

VIBRATIONSUTREDNING SMÅLANDSGATAN

TRAFIKINDUCERADE VIBRATIONER

ADDRESS COWI A/S
Parallevej 2
2800 Kongens Lyngby
Denmark

TEL +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.com

INNEHÅLL

1	Inledning	2
2	Bakgrund	3
2.1	Mätkampanj	3
2.2	Standarder och riktlinjer	4
3	Metod	5
3.1	Beräkningsmodell	6
3.2	Beräkningsunderlag	7
4	Resultat	8
5	Slutsatser	9
6	Referenser	10

PROJECT NO.

A133996

DOCUMENT NO.

A133996-4-02-3-RAP-005

VERSION

1

DATE OF ISSUE

2020-11-11

DESCRIPTION

Tillgänglighetsanpassad rapport

PREPARED

Mathias Simon
Thorsen

CHECKED

Ken Grønne
Andersen

APPROVED

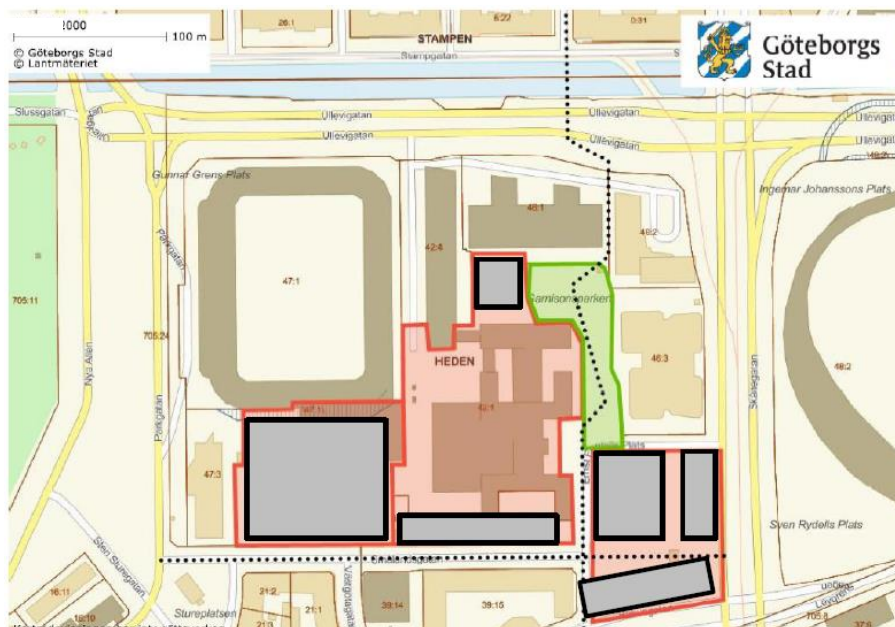
Erik Bäck

1 Inledning

I området kring polishuset vid Skånegatan pågår arbete med en detaljplan som ska medge bebyggelse i tre olika områden, vilka visas i Figur 1. Syftet med detaljplanen är att pröva en utbyggnad av Rättscentrum samt att pröva kontor och bostäder vid Ernst Fontells Plats och vid Ullevi Tennis. Ytorna sträcker sig från Parkgatan i väster till Skånegatan i öster och gränsar till de båda arenorna Gamla Ullevi och Ullevi.

Byggherregruppen har anlitat COWI för att utföra utredningar inom områdena akustik, luftkvalitet och vibrationer, för nuläget och för den framtida utformningen av området.

Denna utredning av vibrationer avhandlar vibrationer som genererats av trafiken i och omkring området.



Figur 1 Tre planbesked, markerade med rött (bebyggelse i grått), har lämnats kring polishuset. Dessa har slagits samman i en detaljplan. Bild ur Göteborgs Stads (Förprövningsrapport gällande planbesked för Bostäder och kontor vid Ernst Fontells Plats (del av Heden 705:13) inom stadsdelen Heden.)

Trafik på vägar och spårvagnsspår genererar vibrationer som sprider sig genom marken och överförs till närliggande byggnader. Vibrationer definieras i detta fall som lågfrekventa svängningar som en människa kan känna i kroppen, dvs hela kroppsvibrationer. Frekvensområdet för vibrationer som människor kan känna är 1-80 Hz [1].

I förhållande till byggandet av nya byggnader i området nära Smålandsgatan i Göteborg utvärderas de potentiella vibrationsfrågorna för lokal trafik preliminärt i denna rapport.

Detta dokument omfattar följande delar:

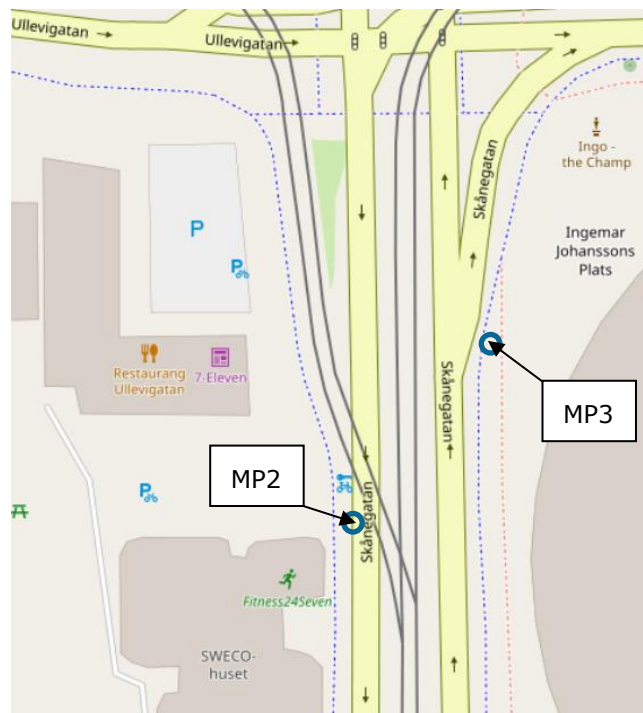
- > Presentation av bakgrunden, inklusive mätkampanjen och relevanta tröskelvärden och riktlinjer för komfortstörande vibrationer;
- > Beskrivning av metoden som används för vibrationsbedömningen inklusive beräkningsmodell och bas;
- > Presentation av resultaten av bedömningen av trafikinducerade vibrationer i termer av kritiska avstånd för både lätta och tunga byggnadstyper.

2 Bakgrund

Trafikinducerade vibrationsproblem som observerats i området nära Smålandsgatan tillskrivs lokal trafik när det gäller vägtrafik och spårvagnar på grund av spårens tillstånd, hastighet och trafikflöde samt den lokala geologin.

2.1 Mätkampanj

Mätutrustning har installerats på två olika platser nära spårvagnsspåren på Skånegatan, se Figur 2, för att mäta källstyrkan på spårvagnspassager baserat på mätningar i marknivå. Den första mätpunkten (MP2) ligger 4,20 m från mitten av närmaste spårvagnsspår, medan den andra mätpunkten (MP3) ligger 16,45 m från mitten av närmaste spårvagnsspår. De exakta platserna för mätutrustningen kan ses i Figur 3 och Figur 4.



Figur 2 Mätplatser

Mätutrustningen var aktiv mellan 2020-10-16 och 2020-10-23 för MP2 och mellan 2020-10-16 och 2020-10-18 för MP3.



Figur 3 Mätpunkt 2 på västra sidan av Skånegatan från två olika vinklar



Figur 4 Mätpunkt 3 på östra sidan av Skånegatan från två olika vinklar

2.2 Standarder och riktlinjer

Svensk standard SS 460 48 61 [2] föreskriver en tröskel på 0,4-1,0 mm/s för måttliga komfortstörningar i bostadshus beroende på frekvens. Värdet definieras som det maximala RMS-värdet med tidsviktningen "långsam" och en frekvensviktning enligt ISO 8041 inom frekvensområdet 1-80 Hz. För att vara konservativ definieras komforttröskeln som 0,4 mm/s. Denna tröskel uppfyller också riktlinjerna från Trafikverket [3] som föreskriver en maximal vibrationsnivå på 0,4 mm/s RMS för bostadshus. Tröskelvärdet från Trafikverket avser vibrationsnivån på natten (22-06) och får inte överskridas mer än 5 gånger en genomsnittlig natt med avseende på trafik, men får dock aldrig överstiga 0,7 mm/s RMS.

För att förutsäga vibrationsnivån vid byggnadens golv, kopplingsförlusten från marken till byggnadsfundamentet samt dynamisk förstärkning från byggnadsfundamentet genom byggnaden, används Tabell 1 från NT ACOU 082 [4] för att göra uppskattningar.

Tabell 1 Kopplingsförlust och dynamiska förstärkningsuppskattningar från NT ACOU 082 [4].

	Kategori	Bidrag (ΔL_{aw}) [dB(KB)]
Kopplingsförlust	Byggnad utan källarvåning	-2
	Byggnad med källarvåning (1,5-3 m under marknivå).	-8
Dynamisk förstärkning	Envåningshus eller bottenvåning i tvåvåningshus med träbjälklag.	+12
	Övre våning i tvåvåningshus med träbjälklag.	+20
	Flervåningsbyggnad med betongbjälklag, med/utan trögolv.	+9

Baserat på byggnadskategoriseringen i Tabell 1 definieras två intressanta byggnadstyper i enlighet med NT ACOU 082 [4]:

- > **Lätta** byggnader med flera våningar utvärderade som övervåningen i ett tvåvåningshus med timmerdäck och källare;
- > **Tunga** byggnader med flera våningar utvärderade som en byggnad med flera våningar med betongdäck, med/utan trögolv och med källare.

3 Metod

För att undersöka risken för komfortstörningar kommer de förväntade vertikala vibrationsnivåerna i de nya byggnaderna att uppskattas genom en kombination av en teoretisk/empirisk modell och vibrationsmätningar. Metoden sammanfattas enligt följande:

- > Tidshistoriken från de två mätpunkterna analyseras initialt för att identifiera de maximala (övergående) vibrationshastigheterna från spårvagnspassager. I denna process identifieras och ignoreras lokala störningar.
- > För att uppskatta vibrationsnivån i en byggnad baserat på uppmätta marknivåer uppskattas överföringen av vibrationerna från marken upp genom byggnaden. Denna överföring består av kopplingsförlusten mellan marken och byggnadsfundamentet och den dynamiska förstärkningen från byggnadsfundamentet till golvet i byggnaden. Dessa överföringsparametrar

förutses baserat på uppskattningar från NT ACOU 082 [4] beroende på byggnadstyp;

- > Med användning av kopplingsförlust och dynamisk förstärkning uppskattas källans styrka med en enkel empirisk geologisk överföringsfunktion som antar lera som det dominerande jordförhållandet;
- > Slutligen uppskattas de kritiska avstånden som det avstånd på vilket vibrationsutbredningen exakt överensstämmer med tröskeln för komfortstörningar från SS 460 48 61 [2] beroende på byggnadstyp.

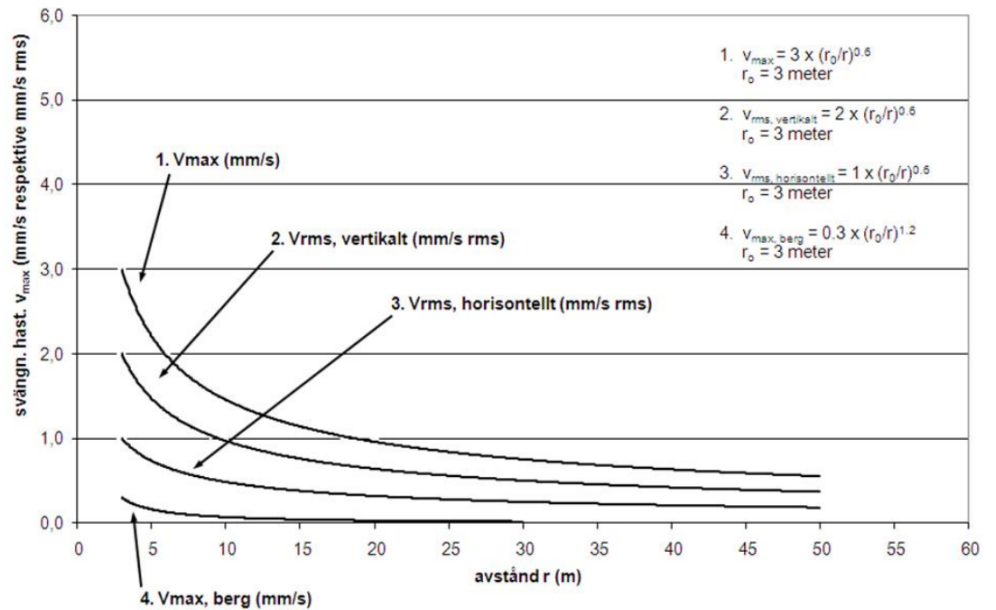
3.1 Beräkningsmodell

Baserat på erfarenhet kan tung vägtrafik och spårvagnar leda till vibrationsrelaterade problem med avseende på komfort och stomljud i närliggande byggnader. Vibrationsnivån är starkt beroende av:

- > Vägens och spårvagnsspårens skick;
- > Fordonens hastighet och massa;
- > Jordens sammansättning.

Särskilt markförhållandena har stor inverkan på hur människor i byggnader utsätts för trafikinducerade vibrationer. Vibrationsfrågorna är värst när byggnaden är byggd på en geologi som domineras av lösa jordar, särskilt mjuk lera, samt när vägen eller spårvagnsspåren har ojämnheter vid ytan.

För en första utvärdering av risken för komfortstörningar i byggnader antas spårvagnstrafik ha en liknande vibrationspåverkan som tung trafik [5]. En uppskattning av vibrationsutbredningen genom jord som funktion av avståndet från källan presenteras i Figur 5, när både vägen och byggnaden är byggda på lerig mark.



Kurva 1 avser inkommande vertikal svängningshastighet i en byggnads grundläggningsdel vid undergrund av lera (ger underlag för att bedöma skaderisk).
 Kurva 2 avser vägda hastigheter i vertikalled på bjälklag, s.k. komfortvärden.
 Kurva 3 avser vägda hastigheter i horisontalled på bjälklag, s.k. komfortvärden.
 Kurva 4 avser inkommande vertikal svängningshastighet i en byggnads grundläggningsdel vid undergrund av berg (ger underlag för att bedöma skaderisk).

Figur 5 Diagram för initial förutsägelse av risk för komfortstörningar i byggnader till följd av tung trafik om man antar att både vägen och byggnaden är byggda på lerig mark [5].

Som framgår av Figur 5 uppskattas vibrationsutbredningen baserat på en ekvation som liknar följande:

$$v_{max,RMS} = v_{0,max,RMS} \cdot \left(\frac{r_0}{r}\right)^x$$

där $v_{0,max,RMS}$ är vibrationshastigheten vid referensavståndet, r_0 , även definierad som vibrationskälla. Den oberoende variabeln, r , är avståndet från vibrationskällan och exponenten, x , är vibrationsutbredningens avklingning som normalt ligger inom intervallet 0,5 och 1,2 [5].

3.2 Beräkningsunderlag

Geologin nära projektområdet antas konservativt bestå av mjuk lera. Byggnaderna och vägarna i området antas således vara direkt baserade på lera.

De uppmätta vibrationsnivåerna från vägtrafiken vid Skånegatan visade sig vara mycket små jämfört med spårvagnspassager, och har därför inte inkluderats i utredningen. Det antas också att vägtrafiken på Smålandsgatan består av mindre fordon och lägre hastighet, vilket således inte kan påverka vibrationskomforten i närliggande byggnader. Trafikinducerade vibrationsproblem som observerats i området nära Smålandsgatan tillskrivs således främst spårvagnspassager.

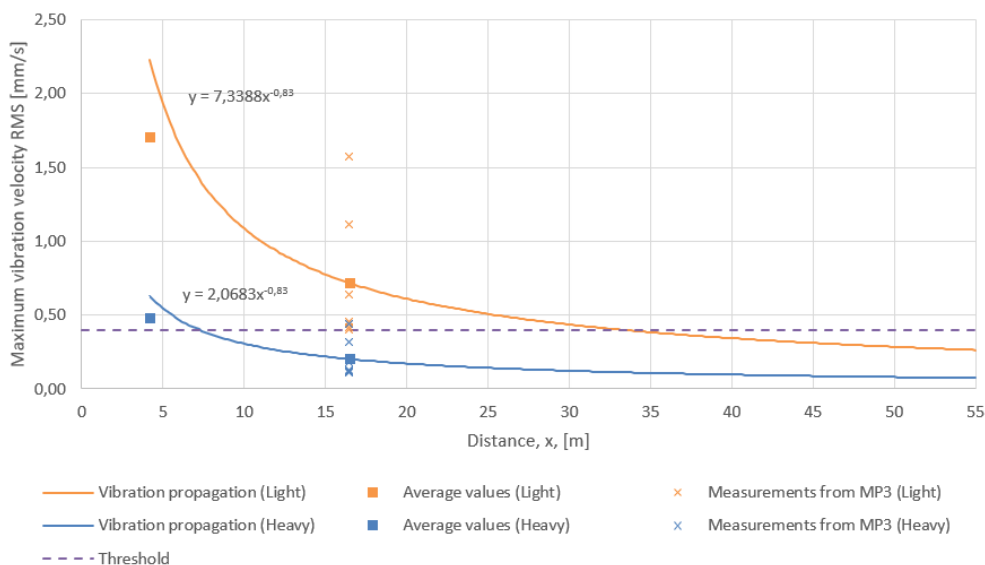
Den högsta tillåtna hastigheten i Göteborgs spårvagnsnät är 60 km/h och på Skånegatan är hastighetsgränsen 50 km/h. Totalt passerar fyra spårvagnslinjer (2, 6, 8 och 13) genom projektområdet nära Smålandsgatan. De uppmätta hastigheterna för spårvagnarna under mätkampanjen har varierat, vilket tagits hänsyn till i analysen av den samlade vibrationskällan.

4 Resultat

För trafikinducerade vibrationer föreskriver SS 460 48 61 [2] en komforttröskel på 0,4 mm/s RMS för golv i bostadshus, se avsnitt 2.2.

Vibrationshastigheterna antas följa den vibrationsutbredning som ses i Figur 5, jfr. [5] med en liknande ekvation. Vibrationsutbredningsfunktionen modifieras för att korsas med medelvärdena från MP3 för att replikera vibrationsutbredningen genom den lokala geologin, vilket resulterar i en exponent på 0,83. Detta noteras ligga inom det föreskrivna intervallet 0,5 och 1,2 [5].

Resultaten av spårvagnsinducerade vibrationshastigheter visas i Figur 6 beroende på byggnadstyp. Förutom vibrationsutbredningen ingår även medelvärden i Figur 6, där medelvärdena från MP2 är medelvärden för de högsta mätningarna, medan medelvärdena från MP3 är medelvärden för alla giltiga spårvagnsmätningar från denna mätpunkt.



Figur 6 Vibrationsutbredning jfr. SGF när man antar att både vägen och byggnaden är grundad på lerig mark [5].

Kritiska avstånd med avseende på komfortstörningar i bostadshus finns från skärningarna mellan vibrationsutbredningen från Figur 6 och komforttröskeln på 0,4 mm/s. De kritiska avstånden för de två definierade byggtyperna samlas i Tabell 2.

Tabell 2 Kritiska avstånd med avseende på vibrationskomfort i bostadshus.

Kategori	Kritiskt avstånd [m]
Övre våning i tvåvåningshus med träbjälklag och källare (lätt)	33,2
Flervåningsbyggnad med betongbjälklag, med/utan trægolv och med källare (tung)	7,2

Av Tabell 2 framgår att trafikinducerade komfortstörningar inte kommer att vara ett problem med avstånd större än 33,2 respektive 7,2 m från spårvagnsspårens centrum till lätta respektive tunga byggnader.

5 Slutsatser

I förhållande till byggandet av nya byggnader i området nära Smålandsgatan i Göteborg har trafikinducerade vibrationer preliminärt bedömts med avseende på komfortstörningar.

De uppmätta vibrationsnivåerna från vägtrafiken visade sig vara mycket små jämfört med spårvagnspassager och ingår därför inte i utredningen, som fokuserar därför enbart på spårvagnspassager.

Tidsserierna som samlats in från mätutrustning på två platser har använts för att uppskatta vibrationsutbredningen genom mark med en enkel empirisk geologisk överföringsfunktion. Kopplingsförlusten mellan mark och fundamentet av en byggnad samt den dynamiska förstärkningen från fundamentet till golvet i en byggnad förutses med hjälp av uppskattningar från Nordtest Metod NT ACOU 082 beroende på byggnadstyp.

Den beräknade vibrationsutbredningen jämförs med tröskeln för komfortstörningar på 0,4 mm/s enligt SS 460 48 61.

Denna jämförelse resulterar i ett kritiskt avstånd på 7,2 m där trösklarna exakt följs när man antar tunga byggnader med flera våningar. Konstruktionen av lätta byggnader med flera våningar är dock förknippad med större kritiska avstånd (33 m) och ökar möjliga problem med komfortstörningar i det berörda området.

Byggnaderna i de östra delarna av planområdet planeras att uppföras med grundläggning och bjälklag i betong. På Skånegatan är körbanans tre befintliga körfält tillsammans med gång- och cykelbanan ca 20 m breda, vilket innebär att avståndet från de byggnader som planeras ligga närmast Skånegatan till spårvagnsspåren är väl över det kritiska avståndet på 7,2 m. Detta gör att bedömningen är att risken för komfortstörningar i planområdet på grund av vibrationer från trafik är liten.

6 Referenser

- [1] International Organization for Standardization (ISO), "ISO 2631-2, Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)," 2003.
- [2] SIS - Industriteknik, "SS 460 48 61, Vibration and shock - Measurement and guidelines for the evaluation of comfort in buildings," Swedish Standard, 1992.
- [3] Blidberg Karin PLkvh, "Buller och vibrationer från trafik på väg och järnväg," Trafikverket, 2017.
- [4] Nordtest Method, "NT ACOU 082, Buildings: Vibration and shock, evaluation of annoyance," 1991.
- [5] Svenska Geotekniska Föreningen, "SGF Informationsskrift 1:2012, Markvibrationer", Markvibrationskommittén, 2012.