

Laride Bouwmanagement BV  
T.a.v. de heer M. van Schalkwijk  
Postbus 211  
5500 AE VELDHOVEN

Mook, 7 december 2007

Betreft: Spoorzone Geldrop / Trillingen / Vrijstelling Bestemmingsplan  
Ref.: SvdA/PB/LvI/O 135-47-BR

Geachte heer van Schalkwijk,

Momenteel wordt het plan "Spoorzone Geldrop" ontwikkeld. Het plan betreft geprojecteerde woningbouw ten zuidwesten van station Geldrop, c.q. nabij de spoorlijn Eindhoven-Weert.

De woningen zijn geprojecteerd tot op circa 20 meter van het dichtstbijzijnde bereden spoor. Dit houdt in dat potentieel hinderlijke trillingen in de woningen kunnen optreden, c.q. dat trillingreducerende maatregelen dienen te worden getroffen.

In het kader van de procedure voor vrijstelling van het bestemmingsplan is inzicht in de trilling problematiek gewenst. In voorliggende brief wordt een globale analyse daarvan gegeven.

#### 1. Prognose

In 2005 zijn reeds oriënterende trillingmetingen in het noordelijke deel van het plangebied verricht. De metingen betroffen bodemtrillingen. Op basis van ervaringsgegevens werd een prognose gegeven van trillingen in de geprojecteerde woningen, i.e. bodemtrillingen inclusief gebouwresponsie. Een en ander is weergegeven in rapport met nummer O 135-4-RA d.d. 22 februari 2006 van Peutz bv. Voor het huidige plan (woningen tot op 20 meter van het dichtstbijzijnde bereden spoor) zijn de belangrijkste resultaten (in woningen) uit genoemd rapport:

- maximale trillingsnelheid  $V_{max}$  circa 0,5 mm/s (RMS, KB, fast)
- maatgevende etmaalperiode gemiddelde trillingsnelheid  $V_{per}$  overdag en 's avonds circa 0,15 mm/s (RMS, KB, fast)

Ir. G.M.A. Perquin  
Ir. J.H. Granneman  
Ir. M.L.S. Vercammen  
Ir. J.F.W. Koopmans  
Ir. P.H. Wapenaar

Ir. P.H. Heringa  
Ir. J.J. Mertens  
Ir. F.D. van der Ploeg  
Ing. R.P.M. Jansen  
Ing. J.H.N. Buijs  
Ir. J.A. Huizer  
Ir. J.F. Wijnia  
Ir. N.J. van Oerle  
P.J. van den Boogaard  
A.W. Alders  
Ing. H.M. Bruggema  
R. Brink  
Ing. L.F.M. Lemmers  
D.R.C. Staut  
Th.W. Scheers  
Ing. E.H.A. de Beer  
Ir. G.W. Lassche  
Ir. M.P.M. Luykx  
Ir. S.P.M. van den Akker  
Ir. F.A.G.M. Schermer  
Ing. D.J. den Boer

Administratie:  
J.A.M.J. Verbruggen

Lid ONRI  
ISO-9001: 2000 gecertificeerd

Peutz bv  
Paletsingel 2, Postbus 696  
2700 AR Zoetermeer  
Tel. (079) 347 03 47  
Fax (079) 361 49 85  
info@zoetermeer.peutz.nl  
www.peutz.nl

Peutz bv  
Lindenlaan 41, Molenhoek  
Postbus 66, 6585 ZH Mook  
Tel. (024) 357 07 07  
Fax (024) 358 51 50  
info@mook.peutz.nl  
www.peutz.nl

Peutz GmbH  
Düsseldorf, Bonn  
info@peutz.de  
www.peutz.de

Peutz SARL  
Paris, Lyon  
info@peutz.fr  
www.peutz.fr

Peutz bv  
London  
info@peutz.co.uk  
www.peutz.co.uk

Daidalos Peutz bvba  
Leuven  
info@daidalospeutz.be  
www.daidalospeutz.be

Köhler Peutz Geveltechniek bv  
Zoetermeer  
info@gevel.com  
www.gevel.com

## 2. Criteria

Trillingcriteria worden ontleend aan de richtlijn SBR deel B (augustus 2002):

- maximale trillingsnelheid  $V_{\max}$  0,2 mm/s (RMS, KB, fast)
- etmaalperiode gemiddelde trillingsnelheid  $V_{\text{per}}$  0,05 mm/s (RMS, KB, fast)

## 3. Beoordeling

Een reductiedoelstelling met circa een factor 3 is aan de orde (met name ten aanzien van  $V_{\text{per}}$ ). Gezien ervaringen elders in den lande kan een dergelijke reductiedoelstelling als realiseerbaar worden gekwalificeerd.

## 4. Principe Voorzieningen

Een in onderhavige situatie in principe mogelijke trillingisolerende voorziening is het aanbrengen van een flexibel materiaal tussen de fundering en de opbouw van de geprojecteerde gebouwen. In bijlage I is dit principe weergegeven (overgenomen uit leveranciersdocumentatie). Bijlage II bevat tevens een nadere illustratie. Dergelijke trillingisolatoren kunnen bestaan uit matten gemaakt van polyurethaanschuim, rubber of kurkachtige stoffen. Genoemde matten kunnen eventueel dienen als bekisting ten behoeve van het storten van beton. In kritischer situaties (bij specifieke laagfrequente aanstoting) kunnen ook stalen veren(pakketten) worden toegepast.

## 5. Dimensionering Voorzieningen

Inmiddels is nader onderzoek ter dimensionering van de benodigde voorzieningen gestart. Dit onderzoek zal bestaan uit (zie ook onze offerte met nummer O 135-24-BR van 30 januari 2007):

- geactualiseerde trillingmetingen in de bodem ter plaatse, nu de locatie van de geprojecteerde woningbouw definitief duidelijk is, ook rekening houdend met de kruiswissel ter hoogte van het zuidelijke plandeel
  - trillingmetingen inclusief frequentieanalyse ten behoeve van de selectie van de afveerfrequentie van de trillingreducerende matten
  - geactualiseerde intensiteit van railverkeersbewegingen op het betreffende baanvak, op basis van waarnemingen ter plaatse, huidige dienstregeling, vergelijkbare recente (geluid)onderzoeken, en prognoses conform het meest recente "Akoestische Spoorboekje", ten behoeve van de berekening van  $V_{\text{per}}$
  - toepassing van FEM (Finite Element Method) modellering c.q. rekenmethoden als integrale benadering van de trillingoverdracht van trein naar woonvloer met inbegrip van bodem (door middel van sonderingsgegevens), fundering (heipalen, stijve kelders), trillingisolerende afvering (matten) en gebouwresponsie (vloeropslingering), inclusief interacties daartussen, als nadere locatiespecifieke verfijning op de oriënterend toegepaste globale ervaringsgegevens, zie ook bijlage II
- Dit onderzoek zal de komende maanden plaatsvinden. De geactualiseerde trillingmetingen hebben op woensdag 5 december 2007 plaatsgevonden.

## 6. Conclusie

De oriënterende metingen geven aan dat (ten opzichte van te hanteren criteria) de situatie kritisch maar oplosbaar is. In het huidige stadium is de exacte oplossing nog niet in detail uitgewerkt. Wel is daartoe een gedetailleerd plan van aanpak uitgewerkt, zodat uiteindelijk een acceptabele situatie gewaarborgd is. In deze zin zijn er qua trillingen geen belemmeringen om vrijstelling van het bestemmingsplan te verlenen voor woningbouw aldaar.

In het vertrouwen u hiermede voldoende te hebben geïnformeerd, en tot nadere toelichting bereid, verblijven wij,

hoogachtend,  
Peutz bv



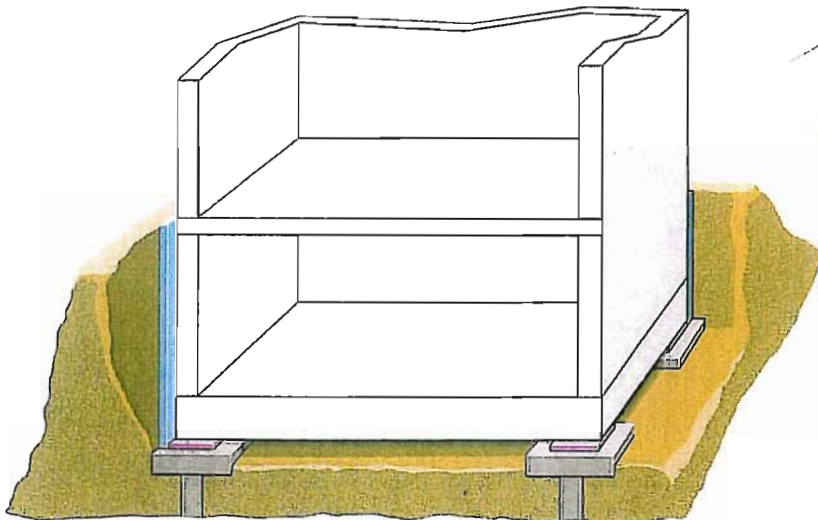
ir. S.P.M. van den Akker

Bijlagen: I (1 blad) en II (3 bladen)

## BIJLAGE I

Bei einer Pfahlgründung oder der Lagerung einzelner Stützen erfolgt die elastische Entkopplung am sinnvollsten über Einzelager. Für die Auswahl des geeigneten Lager-Typs ist die vorliegende Belastung maßgebend. Die Lagerfläche kann dabei ggf. durch aufgesetzte Pfahlköpfe so angepaßt werden, daß sich für den festgelegten Sylomer®-Typ die optimale Pressung einstellt. Zur Anwendung kommen für Punktlager in der Regel sehr hohe Raumgewichte. Genau wie bei einer vollflächigen und einer streifenförmigen Lagerung sollten der Untergrund für die Lager sowie die angrenzenden Bauteile sehr steif sein.

## Punktförmige Lagerung



# Trillingvrij bouwen op 15 meter naast het spoor

Woningen naast een spoorlijn krijgen behalve met geluidbelasting ook te maken met trillingen. Dat geldt ook voor project het Eemstroom in Hooglanderveen (nabij Amersfoort). Opdrachtgever Van Bakkum Projecten en architect Han van Zwieten BNA lieten een onderzoek uitvoeren dat leidde tot een praktische en relatief goedkope oplossing in de vorm van matten en een verzwaarde fundering.

**Tekst:** Jan-Pieter den Hollander  
**Foto's:** Han van Zwieten BNA, Peutz b.v., adviesbureau voor beton- en staalconstructies J.J. Daterma B.V.



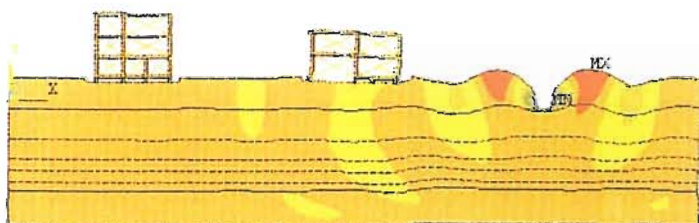
**B**ij een project langs dezelfde spoorlijn klaagden bewoners over het trillen van de woning. 'Dat wilden we hier voorkomen', zegt architect Frits ter Hark, 'en dus zochten we naar een adviseur die met deze problematiek overweg kon.' De adviseur werd Peutz, een bureau dat onder meer is gespecialiseerd in lawaai-beheersing en trillingstechniek.

Project Eemstroom ligt op 15 meter van de

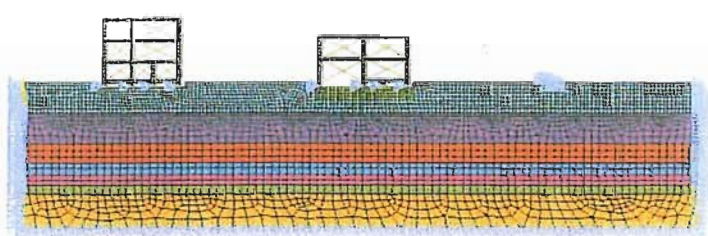
spoorlijn. 'Op dergelijke locaties is het naar onze overtuiging onmogelijk om met een paar vuistregels het effect van trillingisolerende voorzieningen te voorspellen', zegt projectleider F  lippe van Eekhout. Om een goede voorspelling te maken ontwierp Peutz een rekenmodel van de situatie op basis van de Eindig Elementen Methode in een programma als bijvoorbeeld ANSYS waarmee Peutz complexe,

niet lineaire, berekeningen kan maken.

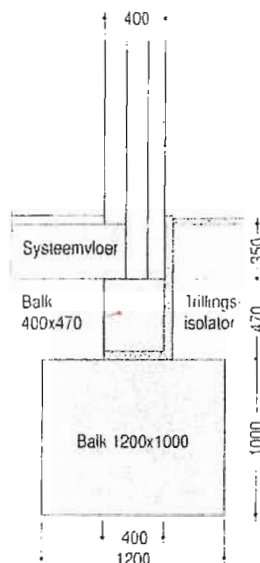
Peutz verifieerde het rekenmodel met metingen ter plaatse. 'Een model maken dat de werkelijkheid goed simuleert was niet eenvoudig', zegt Van Eekhout, 'maar uiteindelijk kwamen de uitkomsten van het model goed overeen met de meetresultaten.' Berekeningen van de uitgangssituatie leerden dat maatregelen moesten worden getroffen



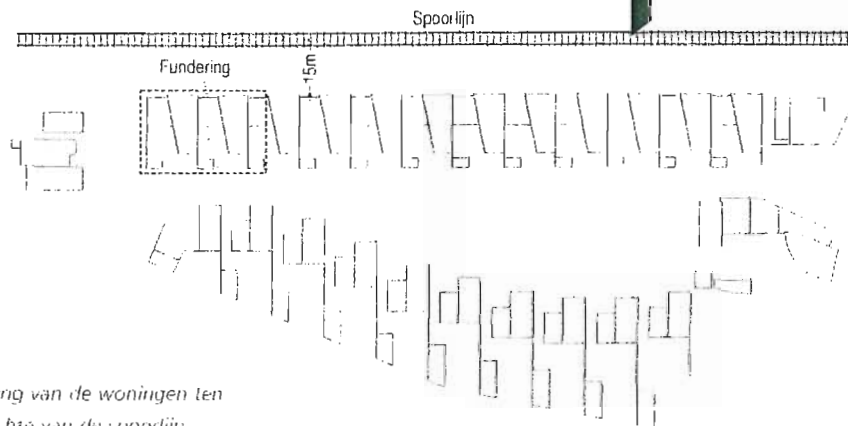
Resultaten rekenmodel zonder trillingisolerende voorzieningen



Resultaten rekenmodel met de trillingisolerende voorzieningen (mat en zware funderingsloof)



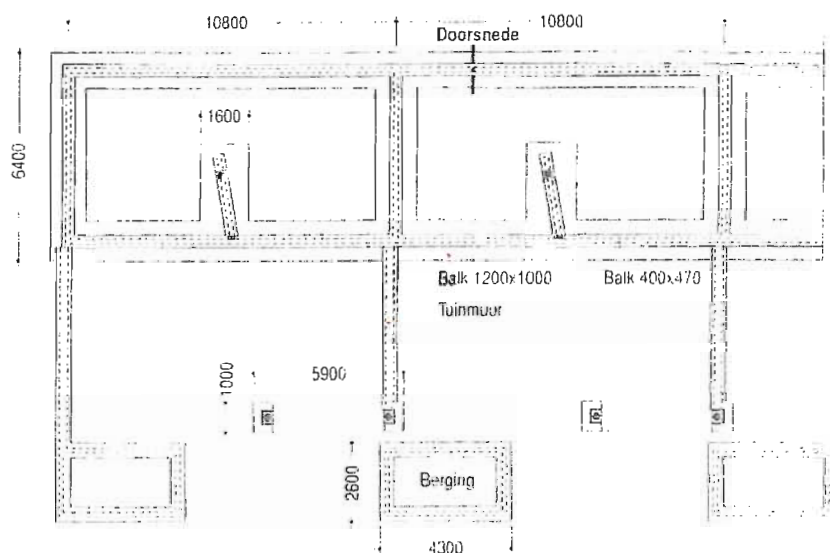
Doorsnede



Ligging van de woningen ten opzichte van de spoorlijn

## SBR richtlijn

In het Bouwbesluit staan geen harde eisen ten aanzien van trillinghinder in woningen die dicht aan het spoor liggen. De Stichting Bouwresearch geeft een richtlijn op dit gebied uit genaamd 'Trilling: meet- en beoordelingsrichtlijnen'. Voor deze problematiek gaat het om Deel B - Hinder voor personen in gebouwen. Het document geeft objectieve criteria om meetresultaten te interpreteren aan de hand van onderzoek, praktijkvoorbeelden en metingen. Architectenbureau Han van Zwieten BNA adviseert opdrachtgevers om te voldoen aan de SBR-richtlijn. De richtlijn is te bestellen op [www.sbr.nl](http://www.sbr.nl)



Fundering

De funderingen van de tuinmuur en de berging hebben geen trillingsisolerende voorzieningen en staan los van de fundering van de woning

om de woningen aan de SBR-richtlijn 'Trilling: meet- en beoordelingsrichtlijnen' te laten voldoen.

## Isolatoren

Peutz bedacht oplossingen en analyseerde het effect in het FEM model. In eerste instantie voegde Peutz een isolator aan het model toe tussen de opbouw van de woning en de funderingsbalk. Dit werkte onvoldoende, omdat de breedte van de fundering ongeveer even groot is als de golflengte van de trillingsgolf. Het leidde tot 'dansen' van de fundering op de trillingsgolven. Peutz loste het op door onder de funderingsbalk een zware funderingssloof toe te voegen die de fundering verzwaarde en verstijfde. De isolator kwam nu tussen de funderingsbalk en de funderingssloof.

ingsbalk en de funderingssloof.

In een aantal stappen (iteraties) is het gewicht en daarmee de afmeting van de funderingssloof bepaald. Grofweg 40 procent van het gewicht van de bovenbouw is aangebracht in de funderingssloof. 'Dit is geen algemene regel, maar bepaald voor deze specifieke situatie', zegt Van Eekhout. Een bijkomend voordeel van het verzwaren was dat de fundering werkt als een barrière voor de trillingsgolven. Daardoor voldeden de woningen op de tweede lijn aan de SBR-richtlijn zonder voorzieningen. Verder werden de funderingshalken en funderingssloven van alle woningen gekoppeld. Hierdoor gaan de funderingen zich als één geheel gedragen met grotere afmetingen dan de golflengte.

## Praktijkoplossing

Mogelijkheden voor de isolator waren een mat of een veer. De keus viel op een mat, omdat een veer onderhoudsgevoelig is en duurder. Het eerste idee was matten over de hele lengte van de funderingsbalk leggen. 'Nodeloos duur', zegt Berry Traa van Bouwonderneming van Bekkum bv in Hooglanderveen. 'We hebben toen in overleg met leverancier Caldic besloten om de matten in blokjes van 40 x 40cm op de balk te leggen en de tussenruimte op te vullen met steenwol.' De uitvoering was ingewikkelder, maar de totale kosten waren lager. In overleg met de constructeur is bepaald wat de hart op hart afstand moest worden van de matten.

Het toevoegen van een funderingssloof onder de funderingsbalk leidde tot een andere



Alle verzwaarde funderingssloven zijn gekoppeld tot een geheel.



De trillingisolerende matten op de sloof (rood) tussen de matten het steenwol.



Bekisting en wapening in de funderingsbalk. De PS bekisting dient tegelijkertijd als trillingisolator.

manier van funderen. Door de forse afmetingen (1.200 x 1.000mm) kwam de onderzijde van de funderingssloof op draagkrachtige grond te liggen en waren palen overbodig. Een fundering op palen werd een fundering op staal. De sloof is ongewapend met betonkwaliteit B15. De funderingsbalk krijgt standaardwapening en betonkwaliteit B25.

#### Kosten

De extra kosten voor het aanbrengen van de trillingisolerende voorzieningen waren € 10.400 per woning; € 5.000 voor de sloof en € 5.400 voor de matten. Daarnaast leverde het weglaten van de funderingspalen een besparing op in de kosten.

De prijzen van de woningen lopen uiteen van € 238.000 tot € 250.000. Van Bakkum gebruikte de trillingisolerende voorzieningen als een verkoopargument voor de woning en presenteerde ze in de folder. De voorzieningen voorkomen comfortproblemen tijdens gebruik en daardoor waardedaling van de woning. Al de woningen zijn verkocht voor oplevering van het project.

### Projectgegevens

**Opdrachtgever:** Van Bakkum Projecten  
www.vanbakkum.nl

**Architect:** Han van Zwieten BNA  
www.hanvanzwieten.nl

**Constructeur:** adviesbureau voor beton- en staalconstructies J.J. Datema B.V.

**Adviseur trillingstechniek:** Peutz b.v.  
www.peutz.nl

**Aannemer:** Bouwonderneming van Bakkum bv  
Hooglanderveen, www.vanbakkum.nl

**Importeur matten:** Caldic Isolatietechniek B.V.  
www.caldic.com

**Productant matten:** Getzner,  
www.getzner.com

## Oplossing project Spoorwegzone, Amersfoort

Het project bestaat uit taludwoningen van vier lagen en een woontoren van negen lagen. De afstand tot de spoorbaan is 20m. Het project is nog in het ontwerp stadium.

#### Taludwoningen

Gekozen is voor een paalfundering. Uit de berekening met een computermodel bleek dat verzwaren van de fundering niet nodig is vanwege het gewicht van het gebouw (vier lagen). Over de palen loopt een dubbele funderingsbalk. Tussen de balken is de trillingisolerende mat aangebracht ter plaatse van de paal. De grondkerende wand wordt loodrecht op zijn vlak gesteund door een betonwand. Tussen de wanden komt de isolator.



Visualisatie van de woontoren en de taludwoningen in het project Spoorwegzone in Amersfoort.

#### Woontoren

De woontoren staat op poeren met daaronder palen. De trillingoverlast is bepaald met een computermodel. De toren heeft dusdanige afmetingen (negen lagen) dat verzwaren van de fundering niet nodig is. Over de poeren lopen prefab funderingsbalken die de wanden dragen. Tussen de poeren en de funderingsbalk is de trillingisolerende mat aangebracht. De toren heeft een aantal kolommen die onder het maaiveld doorlopen naar de poer. De diameter van de kolom is boven maaiveld 550 mm. Onder het maaiveld verloopt deze van 550 mm naar 800 mm om de puntlast op de matten te spreiden. De kolom staat in een soort bakje dat ook aan de zijkanten is bekleed. Dit is nodig om de pendelkolom aan de onderzijde horizontaal te steunen.

## Oplossing project Stationsweg, Bunnik

Het project bestaat uit twee lagen patio-woningen. De afstand tot de spoorbaan is 13 meter. De woningen worden op palen gefundeerd. Op het terrein zijn metingen verricht waaruit bleek dat de trillingsnelheid de SBR-richtlijn met een factor drie overschrijft. Door het verdubbelen van het gewicht van de fundering voldoen de woningen aan de richtlijn voor bestaande bebouwing (0,4 mm/s). De resultaten zijn onvoldoende nauwkeurig om te bepalen of de norm voor nieuwe bebouwing wordt gehaald (0,2 mm/s). Daarvoor zijn aanvullende metingen nodig op een heipaal. 'Dit is een kostbare aangelegenheid en omdat er geen wettelijke eisen zijn hebben we besloten om de verdubbeling van het gewicht toe te passen waarmee we aan de eis voor bestaande bebouwing voldoen', zegt Hans van Leeuwen van Creon Vastgoed. De verzwarende funderingsbalk 700 x 700mm en een druklaag op de begane grond (ribbenvloer).