



Bullerberäkningar med Cnossos-EU i Sverige

Mikael Ögren
Johanna Bengtsson Ryberg

4 december 2015

Sahlgrenska Universitetssjukhuset
Arbets- och miljömedicin
Västra Götalandsregionens Miljömedicinska Centrum (VMC)
ADRESS Box 414, 405 30 Göteborg BESÖK Medicinaregatan 16
TELEFON 031-786 28 95 E-POST mikael.ogren@amm.gu.se
HEMSIDA www.amm.se

Förord

Från och med den 31 december 2018 blir det obligatoriskt att använda den nya beräkningsmetoden Cnossos-EU (Common Noise Assessment Methods in EU) vid den strategiska bullerkartläggningen (enligt direktiv 2002/49/EG och den svenska förordningen 2004:675). Naturvårdsverket gav Mikael Ögren på Arbets- och miljömedicin vid Sahlgrenska universitetssjukhuset och Göteborgs universitet i uppdrag att ta fram vägledning och sprida information om Cnossos-EU. De flesta kommuner som omfattas av direktivet använder enbart de svenska måtten (dygnsekvivalent och maximal ljudnivå) i sina åtgärdsprogram, men Cnossos-EU kan inte beräkna maximal nivå. Inom uppdraget har det också ingått att göra bullerberäkningar med Cnossos-EU och jämföra resultatet med de beräkningsmetoder som vanligen används i Sverige. Detta för att säkerställa att Cnossos-EU ska fungera så bra som möjligt i Sverige. Projektledare på Naturvårdsverket har varit Johanna Bengtsson Ryberg. Arbets- och miljömedicin svarar för innehållet i rapporten.

Tack till er som har bidragit med kunskap och viktig bakgrundsinformation: Ulf Sandberg (VTI), Jan Spännar (Trafikverket), Jarno Kokkonen (SITO) och Andreas Gustafsson (Gärdhagen akustik).

Göteborg 4 december 2015
Arbets- och miljömedicin
Mikael Ögren

Innehåll

1 Cnossos-EU	5
1.1 Inledning	5
1.2 Beräkningsmetoder för trafikbuller	5
1.3 Krav på indata	6
1.4 Utbredningsmetod	6
1.5 Öppen programvara för beräkning	7
2 Vägtrafik	8
2.1 Inledning	8
2.2 Jämförelse mellan Cnossos-EU, NV 96 och Nord2000	9
3 Spårburen trafik	10
3.1 Inledning	10
3.2 Beräkning av källstyrkan	10
3.3 Jämförelse mellan Cnossos-EU och NT 96 för olika fordonstyper	12
3.4 Jämförelse mellan Cnossos-EU och NT 96 för spårparametrar	16
4 Behov av anpassningar av Cnossos-EU	19

Sammanfattning

Vart femte år rapporterar samtliga medlemsländer i EU in hur många personer som utsätts för buller från väg- och tågtrafik, flyg samt större industrier. Dessa siffror bygger på beräkningar med olika nationella beräkningsmetoder. Från och med den fjärde omgången, som ska vara klar 2022, ska samtliga medlemsländer använda den EU-gemensamma beräkningsmetoden Cnossos-EU, men redan nu kan den börja användas.

Beräkningsmetoden publicerades i form av ett Annex till omgivningsbullerdirektivet i maj 2015. Det finns en beskrivning hur man tar fram källstyrkor för väg- och tågtrafik samt industribuller. För flygbuller så är metoden identisk med den nu gällande beräkningsmetoden inom Sverige, så flygbullerberäkningar påverkas inte utan genomförs på samma sätt som idag. När man har tagit fram en källstyrka räknar man sedan fram vad bullernivån blir med en gemensam utbredningsmetod baserad på den franska metoden NMPB. Utbredningsmetoden tar hänsyn till markprofilen, bullerskärmar och vallar, reflexer i husfasader och anda objekt samt i viss mån väder.

För att se vad införandet av Cnossos-EU innebär för svensk del så genomfördes ett antal beräkningar där resultat från de metoder som används i Sverige just nu jämförs med beräkningar med Cnossos-EU. För vägtrafik så överensstämmer beräkningarna ganska väl. Dock krävs mer indata i form av trafik i flera klasser och andel dubbdäcksanvändning vilket skapar ett merarbete när respektive väghållare ska göra beräkningar. Typiska nordiska vägbeläggningar, vilka är något mer bullriga än de vanligaste i övriga Europa, saknas också men går relativt enkelt att införa. I beräkningarna här antogs att den typiska svenska beläggningen ABS 16 är 1,5 dB bullrigare än standardfallet i Cnossos-EU.

För järnvägsbuller är situationen sämre. Avvikelserna är stora mellan den svenska metoden och Cnossos-EU, upp till 10 dB för vissa fordon. Många fordon i trafik i Sverige saknas också, till exempel finns inga data för spårvagnar och tunnelbanetåg. Källmodellen för tågtrafik i Cnossos-EU är relativt komplex med många parametrar, varför det är svårt att på ett enkelt sätt korrigera avvikelserna. Därför är det nödvändigt med omfattande uppdateringar av dessa värden, och eventuellt aktuellt med nya mätningar på samtliga tågtyper i trafik i Sverige.

En annan svårighet är att Cnossos-EU tar hänsyn till spårets kondition på ett detaljerat sätt. Det blir nödvändigt att ta fram typiska värden för ytråhet (räfflor och vågor på räalhuvudet) utmed det Svenska järnvägsnätet, antingen via teoretiska korrekationer av data som regelbundet mäts idag, eller via mätningar med annan mer avancerad utrustning.

En större principiell skillnad mellan Cnossos-EU och de svenska metoderna är att Cnossos-EU inte kan beräkna maximal ljudnivå. Detta gör att för att kunna jämföra beräkningar med riktvärden för maximal nivå så måste man göra två bullerkartläggningar, en med Cnossos-EU för att rapportera till EU, och en med svenska metoder för att använda i Sverige. Alternativet är att Cnossos-EU utökas så att den kan användas till beräkningar av maximal nivå, vilket är ett omfattande arbete.

Införandet av Cnossos-EU skapar också en viss obalans i Sverige vad det gäller beräkningsmetoder och deras användningsområde. Vid den strategiska kartläggningen används en metod som tar hänsyn till trafik i fler klasser, mer detaljerade markdata, information kring acceleration och bromsning, dubbdäcksanvändning och så vidare än de nordiska metoderna reviderade 1996. Om man vill göra en detaljerad utredning på en specifik plats ska man då alltså använda en äldre och mer förenklad metod som inte tar hänsyn till ovanstående i samma utsträckning. Med andra ord så är beräkningsmetoden som skall användas vid detaljerade kartläggningar i princip mer förenklad än den som används vid översiktliga/strategiska kartläggningar.

Summary in English

Every five years, all EU member states report to the European Commission how many people who are exposed to noise from road and railway traffic, aircraft and major industries. These figures are based on calculations based on different national calculation methods. From the fourth round, which is to be reported during 2022, all member countries must use the EU common calculation method Cnossos-EU (Common Noise Assessment Methods in EU), but it may be used before that.

The calculation method published in the form of an Annex to the Environmental Noise Directive in May 2015. There is a description of how to calculate the source strengths of road and rail traffic as well as industrial noise. For aircraft noise the method is identical to the now current calculation method in Sweden, so aircraft noise calculations are not affected and are implemented in the same way as today. After a source strength is determined the noise level at a receiving point is calculated using a common propagation method based on the French method NMPB. The propagation method takes into account the ground profile, noise barriers and embankments, reflections in building facades and to some extent weather influence.

To see what the introduction of Cnossos-EU means for Sweden a number of calculations were performed where the results from the methods used in Sweden right now are compared with calculations using Cnossos-EU. For road traffic the methods compare rather well. However, Cnossos-EU required more input parameters, e.g. traffic in several classes and use of studded tires which creates extra work when the respective road authorities prepare for the calculations. Typical Nordic road surfaces, which are somewhat more noisy compared to the commonly used road pavements in Europe, are also missing but are relatively straight forward to implement. The calculations in this report assumed that the typical Swedish road pavement ABS 16 is 1.5 dB noisier than the standard pavement in Cnossos-EU.

For railway noise, the situation is worse. The differences are large between the Swedish method and Cnossos-EU, up to 10 dB for some vehicles. Many vehicles in use in Sweden is also missing, for example, no data is available for trams and subway trains. The source model of rail traffic in Cnossos-EU is relatively complex with many parameters, which makes it challenging to correct deviations. Therefore, it is necessary with comprehensive updates to the standard values for Swedish trains in Cnossos-EU. An ever better approach would be to perform new controlled measurements on all types of trains in traffic in Sweden.

Another difficulty is that Cnossos-EU takes account of the track condition in a detailed manner. It will be necessary to generate typical values of the surface roughness (grooves on the rail head) along the Swedish network, either by theoretical corrections of data regularly measured today, or via measurements with other more advanced equipment.

A major difference in principle between Cnossos-EU and the Swedish methods is that Cnossos-EU can not calculate the maximum level. In order to compare calculations with maximum levels in guidelines level it is necessary to create two noise maps, one with Cnossos-EU to report to the EU, and one with Swedish methods for use in Sweden. The alternative is to modify Cnossos-EU so that it can be used to estimate the maximum level, which is a major undertaking.

The introduction of Cnossos-EU also creates a certain imbalance in Sweden in terms of calculation methods and their application. The strategic noise mapping for traffic noise is performed with a method that takes into account the traffic in more classes, uses more detailed ground data, information about the acceleration and braking, use of studded tires and so on, than the Nordic methods revised 1996. If you want to do a detailed investigation on a particular site you shall then use an older and more simplified approach that does not take into account the parameters above to the same extent.

1 Cnossos-EU

1.1 Inledning

Under 2002 antogs EU:s direktiv för omgivningsbuller [1], som i Sverige blev lagtext i form av förordning om omgivningsbuller [2]. Direktivet reglerar arbetet med strategisk kartläggning av buller inom EU. Syftet med direktivet är att samordna bullerarbetet i EU genom gemensamma bullermått, gemensamma kartläggnings- och bedömningsmetoder, information till allmänheten och fastställda handlingsplaner (åtgärdsprogram). Alla medlemsländer ska rapportera antalet exponerade för buller i tätbebyggda områden samt i närheten av de största vägarna, tågbanorna, flygplatserna och industrierna.

I Sverige är det Trafikverket och kommuner med mer än 100 000 invånare som ska kartlägga buller och upprätta åtgärdsprogram vart femte år. Naturvårdsverket ansvarar för att sammanställa och redovisa kartläggningarna och åtgärdsprogrammen till EU-kommissionen. Kartläggningen ska göras i EU-måtten Lden och Lnight. Utöver redovisningen i EU-måtten anger Naturvårdsverket att det är bra om nivåerna även redovisas i ekvivalenta nivåer och maxnivåer (dvs i de svenska måtten). På detta sätt kan kommande åtgärdsarbete relateras till de svenska riktvärdena för ekvivalent och maximal ljudnivå. Efter kartläggningen ska åtgärdsprogram tas fram. Syftet med dem är att samordna och ta fram kostnadseffektiva och de i övrigt mest lämpade åtgärderna så att miljö kvalitetsnormen följs. Åtgärdsprogrammen kan omfatta olika åtgärder och styrmedel som kommuner och myndigheter behöver genomföra. När kartläggningarna och åtgärdsprogrammen är klara sammanställer och skickar Naturvårdsverket in Sveriges uppgifter. Den senaste sammanställningen av de hittills inrapporterade bullerkarteringarna för hela EU publicerades i slutet av 2014 [3]. Naturvårdsverket har sammanställt de svenska inrapporterade åtgärdsprogrammen [4].

I direktivet anges också att en EU-gemensam beräkningsmetod ska tas fram för den strategiska kartläggningen. Den gemensamma beräkningsmetoden kallas Cnossos-EU (Common Noise Assessment methods in EU). Arbetet med att ta fram en gemensam beräkningsmetod startade i början av 2000-talet med EU-projekten Harmonoise och Imagine [5]. Tanken var att Harmonoise skulle vara grunden för den gemensamma beräkningsmetoden. Ett antal år senare tog istället konsultbyrån Extrium, anlitad av kommissionen, fram tre olika förslag. Det var att Cnossos-EU skulle baseras på den franska metoden NMPB, den globala ISO 9613 eller Harmonoise.

I början av arbetet med Cnossos-EU var förslaget att det skulle vara en översiktlig obligatorisk del som skulle användas för den strategiska bullerkartläggningen och en mer avancerad del som var frivillig att använda för att få fram mer detaljerade beräkningar som grund i åtgärdsprogrammen. Någon gång i slutet av processen försvann den avancerade delen och kvar fanns bara den andra mer översiktliga. I juni 2014 röstade medlemsländerna slutligen ja till kommissionens förslag att den gemensamma beräkningsmetoden Cnossos-EU ska baseras på den franska spridningsmodellen NMPB. Den 19 maj 2015 publicerades beräkningsmetoden [6]. Från och med den 31 december 2018 är det obligatoriskt att använda Cnossos-EU vid de strategiska kartläggningarna, och samtliga medlemsländer ska då ha implementerat metoden i den nationella lagstiftningen.

Beräkningsmetoden innehåller i princip fyra delar: vägtrafik, spårtrafik, industri och flygbuller. För flyg är dock situationen speciell, där är Cnossos-EU identisk med den metod som redan används inom EU, Ecac Doc 29 [7]. I denna rapport analyseras därför inte buller från flygtrafik, eftersom införandet av Cnossos-EU inte kommer att påverka hur man beräknar flygbuller i Sverige. Även den maximala nivån beräknas på samma sätt som tidigare.

Utbredningsdelen är gemensam för spårtrafik, vägtrafik och industribuller. Effekten av skärmning, markeffekt, vädrets inverkan osv beräknas på samma sätt oavsett vilken av dessa källor som används, vilket naturligtvis ger vissa fördelar. Källmodellerna är dock ganska olika. Vägtrafiken modelleras som en linje av punktkällor på en fast höjd ovanför vägytan, och en antal parametrar som hastighet, väglutning osv ger en ljudeffektnivå som sedan stoppas in i utbredningsdelen, en relativt enkel metod. Spårburet buller modelleras som två linjer med punktkällor på olika höjd över spåret, men källstyrkan beror på ett stort antal komplexa parametrar som ytråhet på hjulen och rälen, överföringsfunktioner mellan hjulet och utstrålad ljudeffekt med mera.

1.2 Beräkningsmetoder för trafikbuller

I tabell 1 sammanfattas de beräkningsmetoder som vanligen används i Sverige idag när bullerkartläggningar görs. Förkortningarna används för att förenkla i figurtexter osv i denna rapport.

Väg- och spårtrafikmetoderna reviderade 1996 är relativt lika varandra, men de har inga gemensamma delar. Vägtrafikmetoden gör beräkningar endast i total A-vägd ljudtrycksnivå, medan spårtrafikmetoden också kan beräkna i oktavband från 63 Hz till 4 kHz. Många andra detaljer kring beräkningsgång osv skiljer dem åt. För Nord2000-metoderna, som togs fram i samarbete mellan de nordiska länderna med avsikt att ersätta de äldre metoderna, är det tvärt om. Båda metoderna delar samma beräkningsbas, endast de källspecifika delarna skiljer dem åt. Resultatet kan redovisas som A-vägd ljudtrycksnivå men är i grunden beräkningar i tersband från 25 Hz till 10 kHz.

I Sverige är metoderna reviderade 1996 fortfarande de som rekommenderas av Naturvårdsverket, men i övriga nordiska länder används Nord2000 som officiell metod för vägtrafikbuller. Arbete med att eventuellt revidera vilka metoder som rekommenderas pågår, Naturvårdsverket ser över situationen i Sverige för samtliga beräkningsmetoder inom bullerområdet, inte bara dem som gäller spår- och vägtrafik.

Tabell 1: Sammanfattning av beräkningsmetoder för trafikbuller som används i Sverige.

Metod	Förkortning
Vägtrafikbuller, nordisk beräkningsmodell reviderad 1996 [8]	NV 96
Buller från spårburen trafik – Nordisk Beräkningsmodell [9]	NT 96
Nord2000. New Nordic Prediction Method for Road Traffic Noise[10]	Nord2000
Nord2000. New Nordic Prediction Method for Rail Traffic Noise[11]	Nord2000

1.3 Krav på indata

Den viktigaste faktorn som avgör om en bullerberäkning stämmer med en mätning är vilka indata som man har använt. Cnossos-EU är avsett för att göra beräkningar över stora ytor, och då krävs massor med indata i form av trafikuppgifter, hastigheter, terränghöjder med mera. För indata som påverkar källstyrkan som t ex trafikflöde och hastighet, så regleras vilken kvalitet som dessa data måste leva upp till i Cnossos-EU genom 2 dB regeln:

Alla ingångsvärden som påverkar en källas emissionsnivå ska bestämmas med en minsta noggrannhet motsvarande osäkerheten ± 2 dB(A) i källans emissionsnivå (övriga parametrar konstanta).

För att reglera hur man gör när det saknas viktiga indata finns följande text under standardvärdena:

När metoden används ska ingångsvärdena motsvara den verkliga tillämpningen. Generellt får standardvärden inte användas och antaganden får inte göras. Standardingångsvärden och antaganden kan godkännas om insamling av reella data förväntas medföra orimligt höga kostnader.

Detta innebär att i princip så ska man bestämma t ex en trafikleds trafikflöde eller en viss tågtyps utstrålade ljudeffekt inom ± 2 dB(A), om det inte förväntas medföra orimligt höga kostnader. Det innebär att man accepterar en ganska stor osäkerhet. För vägtrafik innebär detta till exempel att det totala trafikflödet ska bestämmas med en felmarginal inom spannet -37% till +58%.

Källstyrkan hos vägfordon finns publicerat i Cnossos-EU men korrekationer för vanliga svenska vägbeläggningar saknas. För tågtrafik finns det rekommenderade standardvärden baserade på typiska data för liknande tågtyper, men data för svenska tågtyper är inte överförda från svenska mätningar eller beräkningsmetoder. Hur stora avvikelser det rör sig gentemot svenska beräkningar redovisas nedan.

1.4 Utbredningsmetod

Utbredningsmetoden i Cnossos-EU är baserad på den franska beräkningsmetoden NMPB. Metoden utgår från en punktkälla och beräknar sedan effekten av mjuk mark, skärmning av terräng och andra hinder, absorption i luften och reflexer mot husfasader i oktavband från 63 Hz upp till 8 kHz. Beräkningsmetoden i sig kan använda vilken mottagarhöjd som helst, men beräkningar som ska redovisas till EU ska utföras med en mottagarhöjd på 4 m över mark.

Cnossos-EU specificerar att varje beräkning ska genomföras för två olika väderförhållanden, neutralt väder, dvs homogen atmosfär, och ogynnsam utbredning, dvs vind från källan mot mottagaren. Medelvärdet av dessa båda beräkningar är resultatet som anses vara ett mått på årsmedelvärdet i mottagarpunkten.

För beräkningar i Sverige används många olika utbredningsmetoder. De som är aktuella för väg- och tågtrafik är sammanfattade i tabell 2. De svenska metoderna reviderade 1996 [8, 9] har det gemensamt med Cnossos-EU att användaren inte behöver ange information kring väderlek, dvs vindriktning, vindstyrka och temperaturgradienter osv. Fördelen med Nord2000 [10, 11] är att beräkningarna blir mer rättvisande om man har tillgång till noggran statistik av väderparametrar i beräkningsområdet, nackdelen är att det kan vara svårt och kostsamt att få fram sådana data.

Tabell 2: Sammanfattning av utbredningsmetoder för väg- och spårtrafik i Sverige.

Förkortning	Metod	Frekvensband	Väder
NV 96	Vägtrafik rev. 1996 [8]	A-vägd	Standard
NT 96	Spårtrafik rev. 1996 [9]	Oktavband	Standard
Nord2000	Väg- och spårtrafik [10, 11]	Tersband	Anges av användaren
Cnossos-EU	Väg- och spårtrafik [6]	Oktavband	Standard

För Cnossos-EU så indelas marken i åtta klasser från mjuka marktyper till hårda som benämns A till H, precis analogt med Harmonoise/Imagine och Nord2000. Markklass A till D ger dock exakt samma markeffekt med Cnossos-EU, vilket även klass G och H gör, så effektivt finns det fyra markklasser; A-D,E,F och G-H. För de nordiska metoderna reviderade 1996 kan man endast välja mjuk eller hård mark (för järnvägsmetoden NT 96 kan man välja delvis mjuk mark men denna möjlighet används sällan i praktiken).

1.5 Öppen programvara för beräkning

Under arbetet med Cnossos-EU så tog EU-kommissionen fram en mjukvara för att göra enklare beräkningar med den föreslagna metoden [12]. Mjukvaran är släppt under EUPL-licensen, vilket betyder att det är en programvara med öppen källkod som vem som helt kan använda och även modifiera. Avsikten var att skapa en referensimplementation som andra programtillverkare kan jämföra emot, men eftersom det är öppen källkod kan man även använda beräkningsrutiner osv direkt i egen programvara genom att helt enkelt kopiera valda delar ur källkoden. Detta kommer förhoppningsvis att leda till bättre jämförbarhet mellan olika beräkningsprogram, eftersom man kan jämföra dem mot referenskoden i enkla testfall.

Programvaran använder Extensible Markup Language (XML) för att specificera indata till beräkningsrutinerna, och även för att lagra beräkningsresultatet. Detta gör det enkelt att använda beräkningsrutinerna genom att manipulera XML-filer som beskriver geometri, marktyp, fordonsdata osv. Samtliga beräkningsresultat för Cnossos-EU som redovisas i denna rapport har tagits fram med denna programvara.

För den som vill experimentera med Cnossos-EU men som inte är programmerare så finns det binära filer med distributionen som bara är att starta (endast för operativsystemet Windows). I den medföljande dokumentationen kan man utläsa hur man modifierar enkla parametrar som t ex beräkningsavstånd genom att redigera XML-filer, och beräkningsresultatet ges direkt i form av den ekvivalenta ljudtrycksnivån i oktavband och som A-vägd nivå, se figur 1.


```

OSGeo4W Shell
Noise levels
Freq(Hz) : 63 : 125 : 250 : 500 : 1000 : 2000 : 4000 : 8000
Lw : 62.7 : 67.2 : 69.4 : 74.8 : 87.5 : 89.8 : 84.0 : 83.0
dB(A) : -25.2 : -15.6 : -8.4 : -3.1 : 0.0 : 1.2 : 0.9 : -2.4
deltaLw : 0.8 : 0.4 : -0.3 : 0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0
AttGeo : -39.0 : -39.0 : -39.0 : -39.0 : -39.0 : -39.0 : -39.0 : -39.0
AttAtm : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.1 : -0.1 : -0.2 : -0.7 : -2.4
AttRef : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0
AttDif : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0 : 0.0
AttSize : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0 : -0.0
Att,F : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6
Att,H : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6 : 0.6
Lp,F : -0.1 : 13.7 : 22.4 : 33.3 : 49.0 : 52.4 : 45.9 : 39.9
Lp,H : -0.1 : 13.7 : 22.4 : 33.3 : 49.0 : 52.4 : 45.9 : 39.9
Leq : -0.1 : 13.7 : 22.4 : 33.3 : 49.0 : 52.4 : 45.9 : 39.9

Lp,F : 54.8 dB(A)
Lp,H : 54.8 dB(A)
Leq : 54.8 dB(A)

Creating output file out.xml
C:\Documents and Settings\Mikaelo\Desktop\EUPL_Release_1.1\propagation\Release>

```

Figur 1: Exempel på beräkning med programvaran som medföljer Cnossos-EU.

2 Vägtrafik

2.1 Inledning

I Sverige används för de allra flesta bullerberäkningar när det gäller buller från vägtrafik metoden “Vägtrafikbuller, nordisk beräkningsmodell reviderad 1996” [8] (NV 96). Under slutet på 1990-talet och början på 2000-talet utvecklades en ny metod gemensamt av de nordiska länderna som fick namnet Nord2000 [10, 13]. Cnossos-EU har vissa likheter med båda modellerna. Källmodellen med trafikklasser och så vidare är mest lik den i Nord2000, men utbredningsdelen är mer i linje med NT 96.

För vägtrafik så använder Cnossos-EU en relativt enkel källmodell med bara en källhöjd 5 cm över vägytan. Källstyrkan delas in i två delar, en relaterad till kontakten mellan däck och vägbana (rulljudet) och en hörhörande från drivlinan, dvs motor och kraftöverföring (framdrivningsljudet). Källstyrkan beräknas med hjälp av trafiksammanställningen på vägen, hastigheten, vägytans egenskaper och longitudinell väglutning. Dessutom ska man korrigera för effekterna av korsningar, rondeller och dubbdäcksanvändning. Det finns också korrigeringsfaktorer för lokala förhållanden, dvs man kan justera både uppåt och nedåt utifrån de generella värdena om det finns underlag för att de lokala förhållandena eller fordonen avviker från övriga Europa.

Trafiken på vägen delas in fem klasser, de viktigaste är lätta fordon, medeltunga och tunga fordon, övriga klasser hanterar olika specialfordon och tvåhjulingar. I NV 96 finns endast lätta och tunga fordon, och oftast är den trafikstatistik som används för bullerberäkningar uppdelad i dessa två klasser, se tabell 3. Därför måste indata anpassas till dessa klasser, råd kring hur detta kan göras i praktiken finns i rapporten “Anvisningar för kartläggning av buller enligt END” [14].

Tabell 3: Trafikindelning i Cnossos-EU jämfört med svenska metoder.

Förkortning	Trafikklasser	Korrekationer
NV 96	Lätta och tunga	Väglutning
Nord2000	5 klasser	Väglutning
Cnossos-EU	5 klasser	Väglutning, dubbdäck, korsningar

I Finland har SITO nyligen genomfört en studie [15] där man jämfört beräknad bullernivå från olika fordonsklasser mellan Cnossos-EU och den senaste revisionen av vägtrafikindata för Nord2000 [13]. Avvikelserna varierar med hastighet och fordonstyp, men för lätta fordon är avvikelserna inom 1 dB. För tunga fordon däremot skiljer det ibland upp emot 4 dB för framdrivningsljudet. Det skulle därför vara motiverat att införa en korrektion för tunga fordon.

2.2 Jämförelse mellan Cnossos-EU, NV 96 och Nord2000

För att beräkna hur stor skillnad det blir mellan Cnossos-EU och NV 96 valdes ett enkelt fall med en rak väg med en fil i varje riktning, och en helt plan mark mellan vägen och en mottagare med ett avstånd på 100 m mellan vägmitt och mottagarpunkt. Beräkningen utgår ifrån följande förutsättningar:

Plan mark Marken antas vara helt plan och ligga på samma höjd som vägbanan. För NV 96 antar vi mjuk mark, och för Cnossos-EU och Nord2000 markklass "E".

Raksträcka Vägen är en lång raksträcka och avståndet till mottagaren 100 meter. Mottagaren är placerad 2 m över mark.

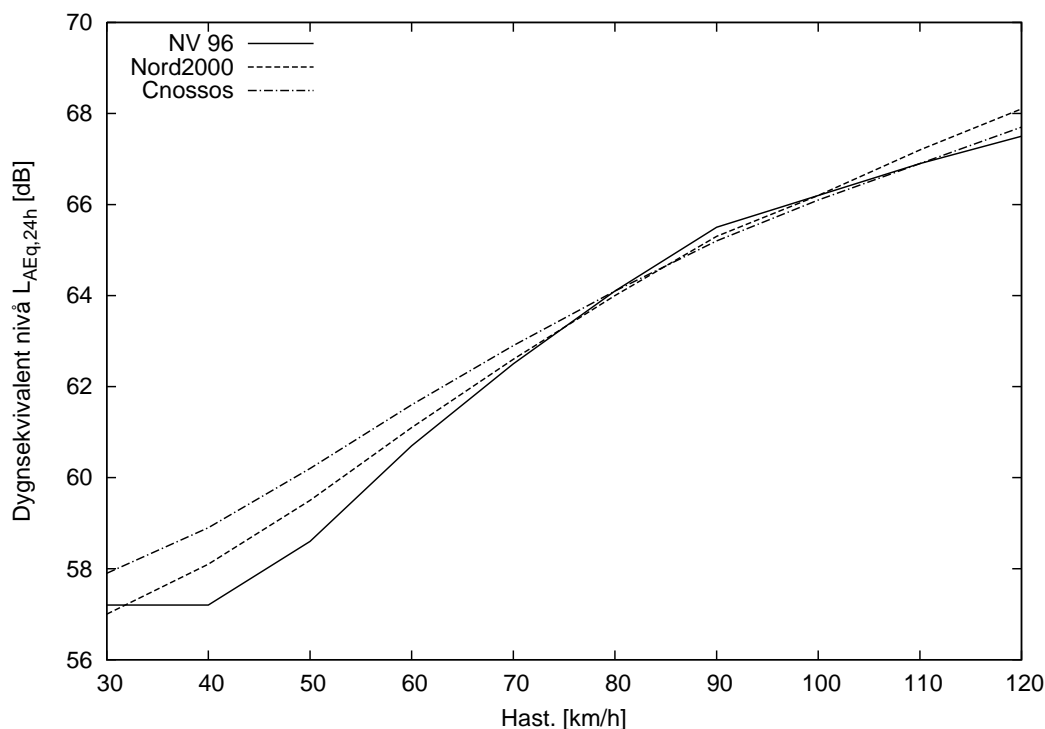
Standardiserat väder Vi använder det väder som ingår i metoden, för NV 96 svag medvind och för Cnossos-EU det som motsvarar årsmedelvärde. För Nord2000 används väderparamterarna som tagits fram av DELTA för att motsvara samma situation som i NV 96 [16].

Korrektion för vägbeläggning Beräkningen för Cnossos-EU utgår från en beläggningstyp som är tystare än den vanligaste svenska beläggningen (ABS 16). Därför är nivån justerad uppåt med 1,5 dB för samtliga frekvensband och hastigheter.

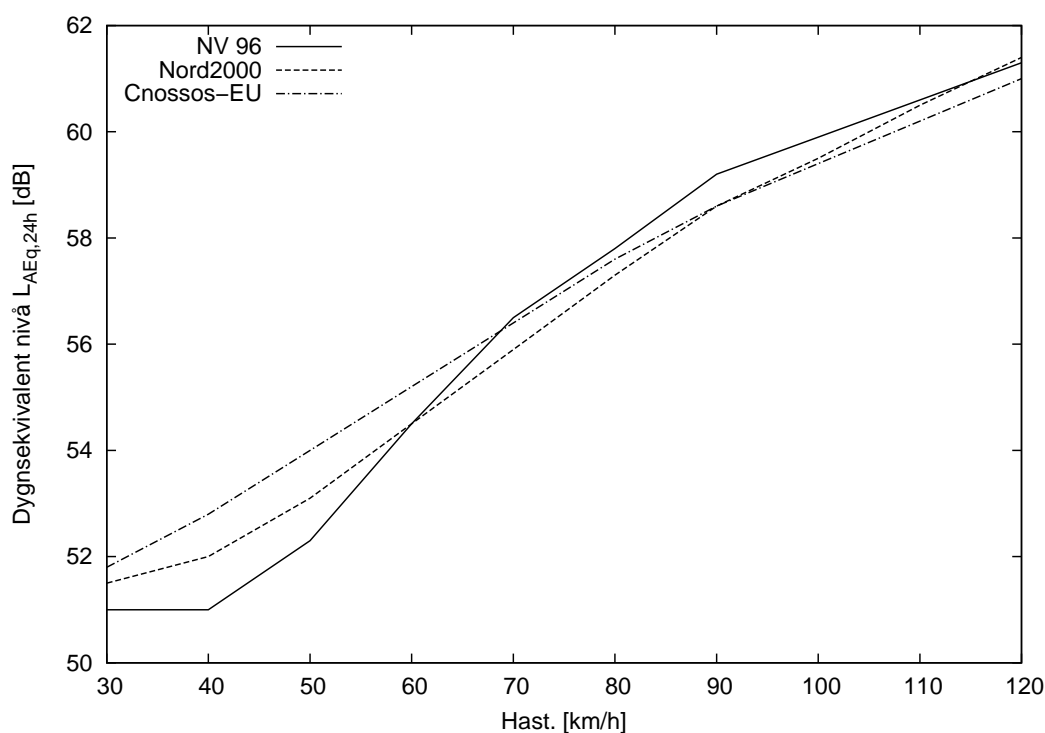
Ekvivalent ljudtrycksnivå Beräkningen avser dygnsekvivalent A-vägd ljudtrycksnivå.

Trafik Trafiken antas vara 10 000 fordon per dygn varav 10% är tunga fordon. För Cnossos-EU och Nord2000 antas hälften av de tunga fordonen vara klass 2 och hälften klass 3.

Resultaten i figur 2 och 3 visar på en relativt god överensstämmelse för den ekvivalenta nivån från trafiken, förutsatt att Cnossos-EU justeras uppåt med 1,5 dB eftersom den typiska svenska vägbeläggningen är något bullrigare än den referens man använt i Cnossos-EU.



Figur 2: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från vägmitt som funktion av hastighet beräknat med NV 96 och Cnossos-EU. Marken är akustiskt hård (klass "H") och trafiken 10 000 fordon per dygn, 10% tunga.



Figur 3: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från vägmitt som funktion av hastighet beräknat med NV 96 och Cnossos-EU. Marken är akustiskt mjuk (klass "E") och trafiken 10 000 fordon per dygn, 10% tunga.

3 Spårburen trafik

3.1 Inledning

I Sverige används för de allra flesta bullerberäkningar när det gäller buller från järnväg, spårväg eller tunnelbana ovan jord metoden "Buller från spårburen trafik – Nordisk beräkningsmodell" [9] från 1996. Under slutet på 1990-talet och början på 2000-talet utvecklades en ny metod gemensamt av de nordiska länderna som fick namnet Nord2000 [11]. Cnossos-EU har likheter med båda modellerna. Källmodellen är mest lik den i Nord2000, men utbredningsdelen är mer i linje med NT 96.

Från början var det tänkt att Cnossos-EU skulle omfatta dokumentation kring hur man kunde översätta befintliga metoders indata för olika fordon till indata passande för Cnossos-EU, men istället valde man att publicera en lista med rekommendationer för vilka parametrar som ungefärligen motsvarar dem i andra nationella metoder [17].

Utöver data som beskriver hur bullriga olika tågtyper är vid olika hastigheter och frekvensband, så kommer också information som beskriver infrastrukturen in i källbeskrivningen. För Nord2000 och NT 96 finns korrekationer för spårets kondition, t ex om det är trä- eller betongsleeper, dåligt spårunderhåll, skarvar osv. För Cnossos-EU har man dock valt en annan strategi, beräkningen av källstyrkan utgår ifrån ett antal parametrar, t ex hur ojämn rälsens överkant är, vilken typ av befästning det är mellan räl och sliper, hjulets ojämnhet på rullytan med mera. Alla dessa parametrar tillsammans bestämmer källstyrkan, och sedan använder man utbredningsmetoden för att beräkna inverkan av omgivningen och får slutligen fram den ekvivalenta ljudnivån vid mottagaren.

Ytterligare en viktig skillnad mellan metoderna är att Cnossos-EU separerar indata för källstyrka mellan lok och vagnar. I NT 96 betraktas ett helt fordon inklusive lok och vagnar som en källa med en enda källstyrka.

3.2 Beräkning av källstyrkan

För Cnossos-EU så påverkas källstyrkan dels av parametrar som beror av fordonet och dels av dem som beror av infrastrukturen. För fordonet så behöver man veta hastighet, tågets längd och antal axlar samt om

det bromsar eller accelererar på den aktuella sträckan och fyra grundläggande parametrar: hjulets ojämnhet på rullytan, överföringsfunktionen mellan vibrationer på hjulet och utstrålat ljudeffekt, kontaktfiltret som bestäms av hur stor kontaktytan är mellan hjul och räl samt en ljudeffekt som beskriver driftsljudet, ljud från motor, fläktar och kraftöverföring. Alla parametrar ska anges separat för lok och vagnar. Ljudeffekten från driftsljuden ska anges separat för acceleration, bromsning, tomgång och normal drift. En kort beskrivning av parametrarna är:

Överföringsfunktion hjul/boggie Utstrålad ljudeffekt från hjul och boggie. Standardvärde finns för olika hjuldiameter. Ett värde per tersband från 50 Hz till 10 kHz (totalt 24 band).

Kontaktfilter Lågpasfilter som skapas av kontaktytan mellan hjul och räl. Fem standardvärden finns beroende på axellast och hjuldiameter. Ett värde per tersband från 50 Hz till 10 kHz (totalt 24 band).

Hjulojämnhet Ytråhet på hjulets rullyta. Standardvärde finns för blockbromsat hjul, blockbromsat hjul med kompositblock (k-block) samt för hjul med skivbroms. Ett värde per tersband för våglängder från 0,8 mm till 1 m (totalt 32 band).

Aerodynamiskt buller Utstrålad effekt från aerodynamiska källor. Endast för fordon med maxhastighet över 200 km/h. Ett exempel finns i Cnossos-EU. Två värden per tersband från 50 Hz till 10 kHz (totalt 48 värden).

Överföringsfunktion kaross Ljudutstrålning från kaross. Ett standardvärde finns med i dokumentationen, men det är satt mycket lågt så ingen ljudutstrålning blir aktuell om detta standardvärde används. Ett värde per tersband från 50 Hz till 10 kHz (totalt 24 band).

Driftsbuller Ljudutstrålning från motor, fläktar, elektriska omformare och annan utrustning. Ska anges för fyra driftsfall: acceleration, bromsning, konstant hastighet och tomgång. Standardvärden finns för fem dieselfordon (lok och motorvagnar) samt ett elektriskt lok och en elektrisk motorvagn. Alla exempel ser ut att vara baserade på tågtyper från Nederländerna. Två värden per tersband från 50 Hz till 10 kHz (totalt 48 värden per driftsfall).

Infrastrukturen specificeras med hjälp av spårets typ, ojämnhet på rälshuvudet, kurvradie och överföringsfunktioner för utstrålning av ljud från räl och sliper. De vanligaste spårtyperna finns med som standardvärden i Cnossos-EU dokumentationen. Dessutom finns det korrekationer för spår med skarvar, kurvskrik vid kort kurvradie och extra ljudutstrålning från brokonstruktioner. Sammanfattningsvis är parametrarna:

Rälojämhet Ytråhet på rälen, så kallade räfflor och vågor. Standardvärde finns för Nederländerna och för kravkurvan i mätstandarden ISO 3095 utökat till hela området som Cnossos-EU använder. Ett värde per tersband för våglängder från 0,8 mm till 1 m (totalt 32 band).

Överföringsfunktion spår Beskriver hur mycket ljud som strålas ut från spårsystemet inkl. strålning från sliper. Standardvärde finns för tre olika styvhetsklasser för mellanlägg samt för spår med träsliper. Ett värde per tersband från 50 Hz till 10 kHz (totalt 24 band).

Som anges ovan så specificeras ojämnheten på räl och hjul i våglängdsintervallet från 0,8 mm upp till 1 m, ett ganska brett område, från delar av mm upp till meter. I Sverige görs de flesta mätningar av räfflor och vågor på rälen i området 25 mm till 320 mm, vilket gör att specialutrustning eller någon form av teoretisk extrapolering av uppmätta data krävs för att använda dessa i Cnossos-EU.

I den nordiska metoden [9] beskrivs varje tågtyp av två parametrar, b som anger hur mycket ljud som strålas ut per meter tåg och a som anger hur mycket utstrålningen ökar när hastigheten ökar. Det är ett ganska stort steg i termer av komplexitet att istället arbeta med alla parametrar som anges ovan, vilka alla tillsammans ger den totala ljudutstrålningen. Speciellt med tanke på att Cnossos-EU är tänkt att vara den mer översiktliga metod som ska användas för strategiska kartläggningar, och för mer detaljerade utredningar används den nordiska metoden fortfarande.

Från början var det en uttalad ambition att EU-kommissionen skulle räkna om indata för nordiska tågtyper från både metoden reviderad 1996 och Nord2000 så att de skulle kunna användas i Cnossos-EU. Tyvärr blev detta aldrig genomfört, och istället publicerades en tabell där det anges vilka standardvärden och referensdata som ska användas för svenska fordon om inte svenska myndigheter rekommenderar något annat, se tabell 4. Listan är förmodligen baserad på vilka kända europeiska fordon som mest liknar de svenska i

termer av allmän teknologi och tillverkningsår. Siffran anger vilket standardvärde som ska användas, dessa återfinns både i dokumentationen för Cnossos-EU och i beräkningsprogrammet med öppen källkod. En jämförelse mellan att räkna med dessa standardvärden och den nordiska metoden för svenska tågtyper finns i nästa kapitel.

Tabell 4: Basvärden för svenska fordon.

Fordon	Överförings- funktion	Kontakt- filter	Hjul ytråhet	Drifts- buller
X2 lok	6	7	5	9
X2 vagn	3	7	3	
Rc lok	6	7	5	9
B7 vagn (IC-tåg)	3	7	3	
X10 - X14	3	7	3	10
X31	3	7	5	10
X40	3	7	5	10
X60	3	7	5	10
Godsvagn	3	7	3	
T44	3	7	3	6
TMY	3	7	3	6
TMZ	3	7	3	4

3.3 Jämförelse mellan Cnossos-EU och NT 96 för olika fordonstyper

I detta kapitel redovisas jämförelser mellan beräkningar med Cnossos-EU och den nordiska metoden reviderad 1996 (NT 1996). Notera att beräkningarna för Cnossos-EU utgår ifrån de standardvärden som anges i tabell 4 för de olika fordonen, vilka i framtiden kan komma att justeras av svenska myndigheter och tågoperatörer.

Eftersom modellernas källbeskrivning ser så olika ut så är det svårt att jämföra indata direkt, istället har beräkningarna genomförts i ett fall exempel. Fallexemplet utgår ifrån följande förutsättningar:

Plan mark Marken antas vara helt plan och ligga på samma höjd som banvallen. För NT 96 antar vi mjuk mark, och för Cnossos-EU markklass E.

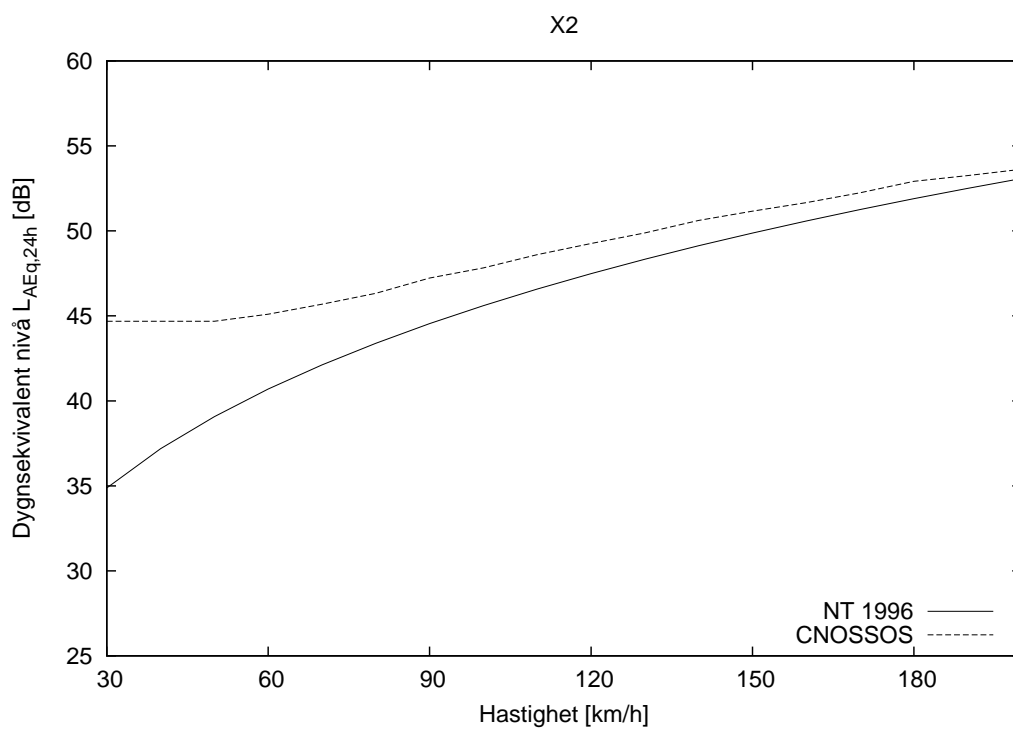
Rakt spår Spåret är en raksträcka utan skarvar och avståndet till mottagaren 100 meter. Mottagaren är placerad 2 m över mark.

Standardiserat väder Vi använder det väder som ingår i metoden, för NT 96 svag medvind och för Cnossos-EU det som motsvarar årsmedelvärde.

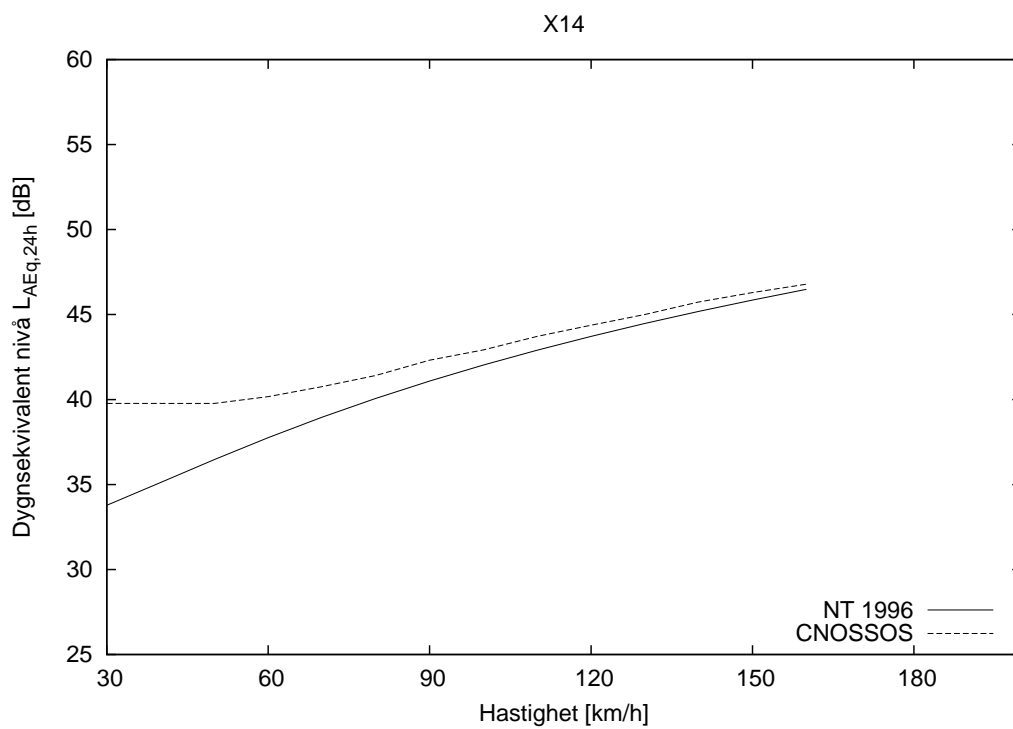
Spårparametrar Spåret antas vara UIC-60 räl monterad med relativt mjukt mellanlägg på betongsliper. Rälen är nyslipad och ytråheten motsvarar kravkurvan ISO 3095 för Cnossos-EU.

Ekvivalent ljudtrycksnivå Beräkningen avser dygnsekvivalent A-vägd ljudtrycksnivå med en passage per timme under hela dygnet av den aktuella tågtypen.

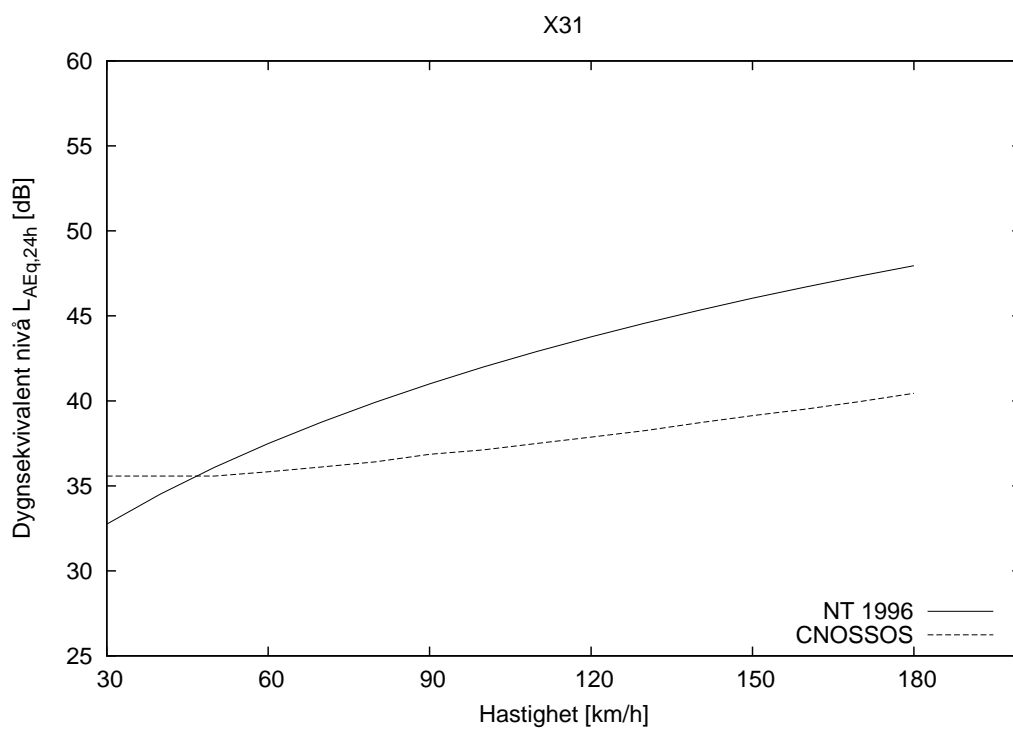
Resultaten presenteras för hastigheter från 30 km/h upp till typisk maximal hastighet för tågtypen i figur 4–10. Resultaten redovisas också sammanfattad form i tabell 5. Som synes är skillnaderna stora mellan de båda metoderna, endast i undantagsfall ligger de inom 1 dB.



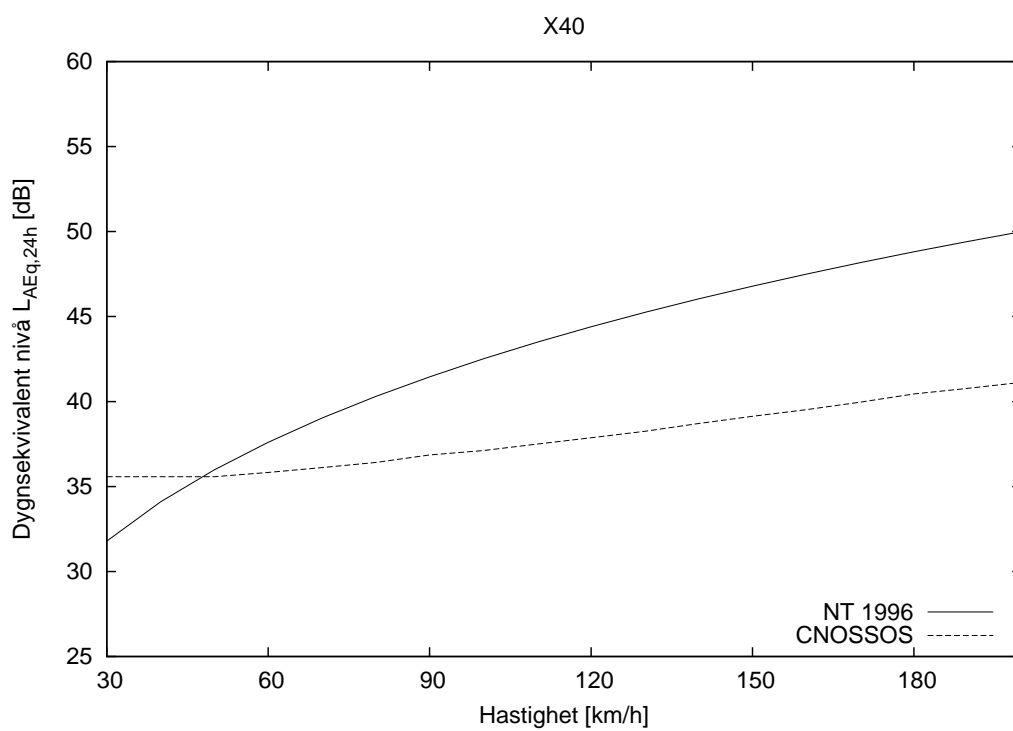
Figur 4: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för snabbtåg X2 beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.



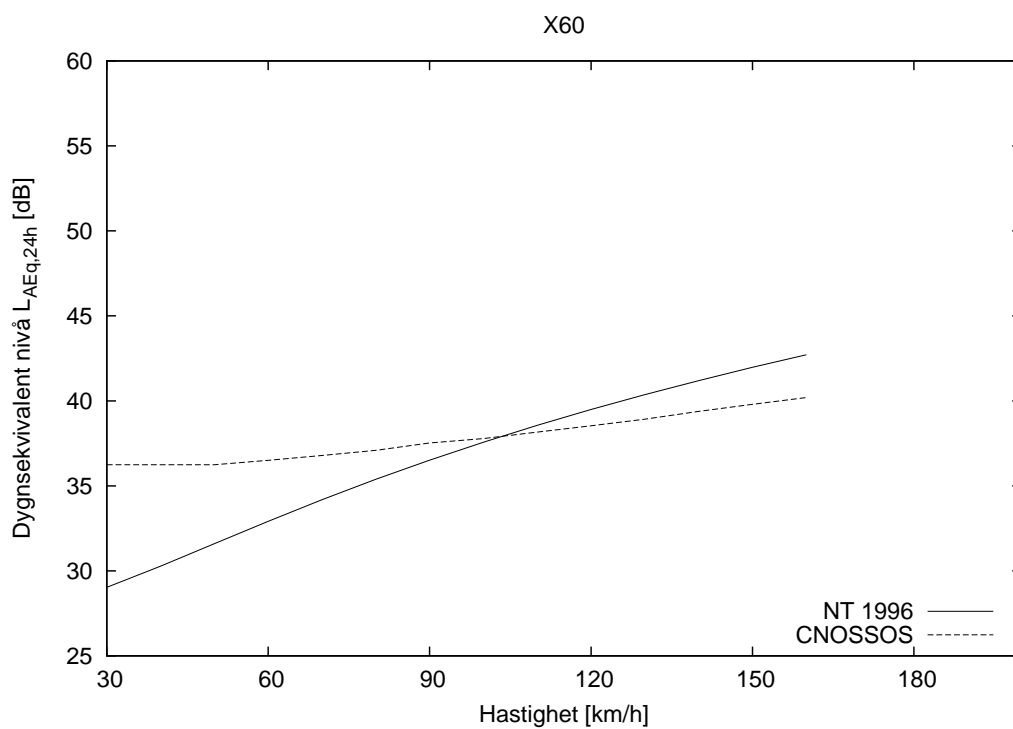
Figur 5: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för X10-X14 beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.



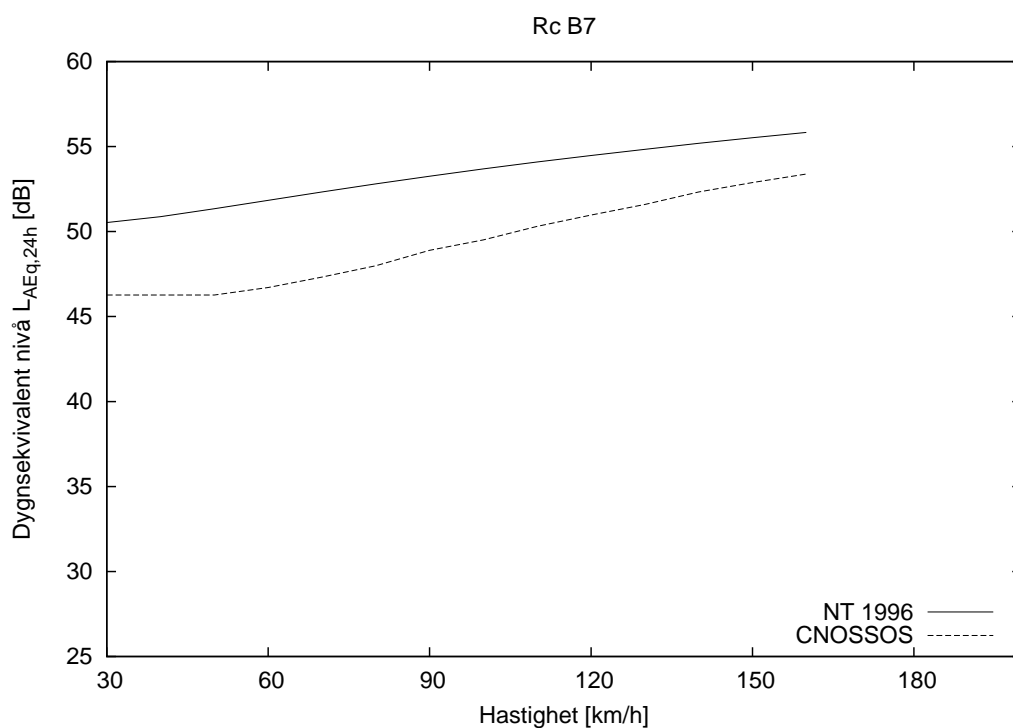
Figur 6: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för motorvagn X31 beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.



Figur 7: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för motorvagn X40 beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.



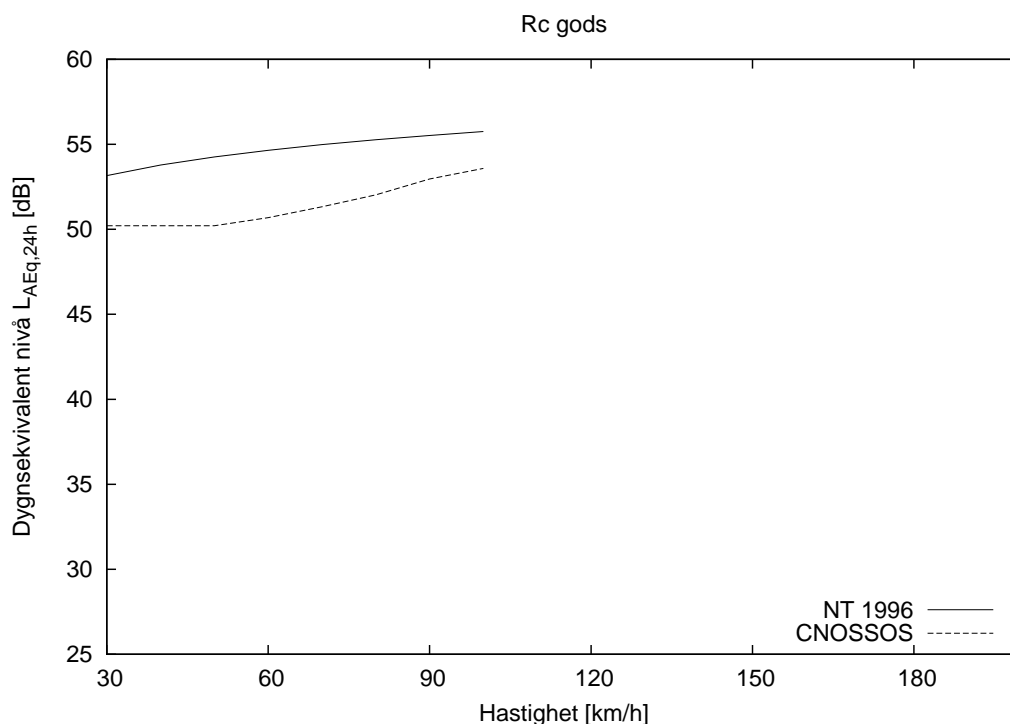
Figur 8: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för motorvagn X60 beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.



Figur 9: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för passagerartåg med Rc-lok och vagnar av typ B7 beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.

Tabell 5: Jämförelse mellan NT 96 och Cnossos-EU.

	NT 96 90 km/h	Cnossos-EU 90 km/h	NT 96 150 km/h	Cnossos-EU 150 km/h
X2	44,5	47,2	49,9	51,2
X10–X14	41,1	42,3	45,9	46,3
X31	41,0	36,9	46,0	39,1
X40	41,5	36,9	46,8	39,1
X60	36,5	37,5	42,0	39,8
Rc B7	53,3	48,9	55,5	52,9
Rc gods	55,5	53,0		



Figur 10: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för godståg med Rc-lok beräknat med NT 96 och Cnossos-EU.

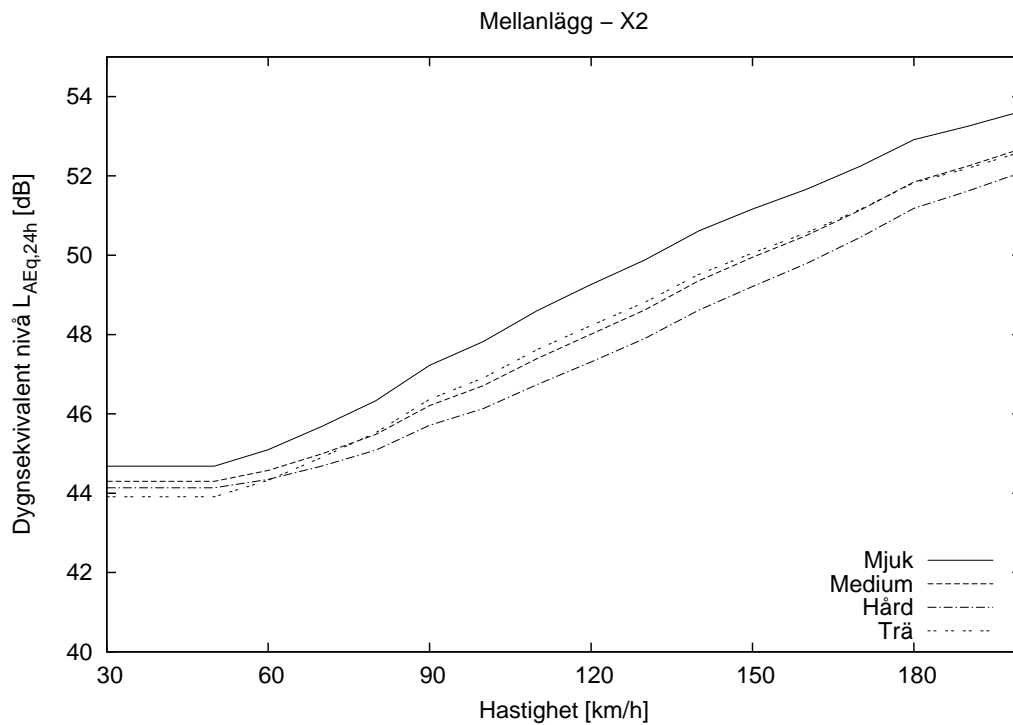
3.4 Jämförelse mellan Cnossos-EU och NT 96 för spårparametrar

Beräkningar med Cnossos-EU påverkas också av infrastrukturparametrar. Förutom korrekationer för broar, snäva kurvor (kurvskrik), skarvspår osv, så tas två viktiga parametrar med; ytråhet på rälen och typ av mellanlägg mellan räl och sliper. Beräkningarna är genomförda med samma förutsättningar som ovan.

I figur 11 redovisas effekten av olika mellanlägg. Mellanläggen klassificeras i Cnossos-EU som mjuka, medium eller hårda. När man använder träsliper istället för betong så används normalt inget mellanlägg, slipers naturliga elasticitet får samma funktion, därför finns data även för träslipers. Som framgår av figuren är skillnaderna små, och utifrån 2 dB-regeln kan man motivera att det inte är nödvändigt att använda beräkningar utifrån korrekta data på vilka mellanlägg som är monterade på vilka sträckor. De flesta mellanläggen som används på svenska banor med betongsliper är att betrakta som mjuka i detta sammanhang.

En avgörande parameter för ljudutstrålningen från hjul och boggier är den ojämnhet som hjulet påverkas av när det rullar över rälen. Det är den kombinerade ytråheten både på hjulet och rälen som tillsammans ger vibrationer som i sin tur ger ljudutstrålning. Därför är ytråheten på rälen en mycket viktig infrastrukturparameter att ha kontroll på vid beräkningar.

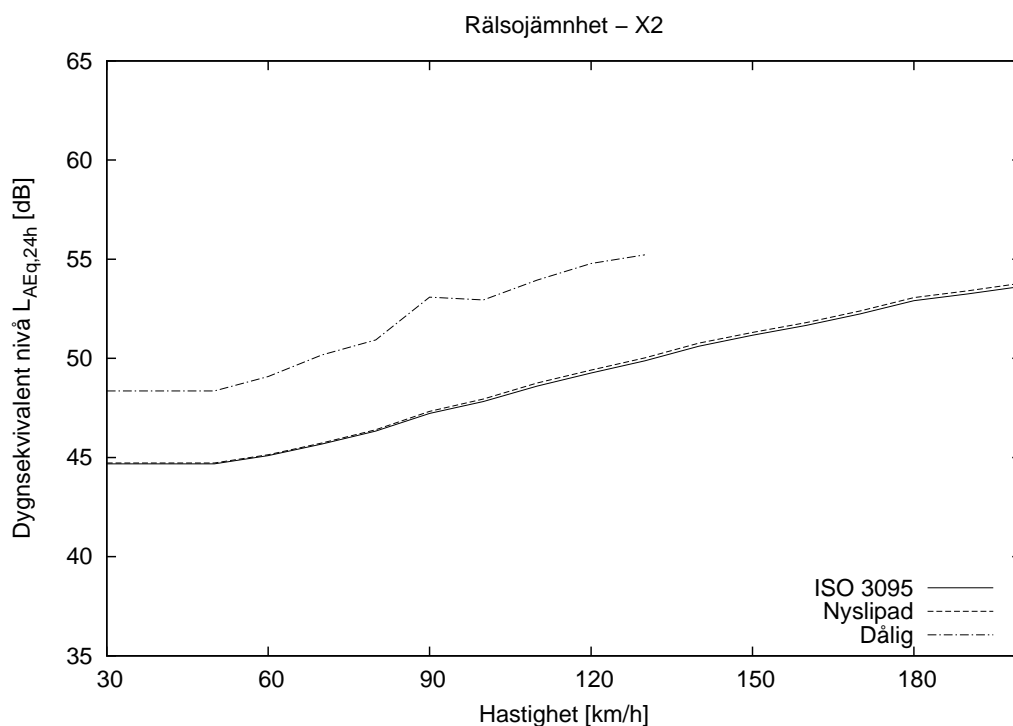
I figur 12 visas beräkningar för tre olika ytråheter, eller räfflor och vågor på rälhuvudet. En av ytråheterna är den som anges som standard i Cnossos-EU, och också är kravnivån i mätstandarden ISO 3095. De



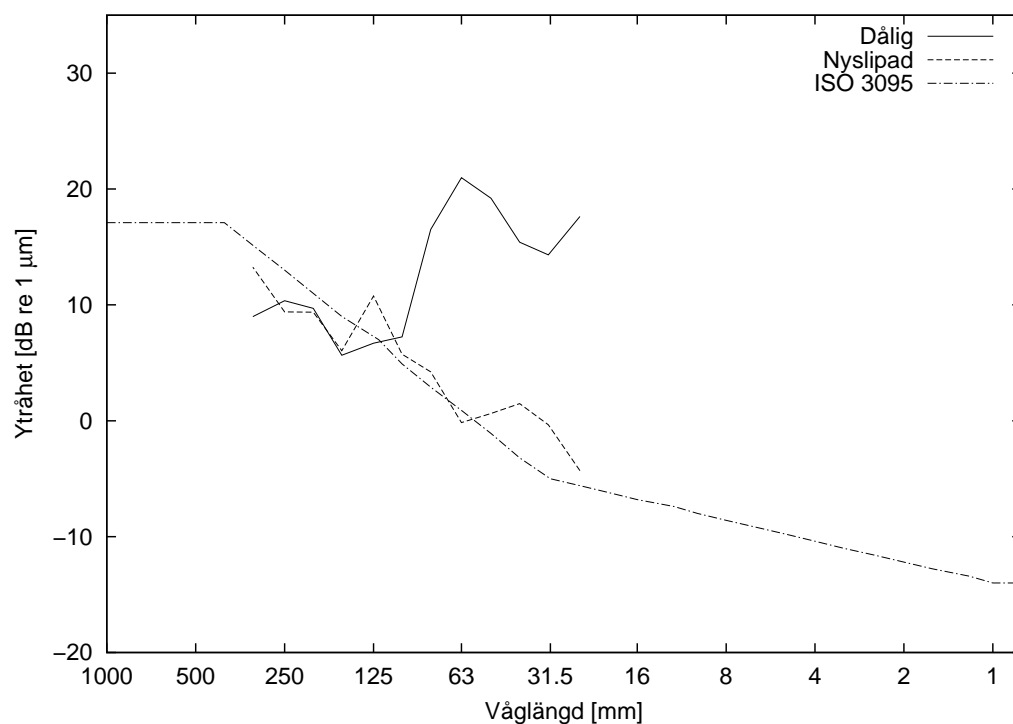
Figur 11: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för snabbtåg X2 beräknat med Cnossos-EU för tre mellanlägg med olika styvhet samt för träsliper.

övriga två har Trafikverket uppmätt. Den första motsvarar en nyslipad räl, och stämmer mycket bra med ISO 3095. Den andra motsvarar ett spår i dålig kondition. Resultaten redovisas inte upp till 200 km/h för detta fall, eftersom det normalt inte får förekomma på spår där hastigheterna är så höga. I de lägre hastigheterna är skillnaderna dock stora, ca 4 – 7 dB. Beräkningarna har genomförts för samtliga tågtyper, men skillnaderna mellan olika tågtyper är små varför endast resultatet för X2 redovisas här.

Ytråheterna anges i form av ytråhetsspektra i figur 13, dvs hur stor ojämnheten är i olika våglängdsband uttryckt som dB relativt en miljondels millimeter. Trafikverkets mätningar finns inte i hela det område som behövs för beräkningar med Cnossos-EU, därför har vi antagit helt slät räls för längre och kortare våglängder i beräkningarna. Alltså kan den beräknade skillnaden mellan ett nyslipat och ett dåligt spår bli ännu större om man har pålitliga data i hela intervallet.



Figur 12: Ekvivalent ljudtrycksnivå 100 m från spårmittpunkt som funktion av hastighet för snabbtåg X2 beräknat med Cnossos-EU för tre exempel på ytråheter, nyslipad, dålig och precis vid kravnivå enligt ISO 3095.



Figur 13: Ytråhet i tersband uppmätt av Trafikverket i Sverige motsvarande nyslipat och dåligt spår jämfört med data från Cnossos-EU (ISO 3095).

4 Behov av anpassningar av Cnossos-EU

För svensk del så är det viktigt med viss anpassningar av Cnossos-EU för att metoden ska kunna användas med gott resultat. I första hand gäller det indata för olika fordonstyper. För vägtrafik är det mindre angeläget än för tågtrafik, eftersom skillnaderna mellan våra nordiska metoder och Cnossos-EU är mindre än för tågtrafik.

För vägtrafik så behövs vissa justeringar av indata, framförallt för tung trafik och typiska svenska vägbeläggningar. I Finland har en noggrann utredning visat att gentemot de senaste indata för Nord2000 så är skillnaderna upp till 4 dB för en enskild hastighet och frekvensband. Men i Sverige används normalt inte Nord2000, utan istället den äldre NV 96. En särskild utredning vore på sin plats för hur man ska gå vidare i Sverige, ett minimum vore att justera Cnossos-EU på samma sätt som Finland, dvs så att den ger samma resultat som Nord2000.

För tågtrafik är det mycket angeläget att justera indata för Cnossos-EU eftersom de nuvarande standardvärdena för svenska tågtyper visar på mycket stora skillnader gentemot den nordiska metoden NT 96. Tyvärr är detta en ganska omfattande och komplext uppgift eftersom parametrarna som styr i Cnossos-EU är så många med komplexa beroenden dem emellan. Parametrarna för både fordonet och infrastrukturen har starka kopplingar till beräkningsprogrammet TWINS [18] och källbeskrivningarna i EU-projekten Harmonoise och Imagine [5]. För att på ett bra sätt föra in data från svenska fordon och infrastruktur är det en förutsättning att ha tillgång till TWINS och en stor fördel att ha erfarenhet från de ovan nämnda EU-projekten.

Införandet av Cnossos-EU för strategiska bullerkartläggningar i Sverige innebär också en viss obalans gentemot de metoder vi tillämpar nu, de nordiska som reviderades 1996. Både väg- och tågmetoden i Cnossos-EU är mer komplex och detaljerad än motsvarande metoder från 1996 som då ska användas i detaljerade undersökningar. Exempelvis så tar Cnossos-EU hänsyn till spårets slitage för tågbuller och dubbdäcksandel för vägtrafik, vilket inte ingår i de nordiska metoderna annat än som förenklade schablonjusteringar.

I Sverige används beräknad maximal ljudnivå i våra strategiska handlingsplaner mot buller, och även i många andra sammanhang, till exempel i den nya trafikbullerförordningen [19]. Cnossos-EU är inte anpassad för att beräkna maximala nivåer från väg- och tågtrafik, och i den mjukvara som nu finns tillgänglig kan man inte göra detta. I ljuset av detta måste svenska kommuner i framtiden göra två kartläggningar, en med Cnossos-EU och en med en svensk metod som kan beräkna maximala nivåer, eller så måste ett tillägg till Cnossos-EU tas fram så att även denna metod kan beräkna maximal nivå. Det räcker dock inte att ett svenskt tillägg tas fram, det måste också säkerställas att de internationella företag som utvecklar professionella beräkningsverktyg är villiga att införa det svenska tillägget i sina programvaror.

I tabell 6 sammanfattas översiktligt de steg som borde tas för att anpassa Cnossos-EU till svenska förhållanden. De olika stegen är införda i två nivåer, sådant som måste genomföras för att uppfylla 2 dB-regeln och sådant som borde genomföras på sikt för att få en bättre överensstämmelse mellan de faktiska bullernivåerna i Sverige och de beräknade med Cnossos-EU. En ungefärlig uppskattning av tidsåtgången för respektive punkt anges i personmånader (PM).

Tabell 6: Översikt över behovet att anpassa Cnossos-EU till Svenska förhållanden.

	Minsta nivå	Bör genomföras på sikt
Vägtrafik beläggningar	Inför mätdata för typiska svenska beläggningar. Jämföra med arbete från Finland. Ca 1 – 2 PM för expert inom området.	Anpassning av mätdata för typiska svenska lågbullerbeläggningar (dränasfalt), ta fram data för hur länge bullerminskningen kvarstår. 6 – 12 PM.
Vägtrafik fordon	Uppdatera till motsvarande senaste data för Nord2000. 1 – 2 PM.	Nya mätningar i trafik, särskilt fokus på elfordon och tysta tyngre fordon. Tidsåtgång ca 12–18 PM.
Tågtrafik ytråhet	Ta fram typiska data för svenska järnvägsnätet utifrån redan insamlade data via STRIX. Utökning till hela våglängdsområdet. 6 – 12 PM	Nya mätningar och metod för att ta fram data per bandel eller högre upplösning. Hantering av uppdatering då åtgärder genomförs (slipning). 12 – 24 PM.
Tågtrafik fordon	Anpassning av Cnossos-EU parametrar så att resultat motsvarar NT 96 och Nord2000. Kräver tillgång till TWINS eller liknande. Lägga till fordon som saknas. 12 – 24 PM.	Nya mätningar inklusive de driftfall som saknas, dvs tomgång, acceleration och bromsning. Kontroll på ytråhet vid mätplats. Metod för hantering av nya fordon. 24 – 48 PM.
Vägtrafik maximal nivå		Omarbetning av Cnossos-EU så att max kan beräknas och ge resultat motsvarande Nord2000. 6 – 18 PM.
Tågtrafik maximal nivå		Samma som vägtrafik. Kräver att nya indata till Cnossos-EU för tågtas fram. 6 – 18 PM.

Referenser

- [1] European Commission. European noise directive 2002/49/EG. EU directive, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 2002.
- [2] Förordning om omgivningsbuller, 2004. SFS 2004:675.
- [3] Colin Nugent. Noise in Europe 2014. EEA Report 10/2014, European Environment Agency. ISBN 978-92-9213-505-8, 2014.
- [4] Naturvårdsverket. Åtgärdsprogram för att följa miljö kvalitetsnormen för buller. Rapport 6534, Naturvårdsverket. ISBN 9789162065348, 2015.
- [5] P. de Vos, Margreet Beuving och Edwin Verheijen. Harmonised accurate and reliable methods for the eu directive on the assessment and management of environmental noise – final technical report. Teknisk rapport, 2005.
- [6] European Commission. Establishing common noise assessment methods according to directive 2002/49/ec of the european parliament and of the council. Commission Directive 2015/996, European Commission, 2015.
- [7] ECAC. Report on standard method of computing noise contours around civil airports. Teknisk rapport, European Civil Aviation Conference, 2005.
- [8] H. Jonasson och H. Nielsen. Vägtrafikbuller, Nordisk beräkningsmodell reviderad 1996. Rapport 4653, Naturvårdsverket, Stockholm. ISBN 9162046535, 1996.
- [9] Naturvårdsverket. Buller från spårburen trafik – Nordisk beräkningsmodell. Rapport 4935, Naturvårdsverket, Stockholm, 1996.

- [10] Hans Jonasson och Svein Storeheier. Nord2000. New nordic prediction method for road traffic noise. SP Report 2001:10, SP Swedish National Testing and Research Institute, Borås, 2001.
- [11] Hans Jonasson och Svein Storeheier. Nord2000. New nordic prediction method for rail traffic noise. SP Report 2001:11, SP Swedish National Testing and Research Institute, Borås, 2001.
- [12] Software including source code for point-to-point calculations using Cnossos-EU. Collaborative web platform CircaBC, 2015. v1.10, <https://circabc.europa.eu/w/browse/477df8f1-1dc3-4e37-bda0-28e56a6595cb>.
- [13] Hans Jonasson. Acoustic source modelling of nordic road vehicles. SP Rapport 2006:12, SP Technical Research Institute of Sweden, 2006.
- [14] Hans Jonasson och Andreas Gustafsson. Anvisningar för kartläggning av buller enligt 2002/49/eg. SP Report 2010:77, SP Technical Research Institute of Sweden, Borås. ISBN 9789186622206, 2010.
- [15] Jarno Kokkonen och J. Kontkanen. Eu:n cossos-melumallin käyttöönnotto suomessa. Rapport 2015, SITO, 2015.
- [16] Jørgen Kragh. User's guide nord 2000 road. Delta report AV 1171/06, Delta, 2006.
- [17] Process applied to establish cossos-eu/national method – equivalence for rail source data, 2014. Ex-trium report P053.
- [18] TWINS – track wheel interaction software. International Railway Union, UIC.
- [19] Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader, 2015. SFS 2015:216.