



M+P - raadgevende ingenieurs

Müller-BBM groep

geluid trillingen lucht bouwfysica

Visserstraat 50, Aalsmeer

Postbus 344

1430 AH Aalsmeer

T 0297-320 651

F 0297-325 494

Aalsmeer@mp.nl

www.mp.nl

MEETRAPPOR

**Continuïmetingen na aanpassingen aan de trilsilo's van de
tempereerafdeling van Cargill in Wormer**

Opdrachtgever

Cargill Cocoa & Chocolate Wormer

Veerdijk 82

1531 HA WORMER

Rapportnummer

M+P.CARG.11.05.5

Revisie

1

Datum

21 december 2011

Pagina

1 van 24

Auteurs

ir. E. Nieuwenhuizen

Gezien

Ing. R.A.O. Gijssel

1 Inleiding

Dit rapport bevat de resultaten van onbemande continumetingen die van 1 tot 7 december 2011 zijn verricht bij de nieuwe tempereerafdeling van cacaofabriek De Eenhoorn van Cargill in Wormer. Ten behoeve van het onderzoek zijn geluid en trillingen gemeten bij de vermeende bron (tempereerafdeling) en de ontvanger. De metingen zijn uitgevoerd door M+P - raadgevende ingenieurs in opdracht van Cargill.

De metingen zijn verricht na aanpassingen aan de 15 silo's van de tempereerafdeling. Deze aanpassingen zijn:

- Alle trilmotoren zijn vervangen door exemplaren die met een lager toerental draaien, namelijk bij 1.000 tpm in plaats van 1.500 tpm. Hierdoor wordt de frequentie van de grondtoon teruggedrongen tot een frequentie die alleen bij zeer hoge niveaus kan worden waargenomen.
- Het elektrisch vermogen van de trilmotoren is lager dan voorheen, waardoor in potentie ook minder energie wordt omgezet in geluid.
- In de voorgaande situatie werden de trilmotoren om de 30 seconden op- en afgetoerd. Nu draaien de units continu als de productielijn in bedrijf is.
- Voorts zijn de motoren voorzien van een remmodule. De maatregelen hebben tot gevolg dat een gevoelig gebied met eigenfrequenties van de silo's minder vaak wordt doorkruist en dat dit sneller gebeurt wanneer de motoren worden gestopt.

Het doel van de continumetingen, die in december zijn verricht, is te controleren of door het treffen van de genoemde voorzieningen onacceptabele hinder ten gevolge van laagfrequent geluid en trillingen bij omwonenden is weggenomen.

2 Achtergrond

Na het in gebruik nemen van de nieuwe tempereerafdeling bij Cargill te Wormer is door omwonenden melding gedaan van hinder. Het betreft onder andere de bewoners aan de Zandweg 234 t/m 240. Deze woningen zijn direct achter de nieuwe fabriekshal gelegen op een afstand van 25 meter en meer. De klachten worden door bewoners omschreven als gebrom en voelbare trillingen waarbij soms ramen beginnen mee te trillen.

In de tempereerafdeling staan 15 silo's opgesteld die zijn voorzien van een trillende bodem. De bodem wordt in beweging gebracht door een elektromotor voorzien van een excentrisch gewicht. De bodem van de silo is met een flexibele manchet aan de silo gekoppeld en is afgehangen met behulp van trekstangen in rubber kogelgewrichten.

In juni 2011 zijn geluid- en trillingsmetingen verricht, waaruit is gebleken dat luchtgeluid en niet trillingen door de bodem de oorzaak is van de hinder bij de omwonenden. In juli 2011 is als eerste stap de gevel van de tempereerafdeling verzaamd om de geluidsisolatie te verbeteren. Dit heeft geleid tot lagere geluidsniveaus, maar heeft de hinder bij de omwonenden niet volledig weggenomen. Hierna is besloten om de voorzieningen te treffen die in voorgaande paragraaf zijn genoemd.

3 Beoordeling laagfrequent geluid

Bij de beoordeling van het laagfrequente geluid binnenshuis kan worden uitgegaan van de Richtlijn Laagfrequent Geluid, uitgegeven door de Nederlandse Stichting Geluidhinder (NSG). In deze richtlijn worden uitgebreide aanwijzingen gegeven voor het meten en beoordelen van laagfrequent geluid in woningen.

Volgens de Richtlijn wordt het geluid gemeten en beoordeeld in tertsbanden. Het normaal beschouwde frequentiegebied loopt van de tertsband van 20 Hz tot en met 100 Hz. De gemeten tertsbandniveaus worden getoetst aan de zogenaamde referentiecurve. Omdat in de NSG-richtlijn wordt aangenomen dat waarneming van laagfrequent geluid direct kan leiden tot hinder, is deze referentiecurve gelijk aan de gehoordrempel. De gehoordrempel verschilt per individu en is onder meer afhankelijk van de leeftijd en het geslacht van de potentieel gehinderde. Hinder door laagfrequent geluid komt in de praktijk vooral voor bij oudere personen. Daarom is referentiecurve van de NSG gebaseerd op de gehoordrempel van een doorsnee groep van 55-plussers.

Kritiek op de NSG curve is dat deze te streng is voor frequenties boven 50 Hz. Voor de allerlaagste frequenties geldt dat waarneembaarheid direct kan leiden tot hinder, maar dit hoeft voor de hogere frequenties niet het geval te zijn. Daarom wordt in de adviespraktijk vaak getoetst aan de Vercammen curve. De Raad van State heeft in 2006 bevestigd dat onaanvaardbare hinder vanwege laagfrequent geluid kan worden uitgesloten, wanneer wordt voldaan aan de Vercammen curve.

Beide referentiecurves zijn opgenomen in tabel I.

tabel I de Vercammen curve en de referentiecurve volgens NSG Richtlijn Laagfrequent Geluid in dB

frequentie [Hz]	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100
NSG referentiecurve	87,5	83,5	74,0	62,0	55,0	46,0	39,0	33,0	27,0	22,0
Vercammen curve	83,4	76,7	70,5	64,7	59,4	54,6	50,2	46,2	42,5	39,1

4 Onderzoeksmethode laag frequent geluid

Ten behoeve van het onderzoek zijn onbemande metingen verricht van 1 december tot 7 december 2011. Bij de metingen binnenshuis zijn de aanwijzingen in de NSG richtlijn gevolgd. Gemeten is op drie locaties, die zijn aangegeven in 0 in bijlage A. Deze meetlocaties zijn:

- In de hoek van de tempereerafdeling in de richting van het meetpunt aan de Zandweg. Dit meetpunt is representatief voor de situatie bij de vermeende geluidsbron. Dit meetpunt is ook gehanteerd bij de continuumetingen die plaatsvonden in juli 2011.
- Voor de achtergevel van de woning aan de Zandweg 234. Dit meetpunt is representatief voor het direct invallende geluid. Bij lage frequenties is door reflectie in de gevel sprake van amplitudeverdubbeling. Het direct invallende geluidsniveau kan dus worden berekend door de gemeten waarden met 6 dB te verminderen.
- Onder de trap in de keuken van de woning aan de Zandweg 234. Deze locatie heeft als nadeel dat de koelkast zorgt voor stoorgeluid bij 50 Hz en hogere frequenties. Om de gemeten waarden te kunnen vergelijken met eerdere metingen is toch weer voor dit meetpunt gekozen.

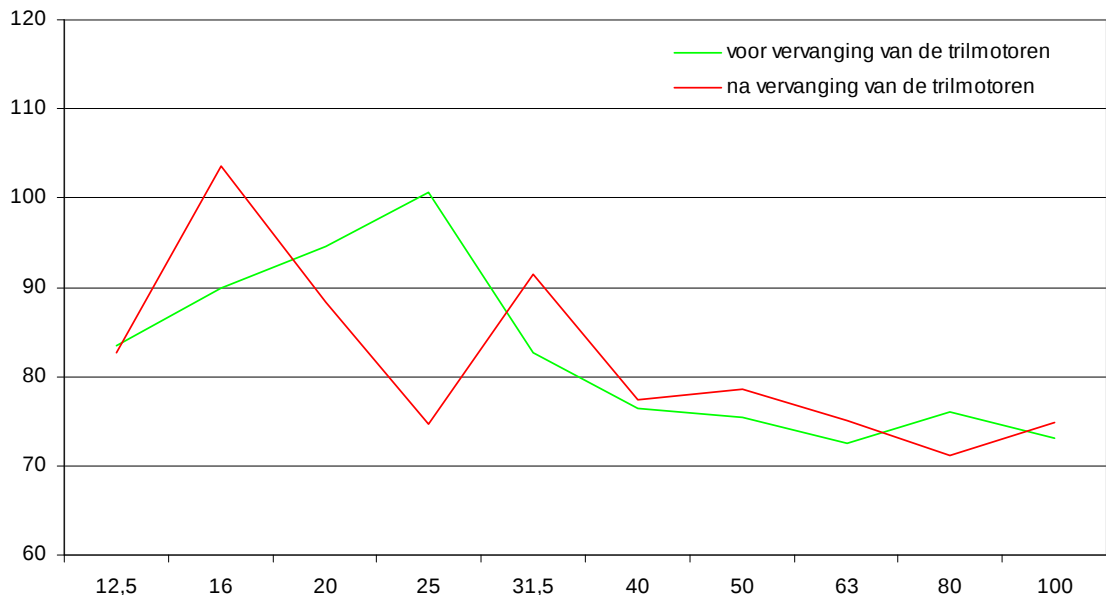
Met de drie meetposten zijn gedurende zes dagen continu metingen verricht in tertsbanden met een middelingstijd van 30 seconden. Hiernaast zijn regelmatig full range audio-opnamen gemaakt voor smalbandanalyse (FFT) achteraf. De apparatuur bestond uit drie Real Time Analyzers van het merk RION, type NA-28. De in de buitenlucht opgestelde geluidsmeter is voorzien van een buitenmeetmicrofoon type AL-41 van het merk GRAS.

5 Resultaten en analyse

De gemeten waarden van de relevante tertsbanden zijn samengevat in bijlage B. In de volgende paragrafen worden de resultaten per meetpost behandeld en nader geanalyseerd.

5.1 Situatie op de tempereerafdeling

Figuur 1 vertoont het gemeten laagfrequente geluid op de tempereerafdeling (in tertsbanden). De groene lijn geeft de situatie in juli 2011 weer toen de silo's waren uitgerust met trilmotoren met een toerental van nominaal 1.500 tpm. De rode lijn stelt de huidige situatie voor met de laaggetoerde aandrijvingen. Beide spectra zijn de equivalente waarden, betrokken op de gehele meetperiode. Dit waren zeven meetdagen in juli en zes in december.

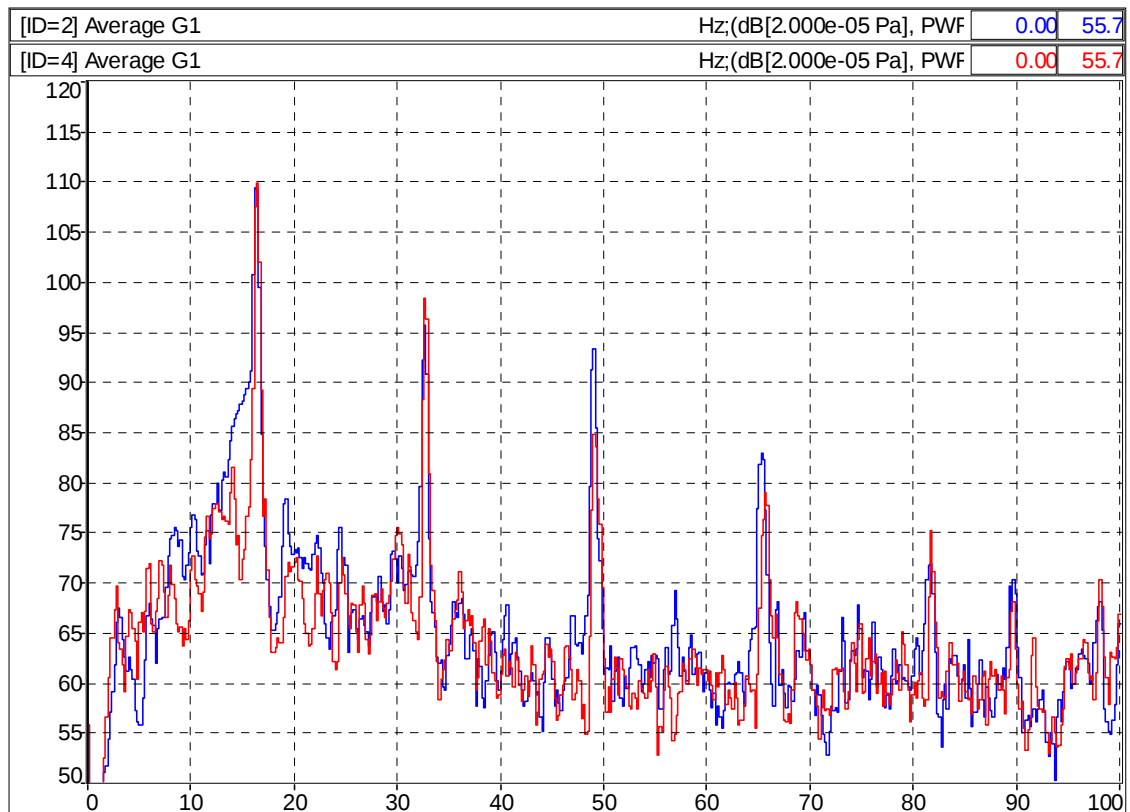


figuur 1

equivalent laagfrequent tertsbandspectrum L_{eq} in dB(Z) uitgezet tegen de frequentie f in Hz, geregistreerd op de tempereerafdeling

De figuur bevestigt dat de trilmotoren vervangen zijn door exemplaren met een lager toerental. De piek bij 25 Hz ($1.500 / 60$) valt nu in de 16 Hz tertsband ($1.000 / 60$). Er is echter wel een tweede piek verschenen, namelijk in de 31,5 Hz tertsband. Energetisch gezien is de sterkte van die tweede piek wel meer dan een factor 10 lager dan de piek in de 16 Hz tertsband.

In figuur 2 wordt het FFT spectrum op twee willekeurige momenten in de tempereerafdeling gepresenteerd. De lijnbreedte bedraagt 0,2 Hz. De exacte frequenties van de twee hoogste pieken zijn 16,4 en 32,7 Hz (afgerond op 0,1 dB). De eerste is de grondfrequentie van de trilmotor; de tweede is de eerste harmonische daarvan ($2 \times 16,4$ Hz). In de figuur zijn meerdere hogere harmonischen als veelvoud van de grondfrequentie zichtbaar. De niveaus van deze harmonischen nemen sterk af met de orde. Uit het FFT spectrum kan worden geconcludeerd dat de relatief hoge waarde van de 31,5 Hz tertsband wordt veroorzaakt door de eerste harmonische van het toerental van de trilmotoren.



figuur 2 smalbandspectrum in de tempereerafdeling op 02-12-2011 om 02:02 uur (blauw) en 06:02 uur (rood)

Hogere harmonischen manifesteren zich als de beweging niet zuiver sinusvormig verloopt. Bij de oude trilmotoren waren de harmonischen minder duidelijk aanwezig. De toename kan mogelijk worden verklaard doordat de nieuwe motoren minder krachtig zijn. Een andere verklaring is dat de amplitudes van de trilling zijn toegenomen, waardoor de stijfheid van de flexibele manchetten van de silo's en de rubbers van de trekstangen zich niet meer lineair gedraagt.

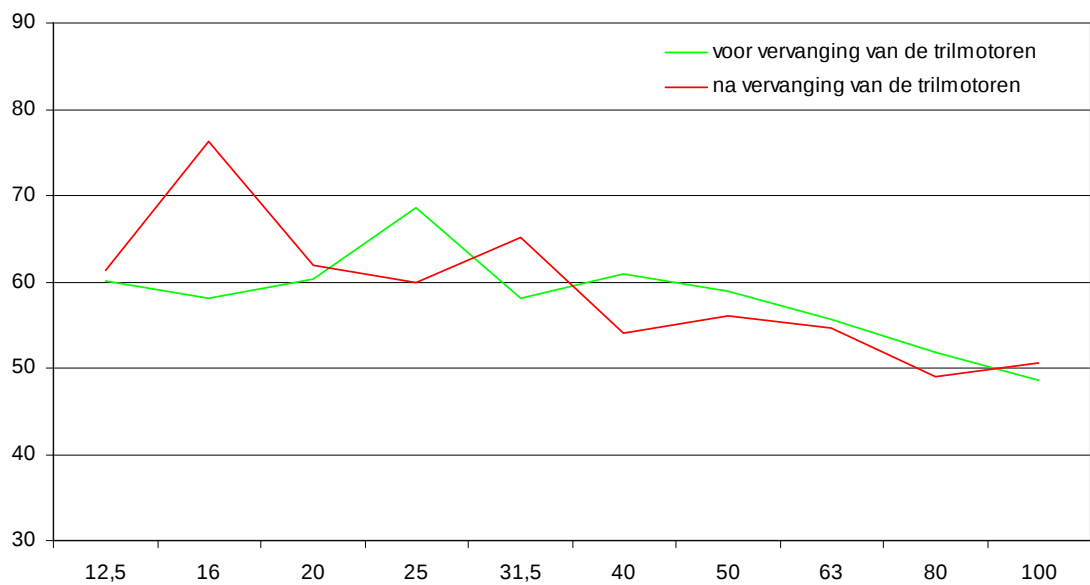
Uit figuur 2 blijkt eveneens dat de pieken zeer smal zijn. Dit wordt veroorzaakt doordat de trilmotoren binnen de cyclus continu draaien. Voorheen werden ze met een interval van 30 sec op- en afgetoerd, waardoor de pieken breder waren.

5.2

Situatie voor de gevel van Zandweg 234

In figuur 3 worden de laagfrequente tertsbandspectra getoond die voor de gevel van de woning aan de Zandweg 234 zijn gemeten. De groene lijn geeft de situatie weer die is gemeten in de avond van 1 september 2011 met de oude trilmotoren in werking. Hierbij is de periode waarin LBK21 en 22 bij wijze van proef in werking was buiten beschouwing gelaten. De effectieve meetperiode was daardoor van 21:30 tot 22:30 uur. Het rode spectrum is representatief voor de situatie in december

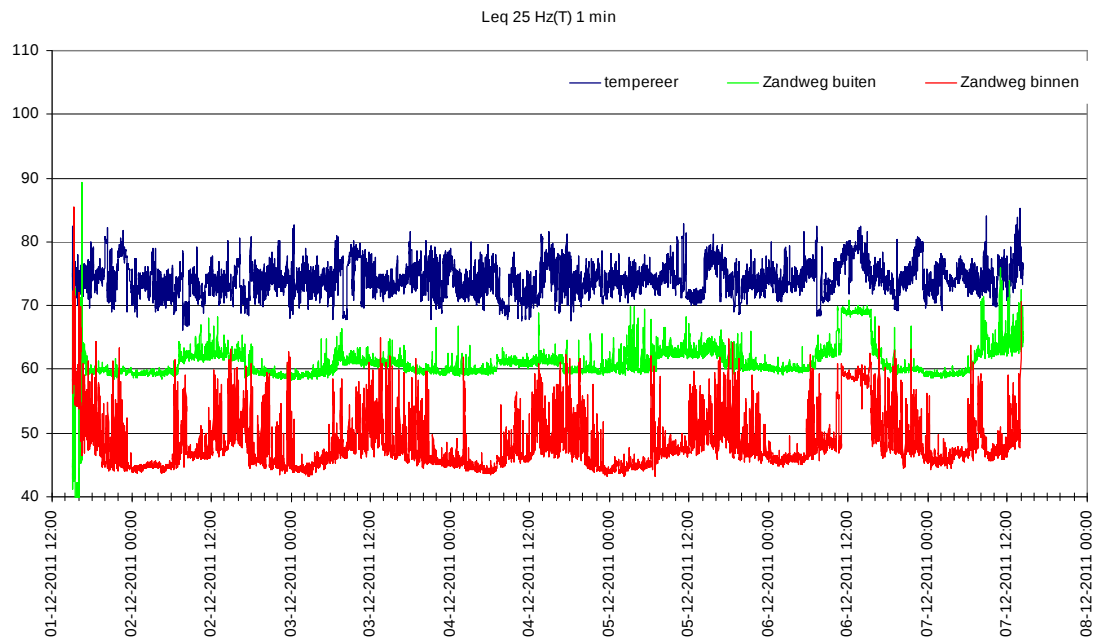
2011 met de aanpassingen aan de trilsilo's. Het betreft het equivalente gemiddelde van dezelfde tijdsbestekken (21:30 tot 22:30 uur) van 1 tot 7 december.



figuur 3

equivalent laagfrequent tertsbandspectrum L_{eq} in dB(Z) uitgezet tegen de frequentie f in Hz, geregistreerd voor de gevel van Zandweg 234

De figuur is bij de laagste frequentie vrijwel identiek aan figuur 1. Uitzondering is de 25 Hz tertsband. In de tempereerafdeling vertoont het spectrum een diep dal bij 25 Hz. Dit diepe dal vinden we buiten niet terug. Kennelijk is hier een geluidsbron in het spel met een andere herkomst dan de tempereerafdeling. Gezien het relatief lage niveau is dit op zich geen reden tot bezorgdheid. Als we kijken naar het tijdsignaal van het 25 Hz tertsbandniveau (figuur 4) zien we echter een opvallend verschijnsel.



figuur 4 *tijdssignaal 25 Hz tertsband op de drie meetlocaties*

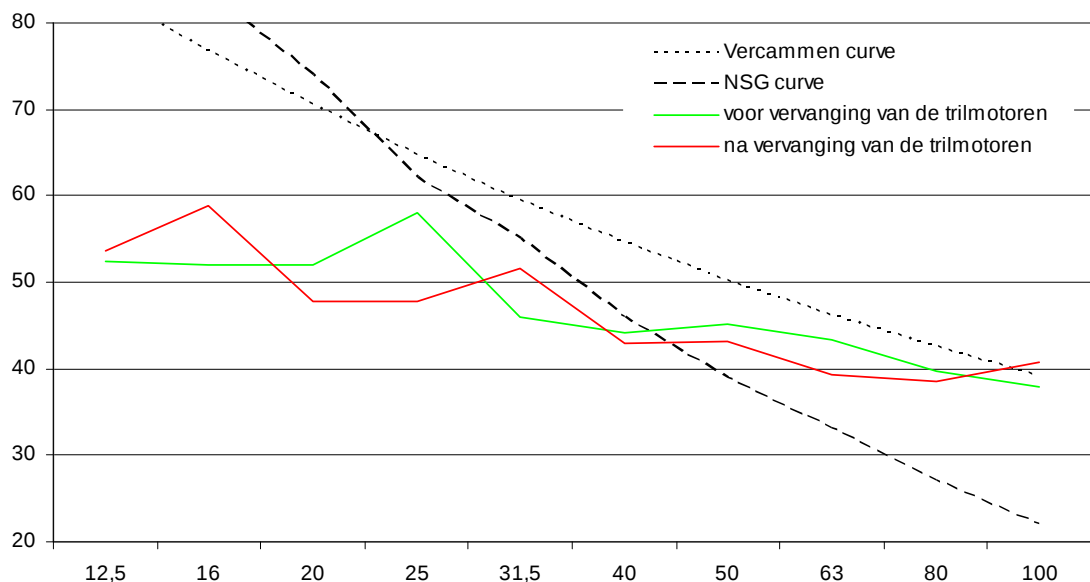
Figuur 4 geeft aan dat op 6 december in de 25 Hz tertsband een verhoogd niveau is gemeten tussen 11:00 en 15:24 uur. Dit niveau is ongeveer van gelijke sterkte als het niveau dat voor vervanging van de trilmotoren daar is geregistreerd. In potentie zou deze verhoogde waarde dus wel tot hinder kunnen leiden.

In de figuur valt verder een regelmatig patroon te herkennen in het 25 Hz verloop. Het niveau is in het algemeen opvallend stabiel. Maar het is van exact 07:00 tot 17:00 uur gering hoger dan op andere tijdstippen. Uitschieter naar boven is het genoemde tijdsbestek op 6 december. Onduidelijk is nog welke bron verantwoordelijk is voor de periode waarin het 25 Hz niveau tot bijna 70 dB steeg. Dit dient verder te worden onderzocht.

5.3

Situatie in de woning

Het laagfrequent geluid in de woning wordt ter plaatse van het meetpunt voor frequenties vanaf 50 Hz volledig gedomineerd door de koelkast. Daarom zijn bij de analyse alleen de periodes betrokken waarin de koelkast was uitgeschakeld. Als de koelkast uitslaat, manifesteert dat zich duidelijk in de 50 Hz tertsband. In figuur 5 worden de laagfrequente tertsbandspectra gegeven en vergeleken met de NSG curve en de Vercammen curve. Het groen gekleurde spectrum is afkomstig van de meting op 1 september. Het rood gekleurde spectrum heeft betrekking op de meetperiode december 2011.



figuur 5 *equivalent laagfrequent tertsbandspectrum L_{eq} in dB(Z) uitgezet tegen de frequentie f in Hz, geregistreerd in de woning aan de Zandweg 234*

Uit de figuur kan worden opgemaakt dat het zeer onwaarschijnlijk is dat de grondtoon van de silo's nog waarneembaar is. De eerste harmonische daarvan (32,7 Hz) ligt eveneens onder de Vercammen curve en de NSG curve. Opgemerkt wordt wel dat dat ook gold voor het gemiddelde niveau dat is gemeten op 1 september, voorafgaand aan de aanpassingen aan de silo's. Destijds fluctueerde het niveau wel sterker, waardoor momentane niveaus duidelijk hoger konden liggen dan de in de figuur gepresenteerde waarde. Een ander verschil is dat het gebied rond 25 Hz berucht is voor het aanstoten van eigenfrequenties van bouwconstructies, waar onder ramen. Dit overwegende zijn wij van oordeel dat de situatie waarneembaar verbeterd is.

6 Trillingen

Van 20 tot en met 27 juni 2011 zijn eerder trillingsmetingen uitgevoerd in de situatie met de oude trilmotoren. De resultaten van dat onderzoek zijn opgenomen in onze notitie M+P.CARG.11.05 van 29 juni 2011. De hier beschreven metingen hebben plaatsgevonden van 1 tot en met 7 december 2011. De metingen zijn simultaan uitgevoerd op de vloer van de tempereeruimte en in de woning aan de Zandweg 234

De bewoners aan de Zandweg ondervinden overlast van laagfrequent geluid. Hierbij worden ook trillingen genoemd. Het doel van de metingen is te onderzoeken of er daadwerkelijk sprake is van overdracht door de bodem van trillingen afkomstig vanuit de tempereerafdeling van de fabriek.

De resultaten van de trillingsmetingen zijn weergegeven in figuur 1 en 2 van bijlage C. In de woning is veel verstoring te zien vanwege het lopen van de bewoners. Om dit uit te sluiten is een periode uitgelicht in de nacht van 5 december waarbij activiteiten plaatsvonden in de fabriek en geen verstoring plaatsvond in de woning. De meetresultaten voor beide locaties zijn gecombineerd in figuur 3 van bijlage C.

Uit de grafiek is af te leiden dat er geen sprake is van een verband tussen de optredende trillingsniveaus in de fabriek en de woning aan de Zandweg 234. Bovendien zijn de gemeten trillingsniveaus zowel in de tempereerafdeling als in de woning laag. In de woning bedraagt de maximale trillingssterkte minder dan 0,1 mm/s vanwege omgevingsfactoren. Uit valt te sluiten dat er sprake is van een relevante overdracht van trillingen door de bodem vanuit de tempereerafdeling.

7 Conclusies

Dit rapport betreft de resultaten van meettechnisch onderzoek naar het optreden van laag frequent geluid en trillingen in / bij nabij gelegen woningen door productieactiviteiten in de tempereerafdeling van Cargill Cocoa. Vanwege door omwonenden geuite klachten over hinder door laag frequent geluid en trillingen zijn door Cargill de volgende maatregelen doorgevoerd:

- de gevel van de tempereerafdeling is verzaagd om de geluidsisolatie te verbeteren
- de trilmotoren van de silo's zijn vervangen met als doel:
 - te draaien bij een toerental waarvoor het menselijk gehoor minder gevoelig is dan de 25 Hz van de oude trilmotoren
 - minder energie in trillingen om te zetten
 - het resonantiepunt zoveel mogelijk te vermijden

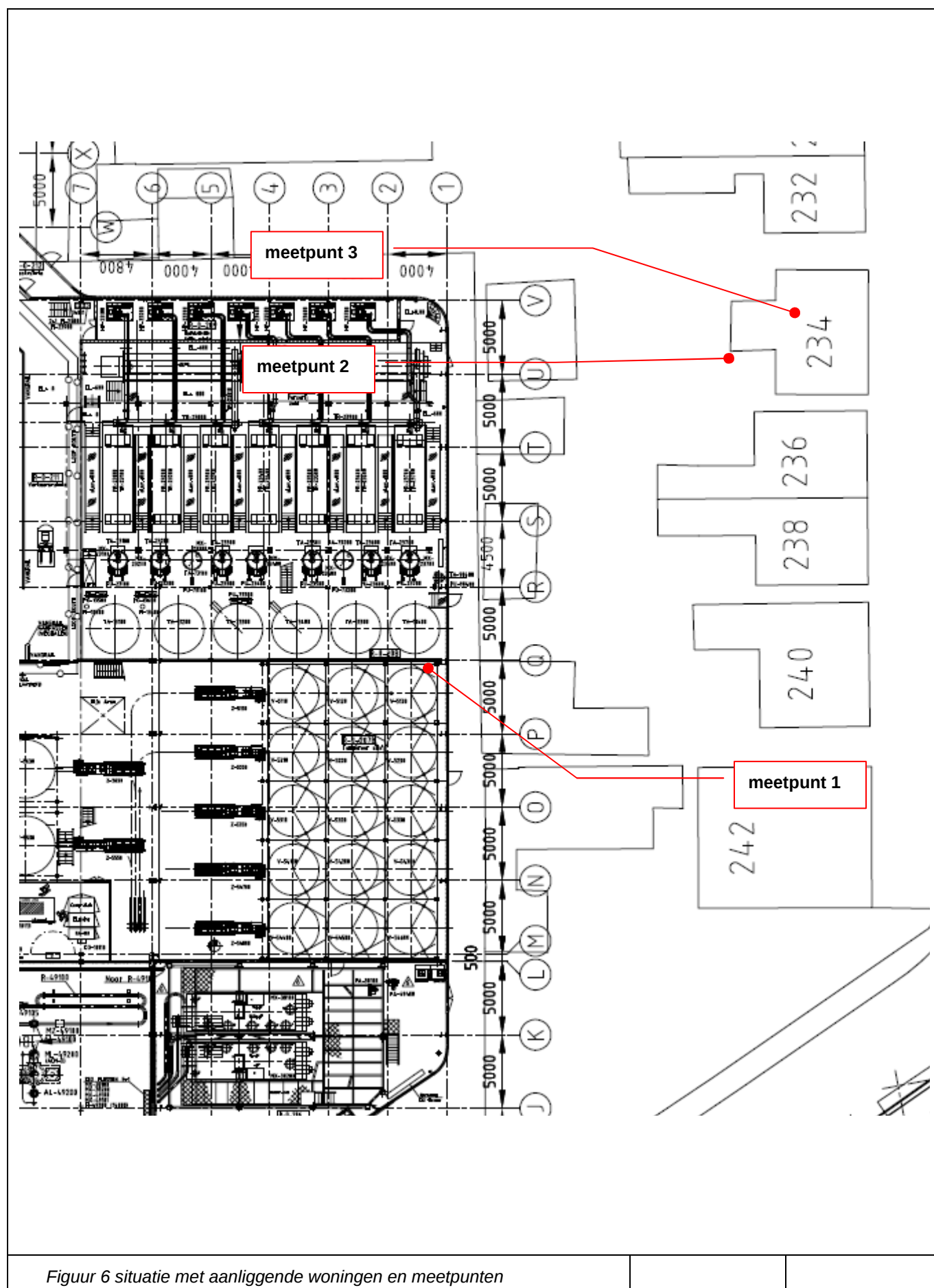
Uit de metingen valt af te leiden dat:

- De grondfrequentie van de nieuwe trilmotoren niet waarneembaar is in de woningen
- Het laag frequent geluid in de woning de Vercammen curve niet overschrijdt. Hiermee zijn de niveaus teruggedrongen tot wat in de praktijk wordt beschouwd als een aanvaardbaar peil
- Het laag frequent geluid in de woning de NSG curve niet overschrijdt in het gebied dat kan worden geassocieerd met de beschrijving van de klacht van de omwonenden (voelbare luchttrillingen)

- Op 6 december is van 11:00 tot 15:24 een hoge waarde bij (exact) 27,5 Hz waargenomen. Dit fenomeen houdt geen verband met de tempereerafdeling. Mogelijk is deze verhoging afkomstig van een bron buiten Cargill Cocoa. M+P heeft opdracht gekregen van Cargill om dit fenomeen verder te onderzoeken.
- Er geen sprake is van een relevante overdracht van trillingen door de bodem vanuit de tempereerafdeling naar de omliggende woningen

BIJLAGE A

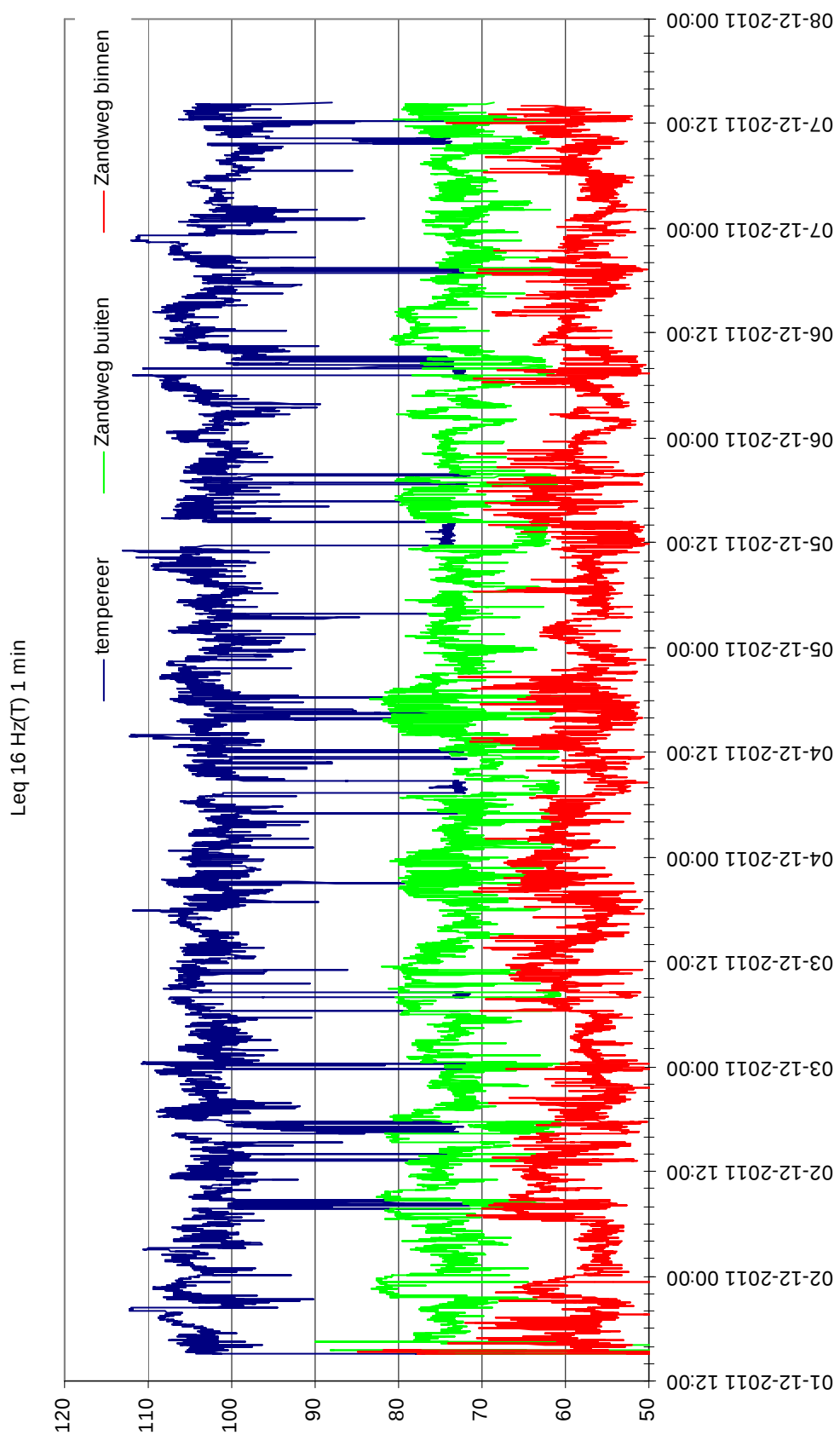
figuren

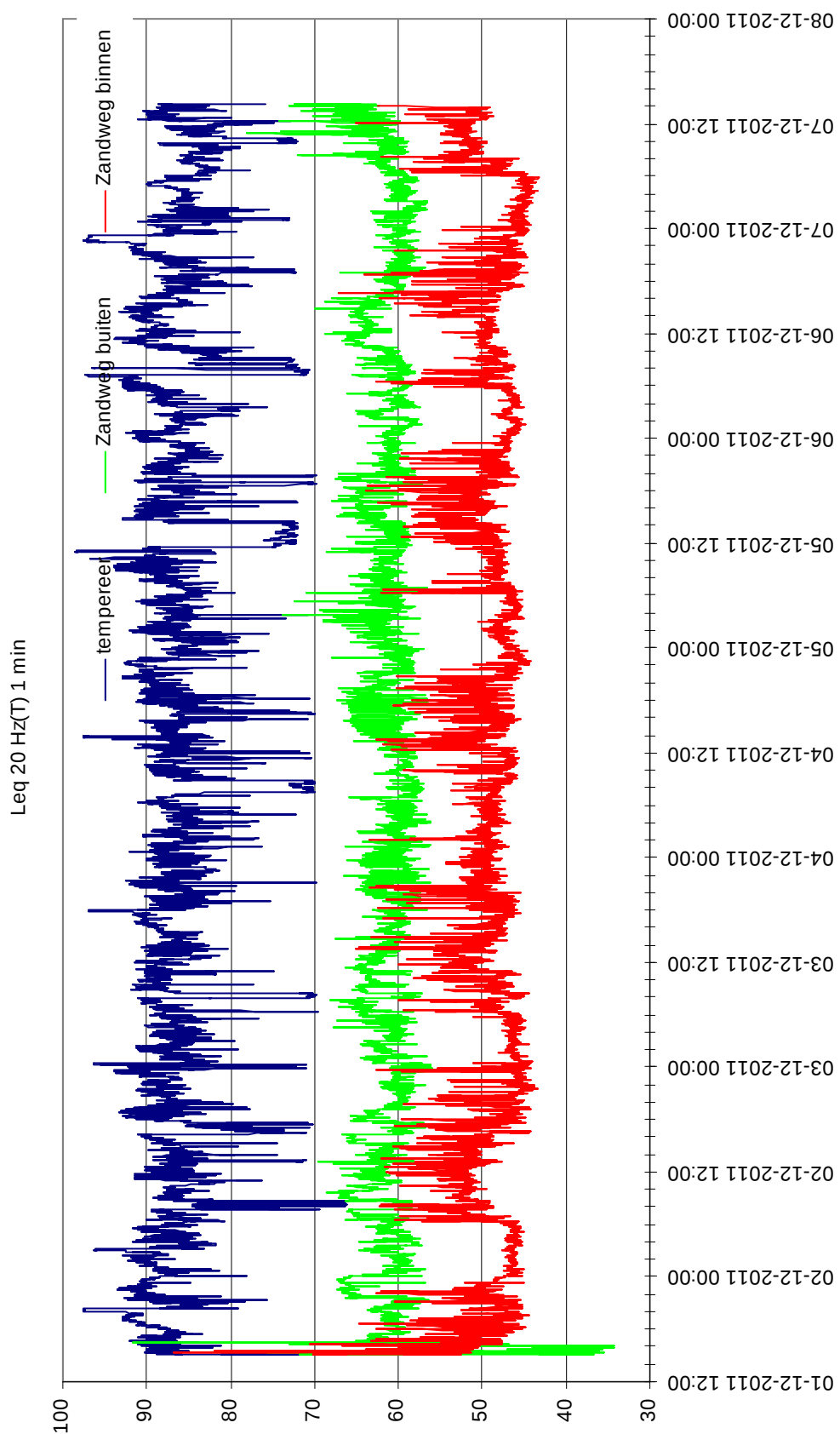


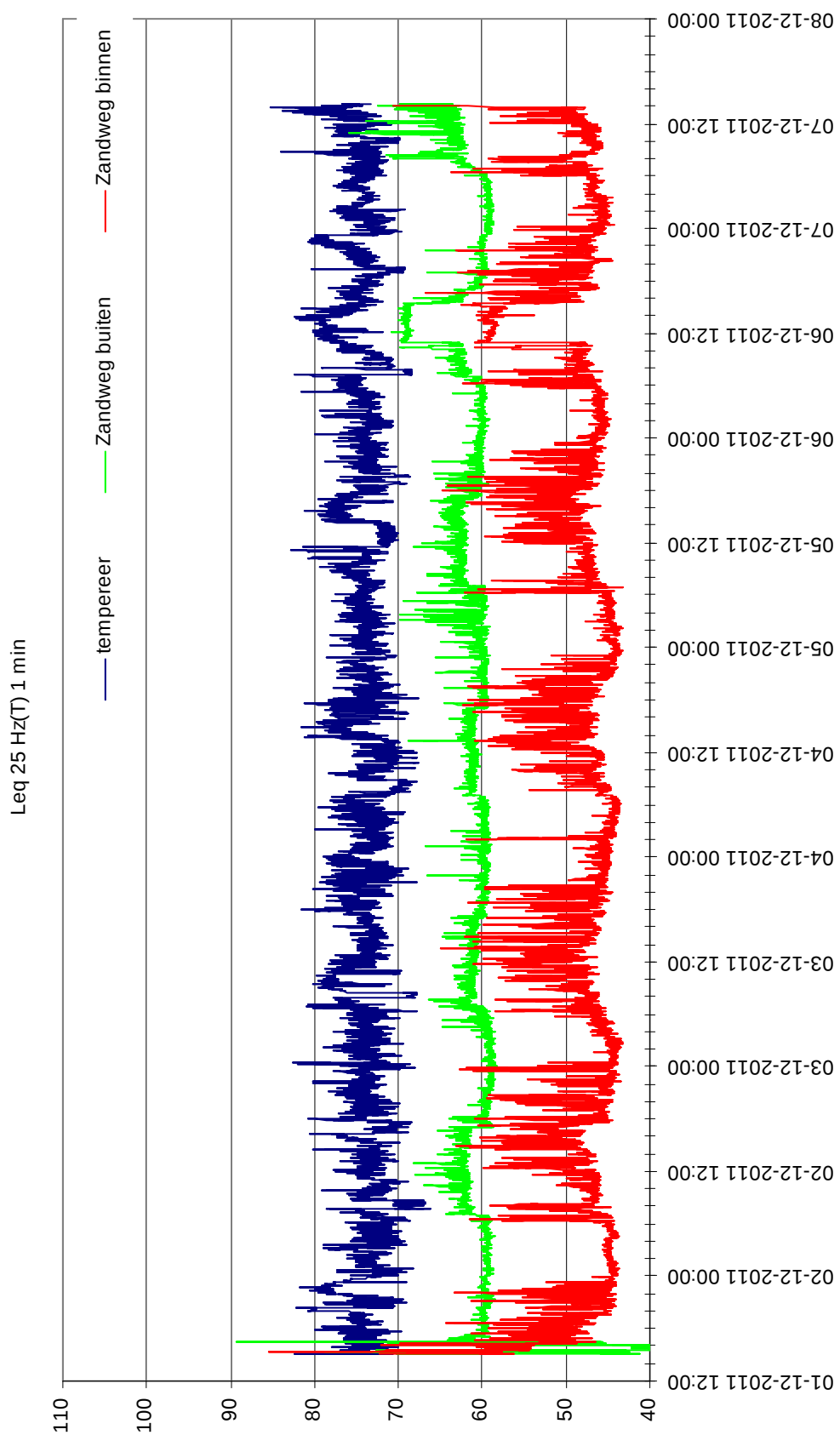
Figuur 6 situatie met aanliggende woningen en meetpunten

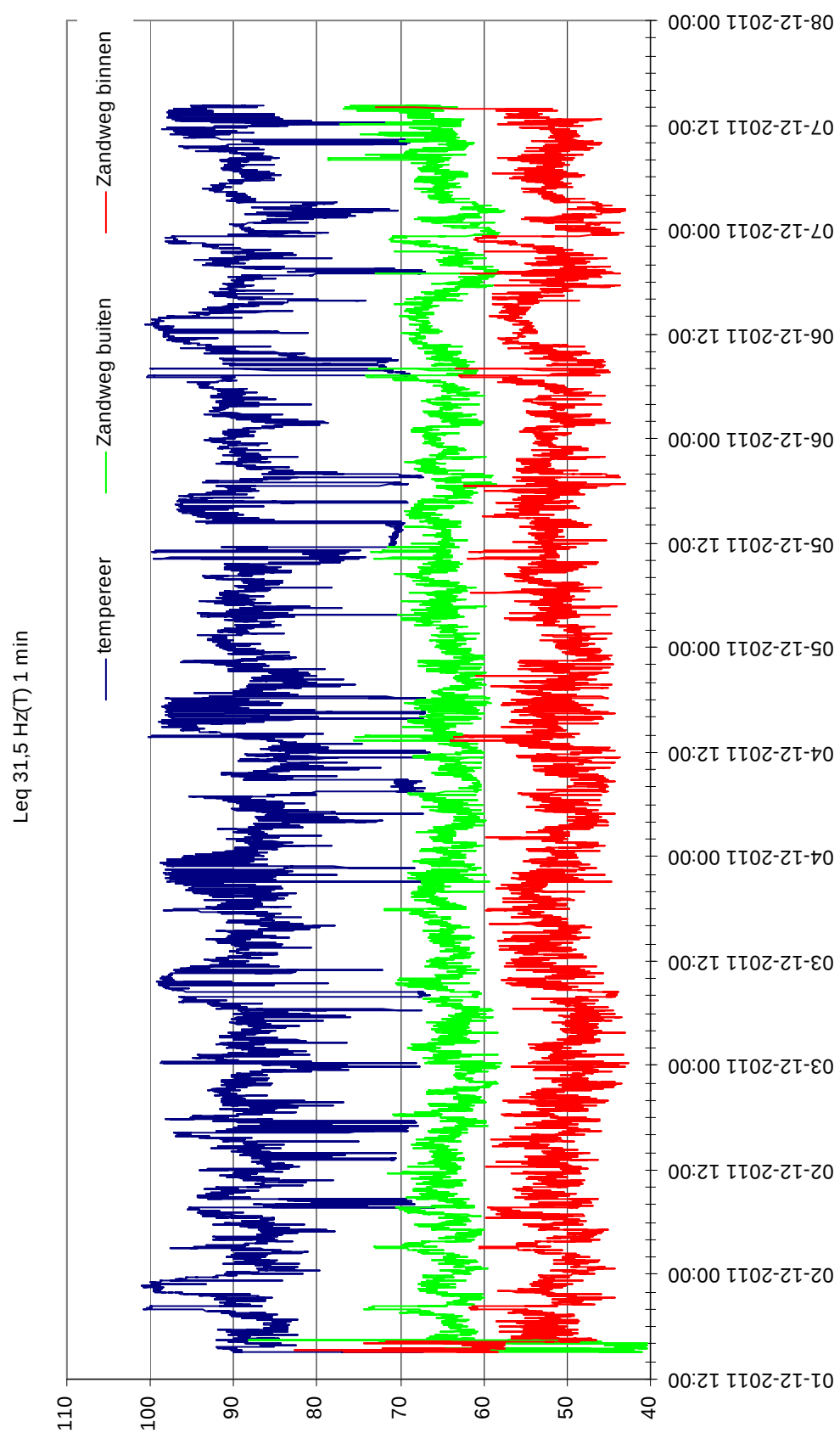
BIJLAGE B

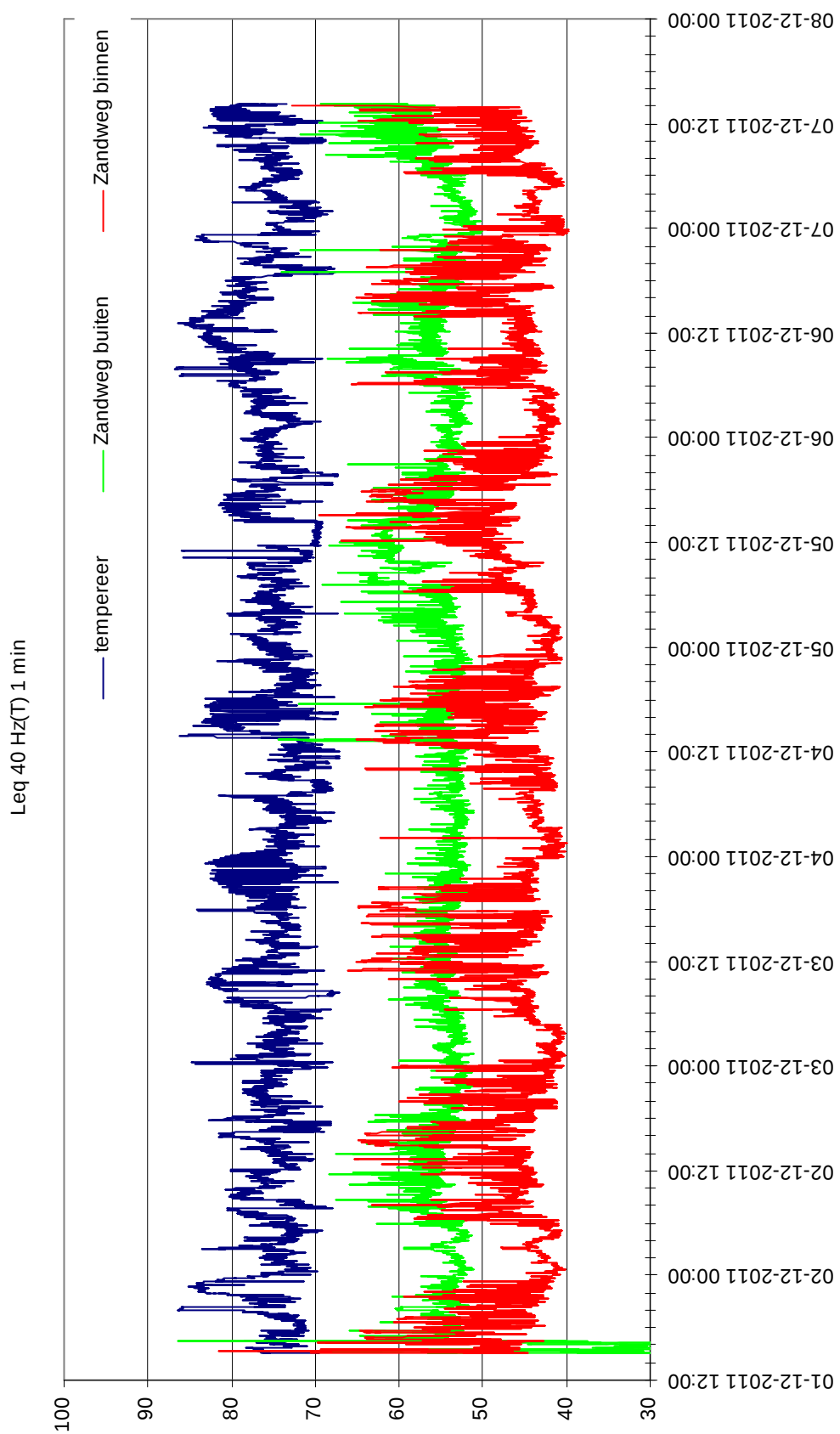
meetresultaten laag frequent geluid

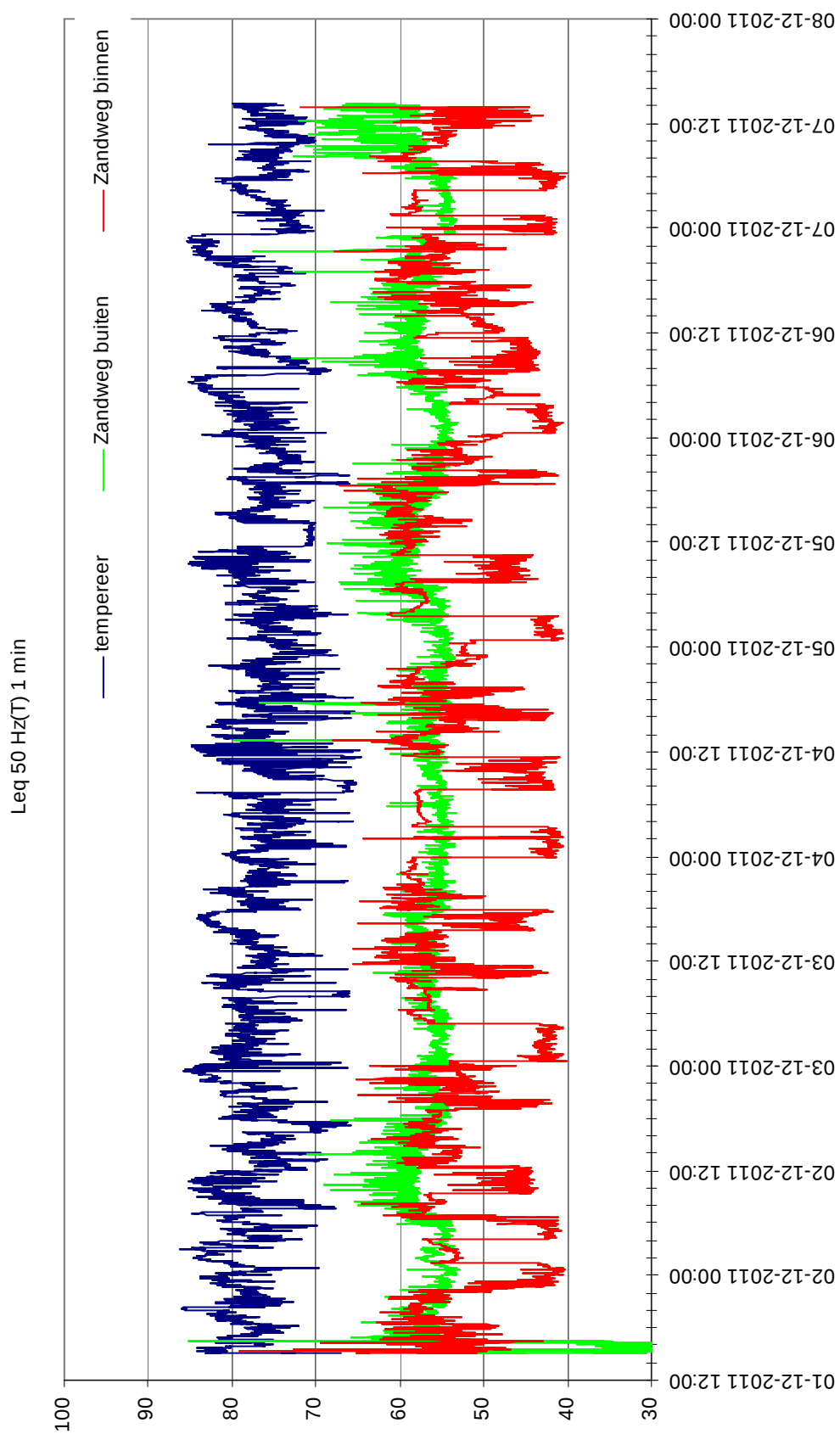






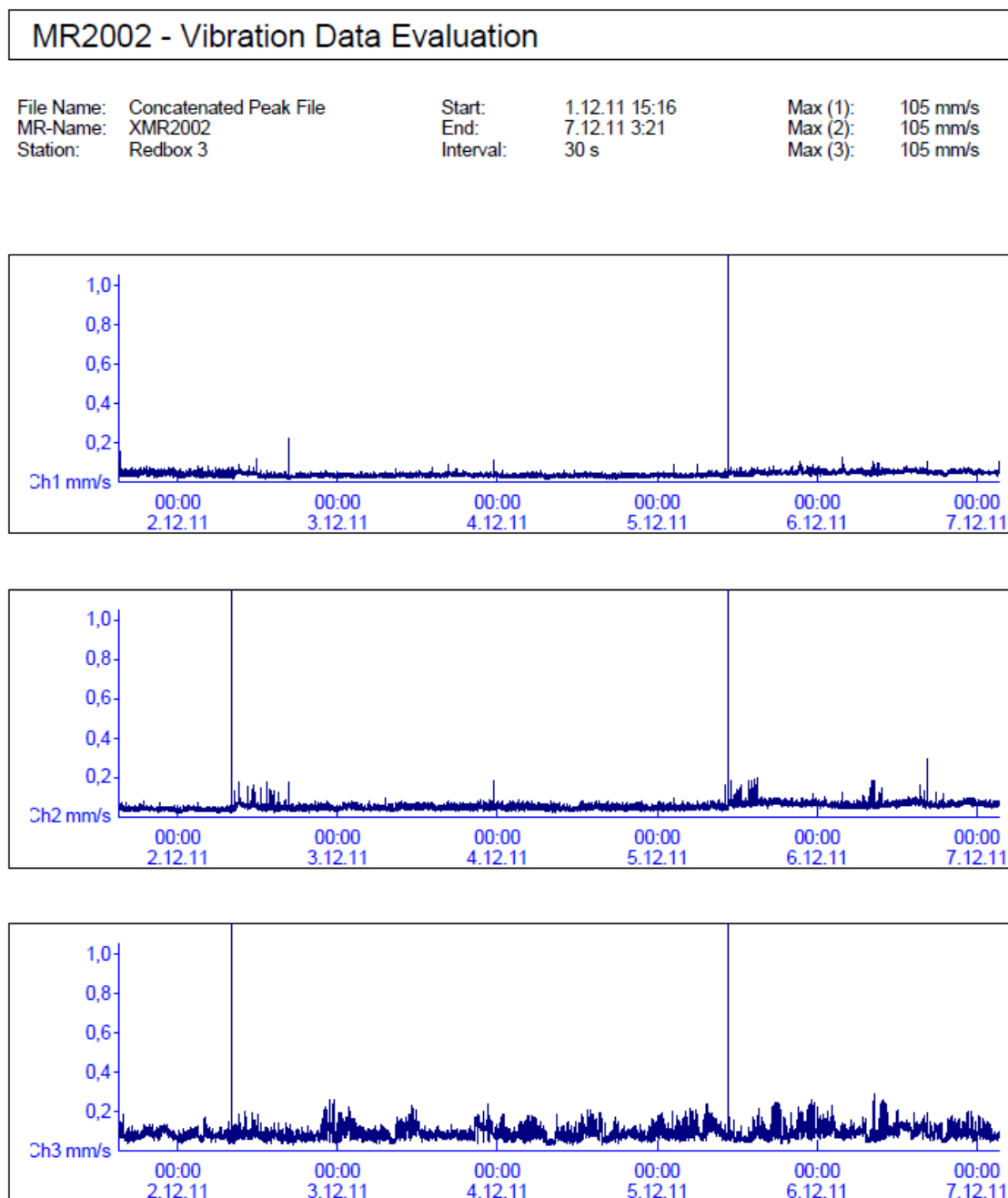






BIJLAGE C

meetresultaten trillingen

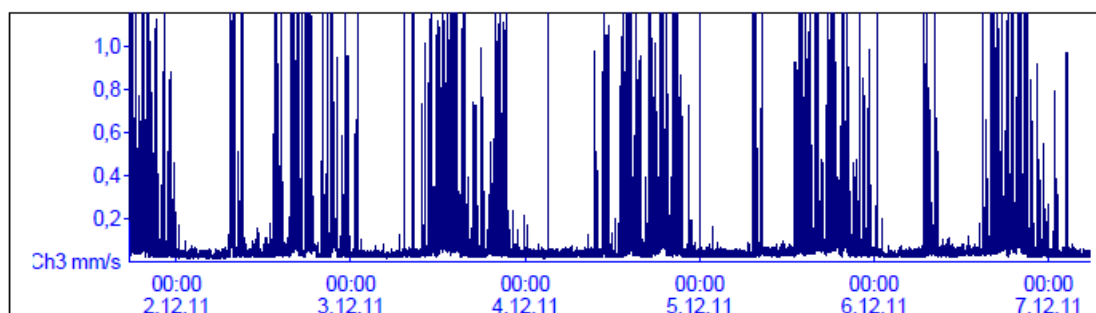
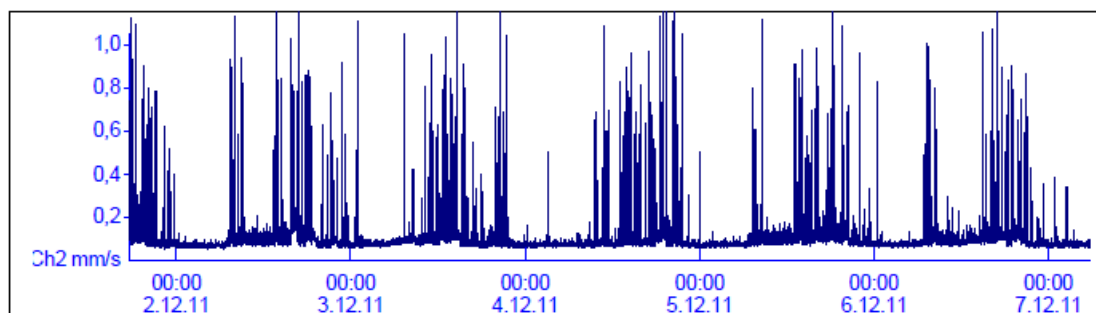
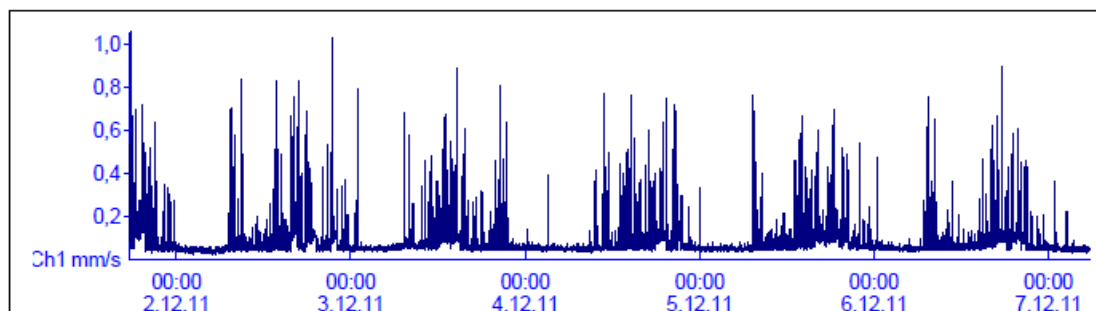
figuur 6 *plot trillingsniveaus fabriek*

figuur 7 *plot trillingsnivaus Zandweg 234***MR2002 - Vibration Data Evaluation**

File Name: Concatenated Peak File
MR-Name: XMR2002
Station: Redbox 4

Start: 1.12.11 17:38
End: 7.12.11 5:43
Interval: 30 s

Max (1): 1,06 mm/s
Max (2): 1,60 mm/s
Max (3): 3,70 mm/s



figuur 8

vergelijk trillingsniveaus nachtperiode (blauw = fabriek, rood = woning)

MR2002 - Vibration Data Evaluation

File Name: Concatenated Peak File
MR-Name: XMR2002
Station: Redbox 4

Start: 5.12.11 0:00
End: 5.12.11 4:00
Interval: 30 s

Max (1):
Max (2):
Max (3):

