i gulve, vægge og lofter.

### 2.1.1 Støj og vibrationer i anlægsfasen

De væsentligste anlægsaktiviteter i forbindelse med anlæg af den nye jernbane vil være:

- Oplagsaktiviteter
- Jordarbejder
- Sporbygning
- Konstruktion / nedramningsaktiviteter
- Nedramning af køreledningsmaster

Støj og vibrationer i anlægsfasen er vurderet på baggrund af erfaringsværdier fra anlægsarbejder generelt og med fokus på de væsentligste og mest støjende og vibrerende arbejdsprocesser for projektet.

Erfaringsmæssigt vil nedramning af spuns og pæle være de mest støj- og vibrationskritiske arbejder. Dette gælder også for *Ny bane Hovedgård - Hasselager*.

Ramning af spuns og pæle i forbindelse med broarbejder vil medfører støj- og vibrationspåvirkninger for de nærmeste boliger. Påvirkningens intensitet vil bl.a. afhænge af anlægsmetoderne, der først kan planlægges ved den detaljerede projektering. Varigheden vil dog overordnet være begrænset til kortere perioder på hver lokalitet.

Andre anlægsaktiviteter, som sporrelaterede arbejder og jordarbejder, kan også give anledning til støj- og vibrationspåvirkning for de nærmeste naboer, dog i noget mere begrænset omfang end ved ramning.

Rammearbejdet i forbindelse med broerne kan give anledning til bygningsskadelige vibrationer ved ca. 5 boliger for Central linjeføring. Ingen boliger langs Vestlig eller Østlig linjeføring vurderes at blive berørt af bygningsskadelige vibrationer.

Gennem hensigtsmæssige valg af arbejdsmetoder og maskinel kan der opnås en begrænsning af støj og vibrationer, og hermed den belastning, som omgivelserne udsættes for. I udbudsmaterialet til de enkelte entrepriser vil der blive stillet krav til tilrettelæggelse af arbejdet, og til materiel, der kan bidrage til at begrænse den påvirkning af støj og vibrationer, som omgivelserne vil blive udsat for. Da endelige anlægsmetoder, varighed og arbejdsperioder ikke ligger fast, kan det kun overslagsmæssigt opgøres, hvor mange boliger, der bliver udsat for støj og vibrationer i anlægsfasen.

Beregningerne viser, at ved anlæg af Vestlig linjeføring forventes ca. 75 boliger belastede med støj over projektets miljømålsætning på 70 dB, ved anlæg af Central linjeføring forventes ca. 185 støjbelastede boliger og ved anlæg af Østlig linjeføring forventes ca. 90 støjbelastede boliger. Den enkelte bolig vil ikke være støjbelastet i hele anlægsfasen, men i en kortere periode, typisk ved nedramning af spuns til bygværkerne. Anlægsarbejdet tager 3-4 måneder ved de almindelige broer og længere for de større broer. Nedramning af spuns vil foregå i en mindre del af anlægsperioden.

Central linjeføring medfører mere end dobbelt så mange støjbelastede boliger som Vestlig og Østlig linjeføring. Det skyldes, at der ligger en del boliger langs linjeføringen gennem Solbjerg, og der på mindre end 1½ km skal anlægges tre overføringer i byen. Anlæg af Sydøstligt alternativ vil ved fortsættelse i alle tre linjeføringer mindske antal støjbelastede boliger i anlægsfasen med ca. 10 boliger.

Banedanmark vil under anlægsarbejdet løbende informere naboer og andre, der kan blive berørt, om anlægsarbejdernes karakter og planlagt varighed.

### Anlægsfasen

	Vestlig	Central	Østlig	Hovedforslag	Sydøstligt alternativ
Støjbelastede boliger langs Ny bane Hovedgård-Hasselager	75	185	90	15	5

Tabel 1. Opsummering af støjbelastede bygninger i anlægsfasen langs den nye banestrækning på Ny bane Hovedgård-Hasselager.

#### 2.1.2 Støj i driftsfasen

De støjmæssige konsekvenser i driftsfasen er beregnet for henholdsvis basis (år 2016), 0-alternativ (år 2030) og tre løsningsforslag, samt Sydøstligt alternativ. Ved støjberegningerne af de tre løsningsforslag indgår også den støjmæssige effekt på den eksisterende banestrækning mellem Horsens og Aarhus over Skanderborg.

Støj beregnes efter beregningsmetoden NORD2000, dels som årsdøgnmiddelværdi  $L_{den}$ , og dels som maksimalværdien  $L_{Amax}$ . Enheden for såvel  $L_{den}$  og  $L_{Amax}$  er decibel, dB(A). Årsdøgnmiddelværdien  $L_{den}$ , er et gennemsnit over døgnet, hvor støjbidraget aften og nat vægtes højere end

dag. Maksimalværdien  $L_{Amax}$ , er det højeste støjniveau, der forekommer når det mest støjende tog passerer.

Miljøstyrelsen har fastlagt to vejledende grænseværdier for helårsboliger,  $L_{den} = 64$  dB(A) for årsdøgnmiddelværdien og  $L_{Amax} = 85$  dB(A) for maksimalniveauet ved én togpassage. Desuden er der en vejledende grænse til årsdøgnmiddel-værdien ved sommerhuse på  $L_{den} = 59$  dB(A). Det er støjniveauet ved boligens facade, som lægges til grund for vurderingen. En bolig klassificeres som støjbelastet, når bare én af de to vejledende støjgrænser er overskredet.

Basis er en beskrivelse af dagens situation (år 2016), mens 0-alternativ forudsætter opgradering og elektrificering af den eksisterende bane (år 2030). I det følgende er den nye jernbane vurderet i forhold til 0-alternativet. Derudover beskrives den nuværende situation for at have et sammenligningsgrundlag til dagens situation.

Tabel 2 og Tabel 3 sammenligner antal støjbelastede boliger ved de forskellige linjeføringer. Og i Tabel 3 og tabel 4 opgøres antal støjbelastede boliger langs den nye banestrækning.

<b>Bygninger til støjfølsom anvendelse, <math>L_{den} \geq 64</math> dB (A) (dog 59 dB(A) for sommer huse)</b>					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Basis	57	14	0	0	71
0-alternativ	129	120	0	1	250
Vestlig linjeføring	74	14	0	1	89
Central linjeføring	65	14	0	1	80
Østlig linjeføring	66	14	0	1	81

Tabel 2. Samlet antal støjbelastede boliger ( $L_{den} \geq 64$  dB (A)) ved de forskellige linjeføringer

<b>Bygninger til støjfølsom anvendelse, <math>L_{Amax} \geq 85</math> dB (A)</b>					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Basis	205	309	0	1	515
0-alternativ	204	309	0	1	514
Vestlig linjeføring	221	309	0	1	531
Central linjeføring	214	309	0	1	524
Østlig linjeføring	207	309	0	1	517

Tabel 3. Samlet antal støjbelastede boliger ( $L_{Amax} \geq 85$  dB (A)) ved de forskellige linjeføringer.



Antallet af støjbelastede boliger reduceres med ca. 170 boliger uanset valg af linjeføring, hvorved den samlede støjgene falder til mindre end en tredjedel af 0-alternativet.

Ved tilvalg Station i Solbjerg på Central linjeføring vil der være 66 flere boliger, der bliver støjbelastet med  $L_{den} \geq 64$  dB(A), end ved Central linjeføring uden station, således at den samlede støjgene halveres i forhold til 0-alternativet. Dette skyldes, at ca. halvdelen af højhastighedstogene flyttes til den eksisterende jernbane, hvor der er betydelig flere boliger end langs den nye jernbane.

Hvis Sydøstligt alternativ vælges, vil der være en støjbelastet bolig, målt som  $L_{den}$  og yderligere en målt som  $L_{max}$ .

<b>Bygninger til støjfølsom anvendelse, <math>L_{den} \geq 64</math> dB (A)</b> (dog 59 dB(A) for sommer huse)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Vestlig linjeføring	10	0	0	0	10
Central linjeføring	2	0	0	0	2
Østlig linjeføring	3	0	0	0	3

Tabel 4. Antal nye støjbelastede boliger ( $L_{den} \geq 64$  dB (A)) ved de forskellige linjeføringer.

<b>Bygninger til støjfølsom anvendelse, <math>L_{max} \geq 85</math> dB (A)</b>					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Vestlig linjeføring	18	0	0	0	18
Central linjeføring	10	0	0	0	10
Østlig linjeføring	5	0	0	0	5

Tabel 5. Antal nye støjbelastede boliger ( $L_{max} \geq 85$  dB (A)) ved de forskellige linjeføringer.

Langs den nye banestrækning er der ganske få støjbelastede boliger, hhv. 18, 10 og 5 for Vestlig, Central og Østlig linjeføring, samt 2 boliger, der støjbelastes, hvis Sydøstligt alternativ vælges. Disse boliger vil få tilbudt 100% tilskud til facadeisolering. Ved alle boliger, hvor gennemsnitsstøjen ( $L_{den}$ ) ligger over grænseværdien, er grænseværdien for maksimalstøj også overskredet, med undtagelse af en enkelt bolig på Sydøstligt alternativ, hvor  $L_{den}$  er overskredet, men ikke  $L_{max}$ . Tabel 5 viser således også det samlede antal støjbelastede boliger.

	Vestlig linjeføring	Central linjeføring	Østlig linjeføring

Støjbelastede boliger langs Ny bane Hovedgård – Hasselager i kombination med hovedforslaget	18	10	5
---	----	----	---

	Vestlig linjeføring	Central linjeføring	Østlig linjeføring
Støjbelastede boliger langs Ny bane Hovedgård – Hasselager i kombination med sydøstligt alternativ	19	11	6

Tabel 6. Opsummering af støjbelastede bygninger i driftsfasen langs den nye banestrækning på Ny bane Hovedgård-Hasselager.

### **Godstog på Ny bane Hovedgård – Hasselager**

Udgangspunktet for miljøredegørelsen er, at der ikke kører godstog på den nye jernbane. For at have muligheden i fremtiden for at der kan køre godstog på den nye jernbane, er der gennemført støjberegninger med godstog på den nye jernbane. Beregningerne viser, at det samlede antal støjbelastede boliger vil falde med ca. 10. Man vil således kunne flytte godstogene til den nye bane, uden at det ændre væsentligt i antallet af støjbelastede boliger. Dog vil lidt flere af de støjbelastede boliger ligge langs den nye jernbane. Det drejer sig om op til to boliger afhængig af linjeføring.

#### **2.1.3 Vibrationer i driftsfasen**

Vibrationer fra jernbaner opstår, når et tog i bevægelse fremkalder svingninger i skinner og underlag. Vibrationerne breder sig gennem jorden til nærtliggende bygninger.

For mærkbare vibrationer anvendes Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi for boliger i boligområder (hele døgnet) og for boliger i blandede bolig- og erhvervsområder (kl. 18-07) på  $L_{aw} = 75$  dB(KB). Føletærsklen for vibrationer ligger på 71 – 72 dB og vibrationer vil derfor godt kunne være mærkbare, uden grænseværdien er overskredet.

Langs den nye bane er det beregnet, at grænseværdien for mærkbare vibrationer er overskredet indenfor en afstand af ca. 20 m fra banen.

Der vil ikke være vibrationsbelastede boliger langs den nye bane uanset valg af linjeføring.

Hvis der kommer til at køre godstog på den nye jernbane vil afstanden, hvor mærkbare vibrationer er overskredet, blive øget til ca. 30 m. Dette bevirker, at der vil være fem vibrationsbelastede boliger langs Central linjeføring. Der vil stadig ikke være vibrationsbelastede boliger langs Vestlig og Østlig linjeføring.

# 3 Lovgrundlag

## **Miljøbeskyttelsesloven**

Støj og vibrationer fra bygge- og anlægsarbejder reguleres efter Miljøbeskyttelsesloven [1], hvorefter Miljøministeren kan fastsætte regler om anmeldelse af midlertidig placering og anvendelse af anlæg, transportmidler, mobile anlæg, maskiner og redskaber, der kan medføre forurening, herunder om vilkår for disse placeringer og anvendelse.

## **Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter**

Jævnfør bekendtgørelsen [2] skal visse støjfrembringende bygge- og anlægsarbejder anmeldes til kommunen inden 14 dage før igangsætning af aktiviteten. Kommunalbestyrelsen kan fastsætte vilkår eller nedlægge forbud mod aktiviteten såfremt den giver anledning til væsentlig forurening.

## **Støj fra jernbaner**

Miljøstyrelsen har fastsat vejledende støjgrænser for støj fra jernbaner. De fremgår af et tillæg fra juli 2007 til Miljøstyrelsens vejledning nr. 1/1997, "*Støj og vibrationer fra jernbaner*" [3]. De vejledende grænseværdier for trafikstøj er i første række beregnet på planlægningsbrug og gælder for udlægning af nye støjfølsomme områder langs eksisterende jernbaner.

## **Vibrationer i eksternt miljø**

Miljøstyrelsen har fastsat vejledende grænseværdier for vibrationer i det eksterne miljø. De fremgår af Miljøstyrelsens orientering nr. 9/1997, "*Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø*" [4]. Grænseværdierne er helt generelle og knytter sig ikke specielt til jernbaner. Den vejledende grænseværdi for mærkbare vibrationer benyttes som vurderingskriterium for såvel vibrationer i anlægsfasen som i driftsfasen.

Bygningsskadelige vibrationer i forbindelse med anlægsfasen er ikke reguleret via Miljøbeskyttelsesloven eller Miljøstyrelsens vejledninger. Miljøstyrelsen henviser til, at vurderinger kan ske i forhold til den tyske norm DIN 4150-3, [5]

## **Kommunale forskrifter for anlægsarbejder**

Nogle kommuner fastsætter regler og grænseværdier for støj og vibrationer ved bygge- og anlægsarbejder. Aarhus, Skanderborg, Horsens og Odder Kommune har ikke udarbejdet forskrift med grænseværdier for støj og vibrationer i forbindelse med støjende og vibrerende bygge- og anlægsarbejder, men tager stilling til det konkrete anlægsarbejde, når det anmeldes i henhold til miljøbeskyttelsesloven § 42.

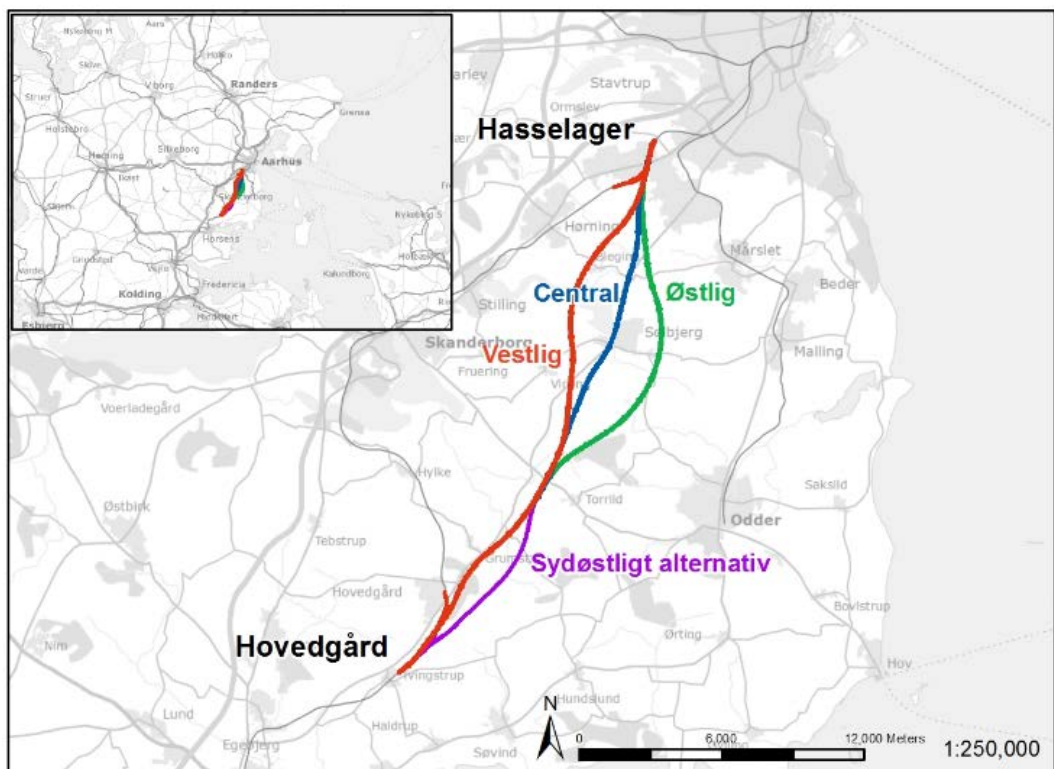
# 4 Baggrund og metode

## 4.1 Baggrundsinformation om projektet

Projektet omhandler en ca. 23 km ny, dobbeltsporet bane fra Hovedgård til Hasselager. Banen bliver elektrificeret og bygges med mulighed for at køre op til 250 km/t.

Der er udarbejdet tre forslag til linjeføring for *Ny bane Hovedgård - Hasselager*. De tre forslag til linjeføring indgår ligeværdigt i VVM-redegørelsen.

På den første del af strækningen fra Hovedgård og frem til vest for Torrild går forslagene til linjeføring gennem Hovedskov og Vedslet. På denne strækning er der en alternativ linjeføring øst om Hovedskov og øst om Assendrup og Vedslet, kaldet **Sydøstligt alternativ**. Det sydøstlige alternativ kan anvendes i kombination med alle tre forslag til linjeføring.



Herefter forløber de tre forslag til linjeføring således:

- **Vestlig linjeføring** forløber vest for Solbjerg og passerer Stilling-Solbjerg Sø på en bro. Linjeføringen passerer tæt forbi Hvilsted samt øst om Virring og vest om Blegind. Den vestlige linjeføring er ca. 23,6 km lang.
- **Central linjeføring** forløber gennem Solbjerg By tæt ved Gl. Århusvej. Linjeføringen passerer gennem Solbjerg mellem byen og

Solbjerg Sø og passerer tæt forbi byerne Hvilsted og Tiset. Den centrale linjeføring er med ca. 23,4 km det korteste af de tre forslag.

- **Østlig linjeføring** forløber umiddelbart øst for Solbjerg, hvor den passerer vest om Astrup Kirke. Linjeføringen passerer tæt forbi byerne Ravnholt og Tiset. Den østlige linjeføring er med ca. 24,7 km det længste af de tre forslag.

De tre forslag til linjeføring sluttet til den eksisterende bane syd for Aarhus ved Hasselager.

Den centrale linjeføring undersøges både med og uden etablering af station i Solbjerg. Med en station vil der fra Solbjerg Hovedgade etableres adgang til en forplads ved stationen. Det eksisterende stisystem i området omlægges og tilpasses stationen. Der etableres perroner med en længde på 240 meter med mulighed for en senere udvidelse op til 320 meter lange perroner.

Eksisterende veje og stier, som forslagene til linjeføring går på tværs af, føres over eller under den nye bane. Enkelte steder kan det være nødvendigt at omlægge eksisterende veje. Banen passerer landskabets terrænforskelle på dæmning eller i afgravning. Der etableres landskabsbroer, hvor terræn- og miljøforhold nødvendiggør det. De steder, hvor banen passerer landskabet i terræn, vil tracebredden være ca. 20 meter. På nogle strækninger vil banen passere i afgravninger op til 15 meter dybe, og på andre strækninger på dæmninger med en højde op til 15 til 20 meter, og banens bredde vil variere alt efter om banen forløber i terræn, afgravning eller på dæmning.

## 4.2 Fakta om støj

---

Støj fra trafik (såvel jernbane som vej) kan være generende. Ved høje niveauer kan trafikstøj forringe livskvaliteten for naboerne og medføre øget risiko for helbredseffekter.

Støjens styrke angives i decibel (forkortet dB). 0 dB svarer omtrent til den svageste lyd et menneske kan høre. 120 dB er så kraftig støj, at det kan gøre ondt i ørene. Ofte vil man se, at der skrives dB(A). "(A)" betyder, at angivelsen af støjniveauet er tilpasset den måde mennesker oplever støjen.

En ændring i støjniveau på 3 dB svarer til en fordobling eller halvering af støjniveauet (f.eks. ved en fordobling eller halvering af trafikken på en jernbane), men rent subjektivt svarer en 3 dB ændring til en lille ændring af det oplevede støjniveau. Der skal ske en ændring på 8-10 dB for at den rent subjektivt opfattes som halvering eller fordobling af støjen.

Som en tommelfingerregel kan man regne med, at ændringer i støjniveauer opleves som angivet i Tabel 7, herunder hvor stor ændring i trafikmængde, der skal til for at opnå ændringen af den oplevede støj.

Ændring i støjniveau	Oplevet ændring	Ændring i trafikmængde
1 dB	Kan næsten ikke opfattes	Faktor 1,25
3 dB	En lille ændring	Faktor 2
6 dB	En væsentlig ændring	Faktor 4
10 dB	En stor ændring – opfattes som en halvering/fordobling	Faktor 10
20 dB	En meget stor ændring	Faktor 100

Tabel 7. Oplevet ændring i støjniveau.

I Danmark beregnes støj fra jernbaner som et årsdøgnmiddel, og det gennemsnitlige støjniveau angives med den fælleseuropæiske målestok for støj,  $L_{den}$ .  $L_{den}$  er en engelsk betegnelse, der står for Level day-evening-night.

$L_{den}$  udregnes ved hjælp af de gennemsnitlige støjniveauer i dag-, aften- og natperioderne. Støjen i aftenperioden (kl. 19 - 22) tillægges et genetillæg på 5 dB, og støjen i natperioden (kl. 22 - 07) får et genetillæg på 10 dB, inden middelværdien beregnes.

Begrundelsen for at tilføje et genetillæg i aften- og natperioden er at give en bedre beskrivelse af, hvorledes støjen opleves. Tillægget om natten tager således højde for, at støjen om natten, hvor man skal sove, generelt opfattes som mere generende.

Bag det gennemsnitlige støjniveau,  $L_{den}$ , ligger ofte betydelige variationer i støjen. På grund af variationer i trafikmængden kan støjen variere betydeligt over døgnet. Herudover varierer støjen med vejrforholdene og beregningerne er derfor gennemført for fire hyppigt forekommende vejsituationer. Man vil som nabo til en jernbane ofte have en langt mere sammensat oplevelse af støjen end den, en simpel gennemsnitsværdi umiddelbart giver udtryk for. En lang række undersøgelser dokumenterer imidlertid, at der er en god sammenhæng mellem de beregnede gennemsnitsværdier og de gener, som jernbanens naboer oplever. Typisk vil de vejledende grænseværdier svare til et støjniveau, hvor 90 – 92 % af befolkningen ikke føler sig stærkt generet af støjen. De vejledende grænseværdier er fastsat af Miljøstyrelsen. Grænseværdierne udgør grundlaget for myndighedernes vurdering af støjforurening. De vejledende støjgrænser er almindeligvis fastlagt ud fra undersøgelser af store befolkningsgruppers opfattelse af støjen. De vejledende grænseværdier er beskrevet i afsnit 4.5 og 4.6.

## 4.3 Fakta om vibrationer

---

Vibrationer er rystelser, der udbreder sig gennem jorden til de omkringliggende bygninger, hvor det kan give anledning til rystelser i gulve, vægge og lofter.

Der kan opstå vibrationer i en bygning tæt på banen i forbindelse med anlægsarbejderne og i driftsfasen, når et tog passerer. Anlægsarbejder kan give anledning til vibrationer, som kan stamme fra aktiviteter som nedbrydning af beton, komprimering af jord, ramning af spuns og fordeling samt komprimering af ballast i jernbanespor.

En jernbane i drift kan også give anledning til vibrationsgener ved de allernærmeste naboer og ved særligt vibrationsfølsomme bygninger.

Vibrationer opfattes forskelligt. Der kan være mærkbare vibrationer, som opfattes af kroppen efter at være blevet overført via gulv eller vægge. Vibrationer kan også få vinduer eller glas til at klirre. Man skal være opmærksom på, at fænomener som mønstre i en vandoverflade eller klirrende inventar kan opstå ved vibrationsniveauer, som er betydeligt lavere end føletærsklen.

Der er to typer af negative effekter af vibrationer. Mærkbare vibrationer og bygningsskadelige vibrationer.

Vibrationer beskriver den oplevede gene og benævnes ofte dB(KB). "(KB)" betyder, at angivelsen af vibrationsniveauet er tilpasset den måde, mennesket opfatter (føler) vibrationerne.

Menneskets gennemsnitlige føletærskel for vibrationer er omkring 71 – 72 dB(KB). Det er karakteristisk, at en mindre forøgelse på få dB kan give anledning til en mærkbar forøgelse af den oplevede gene. Derfor er der kun få dB mellem føletærskel og grænseværdien.

I forbindelse med anlægsarbejder måles og vurderes vibrationer, som kan medføre bygningsskader. Det skal bemærkes, at selvom vurderingskriterierne for bygningsskadelige vibrationer overholdes, kan det ikke udelukkes, at der kan forekomme kosmetiske skader som revner i lofter, puds mv. på den udsatte bygning. Vibrationer kan fremskynde skader, som ellers ville forekomme på et senere tidspunkt. Man skal være opmærksom på, at vibrationer kan mærkes ved niveauer, der er væsentligt lavere end de niveauer, der kan medføre skader på bygninger.

Vibrationer fra en jernbane i drift opstår ved kontakt mellem hjul og skinne. Kvaliteten og vedligeholdelsen af skinne og hjul har stor betydning for vibrationsniveauet. Skinner med dårlige samlinger, skinner der trænger til slibning eller hjul, der ikke er helt runde på grund af skader eller ringe vedligeholdelse, giver anledning til højere vibrationsniveau i forhold til godt vedligeholdte hjul og skinner.

I vibrationsberegningerne er det forudsat, at skinner og hjul er godt vedligeholdt og af god kvalitet.

Størrelsen af vibrationerne i det enkelte hus påvirkes også af togtypen, toglængden, hastigheden, de geologiske forhold og ikke mindst bygningskonstruktionen.

## 4.4 Datagrundlag

---

Der er i forbindelse med støj og vibrationsundersøgelserne anvendt en lang række data som grundlag, herunder data fra GeoDanmark, Bygnings- og boligregistret (BBR), Banedanmark mv. En liste over de anvendte data fremgår af Bilag 4.

Herudover er benyttet forudsætninger for støjundersøgelser i Timemodellen [6] og [14].

## 4.5 Grænseværdier for støj og vibrationer i anlægsfasen

---

### 4.5.1 Grænseværdier for støj

Støj fra bygge- og anlægsarbejder reguleres efter miljøbeskyttelseslovens § 7 [1], hvorefter Miljøministeren kan fastsætte regler om anmeldelse af midlertidig placering og anvendelse af anlæg, transportmidler, mobile anlæg, maskiner og redskaber, der kan medføre forurening, herunder om vilkår for disses placeringer og anvendelse.

Jf. Bekendtgørelse nr. 467 om miljøregulering af visse aktiviteter [2] skal visse støv- eller støjfrembringende bygge- og anlægsarbejder anmeldes til kommunen mindst 14 dage inden igangsætning.

Nogle kommuner fastsætter regler og grænseværdier for støj og vibrationer ved bygge- og anlægsarbejder, mens andre kommuner regulerer anlægsaktiviteter ved at give et påbud til de enkelte aktiviteter. Der er ingen af de berørte kommuner Aarhus, Skanderborg, Odder eller Horsens, der har fastsat præcise støj- eller vibrationsgrænser for midlertidige aktiviteter. Kommunerne kan ved væsentlige gener give påbud om afhjælpning af gener og – om nødvendigt – nedlægge forbud mod anlægsarbejdet.

Støj fra anlægsarbejdet vurderes som udgangspunkt efter Banedanmarks miljømålsætning [7], som fremgår af Tabel 8.

Tidsrum	Støjgrænse, anlægsstøj
Mandag – fredag kl. 07-18 Lørdag kl. 07-14	$L_r = 70 \text{ dB(A)}$
Øvrige tidsrum samt søn- og helligdage	$L_r = 40 \text{ dB(A)}$

Tabel 8. Banedanmarks miljømålsætning for støj fra anlægsarbejde [7].



Midlingstid (referencetidsrum) for beregning af det ækvivalente støjniveau fremgår af Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984 "Ekstern støj fra virksomheder" [8].

Det ækvivalente støjniveau korrigeres, hvis støjen indeholder tydeligt hørbare toner eller impulser, se endvidere Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 5/1984 "Ekstern støj fra virksomheder" [8].

Ved etablering af *Ny bane Hovedgård - Hasselager* vil der forekomme impulser i anlægsstøjen fra aktiviteter, hvor der indgår ramning, men det kan ikke afvises, at de også kan optræde ved andre aktiviteter, f.eks. nedrivning af bygninger. Impulser dæmpes med afstanden og det kan ikke på forhånd afgøres i hvilken afstand fra støjilden, der i givet fald skal gives genetillæg. Det kan dog med sikkerhed afgøres, at der ved ramning skal gives impulstillæg i kortere afstand, og der er derfor medregnet et impulstillæg ved vurderinger i forhold til grænseværdien på 70 dB(A), men ikke ved vurderinger i forhold til 40 dB(A).

For det aktuelle projekt vil Banedanmark sammen med de berørte myndigheder aftale, at støjgener i videst muligt omfang skal begrænses ved en hensigtsmæssig planlægning, ved anvendelse af mindre støjende arbejdsprocesser og maskinel eller ved midlertidig afskærmning. Hvor støjgener i boligområder ikke kan undgås, gennemføres en intensiv information til naboer.

#### 4.5.2 Grænseværdier for vibrationer

Grænseværdier for vibrationer ved anlægsarbejder er foreslået af Miljøstyrelsen i Orientering nr. 9/1997 [4]. Grænseværdierne for mærkbare vibrationer er generelle og fremgår af Tabel 9.

Områdetype	Periode	Vejledende grænseværdier for mærkbare vibrationer
Boliger, børneinstitutioner og lignende	Hele døgnet	$L_{aw} = 75 \text{ dB(KB)}$
Boliger i blandet bolig/erhvervsområde Kontorer, undervisningslokaler	Aften/nat (kl.18-07)	$L_{aw} = 75 \text{ dB(KB)}$
	Dag (kl.07-18)	$L_{aw} = 80 \text{ dB(KB)}$
Erhvervsbebyggelse		$L_{aw} = 85 \text{ dB(KB)}$

Tabel 9. Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for mærkbare vibrationer [4].

Vibrationsniveauet skal måles på gulvet inde i bygningen.

Vibrationer, der kan beskadige bygninger, er ikke reguleret ved en vejledning eller lov. Miljøstyrelsen henviser dog til den tyske norm DIN 4150-3 [5] for vurdering af skadelige vibrationer på bygninger. Her beskrives sammenhængen mellem vibrationsniveauet på bygningens fundament og sandsynligheden for, at bygningen beskadiges som en direkte følge af vibrationerne.

Normens vurderingskriterier for bygningsvibrationer ses i Tabel 10.

Bygningskategori	Grænseværdi
Erhvervs- og industribygninger	$V_{\text{peak}} \leq 20 \text{ mm/s}$
Bygninger til beboelse	$V_{\text{peak}} \leq 5 \text{ mm/s}$
Særligt følsomme og fredede bygninger	$V_{\text{peak}} \leq 3 \text{ mm/s}$

Tabel 10. Vurderingskriterier for bygningssskadelige vibrationer, DIN 4150-3 [5].

Vurderingskriterierne for bygningssskadelige vibrationer i Tabel 8 kan ikke umiddelbart sammenlignes med grænseværdierne for mærkbare vibrationer i Tabel 7. En overordnet sammenligning viser dog, at vurderingskriterierne for bygningssskadelige vibrationer er i omegnen af 20 til 30 dB højere end grænseværdierne for mærkbare vibrationer.

Med mindre der forekommer vibrationer, som overskrider vurderingskriterierne i Tabel 8 væsentligt, må det vurderes mindre sandsynligt, at vibrationerne umiddelbart kan skade bygningerne.

Vibrationer kan imidlertid fremskynde skader, som ville være sket på et senere tidspunkt som følge af f.eks. sætninger.

## 4.6 Grænseværdier for støj og vibrationer i driftsfasen

---

### 4.6.1 Grænseværdier for støj fra jernbaner

Miljøstyrelsen har fastsat en række vejledende grænseværdier for støj fra jernbaner. De vejledende grænseværdier er grundlaget for myndighedernes vurdering af støj. Grænseværdierne er ikke udtryk for en rettighed til at udsende støj, men der findes heller ikke en generel pligt til at overholde de vejledende støjgrænser, bortset fra i forbindelse med planlægning af støjfølsomme funktioner på støjbelastede arealer. Grænseværdierne lægges til grund, når det skal afgøres, hvilke områder der er støjbelastede, når der skal udarbejdes kommune- og lokalplaner, men anvendes også som grundlag for fastsættelse af, hvornår eksempelvis en bolig er støjbelastet langs en eksisterende eller ny jernbane, og om der skal gennemføres afværgeforanstaltninger.

De vejledende støjgrænser er fastsat som et kompromis mellem hensyn til støjbeskyttelse af befolkningen og samfundsøkonomi. De vejledende grænseværdier fremgår af Tabel 11.

Områdetype	Vejledende grænseværdier for jernbanestøj
Rekreative områder i det åbne land (sommerhusområder, campingpladser)	$L_{den} = 59 \text{ dB(A)}$
Rekreative områder i eller nær byområder (bydelsparker, kolonihaver, nyttehaver, turistcampingpladser)	$L_{den} = 64 \text{ dB(A)}$
Boligområder (boligbebyggelse, daginstitutioner m.v., udendørs opholdsarealer)	$L_{den} = 64 \text{ dB(A)}$ $L_{Amax} = 85 \text{ dB(A)}$ (ved boliger)
Offentlige formål (hospitaller, skoler o.l.)	$L_{den} = 64 \text{ dB(A)}$
Liberale erhverv (hoteller, kontorer m.v.)	$L_{den} = 69 \text{ dB(A)}$

Tabel 11. Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for støj fra jernbaner [3]. Støjgrænserne gælder for såkaldt "frit felt", dvs. uden medregning af en lydrefleksion fra boligens egen facade.

I henhold til Miljøstyrelsens vejledning om støj fra jernbaner [3] er en bolig reelt støjbelastet, når  $L_{den} > 64 \text{ dB(A)}$  eller  $L_{Amax} > 85 \text{ dB(A)}$  (dvs. støjen er over grænseværdien). Det er imidlertid normal praksis i Banedanmark, at betragte en bolig som støjbelastet, når  $L_{den} \geq 64 \text{ dB(A)}$  eller  $L_{Amax} \geq 85 \text{ dB(A)}$  (dvs. støjen er den samme som eller højere end den vejledende grænseværdi). Denne praksis er også anvendt i dette projekt.

#### 4.6.2 Grænseværdier for mærkbare vibrationer

Miljøstyrelsen vejledende grænseværdier for vibrationer er sammenfattet i Tabel 12.

Områdetype	Periode	Vejledende grænseværdier for mærkbare vibrationer
Boliger, børneinstitutioner og lignende	Hele døgnet	$L_{aw} = 75 \text{ dB(KB)}$
Boliger i blandet bolig/erhvervsområde Kontorer, undervisningslokaler	Aften/nat (kl.18-07)	$L_{aw} = 75 \text{ dB(KB)}$
	Dag (kl.07-18)	$L_{aw} = 80 \text{ dB(KB)}$
Erhvervsbebyggelse		$L_{aw} = 85 \text{ dB(KB)}$

Tabel 12. Miljøstyrelsens vejledende grænseværdier for vibrationer [4].

Den vejledende grænseværdi for mærkbare vibrationer er  $75 \text{ dB(KB)}$  i boliger. Der er tale om det maksimale indendørs vibrationsniveau, og konstruktionen af den enkelte bygning har en betydelig indflydelse på niveauet. Grænsen på  $75 \text{ dB(KB)}$  gælder for vibrationer på gulv i opholdsrum under en togpassage.

For jernbaner har Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for støjmålinger udarbejdet en orientering [9] og retningslinjer [10], der beskriver, hvordan grænseværdien skal tolkes. Grænseværdien gælder for den togtype, der giver anledning til den højeste værdi af  $L_{aw}$  og afhænger ikke af antallet af tog.

## 4.7 Støj og vibrationer i anlægsfasen

---

Støj, der vil optræde i fremtiden, kan ikke måles, men må beregnes. Beregningsgrundlaget bygger på forudsætninger om det materiel, der forventes anvendt, og om den støj materiellet giver anledning til. Disse oplysninger er baseret på et omfattende erfaringsmateriale fra andre større anlægsprojekter, hvor der er udført målinger af støjen, mens arbejdet blev udført. For visse støjklender er anvendt typiske standarddata fra Støjdatabogen [11] (f.eks. lastbiler).

I beregningerne er der fokuseret på de væsentligste og mest støjende arbejdsprocesser for projektet. Der er således ikke foretaget egentlige støjberegninger for anlægsfasen i alle dens faser eller ved samtlige broer, idet det i praksis vil være umuligt at opstille et tilnærmelsesvis retvisende grundlag for forudsætningerne ved anlægsaktiviteterne på det foreliggende grundlag. Det er endvidere endnu ikke afklaret, hvordan entreprenørerne vil udføre opgaverne og dermed præcist, hvilke maskiner der vil indgå i arbejderne.

De anvendte forudsætninger for støjberegningerne tilstræber dermed at vise en worst-case situation. Der kan blive anvendt andre typer materiel og metoder end forudsat i disse støjvurderinger. Det afgørende er imidlertid, at de metoder, der vil blive anvendt, ikke medfører mere støj end forudsat, og der er derfor også anvendt en worst-case betragtning ved udvælgelse af støjdata.

Oplysningerne om støjklendernes udsendelse af støj (deres lydeffektniveauer, driftstider og støjens frekvenssammensætning) er anvendt til at beregne støjen. Beregningerne er udført i overensstemmelse med Miljøstyrelsens vejledning 5/1993, Beregning af ekstern støj fra virksomheder. Fælles nordisk beregningsmetode [12]. Til støjberegningerne anvendes beregningsprogrammet SoundPLAN ver. 7.4, hvor kort med målestoksforhold, bygninger, skærme, reflekterende genstande, terræn, beregningspunkter og kildedata indlægges/digitaliseres, hvorefter softwaren beregner støjen i de udvalgte områder.

Vurdering af vibrationer fra anlægsarbejde er foretaget for særligt udsatte områder og ud fra praktiske erfaringer. Der eksisterer ingen standardiseret metode, og undergrundens egenskaber har stor indflydelse på både vibrationernes udbredelse og valget af anlægsmetoder. Også de enkelte bygningers konstruktioner har stor indflydelse, da de påvirkes og reagerer forskelligt.

### 4.7.1 Væsentlige arbejdsprocesser i forhold til støj i anlægsfasen

Aktiviteter i forbindelse med anlæg af *Ny Bane Hovedgård - Hasselager* omhandler bl.a. aktiviteter langs hele linjeføringen og aktiviteter knyttet til bestemte konstruktioner.

De forventede støjende aktiviteter for hver anlægsaktivitet er beskrevet i Tabel 13.

Anlægs aktivitet	Støjende aktiviteter
Arealerhvervelse, ekspropriationer	Nedrivning af ejendomme, der totaleksproprieres (primært central linjeføring)
Ledningsomlægninger, etablering af arbejdspladser	Ingen større støjende aktiviteter, dog vil der i anlægsfasen være støj fra arbejdspladserne
Etablering af broer, konstruktioner, trafikomlægning og veje	Nedramning, kørsel med entreprenørmaskiner, lastbiler m.v. Herunder etablering af bro over Stilling-Solbjerg Sø ved vestlig linjeføring
Jordarbejder	Kørsel med entreprenørmaskiner, lastbiler m.v.
Opbygning af bane	Udlægning af skræver, sveller, skinner og kørestrømsmaster mv.

Tabel 13. Støjende anlægsaktiviteter.

Støjen fra maskiner og aktiviteter er beregnet på baggrund af deres lydeffektniveau. De anvendte lydeffektniveau for det støjende materiel fremgår af Tabel 14.

Arbejdsproces	L <sub>WA</sub> , dB	Reference
Nedramning af spuns med hydraulisk hammer	125	Rambøll, COWI
Ramning af pæle (køreledningsmaster, støjskærme o.lign.)	115	Rambøll, COWI
Nedbrydning med hydraulisk saks eller betonhammer	105	COWI
Gravemaskine/gummihjulslæsser, blandet drift	103	Atkins/COWI, Ny Ellebjerg Station
Dozere, kraner, betonkanoner, asfaltudlægger og tromler	103	Atkins/COWI, Ny Ellebjerg Station
Lastbiler, svag acceleration, 10-20 km/h	101	Støjdatabogen, Lydteknisk Institut
Ballastfordeler type USP 2000	111	Plasser & Theurer, DK
Sporbygning med sporbygningstog SVM-1000	110	Plasser & Theurer, DK
Sporstabiliseringsmaskine type DGS 62N	98	Plasser & Theurer, DK
Sporjusteringsmaskine 08-32U	102	Plasser & Theurer, DK

Tabel 14. Kildestyrker for støjende materiel.

De enkelte maskiner anvendes alene eller sammen med andet materiel til gennemførelse af de anlægsaktiviteter, der indgår i det samlede anlægsprojekt for *Ny bane Hovedgård - Hasselager*.

Der kan optræde andre støjende aktiviteter fra diverse håndværktøjer, men dette vil være mindre betydende.

På de lokaliteter, hvor der skal etableres spunsvægge, er det forudsat, at det vil ske ved nedramning, som er den mest støjende metode.

Forudsætningerne for støjberregning for anlægsaktiviteter langs linjeføringen for etablering af baneanlægget er opstillet i Tabel 15.

Anlægsaktivitet	Forventet type af maskinanvendelse	Estimat for antal af maskiner i samtidig drift inden for aktuel lokalitet / strækning på 100 m.	Estimeret samlet kildestyrke $L_{WA}$
Nedrivning pr. ejendom	Gravemaskine, Gummihjulslæsser Lastbiler Hydraulisk saks / betonhammer	3-5	110
Konstruktion af bro / faunapassage / dalbro med tilhørende vejanlæg	Gravemaskiner Dumpere Dozer Komprimeringsudstyr Tromle Asfaltudlægningsmaskine Kraner Lastbiler Betonkanoner Hydraulisk hammer	5-10	125
Konstruktion Søkrydsning over Stilling-Solbjerg Sø (kun for Vestlig linjeføring)	Pram Gravemaskiner Dumpere Dozer Komprimeringsudstyr Tromle Asfaltudlægningsmaskine Kraner Lastbiler Betonkanoner Hydraulisk hammer	10	125
Jordarbejder og underbygning	Lastbiler Gravemaskiner Gummihjulslæssere Dumpere	5-10	110
Oplags-aktiviteter	Lastbiler Dumpere Kraner Gummihjulslæssere Gravemaskiner	3-5	110

Anlægsaktivitet	Forventet type af maskinanvendelse	Estimat for antal af maskiner i samtidig drift inden for aktuel lokalitet / strækning på 100 m.	Estimeret samlet kildestyrke $L_{WA}$
Sporopbygning (overbygning og baneteknik) inklusive fundamentter til køreledningsmaster	Stort sporbygningstog eller Sporjusteringsmaskine eller Sporstabiliseringsmaskine eller Ballastfordeler samt Lastbiler Kraner Dumpere Svejseudstyr Slibeudstyr Hydraulisk hammer	5-10	115

Tabel 15. Oversigt over antal maskiner i drift ved forskellige anlægsaktiviteter.

Ved tilslutning af udfletningsanlæggene fra eksisterende til *Ny bane Hovedgård - Hasselager* medfører anlægsarbejdet, at sporene spærres og banen lukkes helt for trafik. Det er en generel målsætning, at trafikken på jernbanen afbrydes i så korte perioder som muligt. Det medfører imidlertid behov for, at anlægsarbejdet gennemføres i døgndrift. De øvrige anlægsarbejder vil primært foregå i dagtimerne på hverdage samt evt. lørdage. Der kan dog i perioder være behov for at arbejde ud over dagperioden og evt. også i natperioden. Ved vurderingerne er der således taget højde for at alle anlægsaktiviteter kan foregå hele døgnet.

#### **Arbejdspladsarealer, oplagspladser og jordoplag**

På arbejdspladsarealer etableres mandskabsfaciliteter og parkering af private biler såvel som diverse entreprenørmaskiner. Der vil således være transport til og fra arbejdspladsarealer med private biler og entreprenørmaskiner flere gange dagligt.

Oplagspladser skal benyttes til diverse oplag af materialer. Der vil ske tilkørsel af materialer til pladsen på lastbiler og håndtering og bortkørsel af materialer med entreprenørmaskiner. Specielt af- og pålæsning af skærver vil være støjende. Støjen fra aflæsningen er dog kortvarig. På jordoplag vil der være til- og frakørsel af jord med entreprenørmaskiner.

Oplagsaktiviteter omfatter byggepladser, der placeres på en række lokaliteter på strækningen. De vurderes at omfatte samtidig drift af 3 - 5 gravemaskiner/ gummihjulslæssere og lastbiler. Ved samtidig drift vil disse støjkluder medføre en samlet støjkludestyrke på op til  $L_{WA} = 110$  dB.

#### **Konstruktioner med broer og station**

For anlægsarbejderne ved etablering af broer er den mest støjende aktivitet nedramning af spuns eller pæle.

Der skal ligeledes anlægges flerfagsbroer over større ådale og for Vestlig linjeføring skal der anlægges en bro over Stilling-Solbjerg Sø. Disse større broer omfatter de samme støjende aktiviteter som etablering af andre broer, men anlægsarbejdet er mere omfattende og tager længere tid. Det samme er gældende for rammebroer i forbindelse med udfletningsanlæg.

Desuden skal der køres materialer og jord til og fra broanlæggene samt fjernes vejbelægning, opbygges vejdæmninger, etableres nyt bygværk, samt udlægges asfalt mv. Der vil være kørsel med lastbiler, gravemaskiner, dozere, kraner, betonkanoner, afskæring og fræsning i asfalt, asfaltudlægger og tromler.

Anlægsarbejderne ved etablering af støttemure, faunapassager mv. omfatter støjende aktiviteter som nedramning af spuns. Desuden vil der være kørsel med lastbiler, gravemaskiner, dozere, kraner, betonkanoner mv.

Anlægsarbejderne ved etablering af perroner mv. omfatter støjende aktiviteter som nedramning af spuns. Desuden vil der være kørsel med lastbiler, gravemaskiner, dozere, kraner, betonkanoner mv. Det er kun for Centrale linjeføring, at der vurderes et tilvalg med en station ved Solbjerg. Afgravede jord- og grusmaterialer mv. fra perroner bortkøres på lastbiler, som også tilkører nye materialer.

Anlægsaktiviteten omfatter etablering af broer. Den indeholder en række forskellige delaktiviteter, hvoraf flere ikke støjer væsentligt. Som worst-case er der taget udgangspunkt i støjen fra nedramningsaktiviteter, ved den mest støjende metode, nemlig nedramning af spuns med hydraulisk hammer ( $L_{WA} = 125$  dB).

### **Jordarbejder**

Anlægsarbejdet starter med de forberedende arbejder, som omfatter etablering af arbejdsveje samt arbejdspladsarealer, oplagspladser og jordoplag. For disse arealer skræbes mulden af og lægges op i bunker, og der tilkøres grus, som tippes af og udlægges på arealerne og harves. Der vil jævnligt i hele anlægsperioden blive foretaget vedligehold af arbejdsveje. Den nye jernbanes længdeprofil forsøges anlagt så tæt på eksisterende terræn som muligt og med hensyntagen til krydsende veje og faunapassager. Flere steder vil der være behov for terrænregulering enten ved afgravning eller etablering af dæmninger. Der kan være behov for tilkørsel eller frakørsel af jord.

Overskydende jord, blødbundsmaterialer og muld vil fra jordoplagene blive kørt ud og fordelt over udvalgte landbrugsarealer i nærområdet. Forurenede jord, der ikke kan anvendes i dæmninger eller på landbrugsjord, bliver kørt til godkendt modtager. Der vil være en del lastbilkørsel med materialer, samt kørsel med entreprenørmaskiner. Jordarbejderne vil typisk have en varighed af 1-2 måneder i de enkelte områder.

Dertil kommer anlægsarbejder med at spule/nedpløje kabler, udlægge kabelrør, etablere brønde, regnvandsbassiner, erstatningsvandhuller, regulering af rør for udledning til vandløb og omlægning af enkelte vandløb.



Efter at spor er etableret, bliver arbejdsveje mv. retableret. Dvs. at grus graves af og køres bort, arealerne grubbes og mulden lægges tilbage på arealet.

Jordarbejderne vurderes at foregå ved samtidig drift af 5-10 entreprenørmaskiner med blandet drift, samt kørsel med lastbiler. Disse aktiviteter omfang vil kunne foregå inden for et område på ca. 100 m langs banen. Ved samtidig drift vil disse fem maskiner medføre en samlet støj kildestyrke på  $L_{WA} = 110$  dB.

#### ***Nedramning af køreledningsmaster***

Hele strækningen skal elektrificeres. Dette indebærer, at der skal etableres køreledningsmaster. Den mest støjende proces i denne forbindelse vil være ramning af fundamenter til masterne. Processen er meget støjende så længe den står på, men støjbelastningen af den enkelte bolig vil være relativt kortvarig. Afstanden mellem fundamenterne er ca. 90 m dog kortere på stationsområder og i kurver og ramningen tager typisk ½ time pr. køreledningsmast afhængig af jordbundens beskaffenhed.

Nedramning af køreledningsmaster indeholder aktiviteten ramning af pæle, som har en kildestyrke på  $L_{WA} = 115$  dB.

#### ***Sporopbygning***

Etablering af spor vil være af længere varighed, men den enkelte arbejdsproces er ofte af kortere varighed, og der kan være kortere- eller længerevarende pauser imellem, at de forskellige arbejdsprocesser udføres på den enkelte delstrækning. De forskellige sporopbygningstog bevæger sig typisk med en hastighed på 1 til 2 km pr. døgn.

På hele strækningen vil desuden foregå justering med sporjusteringsmaskine, skærverregulering med ballastfordeler, supplerung af skærver, sporstabilisering samt skinnerlibning.

Sporbygning kan foregå med flere forskellige sporopbygningstog, hvor ét tog er i drift af gangen. Scenariet er som worst-case baseret på ballastfordeler som den mest støjende aktivitet.  $L_{WA} = 115$  dB inden for et område på 1-2 km pr. døgn.

### **4.7.2 Metode for vurdering af anlægsstøj**

Antallet af boliger er opgjort inden for den givne afstand, hvor støjniveauet er over støjgrænsen.

Ud fra antallet af boliger er støjfølsomheden angivet på en skala fra 0 til 3. På den måde kan der relativt hurtigt skabes et overblik over omfanget af boliger. Følgende skala er anvendt ved vurderingen af støjfølsomheden af området ved hver anlægsaktivitet.

- 0: Ingen belastede boliger
- 1: 1-10 boliger hvor  $L_{Aeq} > 70$  dB(A)
- 2: 11-20 boliger hvor  $L_{Aeq} > 70$  dB(A)

3: Flere end 20 boliger hvor  $L_{Aeq} > 70$  dB(A).

Skalaen kan oversættes til følgende påvirkninger, men i den samlede vurdering af påvirkningen indgår også hvor lang tid den enkelte aktivitet tager, således vil en støjpåvirkning der kun vare meget kort tid kun give en mindre påvirkning:

- 0: Ingen/ubetydelig påvirkning
- 1: Mindre påvirkning
- 2: Moderat påvirkning
- 3: Væsentlig påvirkning.

For støj fra etablering af baneanlægget langs linjeføringerne optælles det samlede antal støjbelastede boliger.

#### **4.7.3 Væsentlige arbejdsprocesser i forhold til vibrationer i anlægsfasen**

Ramning og vibrering af spuns og pæle er de anlægsaktiviteter, hvor der er størst risiko for bygningskader og vibrationsgener. Afstanden for at der ikke sker bygningskader, og for at man overholder de vejledende grænseværdi for mærkbare vibrationer på 75 dB(KB), vurderes (se tabel 23) og antallet af boliger inden for den givne afstand optælles.

##### **Metode for vurdering af vibrationer**

Ud fra antallet af boliger er vibrationspåvirkningen angivet på en skala fra 0 til 3. På den måde kan der relativt hurtigt skabes et overblik over omfanget af boliger. Følgende skala er anvendt i vurderingen af vibrationspåvirkningen af området ved hver anlægsaktivitet.

- 0: Ingen belastede boliger
- 1: 1-10 boliger hvor  $L_{aw} > 75$  dB(KB)
- 2: 11-20 boliger hvor  $L_{aw} > 75$  dB(KB)
- 3: Flere end 20 boliger hvor  $L_{aw} > 75$  dB(KB).

Skalaen kan oversættes til følgende påvirkninger, men i den samlede vurdering af påvirkningen indgår også hvor lang tid den enkelte aktivitet tager, således vil en vibrationspåvirkning der kun vare meget kort tid kun give en mindre påvirkning:

- 0: Ingen/ubetydelig påvirkning
- 1: Mindre påvirkning
- 2: Moderat påvirkning
- 3: Væsentlig påvirkning.

## **4.8 Støj og vibrationer i driftsfasen**

---

Undersøgelsen af de støjmæssige konsekvenser er udført ved brug af beregningsmetoden Nord2000 [3]. Støjen fra jernbanen er beregnet som både årsdøgnmiddelværdien ( $L_{den}$ ) og maksimalniveauet ( $L_{Amax}$ ) af støjen under passage af et tog (med den mest støjende togtype).

Kortlægning af støjen er gennemført for alle støjbelastede boliger omkring den eksisterende jernbane, samt hver linjeføring og alternativer.

Antallet af støjbelastede boliger eller bygninger med anden støjfølsom anvendelse optælles for hver linjeføring og alternativ.

Ved beregning af maksimalniveauet ( $L_{Amax}$ ) indregnes et tillæg på 6 dB ved kørsel gennem sporskifter, som beskrevet i [13]. Der er taget udgangspunkt i, at alle broer etableres som betonbroer, eller med skærver, og der dermed ikke skal gives tillæg.

Beregningerne er udført på to måder:

### **1) Beregning af støjens udbredelse, $L_{den}$ og $L_{Amax}$**

Resultaterne foreligger som støjkort, der viser støjens udbredelse omkring banen. Støjkortene viser henholdsvis årsdøgnmiddelniveau  $L_{den}$  og maksimalstøjniveauet  $L_{Amax}$ . Beregningshøjden for begge støjkort er 1,5 m over terræn. Ved beregning af støjkort indgår også reflektioner fra bygningers facader. Tæt ved de enkelte bygninger kan støjkurverne derfor vise et støjniveau, der kan være op til 2-3 dB højere end uden reflektioner. De vejledende grænseværdier jf. Tabel 9 gælder imidlertid som fritfeltsværdi, hvor støj, der reflekteres fra egen bygningsfacade, ikke skal medregnes. Støjkort vil derfor helt tæt ved bygninger ikke være helt retvisende i forhold til, om de vejledende grænseværdier er overholdt. I bilag 5 er vedlagt en række støjkort, der viser støjforholdene for de enkelte linjeføringer og alternativer.

### **2) Beregning af støjen ved facaden af boliger og andre bygninger**

Til brug for optælling af antallet af støjbelastede boliger er der gennemført beregning af henholdsvis årsdøgnmiddelniveau  $L_{den}$  og maksimalstøjniveauet  $L_{Amax}$  ved facaden af boliger og andre støjfølsomme bygninger. Resultaterne af beregningerne af støjbelastningen på facaderne er anvendt til optælling af antallet af støjbelastede boliger langs banen. Ved facadeberegningerne indgår ikke støj, der reflekteres fra egen bygningsfacade. Niveauerne repræsenterer således en fritfeltsværdi og kan derfor direkte sammenlignes med de vejledende grænseværdier, jævnfør Tabel 9. Beregningshøjden på facaden er for stueplan fastsat til 1,5 m over terræn (svarende til højden midt på et vindue). Ved etageboliger og boliger med udnyttet tagetage er der regnet i flere højder svarende til etagehøjden.

#### **4.8.1 Støjbelastede boliger**

Boliger langs jernbaner betragtes som støjbelastede, hvis støjen ved boligens facade angivet som  $L_{den}$ , er større end eller lig med 64 dB(A). Boligen betragtes også som støjbelastet, hvis støjen angivet som  $L_{Amax}$  er større end eller lig med 85 dB(A), også selvom  $L_{den}$ -niveauet er under 64 dB(A).

Hvis parcel- og rækkehuse, stuehuse og lignende har en udnyttet tagetage, hvor støjen overstiger de vejledende grænseværdier, betragtes boligen som

støjbelastet. Det gælder også selvom grænseværdierne er overholdt ved stueetagen.

Støjundersøgelsen omfatter en opgørelse af antallet af støjbelastede boliger og andre støjfølsomme bygninger. Anvendelsen af bygningerne er baseret på oplysninger fra Bygnings- og Boligregistret, BBR.

Opgørelsen af antallet af støjbelastede boliger og andre bygninger er koncentreret om den mest støjfølsomme anvendelse af den enkelte bygning jf. Tabel 14. Det er alene egentlige ejendomme til boligformål, der ligger til grund for beslutning om etablering af støjskærme, ligesom det også kun er ejendomme til boligformål, der kan få tilbud om tilskud til støjisolering.

Tabel 16 viser de bygningstyper, der indgår i optællingen af støjbelastede boliger.

Bygningsanvendelse i resultatskemaer	BBR bygningskategorier	
	Kode	Betegnelse
Parcel- og rækkehuse, stuehuse m.m.	110	Stuehus til landbrugsejendom
	120	Fritliggende enfamiliehus
	130	Række-, kæde- eller dobbelthus
	190	Anden bygning til helårsbebyggelse
Etageboliger og kollegielejligheder	140	Bolig i etageboligbebyggelse
	150	Kollegieværelse/lejlighed
Døgninstitutioner	160	Døgninstitutioner
Sommerhuse	510	Sommerhuse
	540	Kolonihaver med overnatning

Tabel 16. Bygningstyper, der indgår i støjundersøgelsens opgørelser af antal støjbelastede boliger og andre bygninger.

#### 4.8.2 Støjbelastningstal

Den samlede belastning med støj, og dermed de gener, som støjen medfører i et område, kan udtrykkes som antallet af boliger, der udsættes for støj over den vejledende grænseværdi kombineret med støjniveauet ved de enkelte boliger.

I Danmark anvendes det såkaldte støjbelastningstal (SBT), som er et udtryk for den samlede støjgene. Støjen beregnes ved hver enkelt bolig og ganges med en genegrad, der er fastlagt på baggrund af undersøgelser af de gener, mennesker oplever, når de udsættes for støj fra jernbaner ved boligen. Et støjbelastningstal på 0 for en given banestrækning angiver således, at ingen boliger udsættes for støj over den vejledende grænseværdi for  $L_{den}$ .

Støjbelastningstallet giver således mulighed for at sammenligne de forskellige projektforslag med hensyn til støj ud fra genevirkningen i stedet for udelukkende en opgørelse af antal støjbelastede boliger.

Støjbelastningstallet anvendes ligeledes som grundlag for udpegning af banestrækninger, hvor kriterierne for at opsætte en støjskærm er opfyldt.

Yderligere detaljerede oplysninger om støjbelastningstal kan ses af Bilag 3 Tekniske beregningsforudsætninger.

### 4.8.3 Trafikgrundlag

Det trafikale grundlag til beregning af støj fra jernbanen er oplyst af Banedanmark. Ved beregningerne er der anvendt trafikmængder (togmeter/døgn) og togtyper som anført i Tabel 17. I Bilag 2 fremgår en detaljeret oversigt over trafikmængder og hastigheder.

Strækning	Togtype	Eksisterende forhold År 2016	0-alternativ År 2030	Ny bane År 2030	Central linjeføring med station i Solbjerg År 2030
Vejle – Skanderborg Eksisterende bane	IC/RE	8,58	-	-	-
	ICX	-	12,9	-	6,8
	ET	-	7,9	8,2	5,2
	Lint	-	-	-	-
	Godstog	0,5	2,2	2,2	2,2
Skanderborg – Hasselager Eksisterende bane	IC/RE	8,58	-	-	-
	ICX	-	12,9	-	6,8
	ET	-	7,9	8,2	5,2
	Lint	2,8	19,4	2,8	2,8
	Godstog	0,5	2,2	2,2	2,2
Hovedgård – Hasselager, ny bane	IC/RE	-	-	-	-
	ICX	-	-	13,2	6,5
	ET	-	-	-	3,0
	Lint	-	-	-	-
	Godstog	-	-	-	-
Skanderborg – Hasselager Eksisterende bane	ICX			-	6,8
	ET			8,2	5,2
	Lint			2,8	2,8
	Gods			2,2	
Hasselager – Aarhus H Eksisterende bane	IC/RE	-	-	-	-
	ICX	-	-	13,2	13,2
	ET	-	-	-	8,2
	Lint	-	-	-	2,8
	Godstog	-	-	-	2,2

Tabel 17. Trafikmængder i 1.000 togmeter pr. gennemsnitsdøgn for de undersøgte linjeføringer og alternativer.

ICX betegner et fremtidigt højhastighedstog, som forventes indført med tiden. Lint (Coradia Lint) betegner de nyeste lokal- og regionalbane tog, og ET er et tog svarende til et IR4 tog med støjen tilpasset den nyeste TSI NOI [6].

### 4.8.4 Togtyper

Alle togtyperne tager udgangspunkt i de samme forudsætninger, som de øvrige VVM-undersøgelser i forbindelse med timemodellen, f.eks. VVM for en ny bane over Vejle Fjord og VVM for en ny jernbane over Vestfyn. Forudsætningerne er nærmere beskrevet i "Forudsætninger for støjundersøgelser i Timemodellen [6]. Det er på nuværende tidspunkt ikke

bestemt hvilke højhastighedstog, der skal benyttes i 2030, og der er derfor taget udgangspunkt i udenlandske togtyper, samtidig med at der er taget hensyn til den nyligt reviderede TSI NOI, der stiller krav til støjen fra fremtidigt materiel. Det nye persontogsmateriel vil være mindre støjende end de IC3 tog, vi kender i dag.

I år 2030 er det forventet, at 60 % af alle godstog vil være retrofittede med nye bremses, dvs. gjort mere støjsvage, primært ved at udskifte godsvognenes bremseklodser fra støbejernsklodser til bremseklodser af kompositmaterialer. Ved at udskifte bremseklodserne på godsvognene, vil man opnå en dæmpning på ca. 10 dB af støjen fra godstogene, men da der stadig vil være 40 % godstog uden retrofittede bremses, vil det være ikke retrofittede tog, der er bestemmende for maksimalniveauet, som bestemmes af det mest støjende tog.

#### **4.8.5 Beregningsmodel**

Der er anvendt beregningsmodellen Nord2000 og programmet SoundPLAN 7.4 med opdatering fra 06.06.2016. I SoundPLAN er der opbygget en tredimensionel model af den eksisterende og den fremtidige bane inklusiv terræn, bygninger og øvrige omgivelser.

Der er medtaget en række tekniske forudsætninger og en række oplysninger, der beskriver omgivelserne, støjen og støjudbredelse. Detaljerede oplysninger om beregningsforudsætningerne kan ses af Bilag 3 Tekniske beregningsforudsætninger.

#### **4.8.6 Støjskærme**

På baggrund af de gennemførte beregninger undersøges det, om der på grundlag af den beregnede støjbelastning ved boliger langs jernbanen samt det beregnede støjbelastningstal for en strækning med sammenhængende boligbebyggelse, er grundlag for at etablere støjskærme langs jernbanen.

Banedanmark anvender et objektive kriterie som grundlag for beslutning om, hvor der skal etableres støjskærme langs jernbanen. Kriteriet er baseret på SBT og det objektive kriterium for etablering af støjskærme er  $SBT/km \geq 8$ .

Forslag til placering af støjskærme udarbejdes på grundlag af den beregnede støjbelastning ved boliger langs jernbanen. Generelt udløser  $SBT/km \geq 8$  overvejelser om etablering af støjskærm ved et boligområde.

Forekommer der boligområder langs jernbanen, hvor  $SBT/km < 8$ , undersøges der, om mindre dele af boligområdet med en tættere bebyggelsesgrad kan overholde kriteriet på  $SBT/km \geq 8$ .

Ved fritliggende boligejendomme eller øvrige boligområder, hvor  $SBT/km < 8$ , kan støjisolering bringes i anvendelse, men ikke etablering af støjskærme.

For at opnå tilstrækkelig effekt af en støjskærm skal denne føres et stykke forbi første og sidste hus på en støjbelastet strækning. Det er den enkelte

situation og afstand til banen, som er afgørende, men typisk føres støjskærmen 50-75 m og i visse tilfælde mere forbi det første og det sidste hus. Som udgangspunkt etableres der ikke skærme kortere end ca. 300 m, med mindre der kan påvises grundlag herfor. En støjskærm etableres sådan, at den reducerer støjen med mindst 5 dB ved de pågældende boliger. I afsnit 8.3 om afværgeforanstaltninger ses resultatet af undersøgelsen af antallet af støjbelastede boliger.

#### **4.8.7 Støjisolering**

Støjisolering kan tilbydes til boliger, som bliver støjbelastede som følge af støj fra den nye bane, men ikke boliger som bliver støjbelastet i 0-alternativet som følge af den almindelig udvikling i togtrafikken. Der kan tilbydes tilskud til støjisolering af facaden, dvs. i praksis til forbedring af ejendommens facade mod banen, udskiftning af almindelige vinduer med lydisolerede vinduer mv. De naboer, som opfylder kriterierne for at få økonomisk tilskud til støjisolering, vil efter detailprojekteringen blive kontaktet af Banedanmark. Her informeres om processen og om muligheden for at modtage støtte til udskiftning af boligens vinduer, da det typisk er gennem vinduerne, støjen trænger ind i boligen. Boligen skal være godkendt som helårsbolig, og støjniveauet beregnet på facaden skal være større end eller lig 64 dB(A) som middelværdi eller 85 dB(A) som maksimalværdi for at komme i betragtning. Der skal endvidere være sikkerhed for, at man er påvirket som følge af etablering af den nye jernbane.

#### **4.8.8 Vejtrafikstøj**

Enkelte mindre kommuneveje afbrydes ved ny bane og vejtrafikken henvises til nærmeste krydsning af banen, og de øvrige kommuneveje forlægges lidt og/eller føres over eller under den nye bane. Ændringerne i vejtrafikken som følge af den nye bane er så små, at der ikke forventes ændringer i støjbelastningen herfra, og vejtrafikstøj vurderes ikke yderligere.

#### **4.8.9 Vibrationer i driftsfasen**

Banedanmark har fået udviklet en ny empirisk beregningsmodel for togvibrationer baseret på en lang række målinger [14]. Denne model er benyttet i version 1.01. Beregningsresultaterne afhænger af valgte jordbundsforhold, samt om skinnerne ligger i afgravning eller på en dæmning, selve jernbanens opbygning mv. Da modellen er empirisk, kan der kun hentes data svarende til de kombinationer, der er målt på.

På den nye jernbane vil der kun køre 150 m lange nye ICX lyntog med op til 250 km/t. Der findes ikke data for denne type tog og der er derfor benyttet data for et ICE3 tog.

I forbindelse med projektet har GEO gennemført geotekniske undersøgelser [15] som viser, at undergrunden hovedsagligt består af moræneler. Da den nye jernbane løber i det åbne land, er det forudsat, at alle huse er ældre huse med træetageadskillelse, hvilket giver det højeste

vibrationsniveau. Der er ingen etageboliger ved nogen af linjeføringerne eller alternativet.

I forbindelse med følsomhedsanalysen for godstog på den nye bane er der desuden regnet på 1.000 m godstog med 120 km/t på den nye jernbane, for at kunne se de vibrationsmæssige konsekvenser af godstog på den nye jernbane.

Yderligere beskrivelse af beregningsforudsætningerne for vibrationer kan ses af Bilag 3 Tekniske beregningsforudsætninger.



# 5 Eksisterende forhold

Kapitlet beskriver de eksisterende støj- og vibrationsforhold i 2016.

## 5.1 Jernbanestøj

Beregningerne af basissituationen viser, at der i dag (2016) er 514 boliger langs den eksisterende bane mellem Horsens og Aarhus over Skanderborg, der må klassificeres som støjbelastede. I Bilag 5 ses støjkort for de eksisterende forhold for strækningen Hasselager – Hovedgård via Skanderborg.

Som det ses af Tabel 18, er der i dag 57 støjbelastede boliger ( $L_{den} \geq 64$  dB(A)), mens 514 boliger er udsat for et maksimalniveau lig med eller over  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A).

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB(A) (dog 59 dB for sommerhuse)						SBT
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
Basis (år 2016)	57	14	0	0	71	6,5

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB(A)						
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
Basis (år 2016)	205	309	0	0	514	

Tabel 18. Antal støjbelastede boligenheder på eksisterende bane mellem Horsens og Aarhus over Skanderborg (2016).

## 5.2 Vibrationer

Boliger langs den eksisterende bane, der er vibrationsbelastet, indgår ikke i undersøgelsen og der er derfor ikke opgjort vibrationsbelastede boliger for den eksisterende situation.

## 6 0-alternativet

0-alternativet er jernbanens trafikale situation, hvis projekt *Ny bane Hovedgård - Hasselager* ikke gennemføres. 0-alternativet bruges som reference til miljøvurdering af alle fagemner for de foreslåede linjeføringer. Naboprojekter på den eksisterende strækning så som *Elektrificering og hastighedsopgradering Fredericia - Aarhus* og *Signalprogrammet (ERTMS)* forudsættes at blive udført.

Trafiksituationen i 0-alternativet er fremskrevet til år 2030. I dag kører dagligt cirka 130 persontog mellem Horsens og Aarhus på den eksisterende strækning over Skanderborg. Rejsetiden er i dag mellem 28 og 31 minutter afhængig af togets standsningsmønster.

Uden en ny bane mellem Hovedgård og Hasselager vil al togtrafik fortsat skulle køre ad den eksisterende bane. Rejsetiden vil være omtrent som i dag. I 2030 vil der dagligt køre cirka 150 persontog på strækningen.

### 6.1 Jernbanestøj

Beregningerne af 0-alternativet viser, at der i 2030 vil være 514 boliger langs den eksisterende strækning, der er støjbelastede. I Bilag 5 ses støjkort for 0-alternativet.

Som det ses af Tabel 19, vil der være 250 støjbelastede boliger ( $L_{den} \geq 64$  dB(A)) i 2030, hvis den nye bane ikke bygges, mens 514 boliger er udsat for et maksimalniveau lig med eller over  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A).

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB(A) (dog 59 dB for sommerhuse)						SBT
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejigheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
0-alternativ (år 2030)	130	120	0	0	250	25,1

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB(A)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejigheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
0-alternativ (år 2030)	205	309	0	0	514

Tabel 19. Antal støjbelastede boligenheder på eksisterende bane Hovedgård-Hasselager (2030).

## 6.2 **Vibrationer**

---

Vibrationsudbredelsen fra den eksisterende bane indgår ikke i undersøgelsen, men da det er godstogene der giver anledning til det maksimale vibrationsniveau, og disse er uændret i år 2030 i forhold til den nuværende situation i 2016, må det forventes, at der ikke vil være en væsentlig ændring.

# 7 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i anlægsfasen – midlertidige påvirkninger

Dette kapitel beskriver støj- og vibrationspåvirkningen fra anlægsarbejdet ved etablering af *Ny bane Hovedgård - Hasselager*. Mulige afværgeforanstaltninger beskrives, og de støj- og vibrationsmæssige konsekvenser af anlægsarbejdet vurderes.

## 7.1 Støjpåvirkning i anlægsfasen

---

På baggrund af forudsætningerne for anlægsaktiviteterne kan det sammenfattende konkluderes, at de mest støjende anlægsaktiviteter vil stamme fra etablering af broer, fra oplagspladser samt jord- og sporarbejde. Da det ikke kan udelukkes, at nogle af disse aktiviteter vil overlappe hinanden, er der udført beregninger med disse aktiviteter i drift samtidig.

Der er således udført beregninger med følgende forudsætninger:

- For hver brokrydsning: Støjkilde med  $L_{WA}$ : 125 dB(A)
- For hver arbejdsplads: Støjkilde med  $L_{WA}$ : 110 dB(A)
- For banestrækning: Støjkilde med  $L_{WA}$ : 110 dB(A) (fordelt over en strækning på 100 m)

Resultatet af beregningerne er angivet som støjkort i bilag. Der er på kortene ikke angivet medtaget impulstillæg, og der vil således tæt på støjkilderne skulle adderes 5 dB til støjbelastningen.

Støj fra nedrivning af ejendomme samt for sporopbygning vil ikke kunne foregå samtidig med ovenstående og vil være af kortere varighed end ovennævnte.

Tabel 20 angiver overslagsmæssigt afstanden fra de forskellige aktiviteter til overholdelse af henholdsvis 70 dB(A) og 40 dB(A).

Aktiviteter	Afstand fra anlægsarbejdet, hvor støjen er faldet til	
	40 dB(A)	70 dB(A)
Arbejdspladsarealer, oplagspladser og jordoplag	500 m	25 m
Konstruktioner med broer og station	1.800 m	125 m
Jordarbejder	500 m	25 m
Nedramning af køreledningsmaster	900 m	50 m
Sporopbygning	900 m	50 m

Tabel 20. Afstand til støjgrænser for anlægsstøj, når udbredelsen sker over blødt terræn og uden afskærmning.

Afstandene i Tabel 20 er angivet uden skærmning. Ved støjudbredelse i byområder med mange bygninger, som skærmer, vil afstandene være overestimeret.

De anførte afstande for spunsramning og ramning af fundamenter til kørestrømsmaster er uden korrektion for støjens karakter. Når der indregnes en korrektion på +5 dB for indhold af tydelig hørebare impulser i støjen er grænseværdiafstanden til 70 dB(A) ca. 210 m for spunsramning og 80 m for ramning af mastefundamenter.

### 7.1.1 Antal berørte boliger og støjfølsomhed for anlægsområderne

Med udgangspunkt i de vurderede afstande ud til grænseværdien, er der foretaget en vurdering af antal berørte boliger inden for de vurderede konsekvenszoner. Vurderingen er foretaget for bygværkerne, hvor der skal foretages ramning af spuns, og langs hele banestrækningen, hvor der skal foregå jordarbejder og sporopbygning med nedramning af køreledningsmaster. Disse arbejder langs banestrækningen vil foregå i kortere perioder, men i flere omgange på hver strækning. Arbejdspladsarealer, oplagspladser og jordoplag vil ikke medføre overskridelse af 70 dB(A).

Metoden for vurdering af støjfølsomheden for anlægsområderne er nærmere beskrevet i 4.7.2.

#### 7.1.1.1 Vestlig linjeføring

Ved anlæg af vestlig linjeføring vil ca. 75 boliger blive udsat for mere end 70 dB(A). De fleste boliger vil blive støjbelastede ved nedramning af spuns til bygværkerne. Anlægsarbejdet tager 3-4 måneder ved de almindelige broer og længere for de større broer. Nedramning af spuns vil foregå en mindre del af anlægsperioden. I Tabel 21 vises støjfølsomheden for hver brolokalitet. 0 betyder ingen støjbelastede boliger, mens 1 betyder under 10 støjbelastede boliger. Støjfølsomheden 3 betyder, at flere end 20 boliger støjbelastede boliger. Tæt ved Hasselager ved stationering 25+180, 25+200 og 25+210 anlægges tre bygværker inden for meget kort afstand. Anlæg af disse tre bygværker vil medføre støjbelastning af de samme boliger, som så kan blive støjbelastet i en længere periode.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
4+940	Krøruplundvej	1
6+300	Grumstrupvej	1
8+050	Vedsletvej	1
8+830	Krogstrupvej	1
10+740	Nygårdsvej	1
12+970	Lethenborgvej	1
16+600	Lykkegårdsvej	1
22+600	Ingerslevvej	1
25+180	Hasselager (sti)	3
25+200	Skanderborgvej	3

Stationering	Jernbanebroer (Underføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
2+320	Helmesvej	1
7+860	Ådal ved Vedslet	1
12+110	Ådal for Rindelev Bæk	0
15+130	Gl. Horsensvej	1
15+950	Virringvej	1
17+310	Pilbrodalen	0
17+540	Fastrupvej	0
18+760	Stilling-Solbjerg Sø	0
19+250	Søvejen	1
20+280	Blegindvej	1
22+110	Hovvejen	1
25+210	Hovedvejen	3

Stationering	Større faunapassager	Støjfølsomhed for anlægsområde
8+500	Vandløb ved Assendrup	1
19+600	Blegind mose Bæk	1
21+460	Århus Å	1

Tabel 21. Støjfølsomhed ved brolokaliteter på Vestlig linjeføring.

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Vestlig linjeføring vil under 10 boliger udsættes for en støjbelastning over 70 dB, og vurderes at medfører en mindre støjpåvirkning.

### 7.1.1.2 Central linjeføring

Ved anlæg af Central linjeføring vil ca. 185 boliger blive udsat for mere end 70 dB(A). Næsten halvdelen af disse boliger ligger i Solbjerg, hvor der inden for mindre end 1,5 km skal anlægges tre overføringer samt en stitunnel i det tættest beboede område på banestrækningen med ca. 25 til 45 støjbelastede boliger ved hvert anlægssted. De fleste boliger vil blive støjbelastede i forbindelse med nedramning af spuns til bygværkerne. Anlægsarbejdet tager 3-4 måneder ved de almindelige broer og længere for de større broer. Nedramning af spuns vil foregå en mindre del af anlægsperioden. I Tabel 22 ses støjfølsomheden ved hver brolokalitet. 0 betyder ingen støjbelastede

boliger, mens 1 betyder under 10 støjbelastede boliger. Støjfølsomheden 3 betyder, at flere end 20 boliger støjbelastede boliger. I Solbjerg ved stationering 17+970 anlægges to bygværker på det samme sted. Tæt ved Hasselager ved stationering 25+180, 25+200 og 25+210 anlægges tre bygværker inden for meget kort afstand. Anlæg af disse bygværker vil medføre støjbelastning af de samme boliger, som så kan blive støjbelastet i en længere periode.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
4+940	Krøruplundvej	1
6+300	Grumstrupvej	1
8+050	Vedsletvej	1
8+830	Krogstrupvej	1
10+740	Nygårdsvej	1
13+000	Lethenborgvej	1
15+800	Onstedvej	1
16+650	Solbjerg Hovedgade	2
17+120	Fastrupvej	3
17+970	Solbjerg Hedevej	3
21+150	Hovvejen	1
22+250	Ingerslevvej	1
25+180	Hasselager (sti)	3
25+200	Skanderborgvej	3

Stationering	Jernbanebroer (Underføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
2+320	Helmesvej	1
7+860	Ådal ved Vedslet	1
12+110	Ådal for Rindelev Bæk	0
17+550	Sti ved Solbjerg	3
17+970	Sti under Gl. Horsensvej ved Solbjerg Hedevej	3
20+000	Blegindvej	1
20+010	Landevejen	1
25+210	Hovedvejen	3

Stationering	Større faunapassager	Støjfølsomhed for anlægsområde
8+500	Vandløb ved Assendrup	1
19+600	Blegind mose Bæk	1
21+460	Århus Å	1

Tabel 22. Støjfølsomhed ved brolokaliteter på Central linjeføring.

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Central linjeføring vil 10 – 20 boliger, de fleste i Solbjerg, udsættes for en støjbelastning over 70 dB(A), hvilket vurderes at medføre en mindre påvirkning med støj af boligerne langs strækningen.

### **7.1.1.3 Tilvalg station i Solbjerg**

Ved anlæg af station i Solbjerg vil der ikke være boliger som udsættes for mere 70 dB(A). Ved anlæg af stationen indgår ikke særlige støjende aktiviteter som ramning.

### **7.1.1.4 Østlig linjeføring**

Ved anlæg af Østlig linjeføring vil ca. 90 boliger blive udsat for mere end 70 dB(A). De fleste boliger vil blive støjbelastede ved nedramning af spuns til bygværkerne. Anlægsarbejdet tager 3-4 måneder ved de almindelige broer og længere for de større broer. Nedramning af spuns vil foregå en mindre del af anlægsperioden. I Tabel 23 ses støjfølsomheden for hver brolokalitet. 0 betyder ingen støjbelastede boliger, mens 1 betyder under 10 støjbelastede boliger. Støjfølsomheden 2 betyder op til 20 støjbelastede boliger, mens støjfølsomhed 3 betyder, at flere end 20 boliger støjbelastede boliger. Tæt ved Hasselager ved stationering 25+180, 25+200 og 25+210 anlægges tre bygværker inden for meget kort afstand. Anlæg af disse bygværker vil medføre støjbelastning af de samme boliger, som så kan blive støjbelastet i en længere periode.



Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
4+940	Krøruplundvej	1
6+300	Grumstrupvej	1
8+050	Vedsletvej	1
8+830	Krogstrupvej	1
10+740	Nygårdsvej	1
13+470	Torrildvej	1
14+800	Rantzausgavevej	1
18+140	Østergårdsvej	1
18+700	Mustrupvej	1
21+350	Ravnholtvej	2
23+650	Ingerslevvej	1
25+180	Hasselager (sti)	3
25+200	Skanderborgvej	3

Stationering	Jernbanebroer (Underføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
2+320	Helmesvej	1
7+860	Ådal ved Vedslet	1
12+160	Ådal for Rindelev Bæk	0
16+340	Forlagt Bøgeskovvej	1
17+220	Ådal for Løjenkær Bæk	1
17+450	Drammelstrupvej	1
20+530	Tisetvej	1
22+200	Tingskoven	0
22+350	Landevejen	0
25+210	Hovedvejen	3

Stationering	Større faunapassager	Støjfølsomhed for anlægsområde
8+500	Vandløb ved Assendrup	1
19+430	Møddebro Bæk	1

Tabel 23. Støjfølsomhed ved brolokaliteter på Østlig linjeføring.

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Østlig linjeføring vil under 10 boliger udsættes for en støjbelastning over 70 dB(A), og medfører en mindre påvirkning med støj af boligerne langs strækningen.

#### **7.1.1.5 Sydøstligt alternativ**

Ved anlæg af Sydøstligt alternativ vil ca. 5 boliger blive udsat for mere end 70 dB(A). På den tilsvarende strækning i hovedforslaget forventes ca. 15 støjbelastede boliger.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
103+395	Engmarksvej	1
105+050	Krøruplundvej	1
107+610	Kirkedalsvej	1

Stationering	Jernbanebroer (Underføring)	Støjfølsomhed for anlægsområde
102+360	Helmesvej (sti)	1
109+130	Krogstrupvej	0

Stationering	Større faunapassage	Støjfølsomhed for anlægsområde
106+730	Vandløb fra Gangsted sogneskel	1
108+420	Assendrup Bæk	0
109+360	Krogstrup Bæk	0

Tabel 24. Støjfølsomhed ved brolokaliteter på Sydøstligt alternativ.

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Sydøstligt alternativ vil færre end 10 boliger udsættes for støj, og medfører en mindre påvirkning med støj af boligerne langs strækningen.

## 7.2 Vibrationer i anlægsfasen

Risiko for overskridelse af grænseværdien for mærkbare vibrationer samt vurderingskriterierne for bygningskadelige vibrationer er i det følgende vurderet på baggrund af erfaringsværdier fra lignende aktiviteter

De anvendte afstande er sammenfattet i Tabel 25.

Aktivitet	Bygningskadelige vibrationer	Mærkbare vibrationer
Ramning af spuns	40 m	125 m
Ramning mastefundament	25 m	80 m
Øvrige aktiviteter	10 m	50 m

Tabel 25. Vurderede afstande, hvor vibrationer fra en arbejdsproces er lig med grænseværdien/vurderingskriterierne.

I kortere afstande er vibrationerne større end vurderingskriteriet og i større afstande er vibrationerne mindre.

### 7.2.1 Antal berørte boliger og vibrationsfølsomhed for anlægsområder

Med udgangspunkt i de vurderede afstande ud til hhv. grænseværdien for mærkbare vibrationer og vurderingskriteriet for bygningskadelige vibrationer, er der foretaget en vurdering af antal berørte boliger.

Vurderingen er foretaget for hvert bygværk, hvor der skal foretages ramning af spuns, og langs hele banestrækningen, hvor der skal rammes fundamenter

til køreledningsmaster, samt for spor- og jordarbejder, der ligeledes foregår langs hele banestrækningen.

For den Vestlige og Østlige linjeføring vurderes der ikke at ligge bygninger så tæt på de bygværker, hvor der skal rammes spuns, at der vil være boliger, som bliver belastet af bygningskadelige vibrationer. Ved den Centrale linjeføring vurderes der at være ca. fem boliger, som kan være berørt af bygningskadelige vibrationer.

Der vil ikke være boliger så tæt på ramning af mastefundamenter, at der vil være risiko for bygningskadelige vibrationer. Der vil være huse, der ved en enkelt mast kan få mærkbare vibrationer, men da varigheden er omkring ½ time, er det vurderet til at være en ubetydelig påvirkning.

Langs banen vil spor- og jordarbejder ikke medføre bygningskadelige vibrationer, men kan medføre mærkbare vibrationer i en kort afstand til anlægsarbejderne.

Med udgangspunkt i de vurderede afstande ud til grænseværdien for mærkbare vibrationer i Tabel 25 er der foretaget en vurdering af antal berørte boliger. Vurderingen er foretaget for hver bygværk (overføring eller underføring), hvor der forventes at skulle foretages ramning af spuns, samt for jordarbejde og sporopbygning langs hele strækningen.

#### **7.2.1.1 Vestlig linjeføring**

Det forventes, at der i alt er ca. 60 boliger, som i forbindelse med nedramningsarbejde i kortere perioder vil blive udsat for mærkbare vibrationer over den vejledende grænseværdi.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
4+940	Krøruplundvej	1
6+300	Grumstrupvej	1
8+050	Vedsletvej	1
8+830	Krogstrupvej	0
10+740	Nygårdsvej	1
12+970	Lethenborgvej	1
16+600	Lykkegårdsvej	1
22+600	Ingerslevvej	1
25+180	Hasselager (sti)	1
25+200	Skanderborgvej	1

Stationering	Vej- og stibroer (Underføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
2+320	Helmesvej	0
7+860	Ådal ved Vedslet	0
12+110	Ådal for Rindelev Bæk	0
15+130	Gl. Horsensvej	1
15+950	Virringvej	1
17+310	Pilbrodalen	0
17+540	Fastrupvej	0
18+760	Stilling-Solbjerg Sø	0
19+250	Søvejen	1
20+280	Blegindvej	1
22+110	Hovvejen	1
25+210	Hovedvejen	1

Stationering	Større faunapassage	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
8+500	Vandløb ved Assendrup	1
19+600	Blegind mose Bæk	0
21+460	Århus Å	0

Tabel 26. Vibrationsfølsomhed ved brolokaliteter på Vestlig linjeføring.

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Vestlig linjeføring vil færre end 10 boliger udsættes for mærkbare vibrationer, og medfører en mindre påvirkning med vibrationer af boligerne langs strækningen.

### 7.2.1.2 Central linjeføring

Det forventes, at der i alt er ca. 135 boliger, som i forbindelse med nedramningsarbejde i kortere perioder vil blive udsat for mærkbare vibrationer over den vejledende grænseværdi.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
4+940	Krøruplundvej	1
6+300	Grumstrupvej	1
8+050	Vedsletvej	1
8+830	Krogstrupvej	0
10+740	Nygårdsvej	1
13+000	Lethenborgvej	1
15+800	Onstedvej	1
16+650	Solbjerg Hovedgade	2
17+120	Fastrupvej	3
17+970	Solbjerg Hedevej	3
21+150	Hovvejen	1
22+250	Ingerslevvej	1
25+180	Hasselager (sti)	1
25+200	Skanderborgvej	1

Stationering	Vej- og stibroer (Underføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
2+320	Helmesvej	0
7+860	Ådal ved Vedslet	0
12+110	Ådal for Rindelev Bæk	0
17+550	Sti ved Solbjerg	1
17+970	Sti under Gl. Horsensvej ved Solbjerg Hedevej	3
20+000	Blegindvej	1
20+010	Landevejen	1
25+210	Hovedvejen	1

Stationering	Større faunapassage	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
8+500	Vandløb ved Assendrup	1
19+600	Blegind mose Bæk	0
21+460	Århus Å	0

Tabel 27. Vibrationsfølsomhed ved brolokaliteter på Central linjeføring.

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Central linjeføring vil 10 – 20 boliger udsættes for mærkbare vibrationer, og medfører en mindre påvirkning med vibrationer af boligerne langs strækningen.

### 7.2.1.3 Østlig linjeføring

Det forventes, at der i alt er ca. 60 boliger, som i forbindelse med nedramningsarbejde i kortere perioder vil blive udsat for mærkbare vibrationer over den vejledende grænseværdi.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
4+940	Krøruplundvej	1
6+300	Grumstrupvej	1
8+050	Vedsletvej	1
8+830	Krogstrupvej	0
10+740	Nygårdsvej	1
13+470	Torrildvej	1
14+800	Rantzausgavevej	1
18+140	Østergårdsvej	1
18+700	Mustrupvej	1
21+350	Ravnholtvej	2
23+650	Ingerslevvej	1
25+180	Hasselager (sti)	1
25+200	Skanderborgvej	1

Stationering	Vej- og stibroer (Underføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
2+320	Helmesvej	0
7+860	Ådal ved Vedslet	0
12+160	Ådal for Rindelev Bæk	0
16+340	Forlagt Bøgeskovvej	1
17+220	Ådal for Løjenkær Bæk	1
17+450	Drammelstrupvej	1
20+530	Tisetvej	1
22+200	Tingskoven	0
22+350	Landevejen	0
25+210	Hovedvejen	1

Stationering	Større faunapassage	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
8+500	Vandløb ved Assendrup	1
19+430	Møddebro Bæk	0

Tabel 28. Vibrationsfølsomhed ved brolokaliteter på Østlig linjeføring

Ved jordarbejde og sporopbygning langs Østlig linjeføring vil færre end 10 boliger udsættes for mærkbare vibrationer, og medfører en mindre påvirkning med vibrationer af boligerne langs strækningen.

#### **7.2.1.4 Sydøstligt alternativ**

For Sydøstligt alternativ forventes, at ca. fem boliger vil blive udsat for mærkbare vibrationer.

Stationering	Vej- og stibroer (Overføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
102+360	Helmesvej (sti)	1
103+395	Engmarksvej	0
105+050	Krøruplundvej	1
107+610	Kirkedalsvej	1

Stationering	Vej- og stibroer (Underføring)	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
102+360	Helmesvej (sti)	1
109+130	Krogstrupvej	0

Stationering	Større faunapassage	Vibrationsfølsomhed for anlægsområde
106+730	Vandløb fra Gangsted sogneskel	0
108+420	Assendrup Bæk	0
109+360	Krogstrup Bæk	0

Tabel 29. Vibrationsfølsomhed ved brolokaliteter på Sydøstligt alternativ.

Ved Sydøstligt alternativets fortsættelse i hhv. Vestlig, Central og Østlig linjeføring forventes, at færre end 10 boliger vil blive udsat for mærkbare vibrationer.

## 7.3 Afværgeforanstaltninger i anlægsfasen

### 7.3.1 Støj

For at begrænse genevirkningen af støjen tilstræbes anlægsarbejderne i videst muligt omfang gennemført i dagtimerne.

Ved tilslutning af udfletningsanlæggene fra eksisterende til *Ny bane Hovedgård - Hasselager* medfører anlægsarbejdet, at sporene spærres og banen lukkes helt for trafik. Det er en generel målsætning, at trafikken på jernbanen afbrydes i så korte perioder som muligt. Det medfører imidlertid behov for, at anlægsarbejdet gennemføres i døgndrift. De øvrige anlægsarbejder vil primært foregå i dagtimerne på hverdage samt evt. lørdage.

I det omfang der er aktiviteter i aften- og natperioder eller på særligt kritiske steder, hvor støjbelastningen ved boliger fra et anlægsarbejde forventes at være højere end grænseværdien, vil generne blive søgt minimeret ved fastlæggelse af særlige krav til entreprenørerne om en hensigtsmæssig tilrettelæggelse af arbejdet og om anvendelse af færre maskiner samtidig eller ved anvendelse af mindre støjende arbejdsmetoder.

I tilfælde, hvor der i længere tid er støjende processer på samme arbejdsplads, vil muligheden for at afskærme arbejdspladsen i forhold til naboerne blive vurderet. Afskærmning kan erfaringsmæssigt reducere

støjbelastningen med ca. 5 dB ved de nærmeste boliger. På større afstande aftager virkningen af en eventuel skærm.

I praksis er det imidlertid vanskeligt at holde støjen under støjgrænserne ved et større anlægsarbejde, fordi der er få muligheder for at bruge mindre støjende arbejdsprocesser, og fordi arbejdet nødvendigvis må udføres tæt på boligområder.

For at forberede naboerne på anlægsarbejdet vil anlægsmyndigheden løbende informere om anlægsarbejdets art, arbejdsperioder suppleret med særskilt information inden igangsættelse af anlægsarbejder, der kan medføre væsentlige støjgener.

Hvor anlægsarbejderne gennemføres i nærheden af beboelse, varsles der særskilt om støjende arbejde. I særlige tilfælde kan særligt berørte naboer tilbydes midlertidigt ophold uden for egen adresse mens arbejdet pågår f.eks. naboer til byggepladser.

### **7.3.2 Vibrationer**

Til forskel fra støjudbredelse er det i praksis stort set umuligt at begrænse udbredelsen af vibrationerne til de omkringboende. Eneste reelle mulighed er derfor at begrænse styrken af vibrationerne ved valg af mindre vibrationspåvirkende arbejdsprocesser.

Et alternativ til ramning af spuns er nedvibrering. Ved nedvibrering af spuns reduceres afstanden for bygningssskadelige vibrationer til ca. det halve af afstanden ved ramning svarende til ca. 15-20 m.

Et alternativ til ramning af fundamenter til kørestrømsmaster kan være forboring, nedvibrering eller støbning af fundamenterne.

Der vil, før anlægsarbejdet starter, blive foretaget fotoregistrering af de bygninger, som ligger helt tæt på byggeområderne. Endvidere kan der i særlige tilfælde etableres en løbende overvågning af de mest udsatte bygninger, mens de mest vibrationskritiske anlægsarbejder står på. Det sikrer, at man kan imødekomme eventuelle skader under anlægsarbejdet og i fornødent omfang stoppe arbejdet midlertidigt.

## **7.4 Konsekvensvurderinger for anlægsfasen**

---

### **7.4.1 Støj**

Anlægsarbejdet vil medføre en til flere af følgende anlægsaktiviteter, som har en væsentlig støjpåvirkning: Spunsramning, jordarbejder, konstruktion af bygværker og sporopbygning.

På baggrund af de gennemførte beregninger vurderes det, at anlægsarbejderne kan have en væsentlig påvirkning, med risiko for at overskride miljømålsætningen på 70 dB ved ca. 75 boliger ved Vestlig



linjeføring, ca. 185 boliger ved Central linjeføring og ca. 90 boliger ved Østlig linjeføring. De fleste huse vil være støjbelastet mellem 70 dB og 80 dB. Dog kan enkelte huse ved central linjeføring forvente at have en støjbelastning der i kortere perioder, kan komme over 80 dB. Anlæg af Sydøstligt alternativ vil ved fortsættelse i alle tre linjeføringer mindske antal støjbelastede boliger i anlægsfasen med ca. 10 boliger.

Med henvisning til optællingerne i Tabel 22 fremgår det, at der på tre brolokaliteter på Central linjeføring kan forventes høj støjfølsomhed med flere end ti støjbelastede boliger i forbindelse med anlægsarbejdere på en strækning på ca. 1½ km gennem Solbjerg. Ved disse lokaliteter er det spunsramning, der giver anledning til de mange berørte boliger. På samme strækning vil jordarbejder og sporopbygning ligeledes medføre mere end ti støjbelastede boliger.

Ved Vestlig og Østlig linjeføring, samt på de resterende dele af Central linjeføring (uden for Solbjerg) forventes det, at anlægsarbejdet ved brolokaliteter kan udføres uden risiko for at overskride 70 dB ved mere end nogle få boliger. Dette skyldes, at de væsentlige anlægsarbejder er beliggende i et område med karakter af åbent land, og der vil således kun være et mindre antal berørte boliger.

Ved alt arbejde i aften og natperioden, og især såfremt der udføres ramme- og spunsarbejder, må der forventes et betydeligt større antal støjbelastede boliger end anført i afsnit 7.1. Der forventes aften- og natarbejde i forbindelse med sporspæringer ved tilslutningen til eksisterende spor ved Hovedgård og Hasselager. Ved arbejde uden for normal arbejdstid må det generelt forventes, at den normale indsatsgrænse på 40 dB ikke kan overholdes.

#### **7.4.2 Vibrationer**

Erfaringsmæssigt kan der ved ramning være risiko for bygningsskadelige vibrationer i afstande op til ca. 30 – 40 m fra stedet, hvor der rammes.

Rammearbejdet i forbindelse med broerne kan give anledning til bygningsskadelige vibrationer ved ca. 5 boliger for Central linjeføring. Ingen boliger langs Vestlig eller Østlig linjeføring vurderes at blive berørt af bygningsskadelige vibrationer.

Desuden kan der forekomme vibrationer, der kan give gener for mennesker i afstande op til 125 m fra stedet, hvor der rammes. Der ligger ca. 65 boliger ved Vestlig linjeføring, ca. 170 boliger ved Central linjeføring og ca. 70 boliger ved Østlig linjeføring, som vi kunne blive påvirket af mærkbare vibrationer i forbindelse med anlægsarbejdet.

Boliger beliggende tættere på sporet end 50 m kan blive udsat for mærkbare vibrationer ved kørsel med DSM (Dynamisk Stabiliserings Maskine). Påvirkningen vurderes dog at være forholdsvis kortvarig, da fremdriften for DSM-kørslen er 1,5 – 2,0 km/døgn. Der vurderes ikke at være risiko for bygningsskadelige vibrationer i forbindelse med gennemførelse af kørsel med DSM.

# 8 Konsekvenser og afværgeforanstaltninger i driftsfasen – varige påvirkninger

Kapitlet beskriver støj- og vibrationspåvirkningen til omgivelserne fra linjeføringerne og alternativerne, samt afdækker mulige afværgeforanstaltninger. Konsekvenserne af støjpåvirkningen fra linjeføringerne og alternativerne sammenlignes med 0-alternativet, som beskriver situationen i 2030, hvis den nye jernbane ikke bygges. Beregningerne for dette projekt viser, at alle boligenheder som er støjbelastet med  $L_{den} \geq 64$  dB(A), også vil være belastet med  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A). Det samlede antal støjbelastede boligenheder, vil derfor være lig antal boliger der er belastet med  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A).

Hvis Sydøstligt alternativ vælges, vil der være en støjbelastet bolig, målt som  $L_{den}$  og yderligere en målt som  $L_{max}$ .

## 8.1 Støj

---

### 8.1.1 Vestlig linjeføring

I Tabel 30 fremgår optællinger af støjbelastede boliger og øvrige bygninger med støjfølsom anvendelse for Vestlig linjeføring.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB (A) (dog 59 dB(A) for sommer huse)						SBT
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
Basis	57	14	0	1	71	6,5
0-alternativ	129	120	0	1	250	25,1
Vestlig linjeføring (inkl. eksisterende bane)	74	14	0	1	89	8,3
Vestlig linjeføring (kun nye støjbelastede boliger)	10	0	0	0	10	-

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB (A)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Basis	205	309	0	0	514
0-alternativ	205	309	0	0	514
Vestlig linjeføring (inkl. eksisterende bane)	221	309	0	1	531
Vestlig linjeføring (kun nye støjbelastede boliger)	18	0	0	0	18

Tabel 30. Antal støjbelastede boligenheder for Vestlig linjeføring.

Alle boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, er også støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB. Det betyder, at antal boliger, hvor  $L_{max}$  er større end eller lig med 85 dB, viser det samlede antal støjbelastede boliger.

Vestlig linjeføring og den eksisterende bane vil give anledning til, at 89 boligenheder vil være støjbelastet af  $L_{den}$  større end eller lig med 64 dB. Til sammenligning er der 250 støjbelastede boligenheder i 0-alternativet, dvs. at 161 færre boligenheder bliver støjbelastet, hvilket primært skyldes, at en del af persontogene flyttes til den nye linjeføring, hvor der er væsentligt færre boligenheder end langs den eksisterende jernbane, der går gennem Skanderborg, Stilling og Hørning. Det samlede støjbelastningstal falder fra 25,1 til 8,3. Den samlede støjgenene falder således til ca. en tredjedel.

Selvom antallet af  $L_{den}$  støjbelastede boligenheder falder, vil der dog være 10 nye støjbelastede boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, og 18 vil være støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB langs den nye linjeføring.

I både 0-alternativet og Vestlig linjeføring vil alle godstog køre på den eksisterende bane, og ændringen i antallet af nye støjbelastede boliger på grund af maksimalværdien vil være meget lille.

### 8.1.2 Central linjeføring

I Tabel 31 fremgår optællinger af støjbelastede boliger og øvrige bygninger med støjfølsom anvendelse for Central linjeføring.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB (A) (dog 59 dB(A) for sommer huse)						SBT
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
Basis	57	14	0	0	71	6,5
0-alternativ	129	120	0	1	250	25,1
Central linjeføring (inkl. eksisterende bane)	65	14	0	1	80	7,3
Central linjeføring (kun nye støjbelastede boliger)	2	0	0	0	2	-

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB (A)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Basis	205	309	0	0	514
0-alternativ	205	309	0	0	514
Central linjeføring (inkl. eksisterende bane)	214	309	0	1	524
Central linjeføring (kun nye støjbelastede boliger)	10	0	0	0	10

Tabel 31. Antal støjbelastede boligenheder for Central linjeføring.

Alle boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, er også støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB. Det betyder, at antal boliger, hvor  $L_{max}$  er større end eller lig med 85 dB, viser det samlede antal støjbelastede boliger.

Central linjeføring og den eksisterende bane vil give anledning til, at 80 boligenheder vil være støjbelastet af  $L_{den}$  større end eller lig med 64 dB(A). Til sammenligning er der 250 støjbelastede boligenheder i 0-alternativet, dvs. at 170 færre boligenheder er støjbelastet, hvilket primært skyldes, at en del af persontogene flyttes til den nye linjeføring, hvor der er væsentligt færre boligenheder end langs den eksisterende jernbane, der går gennem Skanderborg, Stilling og Hørning. Det samlede støjbelastningstal falder fra 25,1 til 7,3. Den samlede støjgenne falder således til mindre end en tredjedel.

Selvom antallet af  $L_{den}$  støjbelastede boligenheder falder, vil der dog være to nye støjbelastet boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, og 10 vil være støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB langs den nye linjeføring.

I både 0-alternativet og Central linjeføring vil alle godstog køre på den eksisterende bane, og ændringen i antallet af nye boliger på grund af maksimalværdien vil være meget lille.

### 8.1.3 Østlig linjeføring

I Tabel 32 fremgår optællinger af støjbelastede boliger og øvrige bygninger med støjfølsom anvendelse for Østlig linjeføring.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB (A) (dog 59 dB(A) for sommerhuse)						SBT
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
Basis	57	14	0	0	71	6,5
0-alternativ	129	120	0	1	250	25,1
Østlig linjeføring (inkl. eksisterende bane)	66	14	0	1	81	7,4
Østlig linjeføring (kun nye støjbelastede boliger)	3	0	0	0	3	-

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} > 85$ dB (A)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Basis	205	309	0	0	514
0-alternativ	205	309	0	0	514
Østlig linjeføring (inkl. eksisterende bane)	207	309	0	1	517
Østlig linjeføring (kun nye støjbelastede boliger)	5	0	0	0	5

Tabel 32. Antal støjbelastede boligenheder for Østlig linjeføring.

Alle boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, er også støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB. Det betyder, at antal boliger, hvor  $L_{max}$  er større end eller lig med 85 dB, viser det samlede antal støjbelastede boliger.

Østlig linjeføring og den eksisterende bane vil give anledning til, at 81 boligenheder vil være støjbelastet af  $L_{den}$  større end eller lig med 64 dB. Til sammenligning er der 250 støjbelastede boligenheder i 0-alternativet, dvs. at 169 færre boligenheder er støjbelastet, hvilket primært skyldes, at en del af persontogene flyttes til den nye linjeføring, hvor der er væsentligt færre boligenheder end langs den eksisterende jernbane, der går gennem Skanderborg, Stilling og Hørning. Det samlede støjbelastningstal falder fra 25,1 til 7,4. Den samlede støjgenen falder således til mindre end en tredjedel.

Selvom antallet af  $L_{den}$  støjbelastede boligenheder falder, vil der dog være tre nye støjbelastede boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, og 5 vil

være støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB langs den nye linjeføring.

I både 0-alternativet og Østlig linjeføring vil alle godstog køre på den eksisterende bane og ændringen i antallet af nye boliger på grund af maksimalværdien vil være meget lille.

#### **8.1.4 Sydøstligt alternativ**

Ved Sydøstligt alternativs fortsættelse i Vestlig, Central og Østlig linjeføring vil der være en støjbelastet bolig, målt som  $L_{den}$  og yderligere en målt som  $L_{max}$ . Det har således en ringe støjmæssig betydning om Sydøstligt alternativ vælges.

#### **8.1.5 Lyntog til Skanderborg og regionaltog på ny bane Hovedgård - Hasselager**

Uanset linjeføring vil det være muligt i stedet for udelukkende at køre lyntog ad den nye bane at flytte et lyntog over på eksisterende bane for at betjene Skanderborg og flytte et regionaltog over på ny bane Hovedgård – Hasselager.

Lyntog gennem Skanderborg vil medføre, at yderligere 66 boliger vil påvirkes af  $L_{den}$  over grænseværdien ift. en situation, hvor alle lyntog køres via den nye bane. Der vil dog stadig være færre påvirkede boliger end i 0-alternativet. Det vil ikke medføre en ændring i det samlede antal støjbelastede boliger.

#### **8.1.6 Tilvalg station i Solbjerg**

Hvis Central linjeføring vælges, og det også vælges at ombytte en lyntogslinje og en regionaltogslinje, som beskrevet ovenfor, vil det være muligt at etablere en station i Solbjerg, der betjenes af regionaltoget. Der vil ikke ske nogen ændring i støjbilledet ved tilvalg af en ny station i Solbjerg ift. det scenarie, hvor linjerne allerede er ombyttet.

#### **8.1.7 Følsomhedsanalyse med godstog på den nye jernbane**

Det indgår ikke i hovedprojektet, at der skal køre godstog på den nye jernbane, da det forventes, at de forbliver på den eksisterende jernbane. Men for at have muligheden på et senere tidspunkt, er der gennemført støjberegninger med alle godstog flyttet til den nye banestrækning. I Tabel 33 vises det samlede antal støjbelastede boligenheder på både den nye og den eksisterende bane, mens Tabel 34 viser antal støjbelastede boligenheder langs den nye linjeføring.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB (A) (dog 59 dB(A) for sommer huse)						SBT
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum	
Vestlig linjeføring	60	2	0	0	62	6,1
Central linjeføring	55	2	0	0	57	5,5
Østlig linjeføring	51	2	0	0	53	5,1

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB (A)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Vestlig linjeføring	212	309	0	1	522
Central linjeføring	204	309	0	1	514
Østlig linjeføring	196	309	0	1	506

Tabel 33. Antal støjbelastede boligenheder med godstog på den nye bane.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB (A) (dog 59 dB(A) for sommer huse)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Vestlig linjeføring	10	0	0	0	10
Central linjeføring	2	0	0	0	2
Østlig linjeføring	3	0	0	0	3

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB (A)					
	Parcel- og rækkehuse, stuehuse mv.	Etageboliger og kollegielejligheder	Døgninstitutioner	Sommerhuse	Sum
Vestlig linjeføring	18	0	0	0	18
Central linjeføring	10	0	0	0	10
Østlig linjeføring	5	0	0	0	5

Tabel 34. Antal nye støjbelastede boligenheder med godstog på den nye bane.

Alle boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, er også støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB. Det betyder, at antal boliger, hvor  $L_{max}$  er større end eller lig med 85 dB, viser det samlede antal støjbelastede boliger.

Det samlede antal boliger belastet med støj, hvor  $L_{den} \geq 64$  dB, vil falde med 21 – 28 boliger samlet set for den nye og den eksisterende bane. Det samlede antal boliger belastet med støj, hvor  $L_{max} \geq 85$  dB, vil falde med 9-11 boliger samlet set for den nye og den eksisterende bane.

Antallet af nye boliger belastet med støj over  $L_{den} \geq 64$  dB og  $L_{max} \geq 85$  dB vil være 18, 10 og 5 for henholdsvis Vestlig, Central og Østlig linjeføring. Hvis Sydøstligt alternativ vælges vil en bolig blive støjbelastet, målt som  $L_{den}$  og yderligere en målt som  $L_{max}$ .

Hvis man flytter godstogene til den nye bane vil det bevirke, at der vil være væsentlig færre støjbelastede boliger langs eksisterende bane. Dog vil der også komme op til to flere nye støjbelastede boliger, som kan tilbydes 100 % tilskud til facadeisolering, end hvis godstogene benytter eksisterende bane.

## 8.2 **Vibrationer**

---

Vibrationer fra jernbaner opstår, når et tog i bevægelse fremkalder svingninger i skinner og underlag. Vibrationerne breder sig gennem jorden til nærtliggende bygninger.

For mærkbare vibrationer anvendes Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi for boliger i boligområder (hele døgnet) og for boliger i blandede bolig- og erhvervsområder (kl. 18-07) på  $L_{aw} = 75$  dB(KB). Føletærsklen for vibrationer ligger på 71 – 72 dB og vibrationer vil derfor godt kunne være mærkbare, uden grænseværdien er overskredet.

Banedanmarks vibrationsmodel anvendes til at bestemme en vibrationskritisk afstand fra jernbanen til boliger, hvorefter det gøres op hvor mange boliger, der ligger inden for den kritiske afstand.

Langs den nye bane er det beregnet, at grænseværdien for mærkbare vibrationer er overskredet indenfor en afstand af ca. 20 m fra banen.

Hvis der kommer til at køre godstog på den nye jernbane vil afstanden, hvor mærkbare vibrationer er overskredet, blive øget til ca. 30 m.

For ingen af de tre linjeføringer; tilvalg station i Solbjerg eller Sydøstligt alternativ vil der være nye boliger, som er vibrationsbelastet i driftsfasen.

Hvis godstogene flyttes til den nye bane, vil der for Vestlig og Østlig linjeføring stadig ikke være vibrationsbelastede boliger, mens der for Central linjeføring vil komme fem vibrationsbelastede boliger.



## 8.3 Afværgeforanstaltninger i driftsfasen

### 8.3.1 Støj

I de udførte støjberegninger for *Ny bane Hovedgård - Hasselager* er der ikke forudsat etablering af nye støjskærme. Der er gennemført en undersøgelse af, om det objektive kriterie for støjskærm på  $SBT/km \geq 8$  (et objektive kriterium for etablering af støjskærme) kan opfyldes (se Bilag 3).

Der er ingen steder på den nye jernbane som opfylder det objektive kriterium for støjskærme.

Som alternativ til støjskærme kan støjbelastede boliger tilbydes støjisolering. Der kan tilbydes 100% tilskud til støjisolering af facaden, dvs. i praksis forbedre ejendommens facade mod banen, typisk ved at udskifte almindelige vinduer med lydisolerede vinduer mv. Se afsnit 4.8.7.

### 8.3.2 Vibrationer

Grundlaget for vurdering af omfanget af afværgeforanstaltninger er baseret på beregninger foretaget med Banedanmarks beregningsmodel.

Når der tages hensyn til de boliger, der vil blive eksproprieret, forventes der ikke at være boliger langs den nye jernbane, som vil få mærkbare vibrationer over Miljøstyrelsens vejledende grænseværdi  $L_{aw} = 75$  dB(KB) for boliger.

## 8.4 Konsekvensvurderinger for driftsfasen

### 8.4.1 Støj

Konsekvensvurderingen er baseret på en sammenligning af støjbelastningen for eksisterende forhold, 0-alternativet, linjeføringerne og Sydøstligt alternativ jf. Tabel 35.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{den} \geq 64$ dB(A)				SBT
	Ved eksisterende bane	Ved ny bane	I alt	I alt
Basis	71	-	71	6,5
0-alternativ	250	-	250	25,1
Vestlig linjeføring	78	10	89	8,3
Central linjeføring	78	2	80	7,3
Central linjeføring med station	145	0	145	13,3
Østlig linjeføring	78	3	81	7,4

Ved Sydøstligt alternativ mindskes antal støjbelastede boliger med en bolig langs den ny bane.

Bygninger til støjfølsom anvendelse, $L_{Amax} \geq 85$ dB(A)			
	Ved eksisterende bane	Ved ny bane	I alt
Basis	515	-	515

<b>Bygninger til støjfølsom anvendelse, <math>L_{Amax} \geq 85</math> dB(A)</b>			
	Ved eksisterende bane	Ved ny bane	I alt
0-alternativ	514	-	514
Vestlig linjeføring	512	18	531
Central linjeføring	512	10	524
Central linjeføring med station	512	10	522
Østlig linjeføring	512	5	517

Tabel 35. Sammenligning af antal støjbelastede boligenheder under eksisterende forhold, 0-alternativet, linjeføringerne og Sydøstligt alternativ.

Alle boliger, hvor  $L_{den}$  er større end eller lig med 64 dB, er også støjbelastet af  $L_{max}$  større end eller lig med 85 dB. Det betyder, at antal boliger, hvor  $L_{max}$  er større end eller lig med 85 dB, viser det samlede antal støjbelastede boliger.

0-alternativet er situationen i 2030, hvor den nye jernbane ikke bliver bygget, men elektrificeringen af den eksisterende strækning forudsættes gennemført. Togtrafikken i 0-alternativet er en kombination af el og diesel, og ikke som i dag af udelukkende diesel.

For 0-alternativ og linjeføringerne er det forudsat, at 60 % af godsvognene er "retrofittet", dvs. gjort mere støjsvage, primært ved at udskifte godsvognenes bremseklodser fra støbejernsklodser til klodser af kompositmaterialer.

Der er for Vestlig, Central og Østlig linjeføring hhv. 89, 80 og 81 boliger med en støjbelastning  $L_{den} \geq 64$  dB(A). Til sammenligning er der i 0-alternativet 250 støjbelastede boliger, dvs. at der er op til 171 færre boliger som er støjbelastede som følge af den nye jernbane.

Der er for Vestlig, Central og Østlig linjeføring 531, 524 og 517 boliger med et maksimalstøjniveau  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A). Til sammenligning er der i 0-alternativet 514 støjbelastede boliger, dvs. en meget lille ændring som følge af etablering af den nye jernbane.

Uanset valg af linjeføring er der meget få støjbelastede boliger langs den nye bane, med hhv. 18, 10 og 5 støjbelastede boliger for Vestlig, Central og Østlig linjeføring.

Tilvalg af station i Solbjerg medfører samlet set ca. 60 flere boliger med en støjbelastning  $L_{den} \geq 64$  dB(A), da der skal køre højhastighedstog på den eksisterende bane, hvor der er flere boliger langs banen, men der kommer ingen støjbelastede boliger langs den nye bane. Tilvalg af station i Solbjerg medfører ingen ændringer i antal boliger med et maksimalstøjniveau  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A).

Sydøstligt alternativ vil medføre en støjpåvirket bolig med støjbelastning  $L_{den} \geq 64$  dB(A), samt en bolig med et maksimalstøjniveau  $L_{Amax} \geq 85$  dB(A).

Det forudsættes, at der ikke skal køre godstog på den nye jernbane, så godstogene forbliver på den eksisterende jernbane. Men for at have

muligheden på et senere tidspunkt, er der gennemført støjberegninger med alle godstog flyttet til den nye banestrækning

Det samlede antal boliger belastet med støj, hvor  $L_{den} \geq 64$  dB, vil falde med 21 – 28 boliger samlet set for den nye og den eksisterende bane. Det samlede antal boliger belastet med støj, hvor  $L_{max} \geq 85$  dB, vil falde med 9-11 boliger samlet set for den nye og den eksisterende bane.

Antallet af nye boliger belastet med støj over  $L_{den} \geq 64$  dB og  $L_{max} \geq 85$  dB vil være 18, 10 og 5 for henholdsvis Vestlig, Central og Østlig linjeføring, samt to hvis Sydøstligt alternativ vælges.

Hvis man flytter godstogene til den nye bane vil det bevirke, at der vil være væsentlig færre støjbelastede boliger. Dog vil der også komme op til to flere nye støjbelastede boliger, som kan tilbydes 100 % tilskud til facadeisolering, end hvis godstogene benytter eksisterende bane.

#### **8.4.2 Vibrationer**

Anlæg af *Ny Bane Hovedgård - Hasselager* vil medføre ubetydelige ændringer i vibrationsbelastningen. Den nye bane ændrer ikke ved vibrationspåvirkningen langs den eksisterende bane, da det er forventet, at alle godstog forsat vil køre på den eksisterende jernbane. Langs den nye bane forventes ingen boliger at blive udsat for mærkbare vibrationer  $L_{aw} \geq 75$  dB(KB).

Hvis der kører godstog på den nye bane vil der stadig ikke være vibrationsbelastede boliger ved Vestlig og Østlig linjeføring. Ved Central linjeføring vil fem boliger blive belastet med mærkbare vibrationer.

## 9 Kumulative effekter

I forbindelse med et specifikt anlægsprojekt kan nogle påvirkninger vurderes at være mindre væsentlige, men hvis der foregår lignende påvirkninger fra andre nærliggende projekter, kan de måske tilsammen skabe en væsentlig miljøpåvirkning, den såkaldte kumulative effekt.

Generelt vil støjbidraget fra mindre veje ikke bidrage med kumulative effekter, men Central linjeføring vil omkring Solbjerg blive etableret langs Gammel Horsensvej. De omkringliggende boliger vil derfor blive støjbelastet af både den nye jernbane og støj fra Gammel Horsensvej.

Trafikken på Gammel Horsensvej er skønnet til 5.000 biler i døgnet og hastigheden på strækningen er 80 km/t. Dette gør, at grænseværdien for vejtrafikstøj på  $L_{den}$  58 dB vil være overholdt i en afstand af ca. 70 m. Seks boliger tættest på Gammel Horsensvej vil ved Central linjeføring være støjbelastet af både vejtrafikstøj og togstøj. Disse vil blive tilbudt 100 % tilskud til facadeisolering.

For de øvrige linjeføringer vil der ikke være væsentlige naboprojekter, som vil give kumulative effekter.

# 10 Oversigt over eventuelle mangler ved undersøgelsen

Det vurderes, at de data og informationer, der er tilgængelige, og undersøgelser vedr. støj og vibrationer, der er foretaget, er tilstrækkelige til de vurderinger, der er anført i dette fagnotat. Foretages der ændringer af projektet, f.eks. i detailprojekteringen, kan det dog påvirke vurderingerne vedr. støj og vibrationer.

For en række data og forhold, er der gjort erfaringsmæssige antagelser, bl.a.:

## *Støj i anlægsfasen*

Anlægsarbejderne er på nuværende tidspunkt ikke defineret nærmere. Der er derfor gjort en række antagelser omkring omfang og materiel ud fra erfaringer fra lignende anlægsarbejder.

## *Vibrationer i anlægsfasen*

Vurderingerne af vibrationer i anlægsfasen er baseret på erfaringer om vibrationsudbredelse fra lignende projekter.

## *Støj og vibrationer i driftsfasen*

Støj og vibrationer fra det fremtidige tog ICX kendes ikke. Derfor er der taget udgangspunkt i data for andre togtyper, som vurderes at være repræsentative. Det introducerer dog en usikkerhed på beregningerne, at de præcise data for de fremtidige højhastighedstog ikke er til stede. Desuden bidrager usikkerhed om udbredelsesforhold og den endelige spor konstruktion også til usikkerheden omkring vibrationsudbredelsen.

Forudsætninger for en VVM undersøgelse er generelt behæftet med en vis usikkerhed og mangler, da ikke alle forudsætninger er endelig fastlagt på dette stade af projektet. Det vurderes dog, at de gennemførte vurderinger er fyldestgørende for en vurdering af påvirkninger med støj og vibrationer fra projektet.

# 11 Referencer

- [1] Miljø- og Fødevareministeriet, »Miljøbeskyttelsesloven, Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse, LBK nr. 966 af 23.06.2017,« 2017.
- [2] Miljøstyrelsen, »Bekendtgørelse om miljøregulering af visse aktiviteter, BEK nr. 844 af 23. juni 2017.,« 2017.
- [3] Miljøstyrelsen , »Tillæg til togstøjvejledning nr. 1/1997, Støj og vibrationer fra jernbaner,« 2007.
- [4] Miljøstyrelsen , »Orientering nr. 9/1997, Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø.,« 1997.
- [5] DIN, »DIN 4150-3: 1999-02: Erschütterungen im Bauwesen, Teil 3: Einwirkungen auf bauliche Anlagen.«.
- [6] Delta, »Forudsætninger for støjundersøgelser i Timemodellen, Teknisk Notat, Udført for Vejdirektoratet, DELTA 20. august 2015.,« 2015.
- [7] Banedanmark , »Generel arbejdsbeskrivelse for miljøforhold i forbindelse med anlægsarbejder (GAB-miljø), Banedanmark 15.11.2007.,« 2007.
- [8] Miljøstyrelsen, »Vejledning nr. 5/1984 Ekstern støj fra virksomheder.,« 1984.
- [9] Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for støjmålinger, »Orientering nr. 10 "Vibrationer fra jernbaner",« 1987.
- [10] Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for støjmålinger, »Retningslinje fra Miljøstyrelsens Referencelaboratorium for Støjmålinger, RL1/14 om "Bestemmelse af jernbanevibrationer"«.
- [11] Lydteknisk Institut, »Støjatabogen Del 3: Kørsel og intern transport,« 1989.
- [12] Miljøstyrelsen, »Vejledning5/1993 Beregning af ekstern støj fra virksomheder. Fælles NORDisk beregningsmetode«.
- [13] Miljøstyrelsen, »Beregning af støj fra jernbaner 5/85,« 1985.
- [14] COWI/Banedanmark , »Ny vibrationsmodel, version 1.01,« 2015.
- [15] GEO, »NBHH Ny Bane Hovedgård Hasselager – Geoteknisk vurderingsrapport,« 2016.

# 12 Bilag

Bilag 1	Akustiske begreber
Bilag 2	Trafikalt grundlag
Bilag 3	Tekniske beregningsforudsætninger
Bilag 4	Datagrundlag
Bilag 5	Støjkort (Selvstændigt bilagsnotat)

## Bilag 1: Akustiske begreber

I dette fagnotat anvendes en række akustiske begreber, som uddybes i det følgende:

Akustisk begreb	Beskrivelse
$L_{den}$	Beskriver støjniveauet for et årsmiddeldøgn, altså et gennemsnitlig døgn set over et helt år. I aften- og natperioden tildeles et tillæg på hhv. +5 dB og +10 dB for at imødekomme en større genevirkning i aften- og natperioden.
$L_{Amax}$	Beskriver støjens maksimalværdi ved enkelhændelser; typisk ved forbikørsler i forbindelse med støj fra jernbaner. Maksimalværdien gælder for det mest støjende tog der regelmæssigt benytter strækningen.
$L_{aw}$	Parameter der benyttes for mærkbare vibrationer. Angiver det KB-vægtede accelerationsniveau for vibrationerne. Enheden er dB relativ til $1\mu\text{m/s}^2$ . KB-vægtningen er en korrektion for kroppens følsomhed over for vibrationer ved forskellige frekvenser. Føletærsklen er for de fleste mennesker ca. 71-72 dB(KB).
$V_{peak}$	Parameter, der anvendes i forbindelse med bygningskadelige vibrationer. Angiver spidsværdien af svingningshastigheden. Enheden er mm/s.
$L_r$	Parameter, der anvendes for støjbelastningen fra eksempelvis anlægsarbejder. Angiver det ækvivalente korrigerede A-vægtede støjniveau. Niveaue er dels en energimiddelværdi af støjen over den tid støjen foregår, dels vægtet i forhold til et defineret referencetidsrum. A-vægtningen er en frekvensmæssig korrektion, som kompenserer for, at det menneskelige øre er mindre følsomt for dybe toner end for høje toner. Såfremt støjen indeholder tydeligt hørbare impulser eller toner, er støjen mere generende, og der skal gives et +5 dB tillæg til støjniveauet. Enheden for $L_r$ er dB(A). For yderligere detaljer henvises til [10].
$L_{wA}$	Parameter, der beskriver den lydenergi en given maskine udsender. Lydeffekter for forskellige maskiner kan direkte sammenlignes, idet afstanden ikke indgår. Enheden er dB relativ til 1pW. Det som måles med et lydmåler er lydtrykket i den pågældende afstand, hvilket ikke kan sammenlignes med lydeffektniveaue



## Bilag 2: Trafikalt grundlag

I de følgende tabeller fremgår grundlaget for støjberegningerne.

### Trafikmængder

Trafikmængder i 1.000 togmeter pr døgn og fordeling dag, aften og nat																		
		Eksisterende forhold				0-alternativ				Ny jernbane				Central linjeføring med station i Solbjerg				
		År 2016				År 2030				År 2030				År 2030				
Strækning	Togtype	dag	aften	nat	sum	dag	aften	nat	sum	dag	aften	nat	sum	dag	aften	nat	sum	
Vejle - Skanderborg Eksisterende bane	IC3	5,3	0,9	0,9	7,1	-	-	-	-									
	IC4	0,57	0,9	0,75	1,41	-	-	-	-									
	IC2	0,03	-	0,03	0,06	-	-	-	-									
	ICX	-	-	-	-	7,8	2,2	2,9	12,9						3,9	1,2	1,7	6,8
	ET	-	-	-	-	4,9	1,4	1,6	7,9	5,1	1,4	1,7	8,2	3,2	0,9	1,0	5,2	
	Lint	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gods	0,1	-	0,4	0,5	1,1	0,3	0,8	2,2	1,1	0,3	0,8	2,2	1,1	0,3	0,8	2,2		
Skanderborg - Aarhus H Eksisterende bane	IC3	5,3	0,9	0,9	7,1	-	-	-	-					-	-	-	-	
	IC4	0,57	0,9	0,75	1,41	-	-	-	-					-	-	-	-	
	IC2	0,03	-	0,03	0,06	-	-	-	-					-	-	-	-	
	ICX					7,8	2,2	2,9	12,9					-	-	-	-	
	ET					4,9	1,4	1,6	7,9					-	-	-	-	
	Lint	2	0,3	0,5	2,8	13,8	1,8	3,8	19,4					-	-	-	-	
Gods	0,1	-	0,4	0,5	1,1	0,3	0,8	2,2										
Hovedgård S – Hasselager, ny bane	IC3																	
	IC4																	
	IC2																	
	ICX									8,0	2,3	3,0	13,2	4,1	1,1	1,4	6,5	
	ET													1,9	0,5	0,6	3,0	
	Lint																	
Gods																		
Skanderborg – Hasselager Eksisterende bane	ICX													3,9	1,2	1,7	6,8	
	ET									5,1	1,4	1,7	8,2	3,2	0,9	1,0	5,2	
	Lint									2,0	0,3	0,5	2,8	2,0	0,3	0,5	2,8	
	Gods									1,1	0,3	0,8	2,2					
Hasselager – Aarhus H Eksisterende bane	ICX									8,0	2,3	3,0	13,2	8,0	2,3	3,0	13,2	
	ET									5,1	1,4	1,7	8,2	5,1	1,4	1,7	8,2	
	Lint									2,0	0,3	0,5	2,8	2,0	0,3	0,5	2,8	
	Gods									1,1	0,3	0,8	2,2	1,1	0,3	0,8	2,2	

Tabel 36. Trafikmængder i 1.000 togmeter pr døgn for de undersøgte scenarier. ICX betegner et fremtidigt højhastighedstog, som forventes indført med tiden. Lint (Coradia Lint) betegner de nyeste lokal- og regionalbanetog, og ET er et tog svarende til et IR4 tog med støjen tilpasset den nyeste TSI. I år 2030 er det forventet at 60 % af alle godstog vil være retrofittede med nye bremses, som giver en dæmpning på ca. 10 dB.

## Bilag 2: Trafikalt grundlag

### Maksimal toglængde

Den maksimale støj for passage af et tog afhænger af længden af toget og ikke af antallet af passager. Der er i beregningerne anvendt de i Tabel 35 viste maksimale toglængder.

Togtype	Samlet maksimal længde
ICX	150 m
Gods (basis)	550 m
Gods (2030)	1.000 m

Tabel 37. Maksimale toglængder.

### Hastigheder

Støjberegningerne tager udgangspunkt i den vægtede hastighed, som afhænger af køreplanshastigheden og den maksimale hastighed for de enkelte togtyper.

Ved køreplanlægning er der typisk lagt ekstra tid ind til standsning og ophold på stationer, plus en sikkerhedsmargin. Derfor vil ikke alle tog køre med den højest mulige hastighed på strækningen, hvis der ikke er brug for den sikkerhed, som er lagt ind i køreplanen. Dette betegnes køreplanhastigheden, der er den gennemsnitlige hastighed et tog skal køre med for at overholde køreplanen mellem to stationer.

Da der er erfaring for, at persontog kan blive forsinkede og derfor søger at indhente forsinkelsen, er det ved støjberegningerne forudsat, at 85 % af persontogene kører med køreplanhastigheden og 15 % kører med den maksimalt tilladte strækningshastighed. Denne sammensatte hastighed betegnes vægtet hastighed [6].

Der i forbindelse med Skanderborg station regnet med nedsat hastighed for tog, der standser i henhold til anvisningerne [6].

## Bilag 3: Tekniske beregningsforudsætninger

Generelt er benyttet forudsætninger beskrevet i det tekniske notat *Forudsætninger for støjundersøgelser i Timemodellen* [6].

### Togtyper

Alle togtyperne tager udgangspunkt i forudsætningerne for VVM undersøgelserne i forbindelse med timemodellen [6]. Det er på nuværende tidspunkt ikke bestemt hvilke højhastighedstog der skal benyttes i 2030, og der er derfor taget udgangspunkt udenlandske togtyper, samtidig med det er taget hensyn til den nyligt reviderede TSI NOI, der stiller krav til støjen fra fremtidige materiel. Det nye materiel vil være mindre støjende end de IC3 tog vi kender i dag.

I år 2030 er det forventet at 60 % af alle godstog vil være retrofittede med nye bremsere, som giver en dæmpning på ca. 10 dB. Men da der stadig vil være 40 % godstog uden retrofittede bremsere, vil det være ikke retrofittede tog, der er bestemmende for maksimalniveauet.

### Beregningsmodel for støj

Støjen fra jernbanen i drift er beregnet i henhold til beregningsmetoden Nord2000 [12] samt retningslinjerne angivet i tillæg fra juli 2007 til Miljøstyrelsens vejledning 1/1997, "Støj og vibrationer fra jernbaner" [3]. En årsdøgnmiddelværdi af støjen fra jernbanen, benævnet  $L_{den}$ , er beregnet, baseret på gennemsnitligt forekommende meteorologiske forhold (4 vejrklasser) samt togtrafik på et årsdøgnmiddeldøgn. Maksimalniveauet ( $L_{Amax}$ ) af støjen under den mest støjende togpassage er ligeledes beregnet.

Støj om aftenen og natten opleves mere generende end støj om dagen. Derfor er  $L_{den}$  beregnet som middelværdien af støjen i tre perioder: dag (kl. 07-19), aften (kl. 19-22) og nat (kl. 22-07), hvor der er tillagt 5 dB til aftenperioden og 10 dB til natperioden.

Beregningsmetoden Nord2000 indarbejder en række parametre, der er afgørende for støjens udbredelse i omgivelserne. Der tages blandt andet højde for

- Terrænets topografi og hårdhed.
- Togtrafik; antal, typer, fordeling på døgnet og hastighed.
- Vejr- og vindforhold.
- Bygninger og konstruktioner, der skærmer, absorberer eller reflekterer støjen (f.eks. støjskærme).

Støjberegningerne er udført ved at opbygge en tredimensionel model i SoundPLAN version 7.4 update 06062016. Modellen består af en terrænmodel baseret på Danmarks Højde Model (DHM), der beskriver terrænets topografi. Nuværende bygninger indgår også i modellen med tilhørende adresser og anvendelseskoder fra BBR. Linjeføringen for den eksisterende jernbane, der er benyttet i dagens situation og 0-alternativet, er indhentet fra kortforsyningen og opbygget vha. DHM. De tre linjeføringsforslag er importeret som selvstændige modeller. Det trafikale grundlag er angivet i Tabel 34.

## Bilag 3: Tekniske beregningsforudsætninger

Støjkortene er udarbejdet i et net af punkter (et gridnet) placeret med indbyrdes afstande på 10 meter. Mellem de beregnede støjniveauer pr. 10 x 10 m er støjniveauet interpoleret, med henblik på bestemmelse af kurveforløbet for støjubredelsen fra jernbanen. Beregningshøjden er 1,5 m over terræn.

Undersøgelsesområdet er i relation til støj og vibrationer afgrænset til strækningen fra Hovedgård til Hasselager.

Terrænmodellen er baseret på informationer om højden fra den danske højdemodel (DHM). I modellen er hårde overflader som parkeringspladser, baneplassområde, industriområder, bymidte mm. forudsat at være akustisk reflekterende, dvs. at de reflekterer støjen. Alle øvrige områder er forudsat at være akustisk bløde, dvs. at de absorberer støjen.

Bygninger med højder, banestrækninger, støjskærme og andre relevante objekter af betydning for støjens udbredelse og afskærmning er efterfølgende indarbejdet i beregningsmodellen. Udformningen af bygningerne stammer fra GeoDanmark<sup>1</sup>, og oplysningerne er anvendt sammen med adresse- og bygningsdata fra Bygnings- og Boligregistret (BBR). Den eksisterende placering af bane og støjskærme er indhentet fra Banedanmarks sporplaner. Placeringen af den fremtidige banes linjeføringer stammer fra projektering af banen. Ved etageboliger er støjen beregnet pr. facade og ikke på boligniveau, og alle boliger tilskrives dermed samme støjniveau.

Komplet liste over de anvendte kort- og datagrundlag fremgår af Bilag 4.

### Sporskifter

Støj ved kørsel gennem sporskifter er en del af beregningerne. Nord2000-beregningsmetoden indeholder imidlertid ikke en beskrivelse af, hvordan ekstra støj ved kørsel gennem sporskifter skal beregnes. Der er derfor benyttet samme korrektion, som beskrevet i den forrige vejledning til beregning af støj fra jernbaner [14]. Tog der passerer et sporskifte vil give anledning til mere støj, end hvis det var en strækning uden sporskifte. Dette skyldes, at den ene skinne i et sporskifte har et lille stykke med "hul". Når et hjul passerer dette hul vil det give et forhøjet støjbidrag. Den ekstra støj fra kørsel over sporskifter håndteres ved at lægge 6 dB til støjen i forhold til kørsel på et normalt spor på en strækning, der svarer til sporskiftets længde. Denne tilpassede støjkilde (sporskiftet) benyttes kun til beregning af støjens maksimalniveau,  $L_{Amax}$ . Der er ingen korrektion for beregning af årsdøgnmiddelværdier ( $L_{den}$ ) - jf. Miljøstyrelsens vejledning [14].

### Støjbelastede boliger

Ved sammenbyggede boliger/bygninger opsplittes bygningspolygonerne ud fra placeringen af BBR adressepunkter. I tilfælde hvor flere adressepunkter er placeret i det samme punkt f.eks. kollegier, plejeboliger o. lign., er der ikke foretaget en manuel opsplittning af bygningspolygonerne. Det betyder, at alle

---

<sup>1</sup> GeoDanmark er et samarbejde mellem Geodatastyrelsen og Danmarks kommuner om kortlægning og etablering af et "Fællesoffentligt Geografisk Administrationsgrundlag".

## Bilag 3: Tekniske beregningsforudsætninger

boligenheder i et bygningspolygon får tildelt det højeste støjniveau på bygningen. Det kan betyde, at etageejendomme, kollegier, plejeboliger og landejendomme med flere længer kan få overvurderet støjbelastningen. Disse tilfælde vil blive beregnet igen, når der udføres detaljerede støjberegninger i en senere detailfase af projektet.

### Støjbelastningstal

Ved beregning af støjbelastningstal indgår boliger, hvor støjen er større end eller lig med den vejledende grænseværdi på  $L_{den} = 64$  dB(A) ved boligens facade. For enfamilieboliger indgår støjniveauet ved stueetagen eller ved en udnyttet tagetage, hvis støjen her er højere. For etageejendomme indgår støjniveauet ud for facaden af hver boligenhed i etageejendommen.

SBT (støjbelastningstal) bestemmes ved at summere boligernes genefaktorer. Genefaktorer beregnes efter følgende retningslinjer:

$L_{den} < 64$  dB(A):  
Genefaktor = 0

$L_{den} \geq 64$  dB(A):  
Genefaktor =  $(7,239 \times 10^{-4}(L_{den}-42)^3 - 7,851 \times 10^{-3}(L_{den}-42)^2 + 0,1695(L_{den}-42))/100$

Hver enkelt bolig tildeles med udgangspunkt i det beregnede facadestøjniveau,  $L_{den}$ , en genefaktor. En boligs støjniveau karakteriseres som den mest støjbelastede facade og er facaden med det højeste støjniveau bestemt som en såkaldt fritfeltsværdi. Det vil sige uden refleksionsbidrag fra egen facade.

Summen af genefaktorerne for en sammenhængende strækning med boliger belastet over grænseværdien beregnes og normeres til 1 km. Ved at normere til 1 km bliver strækninger af forskellig længde sammenlignelige og kan sammenlignes med vilkåret for etablering af støjskærme, som er givet ved SBT pr. km.

### Forudsætninger for vibrationsberegninger

Følgende forudsætninger er lagt til grund for vibrationsberegningerne:

#### Sporkonstruktion

Der er ved godstog regnet med spor med duoblok sveller af typen Dbn, mens der ved højhastighedstog er benyttet spor af typen smzw661.

#### Jordbundsforhold

På strækningen findes varierende jordbundsforhold, men jordbunden består hovedsagligt af moræneler. Der er udført en vurdering af jordbundsforholdenes betydning for udbredelse af vibrationer. Det viser sig, at den største udbredelse af vibrationer findes, hvis der forudsættes, at jordbunden består af moræneler, og beregningerne er derfor udført med den forudsætning. Til sammenligning viser tilsvarende beregninger med jordbundstyper som sand, gytje, dynd eller tørv, at vibrationsniveauet er omkring 3-5 dB lavere.

## Bilag 3: Tekniske beregningsforudsætninger

### Bygningstyper

Beregningsmodellen tager hensyn til dækresonans for bygningerne, hvilket svarer til man skelner mellem bygninger opført før og efter ca. 1960. Det skyldes primært byggeskik, idet bygninger opført før 1960 typisk er opført med etageadskillelse af træbjælkelag, mens bygninger opført i 1960 eller senere er opført med etageadskillelse i beton. Da den nye jernbane hovedsagligt er placeret i det åbne land, hvor de fleste bygninger er fra før 1960, og da bygninger med etageadskillelse af træbjælkelag, giver det højeste vibrationsniveau er det taget udgangspunkt i, at alle bygninger er fra før 1960.

Vibrationsberegningerne, der er gennemført, tager ikke højde for eventuelle sammenbyggede bygninger som fx carporte og lignende. Resultater af vibrationsopgørelsen kan derfor i enkelte tilfælde udpege bygninger som vibrationsbelastet uden at selve boligenheden er vibrationsbelastet. Grundlaget for bygningsoplysninger bør derfor detaljeres (evt. ved besigtigelse) i en senere detailfase.

Alt i alt er beregningerne til denne kortlægning udført med så præcise forudsætninger som muligt på det foreliggende grundlag. Jordbundens indflydelse er forudsat lidt konservativt, forstået på den måde, at en senere - og mere præcis - beregning sandsynligvis vil vise, at vibrationsniveauet er lavere i praksis, end det ser ud til i denne kortlægning.

## Bilag 4: Datagrundlag

#	Data:	Filnavn	Dato	Oprindelse
1	Bygningspolygoner	Bygning_shp_UTM32.zip	20.10.2015	Banedanmark/ Geodatastyrelsen
2	Jernbane, 3D model for vestlig linjeføring samt konstruktioner	ICOWB_230000_8_001_vest_UTM32_ETRS89_EPSG_25832.dxf	6.6.2016	Banedanmark/ COWI
3	Jernbane, 3D model for central, østlig og sydøstlig linjeføring samt konstruktioner	ICOWB_230000_8_002_central.dxf ICOWB_230000_8_002_oest.dxf ICOWB_230000_8_002_sydoest_vest.dxf	20.7.2016	Banedanmark/ COWI
4	Højdedata, DHM terræn (0,4m grid)	DTM_619_55_TIF_UTM32-ETRS89.zip DTM_619_56_TIF_UTM32-ETRS89.zip DTM_620_55_TIF_UTM32-ETRS89.zip DTM_620_56_TIF_UTM32-ETRS89.zip DTM_621_55_TIF_UTM32-ETRS89.zip DTM_621_56_TIF_UTM32-ETRS89.zip	28.1.2016	Geodatastyrelsen
5	Højdedata, DHM, overflade (0,4m grid)	DSM_619_55_TIF_UTM32-ETRS89.zip DSM_619_56_TIF_UTM32-ETRS89.zip DSM_620_55_TIF_UTM32-ETRS89.zip DSM_620_56_TIF_UTM32-ETRS89.zip DSM_621_55_TIF_UTM32-ETRS89.zip DSM_621_56_TIF_UTM32-ETRS89.zip	1.2.2016	Geodatastyrelsen
6	Trafikgrundlag	2016 04 07 Støjgrundlag NBHH – v5.docx 2016 05 31 Trafikalt grundlag til støjberegninger for en ny bane Hovedgård-Hasselager med station i Solbjerg v2.docx	31.5.2016	Banedanmark
7	BBR oplysninger	BaneDk_SkanderborgAarhus20160225Enheder Bygninger.zip	25.2.2016	Banedanmark/OIS
8	Eksisterende jernbane, veje og teknik	Kort10_SHP_UTM32.zip	20.10.2015	Banedanmark/ Geodatastyrelsen