

**Testmeting seismic tube in
laboratorium**

Factual report

concept



Testmeting seismic tube in laboratorium

Factual report

dr.ir. P. Holscher

1221134-000

Titel

Testmeting seismic tube in laboratorium

Opdrachtgever

TKI

Project

1221134-000

Kenmerk

1221134-000-BGS-0004-
jjjm

Pagina's

7

Trefwoorden

seismic tube, laboratorium test, seismisch onderzoek, funderingspaal

Samenvatting

De nieuwe bronnen van de seismic tube zijn onder laboratorium omstandigheden getest. De bronnen lijken niet te functioneren, de metingen in de ontvangers tonen grote verschillen. De oorzaak hiervan zijn uitgezocht.




De signalen die bij deze laboratoriumtesten zijn waargenomen weken sterk af van de signalen die in de veldproef waargenomen zijn. Op basis daarvan zijn nieuwe metingen uitgevoerd met de seismic tube in een vijver op het Deltares terrein.

Daaruit bleek dat alleen de top-bron functioneert.

Voorgesteld wordt om met uitsluitend de top-bron een aantal metingen te gaan uitvoeren.

Referenties

TKI project: DEL014 Seismic tube

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	juni 2018	dr. ir. P. Holscher		dr. R.P. Noorlandt-Austen		Ing. R. Talens	
		ing. F.M. Smeulers					

Status

concept

Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Inhoud

1 Inleiding	1
2 Meetapparaat	2
3 Vijvertest april 2018	3
3.1 Algemeen	3
3.2 Analyse meetsignaal vanuit de topbron	3
3.3 Conclusie vijvertest april 2018	4
4 Strategieën voor meten met de seismic tube	5
4.1 Inleiding	5
4.2 Interpretatie strategieën	5
4.2.1 Basale dynamica beschouwing	5
4.2.2 Seismische analyse	5
4.3 Meetstrategie	6
5 Conclusie: vervolg	7
 Bijlage(n)	
A Discussie laboratoriumproef en vervolg	A-1
A.1 Discussie	A-1
A.2 Sample frequentie	A-1
A.3 Vervolg	A-2
B Meetresultaten	B-1
B.1 Bron signaal	B-1
B.2 Resultaten	B-1
C Meetresultaten eerste test in kalibratiebak	C-1
C.1 Resultaten bij bron 0 actief	C-1
C.2 Resultaten bij bron 1 actief	C-5
Referenties	1

1 Inleiding

Bij een eerdere test bleken de bronnen van de seismic tube niet goed te zijn. Deze zijn vervangen. Om na te gaan of de ingebouwde bronnen goed functioneren, is een laboratoriumtest uitgevoerd. Als de bronnen goed functioneren, kunnen de testen met de seismic tube in het veld starten. Tevens is het van belang dat de personen die de meting in het veld gaan uitvoeren voldoende ervaring met de equipment hebben.

Dit document bevat de resultaten van de eerste metingen en studies over de werking van de seismic tube. Dit rapport bevat de resultaten. Vooraf wordt in hoofdstuk 2 een schets van het apparaat gepresenteerd.

In eerste instantie is de seismic tube getest door Martijn Smeulers. De seismic tube is in een kalibratietank geplaatst. Deze zijn eigenlijk te klein voor de seismic tube, zodat deze daarin gekronkeld lag. Bron 0 is gemeten 17 jan. 2018, bron 1 is gemeten 23 jan. 2018.

Deze resultaten zijn beschreven in bijlage C. Bijlage A geeft de analyse en een discussie over de vraag hoe op dat moment verder moet worden gegaan.

Om de consequenties en het begrip te vergroten is de meting aan de testpalen (in 2014) opnieuw geanalyseerd. Deze analyses zijn beschreven in een afzonderlijk rapport [1]. Er worden verschillende interpretatie mogelijkheden besproken.

Omdat bleek dat de test in de kalibratietank niet deugde is een nieuwe kalibratietest uitgevoerd in een vijver op het Deltares terrein. Hoofdstuk 3 geeft het resultaat.

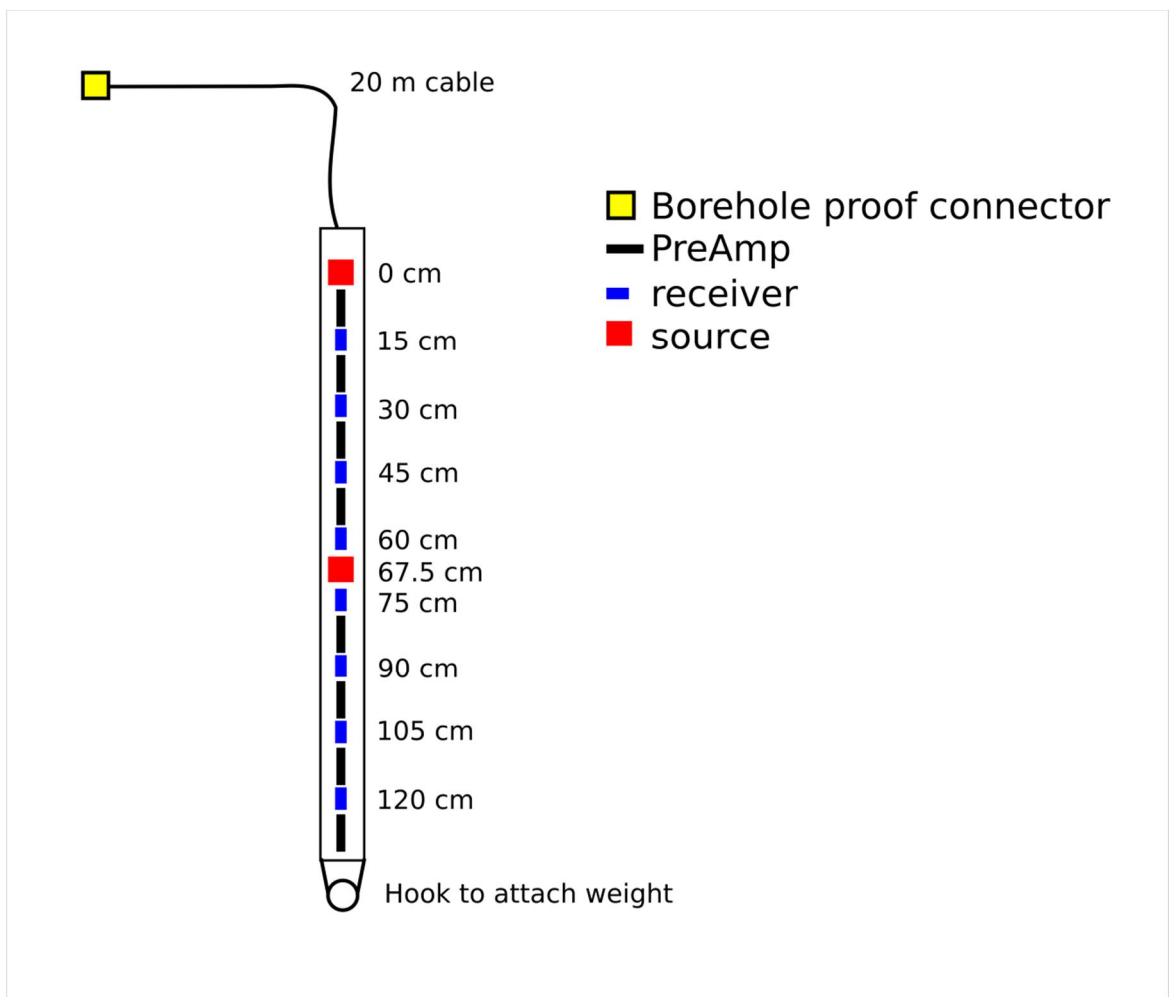
Op basis van deze informatie kan over het vervolg worden besloten.

Hoofdstuk 4 geeft ten slotte nog wat gedachten weer over het uitvoeren van een meting met de seismic tube in de paal.

De bijlagen B en C zijn enigszins verouderd. Deze zijn als bijlage gehandhaafd om het totale proces en de gedachtegangen in het ontwikkelproces te behouden.

2 Meetapparaat

Figuur 2.1 toont een schets van het meetapparaat. De seismic tube heeft twee bronnen, één aan de bovenzijde en één in het midden. Er zijn 8 ontvangers die 15 cm uit elkaar geplaatst zijn.



Figuur 2.1 Schets van de seismic tube

3 Vijvertest april 2018

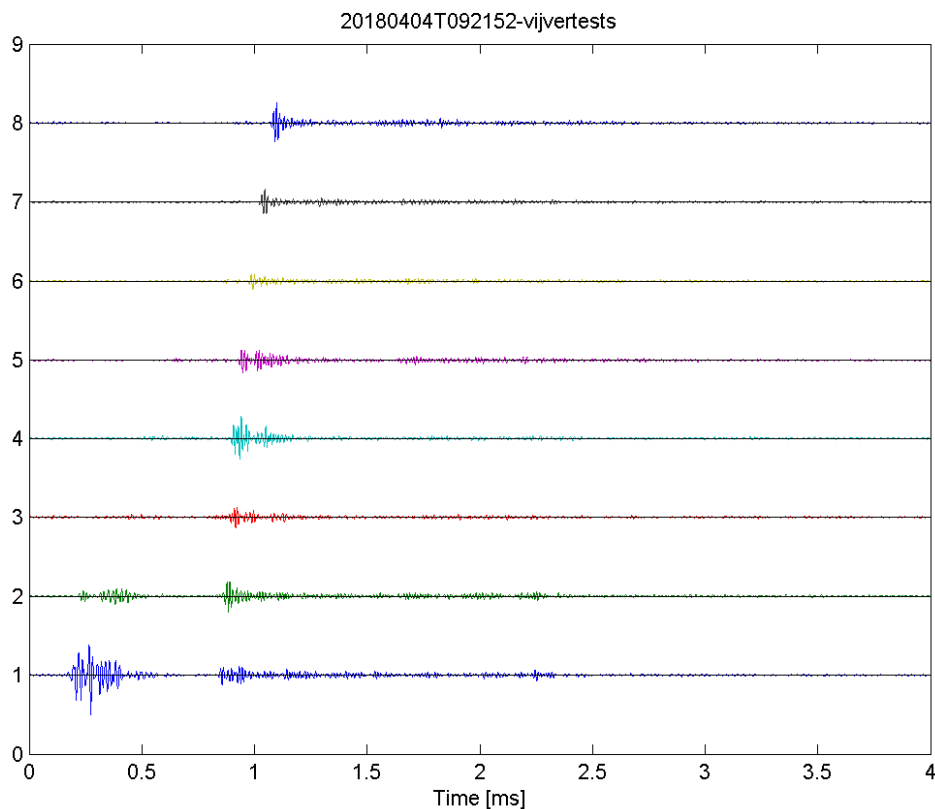
3.1 Algemeen

Om de nieuwe bronnen beter te testen is op 3 april 2018 de seismic tube in een vijver op het Deltares terrein gelegd. De seismic tube lag op de bodem van een ondiepe vijver. De hoogfrequente meetunit is beschikbaar en gebruikt, zodat in dit geval alle kanalen synchroon met 1 MHz zijn bemonsterd. Water heeft een voortplantingssnelheid van ongeveer 1500 m/s [2]. Daarmee is de geometrische situatie beter beschreven dan in de testcontainer in het lab.

Uit deze proef bleek dat één bron een meetbaar signaal geeft. De andere bron functioneert niet. Uit de aankomsttijden van de signalen is geconcludeerd dat de bron aan de bovenzijde functioneert, terwijl de bron middenin niet functioneert

3.2 Analyse meetsignaal vanuit de topbron

Figuur 3.1 geeft het resultaat weer in de acht opnemers in de vorm van een seismogram. Er zijn twee signalen zichtbaar: Een eerste signaal in alleen de eerste twee (drie?) opnemers. Dit is een signaal dat snel dempt. Er is een tweede signaal zichtbaar, dat later optreedt. Dit signaal lijkt vrij snel te lopen en neemt nauwelijks af. Na deze signalen is nog relatief veel ruis zichtbaar gedurende een milliseconde.



Figuur 3.1 Resultaat van een meting in de vijver bij top bron actief

De verwachte looptijd voor een directe golf tussen de opnemers is $0.15 \text{ m} / 1.5 \text{ m/ms} = 0.1 \text{ ms}$. Over de lengte van de tube ($7 \times 0.15 = 1.05 \text{ m}$) betekent dit dus ongeveer 0.7 ms . De eerste golf lijkt inderdaad met deze snelheid te lopen, dat zou dan de directe golf kunnen zijn. De tweede golf heeft op kleine afstand een hogere snelheid en op grotere afstand de verwachte snelheid. Dit is het patroon dat wordt verwacht bij een gereflecteerde golf. De amplitude afnames die in de figuur zichtbaar zijn passen echter niet echt bij dit patroon.

Op basis van deze resultaten is geconcludeerd dat de topbron en alle opnemers functioneren.

3.3 Conclusie vijvertest april 2018

De conclusie van deze testmeting luidt:

1. De top bron werkt correct.
2. De middenbron werkt niet.
3. De acht ontvangers werken correct.
4. Een vijver lijkt een goede manier om de seismic tube te testen.

4 Strategieën voor meten met de seismic tube

4.1 Inleiding

Het doel van de meting is het opsporen van variaties in dikte en betonkwaliteit van de paal. Bij de interpretatie moet rekening worden gehouden met de situatie dat het systeem niet axiaal symmetrisch hoeft te zijn: het gat zit mogelijk niet in het midden van de paal, de verjonging kan asymmetrisch zijn en de materiaaleigenschappen kunnen aan één zijde slecht zijn.

Het doel van dit document is op basis van theorie mogelijke interpretatie strategieën vast te stellen en op basis daarvan vast te stellen hoe in het veld de metingen moeten worden uitgevoerd. Een strategie die altijd werkt is vrijwel continue de meting uit te voeren, bijvoorbeeld elke cm. Dat kost met de huidige apparatuur mogelijk te veel tijd.

4.2 Interpretatie strategieën

Er zijn in beginsel twee strategieën mogelijk:

- Op basis van basale dynamica beschouwing.
- Op basis van seismische analyse.

4.2.1 Basale dynamica beschouwing

De bron stuurt een pulsvormig signaal de paal in. Een deel van de golven bereikt de ontvangers. Uitgaande van een ideale paal ligt het reflectiepunt van een golf die de opnemer bereikt halverwege de bron en de ontvanger: het theoretisch reflectiepunt. Door de meting zodanig uit te voeren dat voor een theoretisch reflectiepunt verschillende metingen beschikbaar zijn, kan mogelijk onderscheid worden gemaakt tussen de invloed van de schachtrelectie en de materiaalvariaties.

Deze aanpak lijkt erg veel op standaard akoestisch onderzoek in de palen met een bron en één ontvanger, waarbij de meting herhaald wordt uitgevoerd met verschillende afstanden tussen de bron en de ontvanger.

Voor de presentatie houdt dit in dat het beste als diepte het theoretisch reflectiepunt kan worden gebruikt (common midpoint, CMP). De meting moet ten minste zo vaak worden uitgevoerd dat een theoretisch reflectiepunt in verschillende metingen opgenomen is. Gebruik van de middenbron geeft over een beperkter gebied informatie. Het biedt een goede gelegenheid om de invloed van variaties in de karakteristiek van de bron uit te schakelen, door de symmetrie wordt elke meting dubbel uitgevoerd. De meting naar onderen en naar boven kunnen worden vergeleken bij gelijke afstand. Als er grotere verschillen ontstaan is het zeker dat deze niet door variaties in de bron ontstaan en dus door variaties in de paal. .

4.2.2 Seismische analyse

Bij seismische analyse worden de golfverschijnselen die in de opnemers waargenomen opgevat als golfverschijnsel. Verschillende golven hebben verschillende aankomsttijden, omdat het type anders is (dus andere golf snelheid), of de weg waarlangs de golven liepen anders was.

In dit geval worden de signalen eerst ontleed in het frequentie-golfgetal domein. In dit domein wordt de sterkte van de golfvoortplanting weergegeven. Er worden pieken gevonden die elk

samenhangen met een golfpatroon. De directe golf heeft een snelheid die onafhankelijk is van de frequentie, deze geeft een 'bergrug' in het domein die evenwijdig met de frequentie as loopt. De S-golf en P-golf geven beide een andere rug. De eerste gereflecteerde golf van de schacht wand geeft een snelheid die eerst laag is (de weg is immers langer), maar als de ontvanger verder van de bron is gaat de snelheid steeds meer lijken op de snelheid van de directe golf. In dat geval ontstaan er reflecties tegen de wand die (ten gevolge van te grote hoek van inval) tot een faseverschuiving kunnen leiden. Daardoor kan een systematisch afwijkende golfsnelheid ontstaan.

Een complicatie in dit domein is dat er sprake is van een nabije veldsituatie. Dit maakt de situatie complexer. Een ander nadeel van deze benadering is dat de interpretatie uitgaat van homogene situatie over het gebied waar de ontvangers aanwezig zijn. Dat houdt praktisch gesproken een middeling in over een meter. Kleinere afwijkingen zijn dan alleen zichtbaar door vergelijking met metingen op andere niveaus.

Deze aanpak is vooral toepasbaar voor de top-bron: dan is er immers een maximaal bereik in het ruimtelijke domein (dus het golfgetal domein).

Deze techniek kan worden toegepast op de bestaande metingen. Dit is nader uitgewerkt in het report van de metingen in het Geolimpuls proefveld.

4.3 Meetstrategie

Uit bovenstaande analyses volgt geen duidelijk beeld welke strategie de voorkeur heeft. Praktijkonderzoek kan mogelijk praktische voordelen van een methode verduidelijken. Het lijkt verstandig om een strategie te kiezen die beide mogelijkheden in zich heeft. Dit betekent dat er met de topbron elke 15 cm of vaker moet worden gemeten. Dan is elk theoretisch reflectiepunt opgenomen in de meting en zijn dus beide strategieën nog mogelijk. Deze eis leidt voor de middenbron tot een meting elke 7.5 cm. Door de middenbron te gebruiken en alleen de symmetrie te beoordelen moet de meting elke 52.5 cm worden uitgevoerd.

Dit leidt tot een lange meet tijd. Het lijkt daarom verstandig in eerste instantie één dag heel nauwkeurig te meten, en aansluitend de metingen te analyseren. Op basis van de resultaten een nieuwe dag met doelen formuleren etc.

5 Conclusie: vervolg

De seismic tube is momenteel maar half inzetbaar: alleen de top-bron werkt. Het lijkt niet zinvol te wachten op een nieuwe reparatie. Daarom wordt voorgesteld om met alleen de top-bron te starten. Het blijft wel een risico dat ook deze bron weer kapot gaat, maar dat is dan niet anders.

Verder lijkt een verdere interpretatie van de signalen van de metingen op het Deltares testveld ook een interessante optie. Omdat in deze palen de defecten bekend zijn, kan op die dieptes een uitgebreidere meting worden uitgevoerd.

A Discussie laboratoriumproef en vervolg

A.1 Discussie

Het eerste dat opvalt in de twee metingen is het verschil in de twee bronnen. De gemeten respons bij bron 0 lijkt typisch op een gedempte trilling van een systeem na een stoot belasting. De meting bij bron 1 is meer een signaal dat ontstaan is door het opgelegde signaal, waarbij het signaal verlengt met afstand.

Ook de amplitude van de signalen is wezenlijk verschillend: Bron 1 geeft een respons van ongeveer 0.1 in alle kanalen, bron 0 geeft een signaal dat in een aantal ontvangers ongeveer vijf keer groter is.

De langdurige trilling van bron 0 heeft een periode van ongeveer 0.035 ms (frequentie 28.4 kHz), bron 1 heeft een periode van ongeveer 0.015 ms (frequentie 67 kHz). Dit verschil is een factor 2 à 3.

De oorzaak van dit verschil is niet bekend. Wel bestond al eerder de indruk dat beide bronnen een ander signaal genereerden. Omdat alle opnemers duidelijk een vergelijkbaar gedrag vertonen lijkt het aannemelijk dat het verschil ontstaat in de bronnen. Of het is de bron zelf, of het is de precieze details van de inbouw. Bron 0 zit aan de zijde waar de kabels passeren, dat kan tot een wezenlijk ander detail leiden. Ook is bij deze laboratorium test de omgeving van de bronnen niet identiek, de ene bron zit bij de bodem van het watervat, de andere veel hoger en vlak bij de waterspiegel.

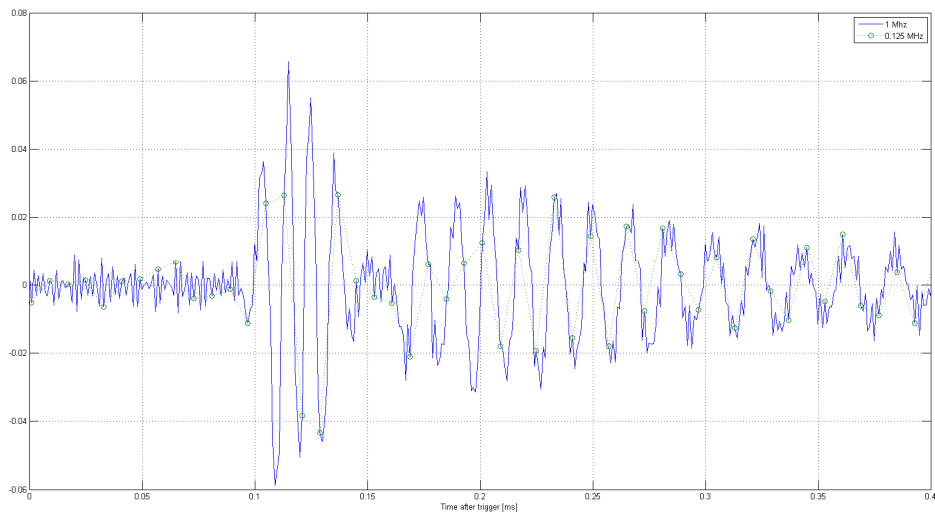
Het is niet duidelijk of beide bronnen functioneren. Omdat er een veel te hoge snelheid wordt gemeten lijkt het erop dat de waarnemingen eerder een elektronisch signaal is dan een mechanisch signaal.

A.2 Sample frequentie

Omdat de meet (data acquisitie) unit uit de oorspronkelijke meetketen ontbreekt, zijn voor deze test de 8 opnemers afzonderlijk gemeten en hebben geen gemeenschappelijke bronsignaal. De signalen zijn in de tijd redelijk gesynchroniseerd, maar verschillen die ontstaan door variaties in de bron belasting zijn niet zichtbaar. Dit kan tot fouten leiden. De signalen zijn afzonderlijk gemeten met sample frequentie 1 MHz. Als de nu beschikbare apparatuur wordt gebruikt, zal de sample frequentie dalen tot $1/8 \text{ MHz} = 0.125 \text{ MHz}$.

De vraag is of deze lagere sample frequentie toegestaan is. De toegepaste bronnen zijn 50kHz bronnen. Om dit te kunnen bemonsteren is een frequentie van 100 kHz noodzakelijk. Dat is een absolute ondergrens. Om de vorm van de signalen (b.v. de maximale waarden en de nuldoorgangen) enigszins te beschrijven is een 10 maal hogere samplefrequentie nodig.

Figuur 5.1 laat de consequenties zien voor het gemeten signaal. De getrokken lijn is het meetsignaal (op 1MHz), de puntjes met de gestippelde lijnen geven het resultaat weer als met 0.125 MHz wordt gesampled. Duidelijk zichtbaar is dat dit lastig wordt.



Figuur 5.1 Consequentie van een lagere samplefrequentie

Er kan niet zondermeer zonder een hoogfrequente unit worden gemeten. Zo nodig moet deze worden aangeschaft.

A.3 Vervolg

De werking van de bronnen wordt nogmaals gecontroleerd, maar nu in een vijver op het Deltares terrein, zodat de twee bronnen in een nagenoeg identieke situatie werken. Dit heeft pas zin als de hoogfrequente unit aanwezig is.

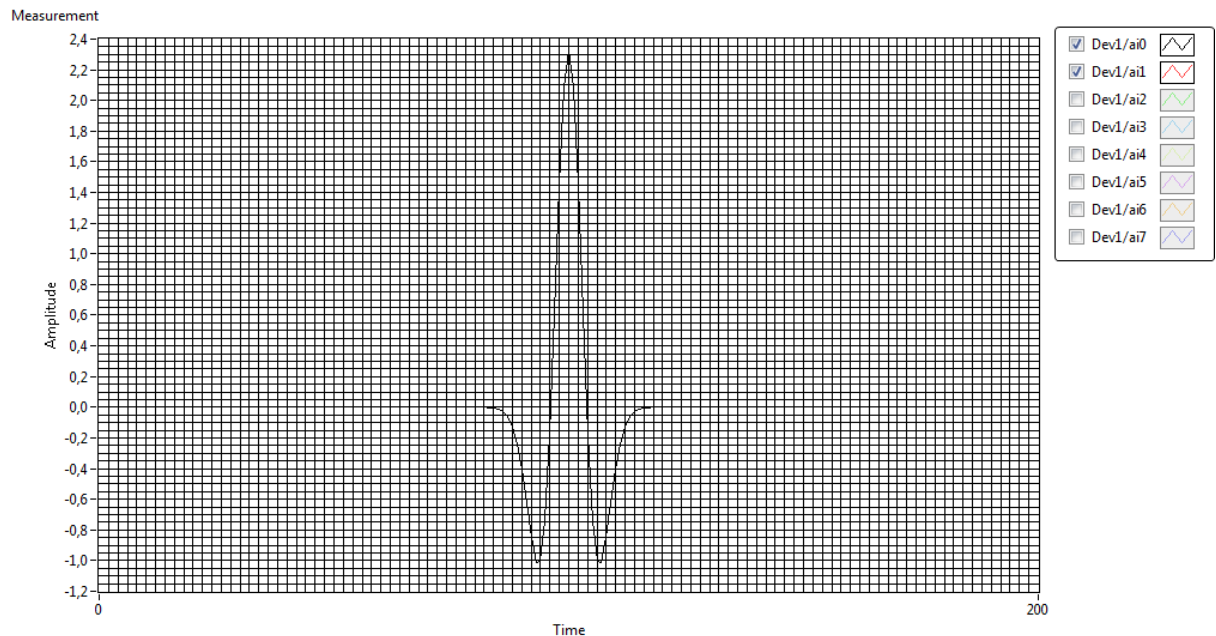
Als deze test succesvol verlopen is, wordt voorgesteld om het apparaat ook te testen in één van de bestaande funderingspalen met de meetopstelling zoals die in het veld gebruikt gaat worden. In deze proef moet duidelijk zichtbaar worden of de opnemers lopende golven weergeven en wordt basis ervaring opgedaan met de test situatie. De resultaten kunnen worden vergeleken met de eerder gemeten signalen.

Als dan alles weer naar behoren functioneert, wordt de veldproef bij de van het Hek Middenmeer uitgevoerd. Om te beoordelen welke sample frequentie noodzakelijk is, zullen de uitkomsten van de bestaande metingen geanalyseerd, zie rapport [1]. Deze kunnen ook aangeven of een lagere sample frequentie bij een paal meting mogelijk is.

B Meetresultaten

Deze Bijlage geeft kort de resultaten van de metingen in de kalibratie-bak in januari 2018. Om een voldoende hoge sample frequentie te krijgen is elke opnemer afzonderlijk bemeten met sample frequentie 1 MHz. De starttijd van de meting wordt door de meetunit geregeld; er bestaat hier een vaste tijdrelatie (op de nanoseconde nauwkeurig) tussen het genereren en het bemeten van het signaal. De horizontale tijd-as verschilt per figuur, maar dat heeft uitsluitend met het inzoomen te maken.

B.1 Bron signaal



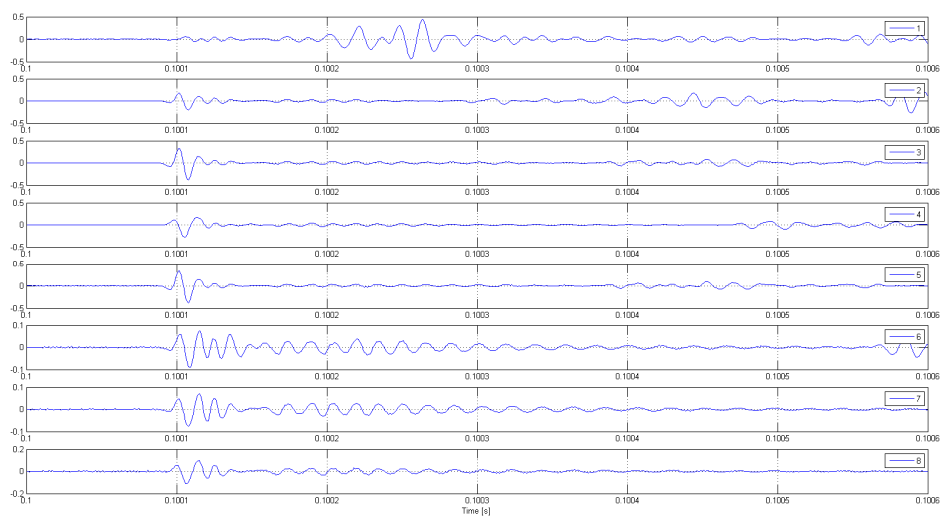
Figuur B.1 Bron signaal 17 jan 2018

De bronnen worden aangestuurd met het signaal in Figuur B.1. Dit is voor beide bronnen identiek geweest (zowel de vorm als de grootte). De dimensie van de tijd in dit plaatje is μsec .

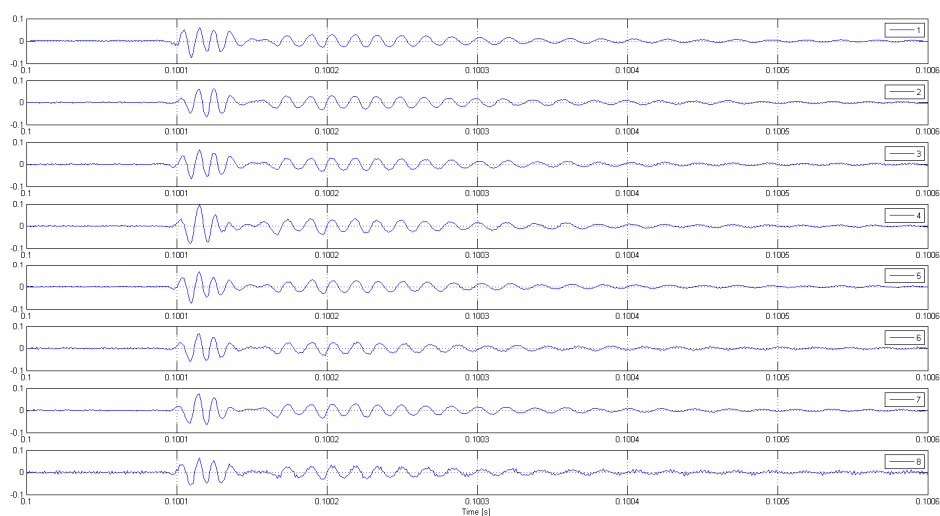
B.2 Resultaten

Figuur 5.2 en Figuur 5.3 geven het overzicht van de metingen op een gemeenschappelijke tijdbasis. Hierbij moet worden opgemerkt dat bij bron 1 (Figuur 5.3) alle verticale schalen identiek zijn (van -0.1 tot +0.1). Bij bron 0 verschillen de verticale schalen aanzienlijk, zie Tabel 5.1. Bijlage C geeft de resultaten als losse signalen.

Op de horizontale as van de response plaatsjes staat een tijdsinterval van 0.6 ms.



Figuur 5.2 Overzicht metingen bij bron 0 actief



Figuur 5.3 Overzicht metingen bij bron 1 actief

1	2	3	4	5	6	7	8
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.1	0.1	0.2

Tabel 5.1 Verticale schalen in responsie bron 0, zie Figuur 5.2

De signalen in de ontvangers 6, 7 en 8 bij bron 0 actief hebben een opvallende gelijkenis met alle signalen bij bron 1 actief. De indruk bestaat dat de proefopstelling hierbij een rol heeft gespeeld.

Uit deze figuren in het tijdsdomein is niet af te leiden in welke richting de golven lopen. Er is niet nagegaan of dit in het frequentiedomein wel lukt.

De loopsnelheid van de golven in water is orde 1500 m/s. Bij een afstand tussen de opnemers van 15 cm = 0.15 m, is de looptijd tussen twee opnemers ongeveer

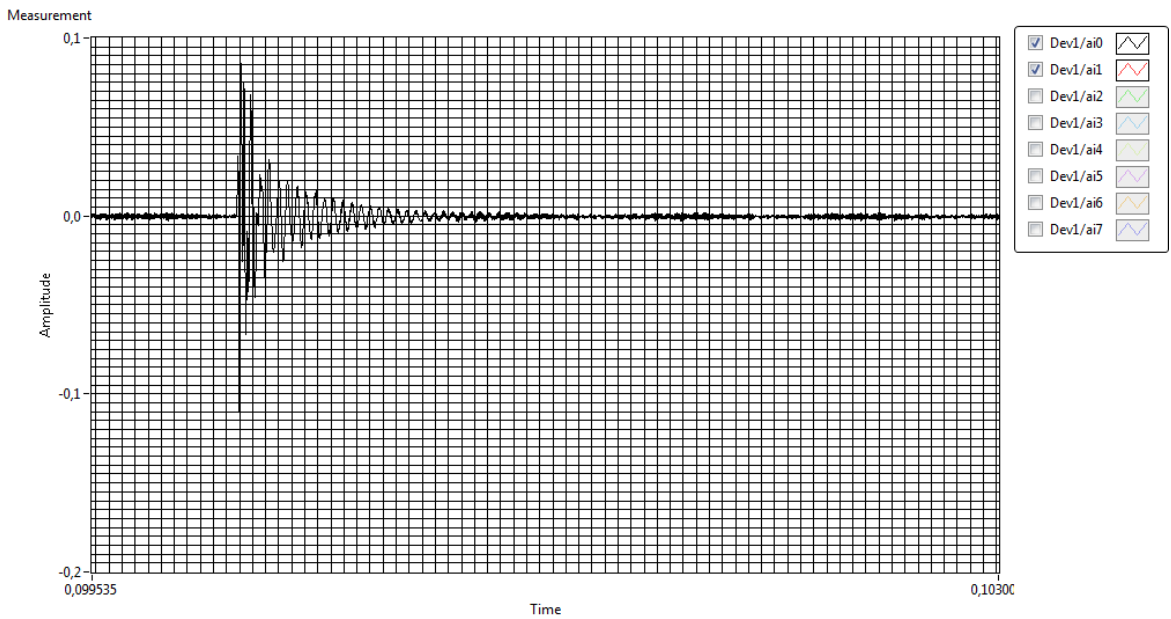
$0.15 \text{ m} / (1500 \text{ m/s}) = 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ s} = 0.1 \text{ ms}$. Dit is één schaaldeel in Figuur 5.3 en zou dus goed zichtbaar moeten zijn. Dit is niet het geval.

Het resultaat lijkt bepaald elektrische interactie van de draden die van de opnemers langs de bron lopen ("overspraak") en niet een akoestisch resultaat. Dat betekent dat de ontvangers niet goed functioneren.

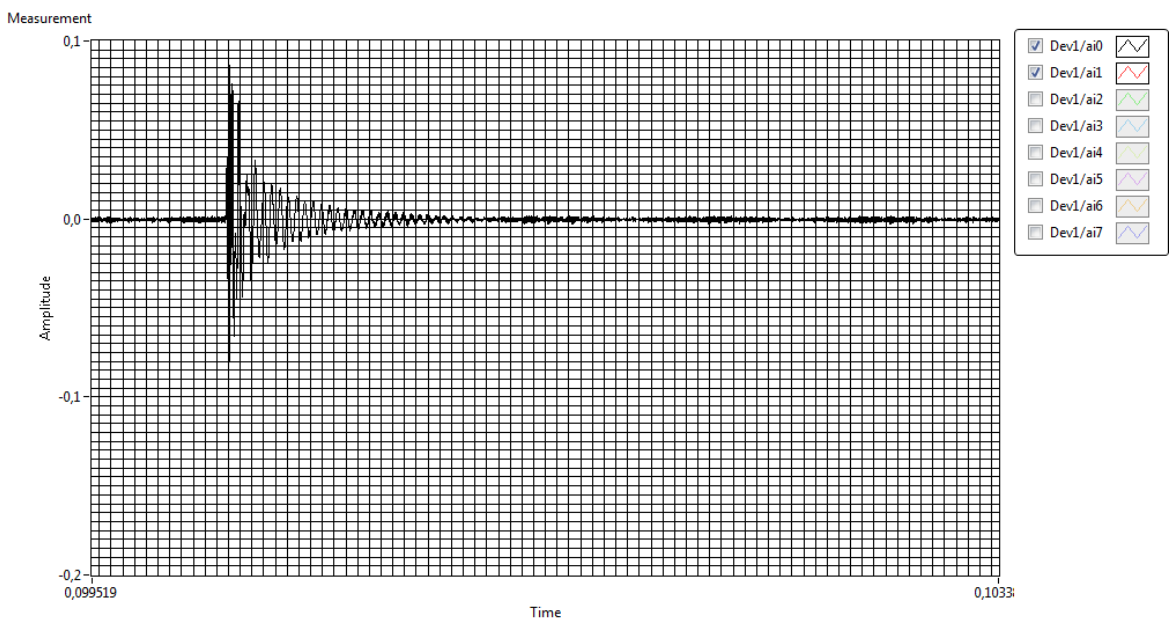
C Meetresultaten eerste test in kalibratiebak

C.1 Resultaten bij bron 0 actief

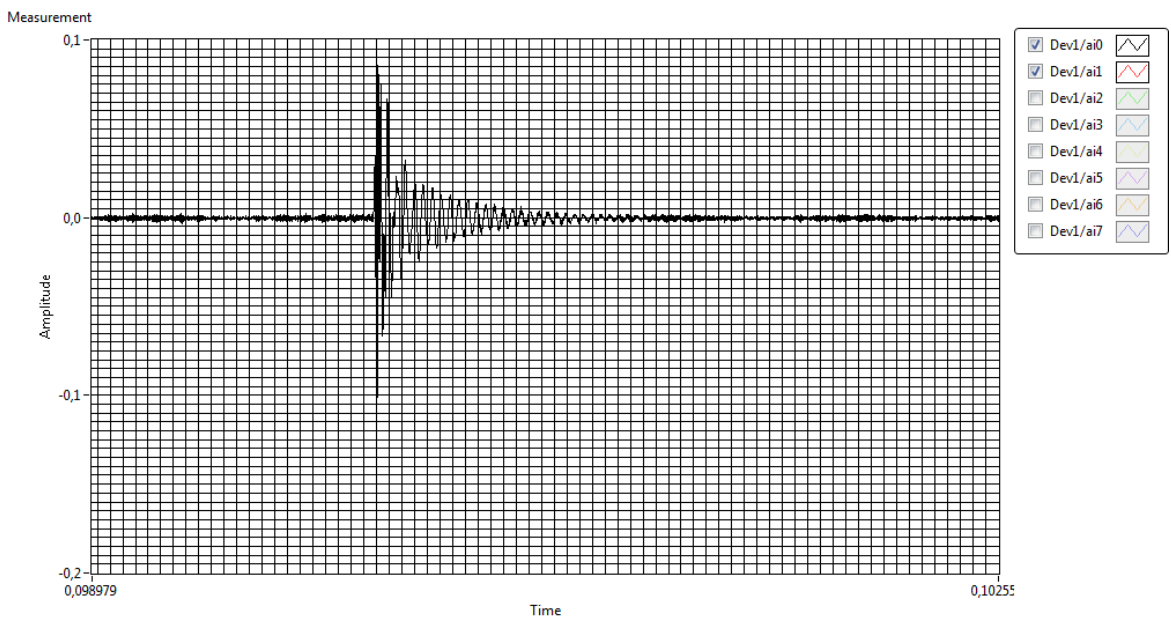
De lengte van de horizontale as is $0.10300 - 0.099535 = 3.46 \times 10^{-3}$ sec = 3.46 ms.



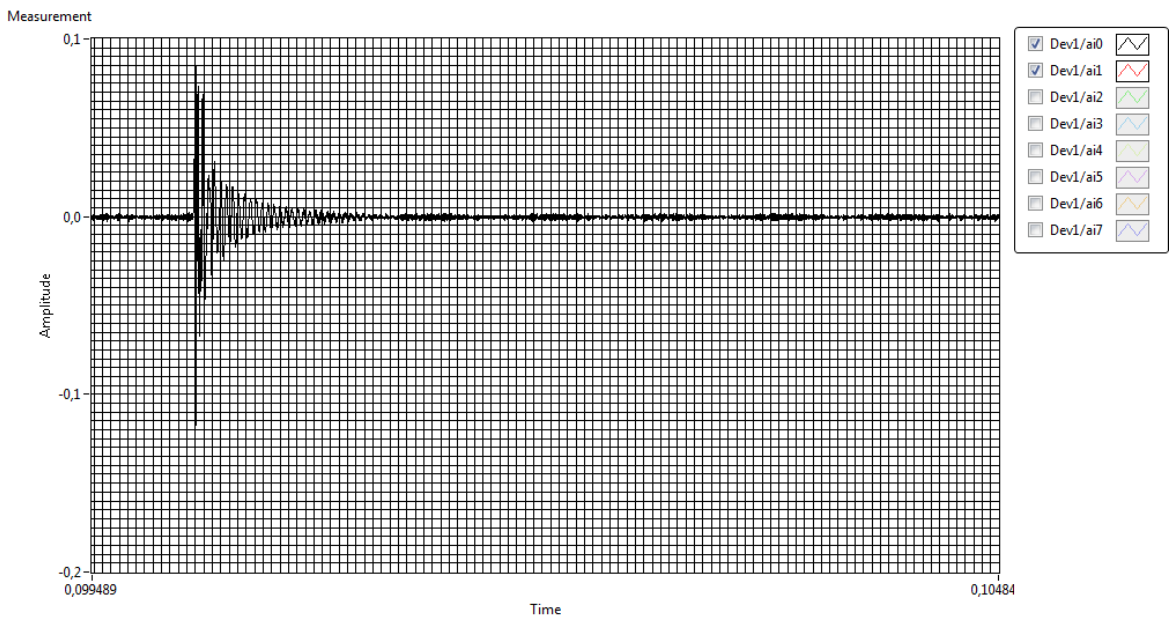
channel 1



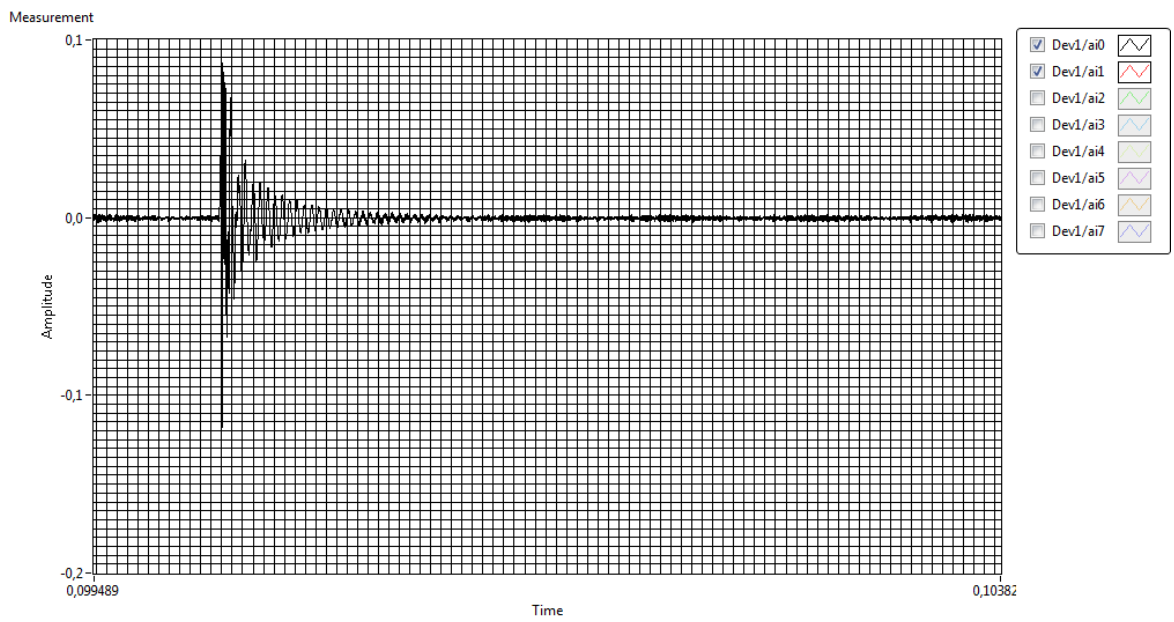
channel 2



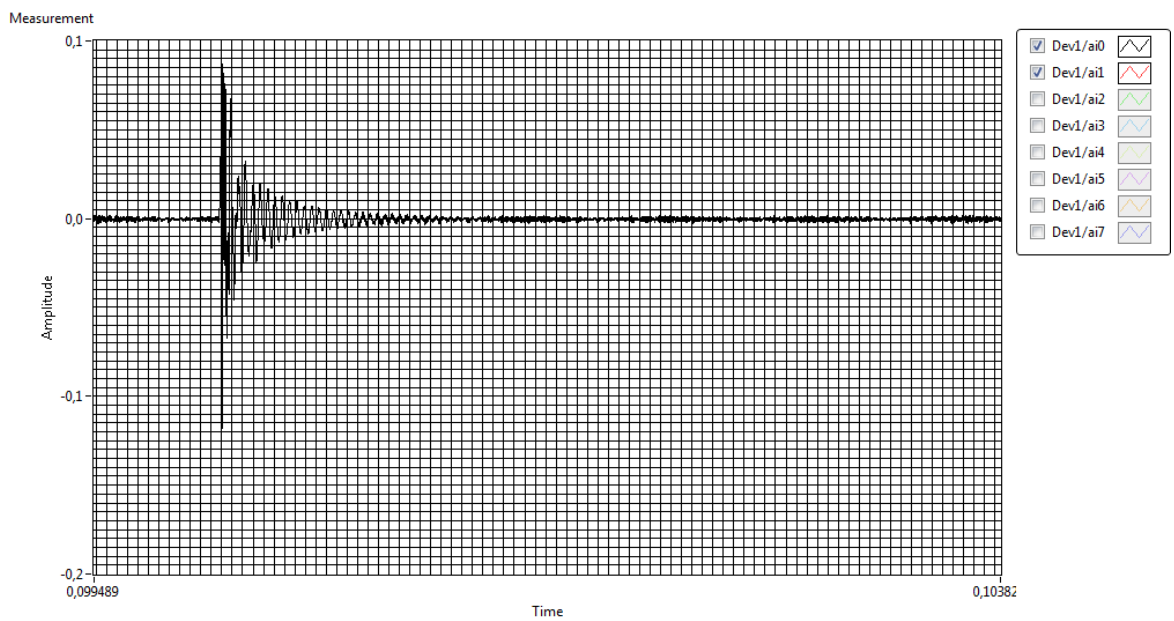
channel 3



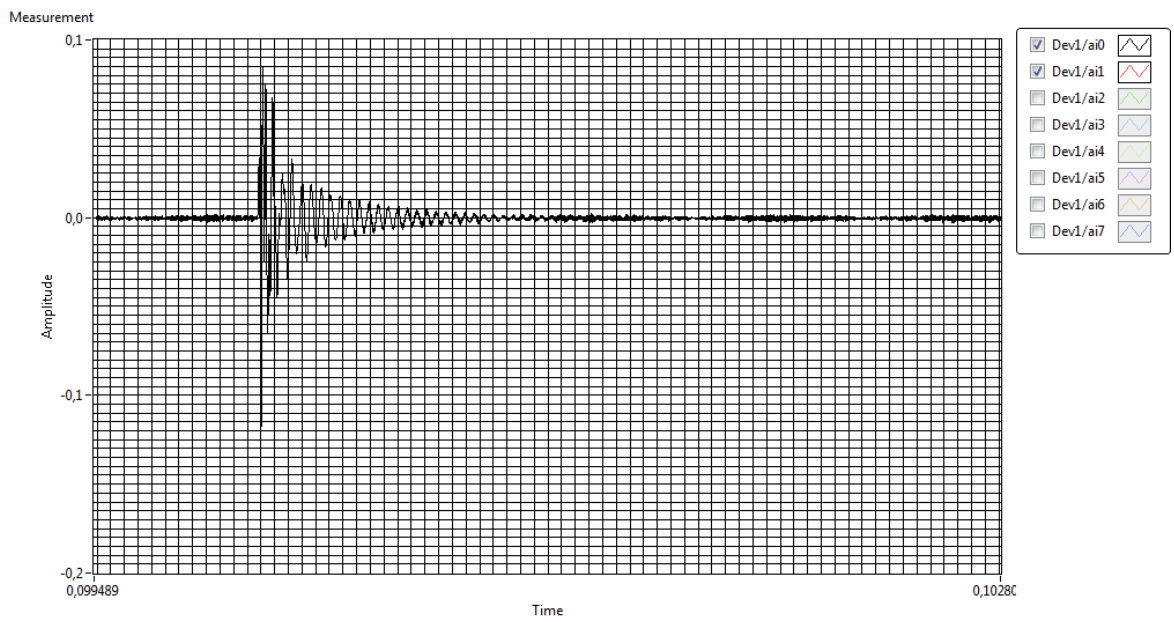
channel 4



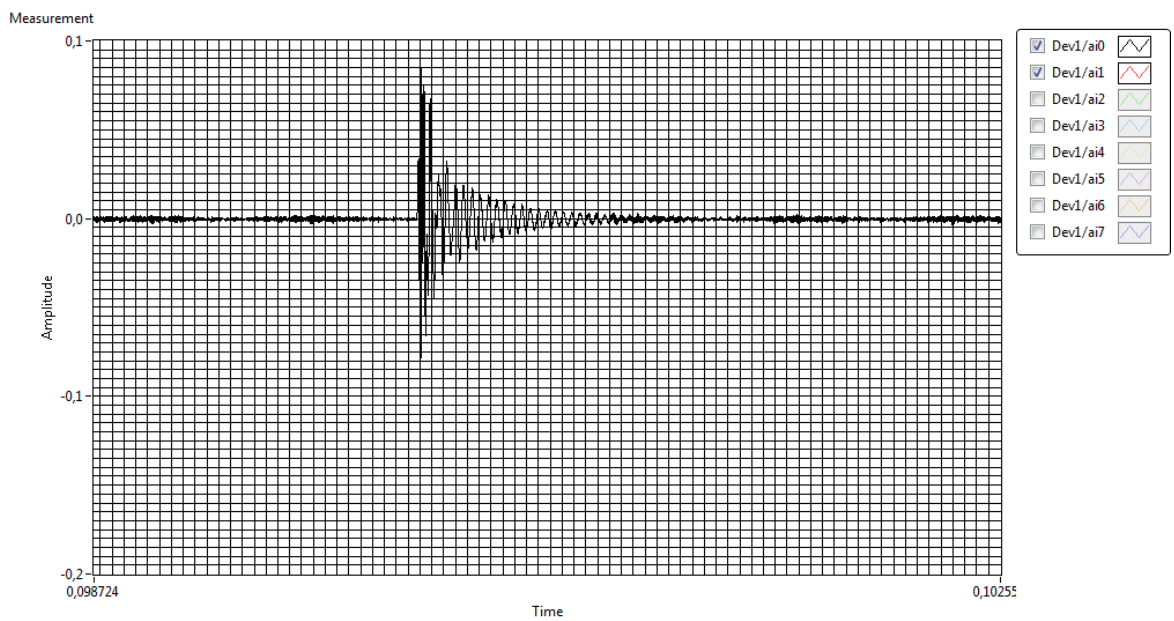
channel 5



channel 6



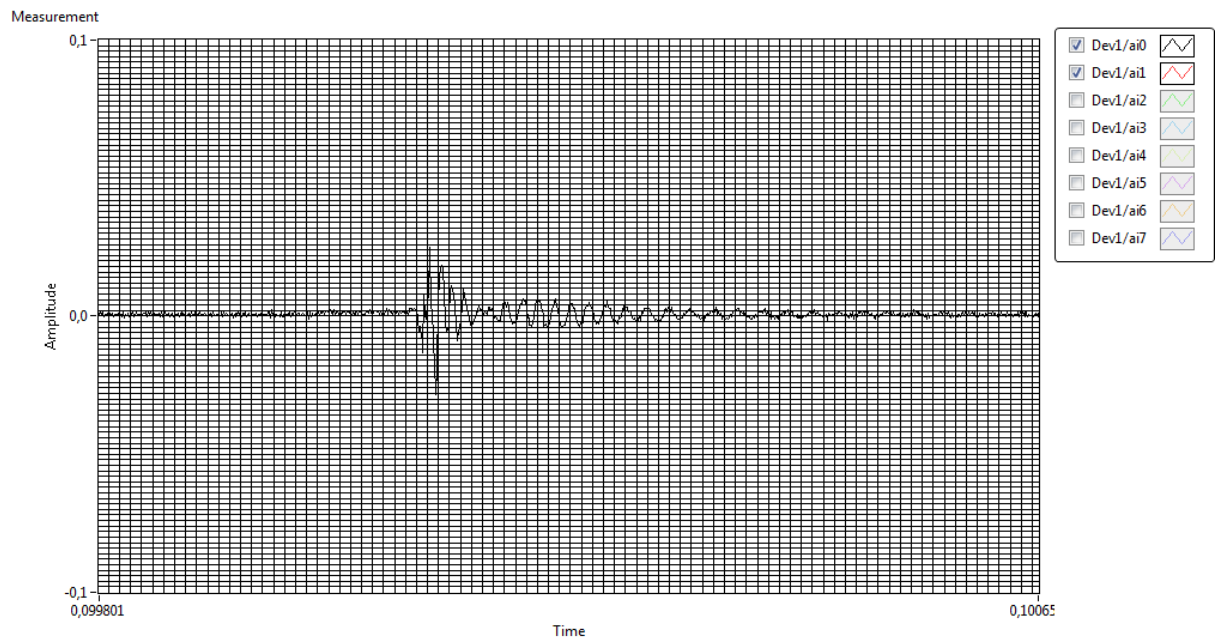
channel 7



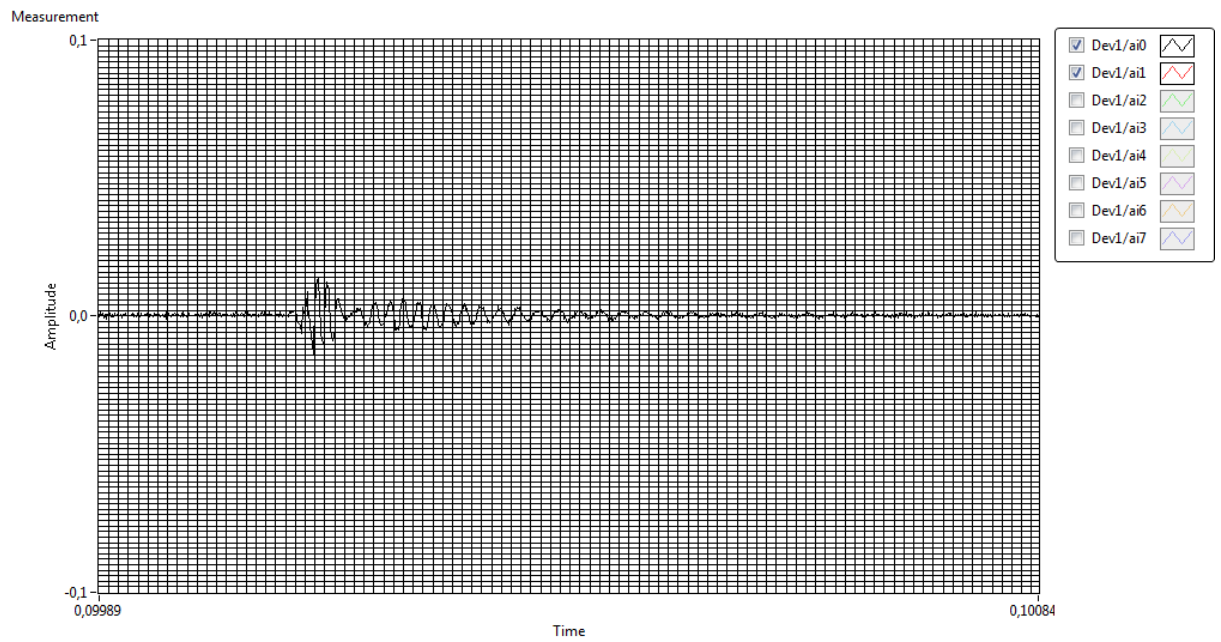
channel 8

C.2 Resultaten bij bron 1 actief

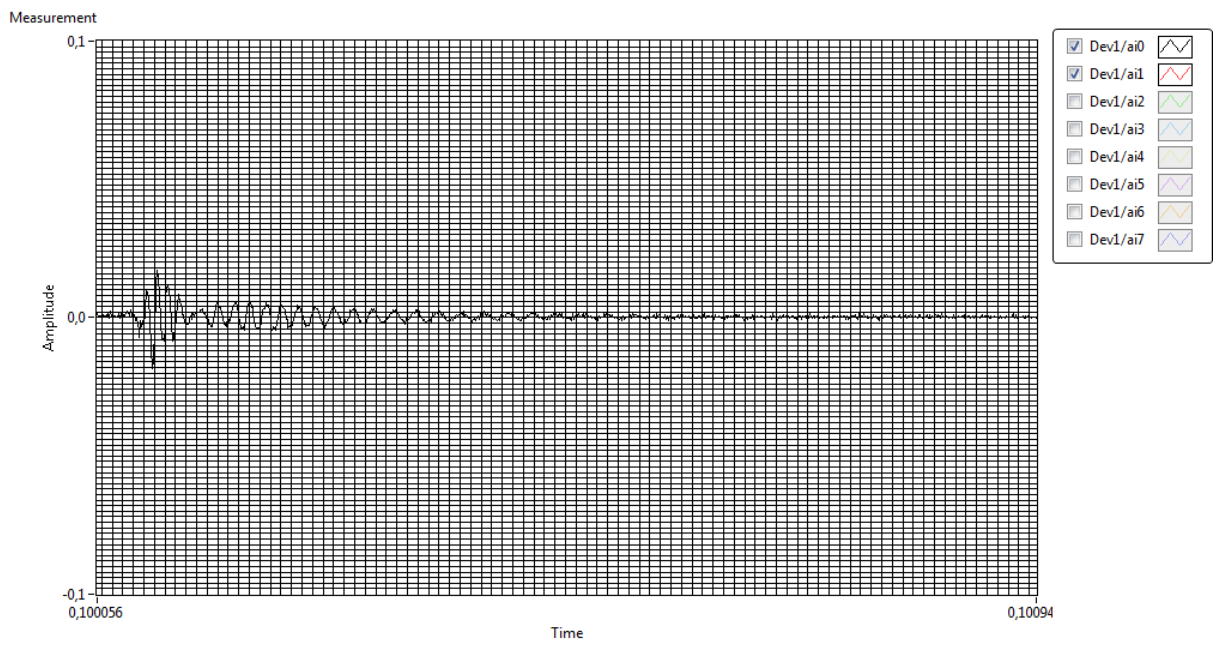
De lengte van de horizontale as is $0.10065 - 0.099801 = 0.85 \cdot 10^{-3}$ sec = 0.85 ms. Dit is wezenlijk anders dan in de voorgaande paragraaf.



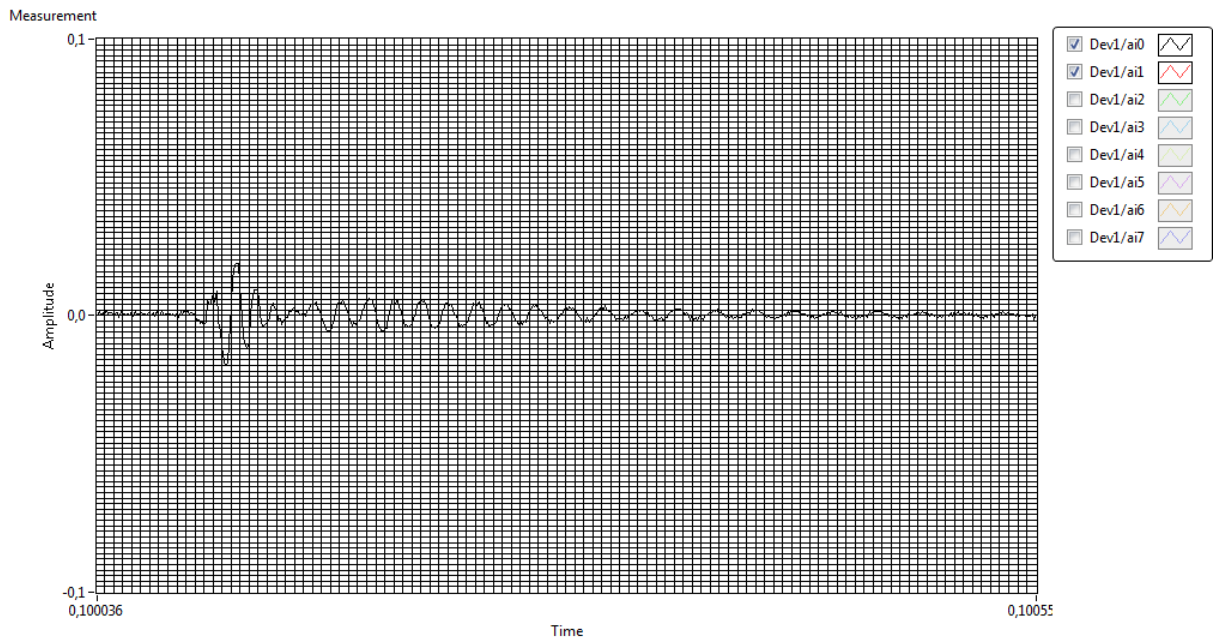
channel 1



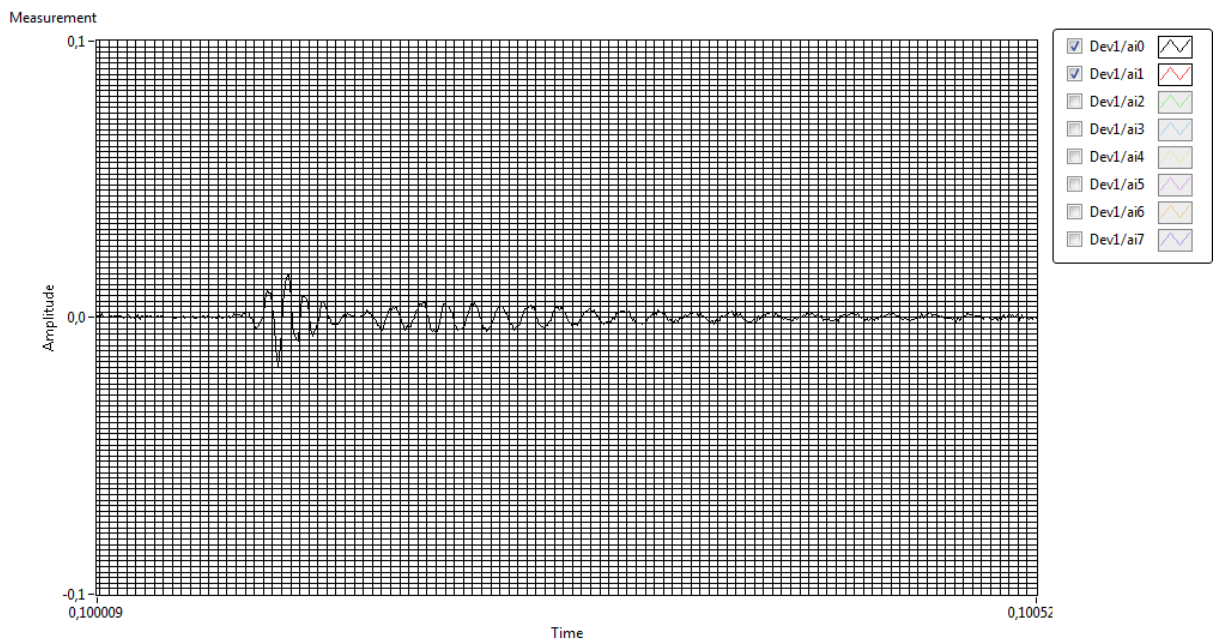
channel 2



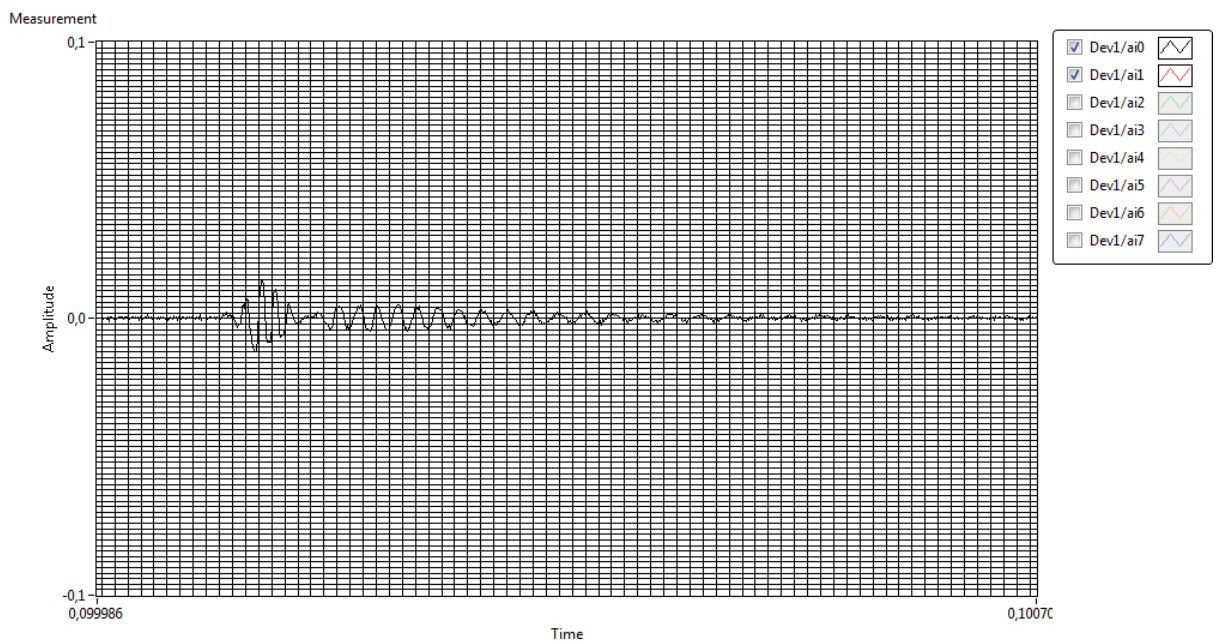
channel 3



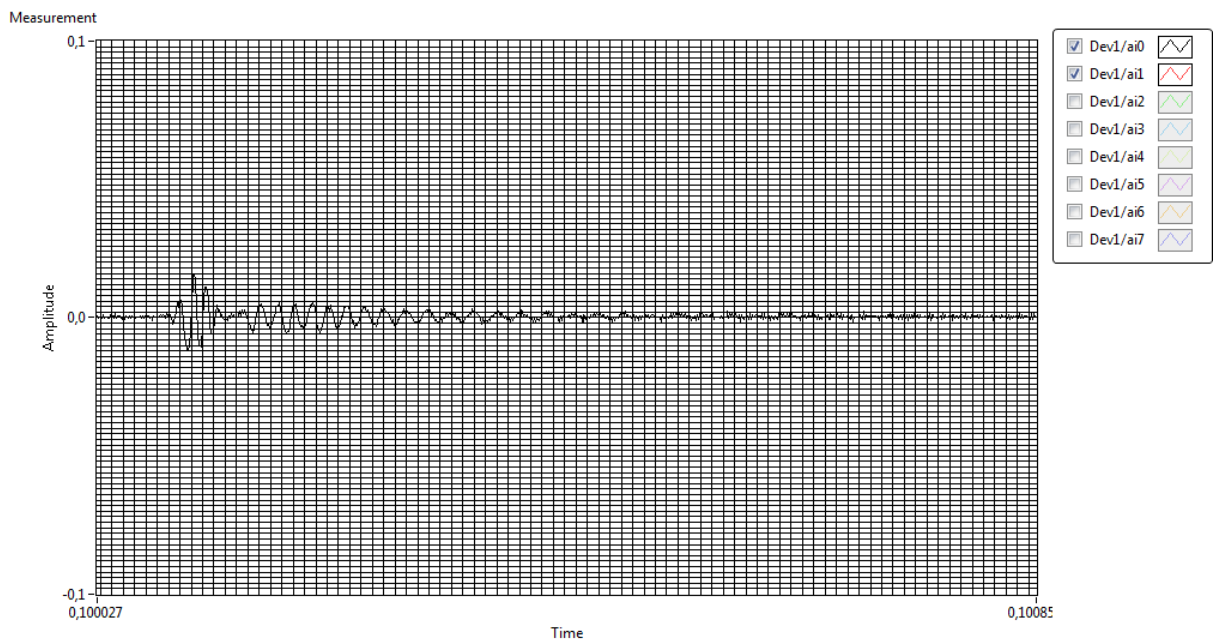
channel 4



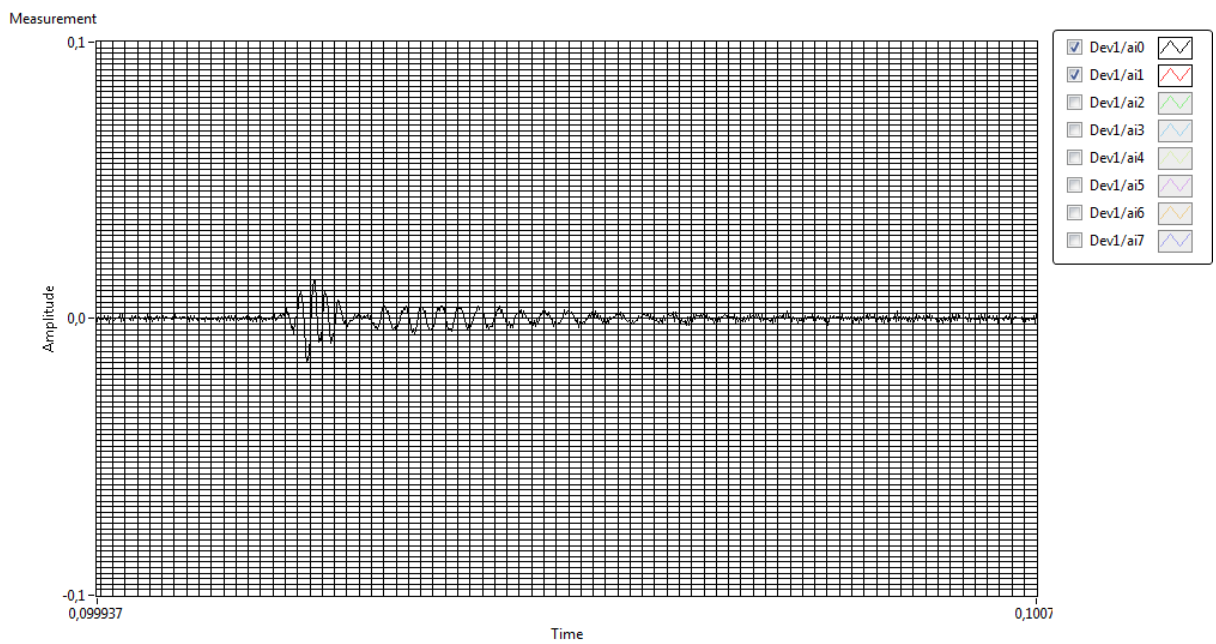
channel 5



channel 6



channel 7



channel 8

Referenties

- [1] rapport Deltares: Analyse bestaande metingen proefveld Geolimpuls, P. Hölscher, kenmerk 1221134-000-geo-00??, juni 2018 (concept)
- [2] Palm, M., Single-hole sonic logging, A study of possibilities and limitations of detecting flaws in piles, MSC-thesis, KTH, Stockholm, Sweden, 2012