

Rapport 1.2006.0805.22.R001

Nannoka Vulcanus te Langerak,
Provincie Gelderland

Trillingsonderzoek Leesband BMD,
type FKL 1,2-19,5

Status: DEFINITIEF

CONCEPT

Afdeling voor bouw, industrie, verkeer, milieu en software



Prof. dr. ir. J. H. M. A. van der
Hofstad
Hoofd afdeling

Prof. dr. ir. J. H. M. A. van der
Hofstad
Hoofd afdeling

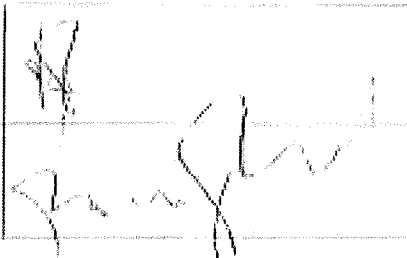
Mr. J. H. M. A. van der
Hofstad
Hoofd afdeling

Prof. dr. ir. J. H. M. A. van der
Hofstad
Hoofd afdeling



CONCEPT

Colofon

Rapportnummer:	L2006.0805.22.R001	
Plaats en datum:	Arnhem, 29 mei 2008	
Versie:	002	Status: DEFINITIEF
Opdrachtgever:	Provincie Gelderland Milieuvergunningen Postbus 9090 6800 GX ARNHEM	
Contactpersoon:	mevrouw drs. G. Caerleling	
Telefoon:		
Fax:		
E-mail:	g.caerleling@prov.gelderland.nl	
Uitgevoerd door:	DGMR Bouw B.V.	
Informatie:	ing. B. van der Graaf	
E-mail:	bfvdg@dgmr.nl	
Telefoon:	+31 (0)26 351 21 41	
Fax:	+31 (0)26 443 58 36	
Auteur(s):	ir. B.J. Aalbers ing. B. van der Graaf	
Eindverantwoordelijke:	ir. P.J. van Bergen	
Voor deze:	ing. B. van der Graaf	
Secretariaat:	JZA	

©DGMR Bouw B.V. Alle rechten voorbehouden. Wilt u (delen van) dit rapport kopiëren of verspreiden, vraagt u dan schriftelijk toestemming daarvoor bij DGMR Bouw B.V.

CONCEPT

Inhoudsopgave**Pagina**

1. INLEIDING.....	4
2. UITGANGSPUNTEN.....	5
2.1 Situatie.....	5
2.2 Beoordelingskader.....	5
2.3 Trillingssterkte in woning en benodigde reductie.....	5
3. MACHINE IN ONDERZOEK.....	7
3.1 Functie.....	7
3.2 Algemene omschrijving machine en opstelling.....	7
3.3 Werkingsprincipe.....	9
3.4 Trillingsregime uit beschikbare documentatie.....	9
3.5 Trillingsregime gemeten.....	9
4. ANALYSE.....	12
5. MAATREGELEN.....	13
5.1 Optie 1: wijziging van trillfrequentie (toerental extenteras).....	13
5.2 Optie 2: vervanging of wijziging van de machine.....	13
5.3 Optie 3: invoegen van isolatie.....	14
5.4 Optie 4: verhogen van de fundatie/fundering impedantie.....	16
6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN.....	18

Foto's

Figuren

Bijlage 1: plattegrond (gieterij) en situering in omgeving

Bijlage 2: bovenaanzicht en doorsnede van machinesokkel onderwapening tekening, en schematische weergaven: huidige situatie en na invoeging van trillingsisolatie

Bijlage 3: funderingsadvies

2. Uitgangspunten

2.1 Situatie

De plattegrond van de gietrij is in bijlage 1.1 weergegeven. De Leesband, in de plattegrond aangegeven met een groene lijn, is op de begane grondvloer opgesteld. In combinatie met de situatietekening van de fabriek in zijn omgeving, zie bijlage 1.2, wordt duidelijk dat de Leesband globaal parallel ligt met de Keppelseweg en de daaraan gelegen rij woningen. De afstand tot de rij woning bedraagt circa 75 m.

2.2 Beoordelingskader

Het beoordelingskader wordt hierna kortweg genoemd de SBR richtlijn, en betreft volgt de SBR richtlijn Trillingen deel B, streefwaarden voor continue trillingen, gedurende lange tijd voor zowel nieuwe als bestaande situaties. Dit is gebaseerd op de aanpak als aangegeven door de Provincie Gelderland zie ref./1/.

2.3 Trillingssterkte in woning en benodigde reductie

De trillingssterkte in de rij woningen langs de Keppelseweg is het sterkst in de woning aan de Keppelseweg met huisnummer 354. De metingen zijn daar verricht in de slaapkamer op de 2^{de} verdieping. Een samenvatting van de belangrijkste waarnemingen uit de tijddiagrammen en overzichtstabel zijn in de tabel 1 gepresenteerd.

Tabel 1

locatie	tijdstip		$V_{\text{rel, gem}}$ in 'voortdurend' aanwezig		V_{max}		V_{rel}	
	datum	periode	x	z	x	z	x	z
huisnr. 354 slaapk. 2 ^{de} verdieping	17-10-2007	dag	ca. 0,33	ca. 0,17	0,42	0,25	0,37	0,14
	17-10-2007	avond	zwevend van ca. 0,3 tot 0,45	zwevend van ca. 0,12 tot 0,18	0,45	0,3	0,34	0,15
	17/18-10-2007	nacht	ca. 0,3	ca. 0,13	0,4	0,17	0,3	0,09

De hoogste trillingssterkte treedt op in horizontale (x) richting. Ook in verticale richting is een forse trillingssterkte geregistreerd, maar deze is circa een factor 2 lager dan in horizontale richting. Vooral nog wordt aangenomen dat er sprake is van een 'rolbeweging' rond de langas door het huizenblokje van drie woningen. De rotatie-as zal betrekkelijk laag boven het maaiveldniveau liggen, waardoor vooral op de hoogste verdieping in horizontale richting een betrekkelijk forse trillingssterkte optreedt.

De forse trillingssterkte kan veroorzaakt worden door het globaal overeenkomen van een halve golflengte van de trilling met de dieptemaat van de woningen en/of een resonantverschijnsel van de massa-tragheid van het woningblok op de drukstijfheid van de bodem onder de woningen. Voor beide mogelijke oorzaken wordt vermoed dat dit bij een betrekkelijk breed frequentiebereik (2 tot 3 Hz) zal optreden (sterk gedempt).

1. Inleiding

In opdracht van de Provincie Gelderland heeft DGMR Bouw B.V. een onderzoek uitgevoerd naar de trillingssignatuur en mogelijkheden tot verbetering van de aangewezen trilgoot installatie (Leesband) bij het bedrijf Nannoka in Langerak (Doetinchem).

Bij een eerder trillingshinder onderzoek, uitgevoerd door de Provincie, zie hun rapport ref./1/, is vastgesteld dat de Leesband duidelijk waarneembare trillingen opwekt in de vloeren van diverse woningen langs de Keppelseweg. Hierbij zijn duurmelingen en "aan/uit" metingen verticht. Ten tijde van de schouwing en metingen uitgevoerd door DGMR stond de automatisch registrerende meetapparatuur van de Provincie Gelderland nog steeds in één van de woningen aan de Keppelseweg. Hiermee gemeten trillingsamplitudes zijn gebruikt in dit onderzoek.

In dit rapport wordt verslag gedaan van de door DGMR uitgevoerde schouwing ter plaatse. Hierbij zijn enige gerichte trillingsmetingen aan de machine, op de vloer direct naast de machine en verderop in de fabriek richting de woningen. Op basis van verkregen documentatie is de principewerking van de machine geanalyseerd.

Op basis van dit onderzoek zijn principevoorstellen globaal nader onderzocht en aangemerkt of deze al dan niet kansrijk zijn vanuit technisch perspectief. Waar mogelijk is ook een raming geleverd van de investeringskosten.

3. Machine in onderzoek

3.1 Functie

Met de Leesband worden gietstukken, die juist uit de vorm gekomen zijn en in een staalstraat cabine ontdaan zijn van de restanten gietzand en scherpe randen en peken, aangeleverd naar de verschillende slijptafels opgesteld langs de band. Volgens opgave van de gieterij bedraagt de feitelijke functie die van een sorteerband, met een transport snelheid van circa 1 m/min. De doorzet qua massalast bedraagt circa 10.000 kg per uur.

3.2 Algemene omschrijving machine en opstelling

Van de gieterij zijn de volgende documenten en tekeningen ontvangen tijdens de schouwing:

- dokumentation Schwingförderer FKL 1,2-19,5 BMD auftrag KA 118 123-125, d.d. 18-01-1991;
- schwingförderer FKL 1,2-19,5, van DISA BMD tek.nr. GA 165.340.00, d.d. 18-2-1991;
- exzenter lagering komplet, van DISA BMD tek.nr. GA 165.256.00, d.d. 18-1-1991;
- fundamententnahmen zu FKL 1,2-19,5, van DISA BMD tek.nr. GA 165.341.10, d.d. 11-2-1991;
- bovenwapening, van RI Perce. B.V. werk+tek.nr. 3031 blad no.:5002^{II}, d.d. 6-2-1991;
- onderwapening, van RI Perce. B.V. werk+tek.nr. 3031 blad no.:5002^{II}, d.d. 6-2-1991.

Na eerste bestudering en vraag om aanvullende gegevens is op 21 maart 2008 nog een tekening ontvangen met titel:

- ingelijmde staven sloopwerk, van RI Perce. B.V. werk+tek.nr. 3031 blad no.:5001, d.d. 7-2-1991.

3.2.1 Machine

Betreft: machine van fabricaat BMD, type Schwingförderer FKL 1,2-19,5.

De Leesband is feitelijk een stalen goot (trilgoot) met een lengte van 19,5 m en een breedte van circa 1,5 m. De massa van de afgeveerde trilgoot bedraagt volgens opgave circa 6850 kg. Aan één van de kopse zijden wordt het 'product' op de band geschoven vanuit de staalstraat cabine. Door de trilbeweging verplaatst(verschuift) het product zich met een betrekkelijk lage snelheid over de band langs een aantal slijpposities waar de gietstukken door medewerkers met de hand van de band geraapt worden. Het betreft dus feitelijk het sorteren naar de diverse slijpposities. De stalen goot bestaat uit een stapeling van drie lagen staalplaat, met een totaaldikte van circa 10 mm, met aan de langs zijden licht opstaande randen. Deze laatste om het zijdelings afvallen van 'product' zo veel als mogelijk te voorkomen. De stalen goot is aan de onderzijde voorzien van twee verstijvingsprofielen, gevormd door ongelijkzijdige hoekijzen, over de gehele lengte van de goot. De trilgoot waarover het product langzaam verschuift, is opgesteld op 96 stalen schroefveren en 38 stalen bladveren (lenker federn). Beide veertypes zijn gemonteerd onder een hoek van 45° met de verticaal. De hoofdassen van beide veertypes staan zodanig dat er in de langsrichting een evenwichtstoestand bestaat en de trilgoot na een gedwongen uitwijking naar een kopse zijde terugveert naar de andere kopse zijde. Bij het stoppen van de aandrijfmotor zal de trilgoot in zijn midden (evenwichtstoestand) terugkeren. De beide veertypes steunen af op het 'grondraam'.

Om de trillingshinder op te heffen, is het van belang om een limmissiesterkte $V_{eff,max,31} < 0,1$ na te streven. Hierdoor zal de $V_{1/3}$ voor dergelijke 30 seconde perioden steeds 0 zijn waardoor er geen kritische toetsing met de A3-waarde uit de SBR richtlijn op zal treden. Zodra er namelijk wel (nagenoeg) 'voortdurend' $V_{eff,max,31}$ waarden van 0,1 of hoger optreden dan is er, gelet op het continu-bedrijf, een grote kans dat een overschrijding van de A3 grenswaarde ad. 0,05 optreedt.

Gelet op het vorenstaande moet een reductie met minstens een factor 4,5 nagestreefd worden. Verderop in dit rapport wordt aangetoond dat deze machine waarschijnlijk niet op zijn maximale trillingssterkte draaide tijdens de diverse waarnemingen. Dit hangt niet zo zeer af van de gekozen instelling, deze is beperkt en regulier niet/nooit gebruikt, maar komt eerder voor bij zeer lichte (massa) productbelasting tijdens gebruik.

3.3 Werkingprincipe

In basis betreft de trillgoot een massaveersysteem dat juist "onderkritisch" wordt aangestoten. Dit houdt in dat bij het opvoeren van het toerental er een sterke toename van de trillingssterkte zal optreden. Bij de resonantiefrequentie treedt de hoogste trillingssterkte op, terwijl bij het verder opvoeren van het toerental de trillingssterkte weer sterk zal afnemen. Doordat de trillgoot 'onderkritisch' draait en het aandrijfmechanisme zich feitelijk afzet tegen de fundatie(sokkel), worden er forse krachten op de fundatie uitgeoefend. De aandrijfas zet zich af tegen de ondergrond onder een betrekkelijk flauwe hoek en levert daardoor verhoudingsgewijs zijn hoogste kracht in de horizontale richting. In deze richting heeft de vloer een veel hogere impedantie (= weerstand tegen trillingen) in vergelijking met de verticale richting.

3.4 Trillingsregime uit beschikbare documentatie

3.4.1 Gegevens uit machineboek en tekeningen

Uit de meegeleverde gegevens van de leesband, inclusief de gegevens over bijbehorende motor zijn de volgende gegevens gevonden:

- het toerental van de DS normmotor bedraagt 980 min^{-1} , dit komt overeen met een frequentie van 16,3 Hz. Het geïnstalleerd motorvermogen bedraagt volgens tekening 11 kW;
- de poele van de elektromotor is verbonden met de excentrische as met behulp van een V-snaar en heeft een diameter van 160 mm;
- de pool van de excentrische as heeft een diameter van 340 mm;
- het toerental van de excentrische as bedraagt hierdoor 7,7 Hz (= de excitatie frequentie).

Uit de tekeningen blijkt dat de tafel van de leesband wordt gezien als een massaveersysteem. Hieruit is tevens af te lezen dat de massa van de tafel geschat wordt op 6850 kg, dit is inclusief de helft van de massa van de veren. De veren hebben een totale massa van 1046 kg, wat opgedeeld kan worden in 720 kg voor de 96 schroefveren en 326 kg voor de bladveren.

3.4.2 Gegevens fundatieraam tekening

In de tekening is een statische kracht van 183 kN gegeven voor de Leesband. Dit komt overeen met een totaalgewicht van 18,7 ton. De machtiemassa inclusief het grond- en fundatielaam bedraagt ruim 11 ton. Wellicht is hierdoor een betrekkelijk grote marge voor productmassa opgenomen. De dynamische kracht in horizontale en verticale richting is 167 kN met een frequentie van 9 Hz. Momenteel draait de machine op een lagere trillfrequentie, verwacht wordt dat hierdoor de wisselkrachten op de fundatie ook (enigszins) lager zijn.

3.5 Trillingsregime gemeten

3.5.1 Trillingen op de machine, het fundament en de fabrieksvloer

Tijdens de schouwing op 23 januari is er op een aantal posities trillingen gemeten. Deze posities zijn weergegeven in figuur 1.1. Hierbij zijn er metingen verricht op de Leesband zelf, op het onderstel en op verschillende posities op de vloer rondom de Leesband. De resultaten van deze metingen zijn weergegeven in figuren 1.2 – 1.4. De spectra zijn weergegeven in 1/3 octaven. In tabel 2 zijn de trillingssterkten in de 8Hz tertsband op de diverse posities in de drie richtingen samengevat.

Uit de trillingsspectra gemeten op posities A, B en C op de Leesband (figuur 1.2), volgt dat er een dominante toon rond de 8 Hz aanwezig is in respectievelijk de langs- en verticale richting. Dit zijn de richtingen waarin de Leesband wordt geëxciteerd. Deze toon is in de dwarsrichting nauwelijks aanwezig. De trillingssterkte in de richtingen van excitatie liggen tussen de 3,16 en 3,67 m/s². In combinatie met de gootmassa wordt een vrije kracht op de fundatie geraamd van circa 21 en 23 kN in respectievelijk de langs- en verticale richting. Dit is circa 30% van de op de tekening vermelde maximale vrije kracht in deze richtingen.

De goot maakt feitelijk een translaterende beweging die qua versnelling in zowel de verticale als de langsrichting orde grootte gelijk is, gemiddeld circa 3,4 m/s². Orde grootte betekent dit een slag van circa 4 mm (top-top) waarde. Hiermee komt de transportsnelheid op maximaal 1,7 m/minuut (zonder wrijving in rekening te brengen, wat theoretisch niet kan).

De drijfslang maakt een totale slag van 10 mm. Dit betekent dat de inklep(aandrijf)veren op de kop van de drijfslang betrekkelijk slap staan afgesteld en/of de afveer frequentie van de band betrekkelijk hoog is ten opzichte van de excitatiefrequentie. De afveer frequentie ligt hoger dan de trillfrequentie opgedrukt door de aandrijving. Wordt er meer product (massa) op de band verwerkt, dan daalt de afveer frequentie en kan de tralgoot een hogere trilamplitude verkrijgen.

De trillingsspectra van posities A, B en C, gemeten op de voet van de Leesband, zijn weergegeven in figuur 1.3. In de x-richting is een dominante toon rond 8 Hz op iedere positie zichtbaar, waarbij op positie A het hoogste niveau gemeten is. Ook is er een tweede orde effect ten gevolge van het aandrijfmechanisme excenter-drijfslang waar te nemen in de 16 Hz band. Deze trillingsniveaus liggen tussen de 0,01 en 0,02 m/s². De in de z-richting gemeten niveaus op positie B en C liggen rond de 8 Hz aanmerkelijk hoger dan op positie A.

Voor de trillingsspectra op de overige posities, gemeten op de vloer, is op iedere positie een dominante toon te onderscheiden rond de 8 en 16 Hz. De hoogste trillingsterkten treden op in de verticale richting. Globaal gezien, nemen de trillingen rond 8 Hz in de x- en z-richting af naarmate de afstand tot de leesband toeneemt.

Tabel 2
Trillingssterkte in 8 Hz tertiband op machinefundament en fabrieksvloer

fundament	afstand [m]	X [mm/s]	Y [mm/s]	Z [mm/s]
A	--	0,33	0,19	0,12
B	--	0,26	0,29	0,67
C	--	0,26	0,09	0,71
E	1	0,10	0,02	0,10
F	2	0,13	0,02	0,36
G	4	0,11	0,02	0,29
H	14	0,04	0,02	0,17
I	1,50	0,02	0,05	0,07
J	5	0,06	0,03	0,06
K	20	0,05	0,03	0,09

In de y-richting zijn de gemeten trillingssterkten veel lager, maar bouwen minder sterk af naar grotere afstand. Hier wordt voor meetpositie 1 een trillingssterkte rond 8 Hz gevonden die 2 maal zo hoog is als positie G, gemeten naast de leesband.

3.5.2 Trillingen in de woning met huisnr. 354

Tegelijkertijd zijn er in de woning met huisnr. 354 trillingsmetingen verricht. Dit gebeurde met een automatisch registrerend meetsysteem van de provincie, opgesteld op de tweede verdieping. De maximaal gemeten waarden per 10 seconden worden door dit systeem opgeslagen. De meetresultaten zijn via GSM-verbinding door DGMR met een PC, uitgerust met een telefoonmodem, opgehaald. De maximale en minimale waarde voor de $v_{eff,max,y}$ zijn voor de periode van 15.56 tot 16.33 uur in tabel 3 weergegeven.

Tabel 3

Gemeten trillingen in huis nr. 354 (meetrichtingen als aangehouden door de Provincie zie ref./1/)

	X [mm/s]	Y [mm/s]	Z [mm/s]
maximum	0,08	0,38	0,16
minimum	0,01	0,25	0,03

Dit komt orde grootte overeen met de door de provincie gemeten waarden, zie ref./1/ en de samenvatting in tabel 1 van dit rapport. De gemeten frequentie bedroeg 7,8 Hz. Deze frequentie komt nagenoeg overeen met de opgaven uit de machinetekening waaruit een excitatiefrequentie van 7,7 Hz wordt afgeleid.

Opgemerkt moet worden dat de respectievelijke horizontale meetrichtingen X en Y als aangehouden door de provincie (zie paragraaf 4.1 in ref./1/) overeenkomen met de door DGMR aangehouden meetrichtingen Y en X (zie figuur 1.1 van dit rapport).

4. Analyse

Het is nu zeker gesteld dat de gemeten hoge trillingssterkte in de woning met hulsnr. 354 afkomstig is van de Leesband opgesteld bij Nannoka Vulcanus.

De grootste wisselkracht op het fundament wordt gevormd door de reactiekrachten onder de schroefveren en trekkrachten in de lengterichting van de bladveren, verdeeld over de gehele lengte van de trilgoot. Hierdoor wordt vastgesteld dat het vervangen van het 'excenter' as excitatiemechanisme door een trilmotor alleen bevestigd aan de goot, geen oplossing biedt. De ondersteuningsveren hebben namelijk geen isolatie maar 'opslinger' functie. Aanvullend is dan ook isolatie nodig en/of moet de afveer frequentie een aantal malen lager dan de excitatiefrequentie gekozen worden.

Geraamd wordt dat de vrije krachten van de machine nu feitelijk slechts circa 33% van de maximale waarden volgens opgave van de fabrikant, bedragen.

De fabrikantopgave van de vrije wisselkrachten op de ondergrond levert een gelijke waarde in verticale en horizontale(langs) richting. Deze krachten zijn als zeer fors te kwalificeren en worden enigszins geblokkeerd door de sokkelmassa en de aangehangen vloermassa. Hiernaan stelt de fabrikant dan ook een minimum eis in termen van massa. Impliciet echter wordt geëntameerd dat de machine vast op een vloerveld gelegd wordt. De massa en stijfheid van het vloerveld beïnvloeden in zekere mate de eigenfrequentie en daarmee de werking van de machine. Als de vloer te weinig stijfheid bezit dan kan de afveer frequentie van de machine op de ondergrond dalen en wordt er meer 'opslinger effect' bereikt. In dat geval moeten er iets stijvere draagveren gemonteerd worden.

5. Maatregelen

Algemeen

Op basis van de trillingssterkte in de woning moet er een reductie met een factor 4,5 bereikt worden. Hierbij is het van belang dat de procesuitgangspunten gestand gedaan moeten worden en dat het excitatieprincipe, al dan niet in combinatie met een onnodig hoge afdracht van de vrije krachten naar een draagkrachtige laag in de bodem, momenteel bepalend is voor de ondervonden hinder.

5.1 Optie 1: wijziging van trillfrequentie (toerental excenteras)

Met name wanneer de oorzaak van de optredende sterke trillingen in de woning het gevolg zijn van een 'resonantieverschijnsel' (massatraagheid van de woningen op de rotatiestijfheid van de bodem) komt de suggestie op om de frequentiegevoeligheid van dit massaveersysteem nader te bepalen. Als we echter te maken hebben met bodemtrilling met een halve golfengte die overeenkomt met de diepte van het woningblok, zal een beperkte frequentieverschuiving nauwelijks effect opleveren.

Opgemerkt moet worden dat de machine in principe niet op een hoger maar alleen op een lager toerental aangedreven mag worden. Voor de laatste optie is een frequentieomvormer nodig. Volgens informatie van de gieterij is deze namelijk niet in de huidige installatie aanwezig. Een andere optie is het toepassen van een andere poli-diameter verhouding. Dit is voor experimenteren echter geen praktische oplossing. Navraag heeft geleerd dat er in tegenstelling tot wat de documentatie aangeeft, er geen met de hand instelbare overbrengingsverhouding op de machine aanwezig is.

Bij het verlagen van het toerental moet de excentriekracht op dezelfde ordegrootte gehouden worden voor een gelijke trilgoot trillingssterkte. Dit kan (beperkt) door het verder voorspannen van de pakketten inklemyeren voor de drijfstaanguiteinden en/of door het slapper maken van de draagveren onder de trilgoot. Dit moet door een machinespecialist van de fabrikant/leverancier geschieden.

Vooralsnog achten wij het frequentiegebied waarin de woning op de bodemstijfheid 'resoneert' betrekkelijk breed. Daarenboven zullen de diverse woningen onderling een iets afwijkende frequentie selectiviteit vertonen. Dit betekent dat als een gewijzigd machinetoerental in één of enkele woningen een (beperkt) positief resultaat te zien geeft, dit in andere woningen nu juist negatief kan uitpakken. De kans op succes met het veranderen van het machinetoerental achten wij daarom beperkt.

5.2 Optie 2: vervanging of wijziging van de machine

Hierbij moet, met als vertrekpunt de benodigde transportfunctie, gekeken worden naar de mogelijk alternatieve transportprincipes. Belangrijke randvoorwaarde is dat de toegelaten vrije krachten op de fundatie substantieel lager moeten zijn dan die behorende bij het huidige ontwerp in het huidige bedrijf- en instelregime. Gedacht kan worden aan een continu beweging of een ander trilexcitatie mechanisme en het invoegen van trillingsisolatie.

5.2.1 Wijziging van trillingsexcitatie

Gedacht kan worden aan een slap verend opgestelde trilgoot met hieraan bevestigd een tril (onbalans) motor. De nu aangelegde vrije kracht op de goot is echter zeer groot (nochtans slechts 33% van maximale waarde) en kan niet gemakkelijk met een onbalans motor opgewekt worden. De machine moet dan ook gewijzigd worden naar een 'boven' kritisch afgeveerde opstelling en er moet substantieel ruimte vrijgemaakt worden, waarschijnlijk onder de goot. Als dit al mogelijk is dan houdt dit waarschijnlijk in dat de trilgoot sterk gewijzigd, dan wel geheel vervangen moet worden. Immers de volgende consequenties gaan hiermee gepaard:

- a) slappere veren vragen meer inbouwruimte en andere bevestigingspunten;
- b) de trilmotor moet twee contra roterende assen hebben, wellicht aan beide zijden, om een lineaire kracht te kunnen opwekken;
- c) de trilmotor moet een stijf aangrijpingspunt krijgen, op de plaats waar nu de 'excenter' as met drijfstangen aangrijpt;
- d) er moeten wellicht ook begrenzer veren worden geplaatst om het passeren van de afveerfrequentie mogelijk te maken zonder (te) extreme trillingsuitslagen. Alternatief moet er een "nulstelling" mogelijkheid in de onbalansmotor worden toegepast;
- e) de nieuwe/grotere ruimtebehoefte(n) leiden wellicht ook tot modificatie van het grondraam.

Vorenstaande argumenten leiden bij DGM^R tot de inschatting dat dit geen realistische optie is. In ieder geval is voor een dergelijke wijziging het initiatief (ontwerp en uitwerking) van de machinefabrikant onontbeerlijk.

5.2.2 Wijziging van transportprincipe (vervanging)

Gedacht kan worden aan een ander transportprincipe, zoals een langzame transportband met aan elkaar gekoppelde stalen bakken/platen. De procescondities, veel stof en staalgrit, vragen bijzondere aandacht om het risico op vastlopen te voorkomen. Op basis van de vastgestelde functie, zie paragraaf 3.1, moet hiervoor navraag gedaan worden bij een machineleverancier.

5.2.3 Resumé

Het werkingsprincipe ('excenter' as die zich 'afzet' tegen de fundatie) is niet te wijzigen. Alleen complete vervanging van de machine kan leiden tot een wijziging van het werkingsprincipe. Gelet op de benodigde excitatiekracht is niet uitgesloten dat de 'excenter' as onontbeerlijk is en dat een machineleverancier met het oog op de benodigde reductie ten opzichte van de huidige situatie feitelijk een zelfde type machine, maar dan met geïntegreerde trillingsisolatie zal aanbieden. In dat geval ontstaat feitelijk een situatie als hierna omschreven in paragraaf 5.3.

5.3 Optie 3: invoegen van isolatie

Met een verder ongewijzigde machine kan er overwogen worden om de machinesokkel te vervangen door een op trillingsisolatoren opgelegde betonplaat. De afveer frequentie van machine en betonplaat op de te kiezen isolatorstijfheid moet zorgvuldig gekozen worden, om enerzijds de werking van de machine niet nadelig te beïnvloeden en anderzijds voldoende isolatie bij de trillfrequentie (circa 7,7 Hz) op te leveren. De laagste buig eigenfrequentie moet minstens 12 Hz bedragen. Bij toepassing van een betonplaat met globaal dezelfde doorsnede (2000 x 485 mm) kan een factor 5 lagere fundatie wisselkracht bereikt worden. De netto trillingssterkte op de trilgoot bedraagt dan zoals nu gemeten is circa 3,4 m/s².

Een dergelijke opstelling is nog juist mogelijk met stalen schroefveren. De huidige sokkel moet gesloopt worden. Hij is feitelijk niet ontworpen op 'vrije overspanning' waarmee forse trekkrachten zijn genoemd en hij is verankerd met veertien stuks wapeningsstaven en zeer waarschijnlijk 'aangebrand' voor het betonstorten. Het stalen fundatierraam dat deels in de sokkel ingestort is, zal wellicht nog opnieuw gemaakt moeten worden. Om op de huidige vloer te kunnen afsteunen, moeten waarschijnlijk twee integrale (stalen) langsbalken onder de trillingsisolatoren toegepast worden. Verder moet de huidige loopstrook voor de sorteerder langs de gehele band deels gesloopt worden en vervangen door een stalen loopplaat. Zie de bijgevoegde schets van de doorsnede. Het is niet uitgesloten dat er ook hiervoor nog een speciale voorziening (begrenzerveren, "nultelling" of rem) voor start en/of stop conditie moeten worden ingezet. Dit hangt af van de snelheid waarmee de trilkoot optoeren respectievelijk tot stilstand komt.

Voor deze verbouwing is medewerking/initiatief van de machinebouwer of een trillingsspecialist opportuun en moet een bouwkundig constructeur ingeschakeld worden. Een eerste grove raming van de kosten leidt tot circa 135 à 150 k€ exclusief BTW. De opbouw van deze raming is gepresenteerd in onderstaande tabel 4.

Tabel 4
Kostenraming trillingsisolatie van bestaande Leesband (exclusief BTW)

ontwerp		23.000
materialen (exclusief begrenzerveren)		36.000
uitvoering		68.000
inbedrijfstellen en testrun		8.000
	subtotaal	135.000
	aanvoorzien in %	10
	totaal	148.500

Om deze modificatie te kunnen doorvoeren, is het stilleggen van de productie van deze machine onvermijdelijk. De volgende doorlooptijden worden per activiteit geraamd:

- wegnemen van de huidige machine: één halve werkweek;
- opstellen van de (stalen) draagbalken, bekisting en wapening aanbrengen en betonstorten: één werkweek;
- monteren van de bestaande machine op de betonplaat: één halve werkweek;
- uitharden van het beton: twee werkweken;
- inbedrijfstellen: een werkdag.

Op deze wijze wordt de doorlooptijd geschat op vier, wellicht drie weken.

Om kan overwogen worden de betonplaat naast de trilkoot te produceren en na uitharden op zijn plek te schuiven. De eerste fase van uitharden (twee dagen) moet wellicht plaatsvinden zonder dat de trilkoot in werking, wat in het weekend wellicht het geval is. Hiermee kan de doorlooptijd teruggebracht worden tot circa twee weken.

5.3.1 Resumé

Het invoegen van trillingsisolatie in de vorm van een lange betonplaat op trillingsisolatoren wordt in principe mogelijk geacht. De kosten worden geraamd op circa 148,5 k€ onder voorwaarde dat de bestaande vloer niet gewijzigd hoeft te worden.

5.4 Optie 4: verhogen van de fundatie/fundering impedantie

5.4.1 Aangepaste fundering

De fabrieksvloer is 'op staal' gefundeerd, eerder is vastgesteld dat de vloer volledig aansluit op het zandpakket. Dit is naar verwachting nu niet anders. Met het oog op de betrekkelijk lage frequentie van 7,8 Hz, de op alle veerposities synchrone dynamische belasting en het (met machine, machinesokkel en vloermassa) belaste zandpakket zal het *injecteren van de bodem* nauwelijks tot geen verhoging van de impedantie en daarmee reductie van de trillingssterkte in de bodem tot gevolg hebben. Door het synchrone karakter van de dynamische krachten over het gehele machine fundatieraam worden ook de onderliggende bodemlagen gelijkmatig dynamisch belast. Hoewel op circa 3 m diepte enige veerkrachtigheid in de bodem aanwezig is, zal naar verwachting met aanvullende funderingspalen, dragend op een nog dieper gelegen zandlaag, geen aanmerkelijk hogere funderingsimpedantie en daarmee lagere trillingssterkte in de toplaag gerealiseerd kunnen worden. Globaal wordt een reductie met hooguit een factor 2 verwacht. Het draagoppervlak van aanvullende funderingspalen blijft immers beperkt in vergelijking met het totale machineoppervlak inclusief spreidingsfactor door de vloer. Gesteld dat bijvoorbeeld 40 palen worden ingebracht die in totaal 2,5 m² draagvlak hebben dan moet de nieuwe dragende laag een stijfheid bezitten die circa 24 maal hoger is dan die van de huidige 'slapste' laag in de bodem, om een gelijk resultaat te bereiken. Om een factor 4,5 reductie te bereiken, moet de drukstijfheid van de nieuwe dragende laag dus een factor $24 \times 4,5 = 108$ maal stijver zijn. Om dit zeker te stellen, is een voldoende diepe sondering benodigd. Dikkere palen kunnen deze factor nog enigszins verlagen. Daarenboven moeten de palen dan met de vloermassa op 'druk' gebracht worden om de huidige 'op staal' funderingwijze 'los' te maken. Gelet op de complexiteit en de onzekerheid aangaande de reductie qua trillingsmissie, is deze optie niet verder onderzocht.

5.4.2 Verhogen van de machinefundatie(sokkel) massa

Als de sokkel (op de vloer) substantieel verzwaard en verstijfd wordt, zal de trillingssterkte onder de trilgoot, en daarmee de trillingsbelasting op de bodem, afnemen. De mate waarin dit geschiedt hangt af van, in het gunstigste geval, de massaverhouding: nieuwe situatie gedeeld door huidige situatie. Felicitijk werkt de bodem nok nuttig mee in de huidige situatie. Deze kan echter niet eenvoudig verhoogd worden. Nemen we de huidige sokkelmassa, meeweekende vloerveld massa (circa 3 maal de massa direct onder de sokkel), het stalen grondraam en het stalen fundamentaam in beschouwing dan representeert dit circa 80 ton. Met het hanteren van de benodigde reductiefactor ad. 4,5 zal dan de massa per strekkende meter en de volle lengte dan 23 ton/m respectievelijk 360 ton moeten bedragen. In principe kan de machinehoogte niet veranderen. Hierdoor leidt dit bij toepassing van gietijzer tot een benodigde breedte van circa 4,5 m. Bij toepassing van gewapend beton worden de genoemde afmetingen een factor 2,5 groter.

Gelet op de benodigde breedte en het uitgangspunt dat de hoogte positie niet substantieel gewijzigd kan worden, zou alleen het toepassen van gietijzeren/stalen fundatieplaten opportuun zijn. De kostprijs van gietijzer of staal leidt echter al gauw tot zeer hoge kosten (> 200 k€). Eventueel benodigde vloerwijzigingen zijn evenzo kostbaar. Om die reden is verder van precieze kostenraming afgezien.

5.4.3 Resumé

Gelet op vorenstaande verwachtingen qua afmetingen en kosten wordt het toepassen van 'massabloktering' in het fundament en/of de bodem direct onder de machine niet als reële optie beschouwd.

Foto's

CONCEPT

CONCEPT

Voor de realistisch geachte opties (2 en 3) geldt dat er sprake zal zijn van productieonderbreking van twee tot vier weken.

Optie 4 wordt uit hoofde van de kosten voor onmogelijk gehouden.

Aanhem, 29 mei 2008

DGMR Bouw B.V.

Referenties

/1/ Trillingsonderzoek in de woningen Provincie Gelderland rapport GLU-07-30, november 2007

6. Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de uitgevoerde metingen tijdens de schouwing op 23 januari jl. kan bevestigd worden dat de op de Leesband gemeten trillingssignatuur qua frequentie ad. 7,8 Hz overeenkomt met de gemeten dominante trillingen in de woningen aan de Keppelseweg. Dit bevestigt de eerdere conclusie van de trillingsspecialist van de provincie Gelderland op basis van een gehouden aan/uitschakelproef.

Om aan de streefwaarde volgens de SBR-richtlijn Trillingen deel B, hinder voor personen in gebouwen te kunnen voldoen, is een reductie van de trillingslimmissie met een factor 4,5 benodigd. Dit is afgeleid uit de mate van overschrijding volgens de metingen van de provincie Gelderland, zie ref./1/.

Om de trillingslimmissie in de woningen terug te dringen, zijn er vier opties onderzocht, zijnde:

- optie 1: wijzigen van machine triffrequentie, zie paragraaf 5.1;
- optie 2: wijzigen van machine werkingsprincipe, zie paragraaf 5.2;
- optie 3: de machine isoleren van de ondergrond, zie paragraaf 5.3;
- optie 4: verhogen van fundatie/funderingsimpedantie, zie paragraaf 5.4.

Per optie zijn de door te voeren wijzigingen in de genoemde paragrafen opgesomd, de complexiteit besproken en waar van toepassing, de kosten geraamd. Tevens is aangegeven welke partijen betrokken moeten worden voor het succesvol doorvoeren van de bewuste optie.

Optie 1 is de minst ingrijpende, maar hiervan wordt voortsnog het minste effect verwacht. De overige opties leiden tot forse aanpassingen van de huidige machine c.q. complete vervanging (optie 2), dan wel ingrijpende aanpassingen aan de opstelling (opties 3 en 4). Bij de opties 3 en 4 wordt de huidige machine in principe niet gewijzigd, maar moet deze wel van zijn plaats genomen worden. Hoewel van optie 1 geen al te hoge verwachtingen gekoesterd worden, is het wellicht opportuun om deze toch eerst te proberen. Dit omdat de overige opties alle (zeer) kostbare ingrepen betreffen.

Het installeren van een nieuwe machine (optie 2) zal waarschijnlijk leiden tot eenzelfde werkingsprincipe als van de huidige machine, maar dan met een geïntegreerde hoogwaardige isolatie. Dit komt overeen met de uitgewerkte optie 3.

Voor optie 3, waarbij de huidige machine behouden blijft, worden de investeringskosten geraamd op 135 à 150 k€. Met de optie 3 kan voldoende reductie in de uitgeoefende vrije krachten en momenten op de fabrieksvloer bereikt worden om de trillingslimmissie in de woningen gelegen aan de andere zijde van de Keppelseweg te laten voldoen aan streefwaarden volgens de SBR richtlijn Trillingen deel B hinder voor personen in gebouwen tabel 2: "continue trillingen voor zowel nieuwe als bestaande situaties". Gelet op de verwachte kosten en de zekerheid qua eindresultaat wordt alleen optie 3 (het invoegen van trillingsisolatie) mogelijk geacht.

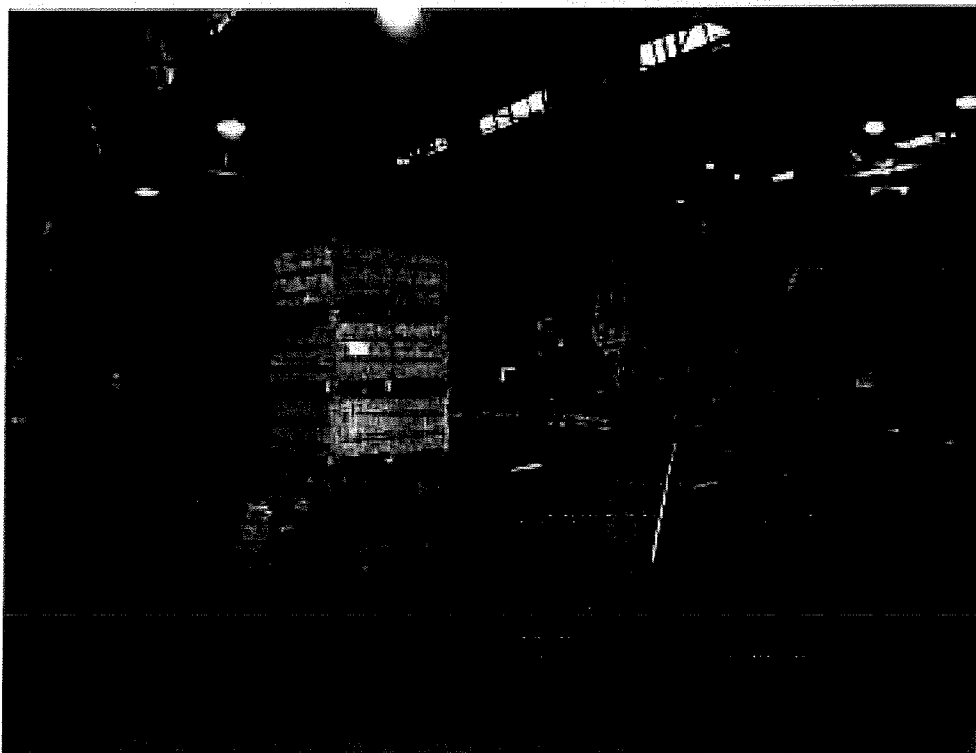


Foto 1: overzicht met achter de stapelkratten de Leesband

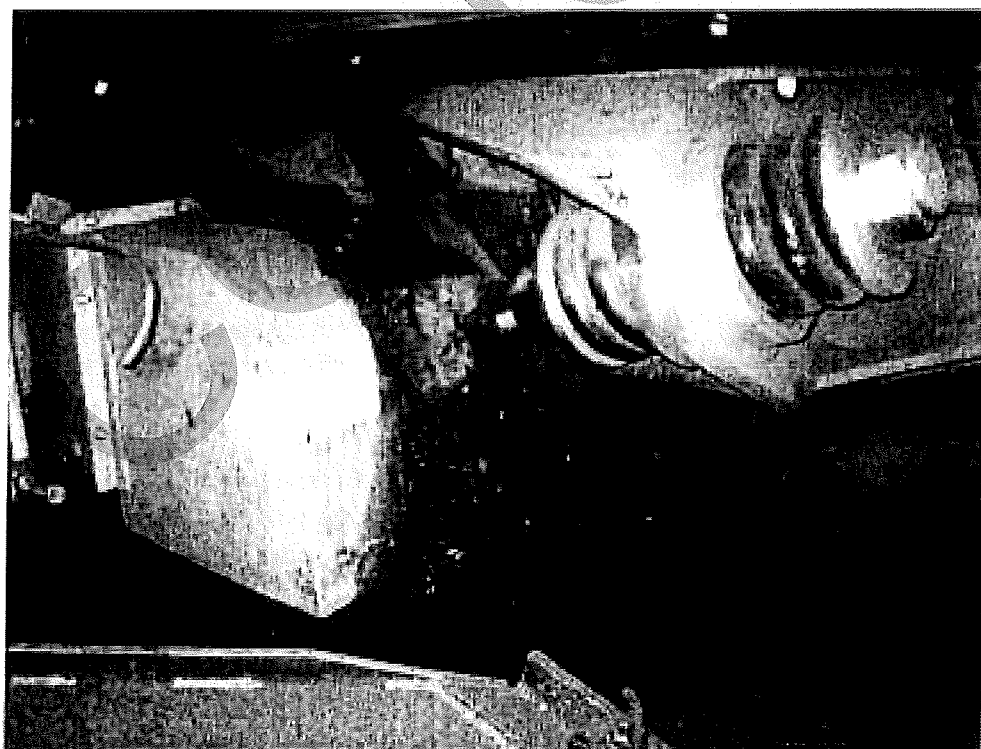


Foto 2: nanzicht op drijfstaag met pakket Inkleemveren

CONCEPT

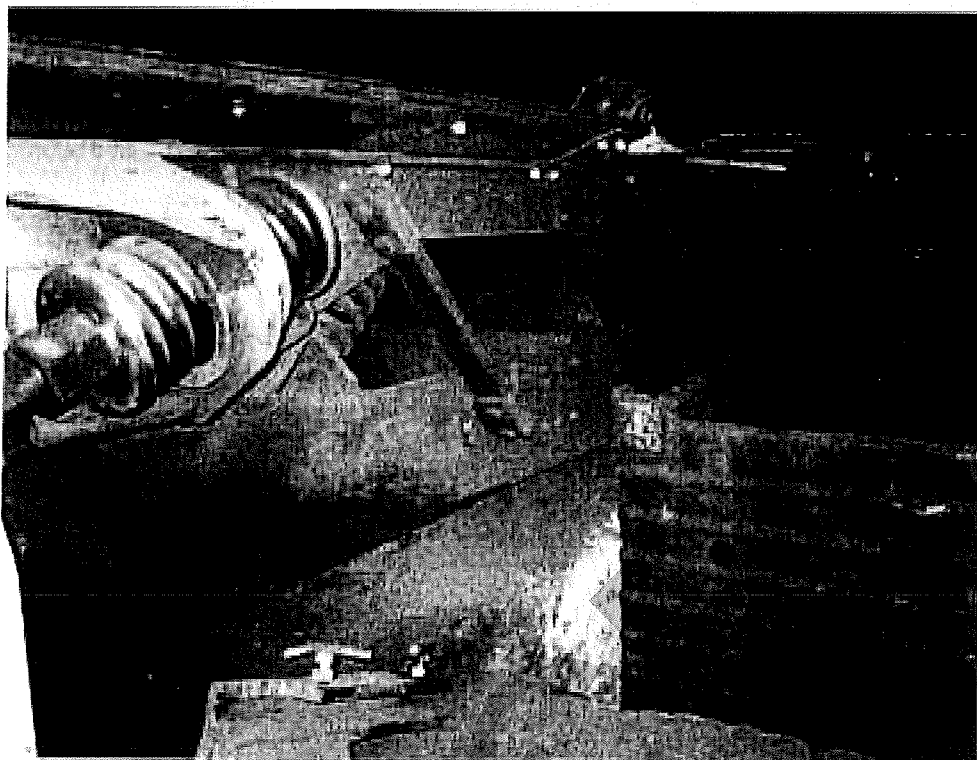


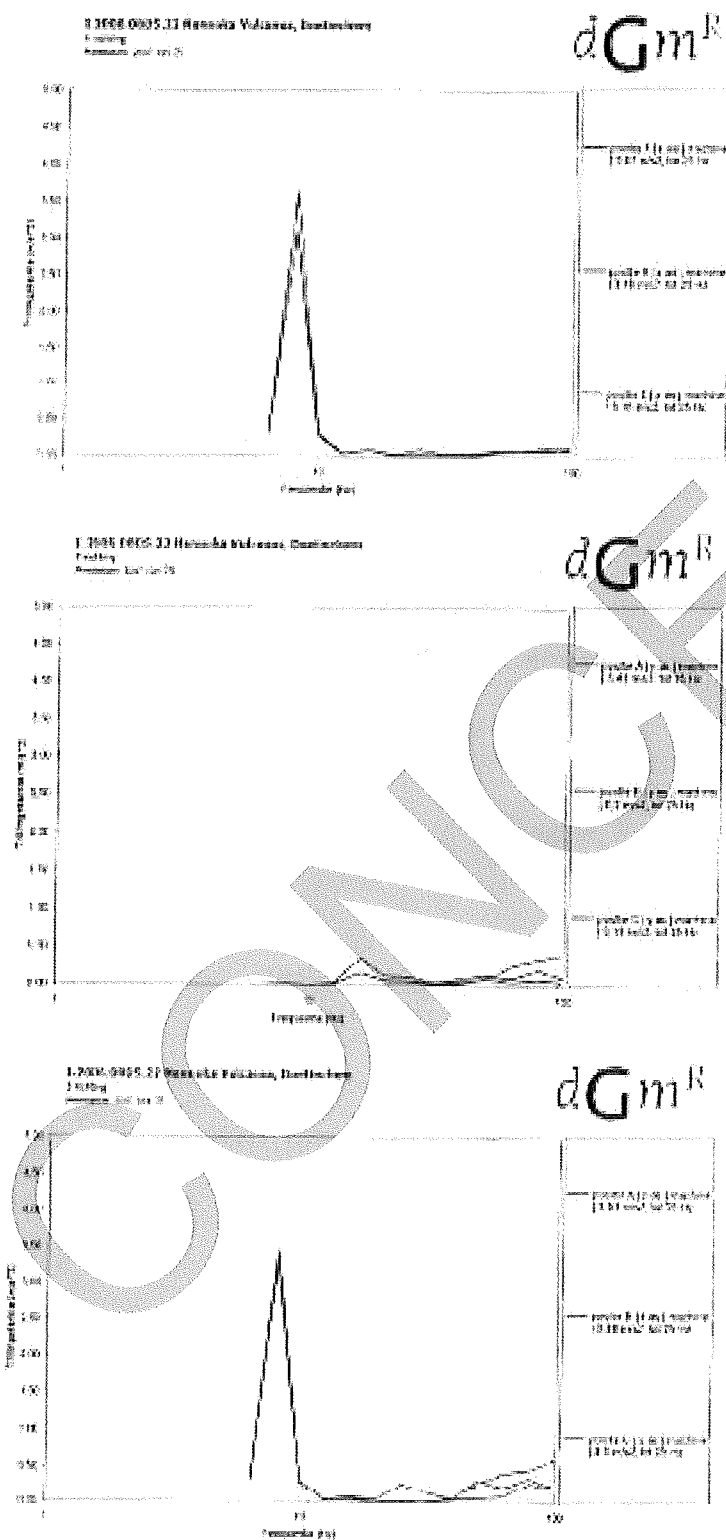
Foto 3: aanzicht op het pakket drijfstaag inklemveren en het beide type draagveerpakketten (stalen schroef en stalen blad)

CONCEPT

Figuren

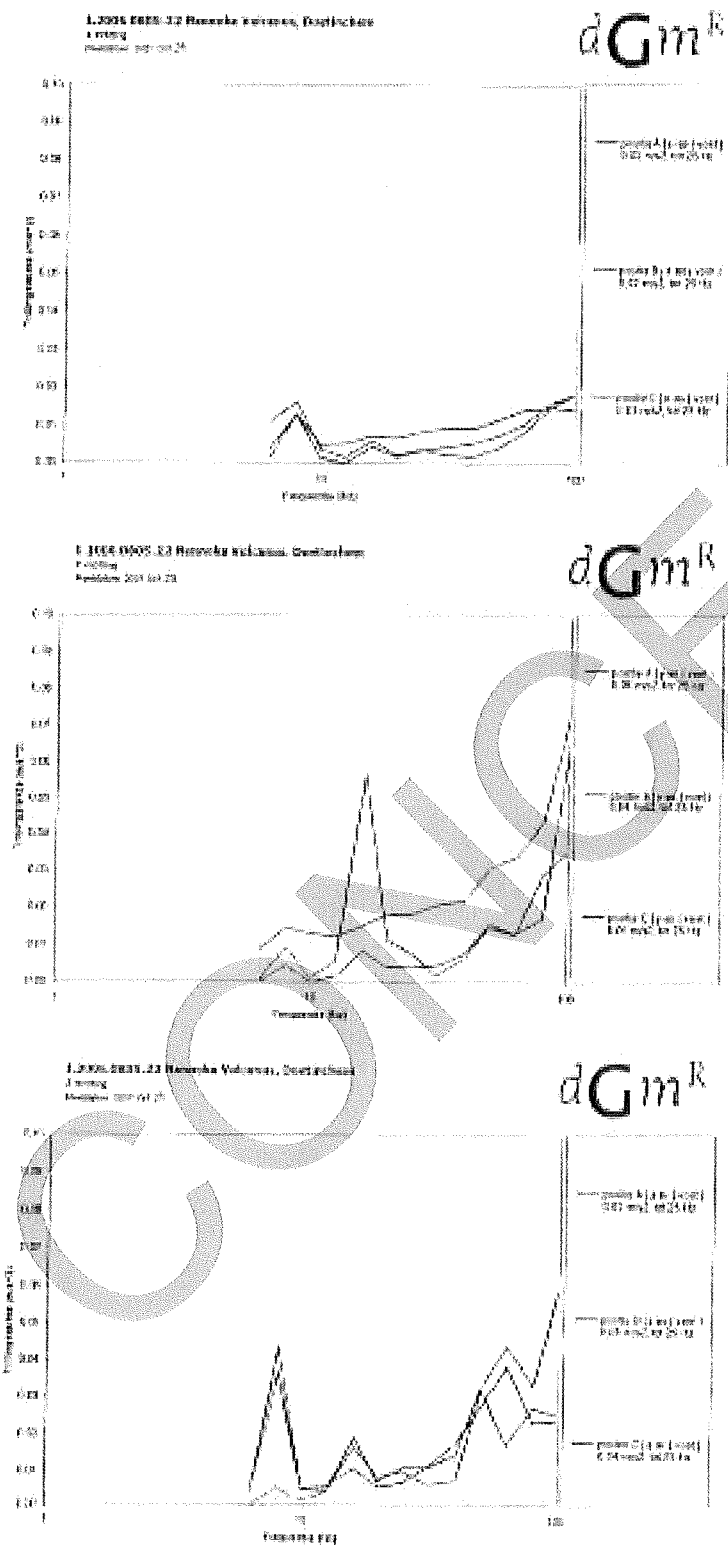
CONCEPT

CONCEPT



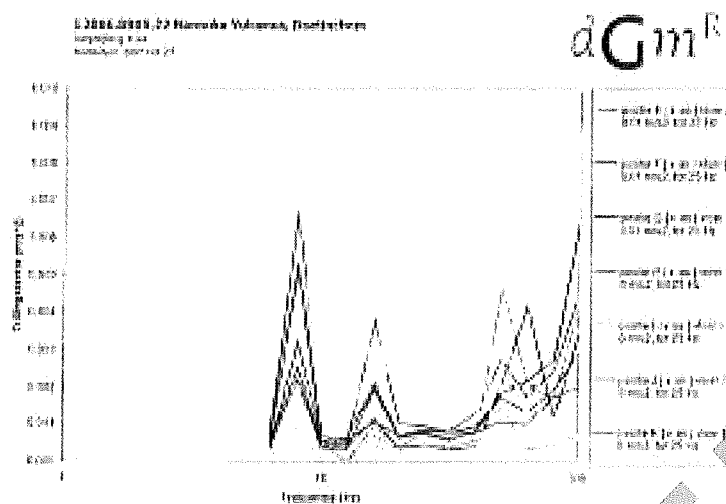
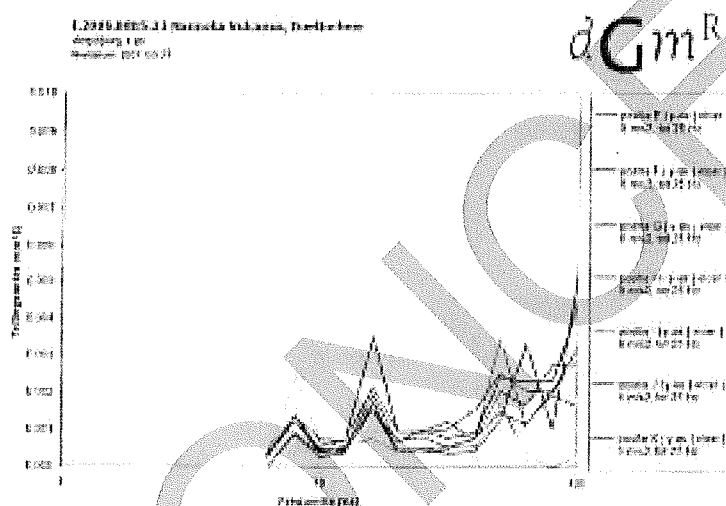
Figuur 1.2: Leesband, positie A, B en C

CONCEPT



Figuur 1.3: voet Leesband, positie A, B en C

CONCEPT

[illegible]

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100. 101. 102. 103. 104. 105. 106. 107. 108. 109. 110. 111. 112. 113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122. 123. 124. 125. 126. 127. 128. 129. 130. 131. 132. 133. 134. 135. 136. 137. 138. 139. 140. 141. 142. 143. 144. 145. 146. 147. 148. 149. 150. 151. 152. 153. 154. 155. 156. 157. 158. 159. 160. 161. 162. 163. 164. 165. 166. 167. 168. 169. 170. 171. 172. 173. 174. 175. 176. 177. 178. 179. 180. 181. 182. 183. 184. 185. 186. 187. 188. 189. 190. 191. 192. 193. 194. 195. 196. 197. 198. 199. 200. 201. 202. 203. 204. 205. 206. 207. 208. 209. 210. 211. 212. 213. 214. 215. 216. 217. 218. 219. 220. 221. 222. 223. 224. 225. 226. 227. 228. 229. 230. 231. 232. 233. 234. 235. 236. 237. 238. 239. 240. 241. 242. 243. 244. 245. 246. 247. 248. 249. 250. 251. 252. 253. 254. 255. 256. 257. 258. 259. 260. 261. 262. 263. 264. 265. 266. 267. 268. 269. 270. 271. 272. 273. 274. 275. 276. 277. 278. 279. 280. 281. 282. 283. 284. 285. 286. 287. 288. 289. 290. 291. 292. 293. 294. 295. 296. 297. 298. 299. 300. 301. 302. 303. 304. 305. 306. 307. 308. 309. 310. 311. 312. 313. 314. 315. 316. 317. 318. 319. 320. 321. 322. 323. 324. 325. 326. 327. 328. 329. 330. 331. 332. 333. 334. 335. 336. 337. 338. 339. 340. 341. 342. 343. 344. 345. 346. 347. 348. 349. 350. 351. 352. 353. 354. 355. 356. 357. 358. 359. 360. 361. 362. 363. 364. 365. 366. 367. 368. 369. 370. 371. 372. 373. 374. 375. 376. 377. 378. 379. 380. 381. 382. 383. 384. 385. 386. 387. 388. 389. 390. 391. 392. 393. 394. 395. 396. 397. 398. 399. 400. 401. 402. 403. 404. 405. 406. 407. 408. 409. 410. 411. 412. 413. 414. 415. 416. 417. 418. 419. 420. 421. 422. 423. 424. 425. 426. 427. 428. 429. 430. 431. 432. 433. 434. 435. 436. 437. 438. 439. 440. 441. 442. 443. 444. 445. 446. 447. 448. 449. 450. 451. 452. 453. 454. 455. 456. 457. 458. 459. 460. 461. 462. 463. 464. 465. 466. 467. 468. 469. 470. 471. 472. 473. 474. 475. 476. 477. 478. 479. 480. 481. 482. 483. 484. 485. 486. 487. 488. 489. 490. 491. 492. 493. 494. 495. 496. 497. 498. 499. 500. 501. 502. 503. 504. 505. 506. 507. 508. 509. 510. 511. 512. 513. 514. 515. 516. 517. 518. 519. 520. 521. 522. 523. 524. 525. 526. 527. 528. 529. 530. 531. 532. 533. 534. 535. 536. 537. 538. 539. 540. 541. 542. 543. 544. 545. 546. 547. 548. 549. 550. 551. 552. 553. 554. 555. 556. 557. 558. 559. 560. 561. 562. 563. 564. 565. 566. 567. 568. 569. 570. 571. 572. 573. 574. 575. 576. 577. 578. 579. 580. 581. 582. 583. 584. 585. 586. 587. 588. 589. 590. 591. 592. 593. 594. 595. 596. 597. 598. 599. 600. 601. 602. 603. 604. 605. 606. 607. 608. 609. 610. 611. 612. 613. 614. 615. 616. 617. 618. 619. 620. 621. 622. 623. 624. 625. 626. 627. 628. 629. 630. 631. 632. 633. 634. 635. 636. 637. 638. 639. 640. 641. 642. 643. 644. 645. 646. 647. 648. 649. 650. 651. 652. 653. 654. 655. 656. 657. 658. 659. 660. 661. 662. 663. 664. 665. 666. 667. 668. 669. 670. 671. 672. 673. 674. 675. 676. 677. 678. 679. 680. 681. 682. 683. 684. 685. 686. 687. 688. 689. 690. 691. 692. 693. 694. 695. 696. 697. 698. 699. 700. 701. 702. 703. 704. 705. 706. 707. 708. 709. 710. 711. 712. 713. 714. 715. 716. 717. 718. 719. 720. 721. 722. 723. 724. 725. 726. 727. 728. 729. 730. 731. 732. 733. 734. 735. 736. 737. 738. 739. 740. 741. 742. 743. 744. 745. 746. 747. 748. 749. 750. 751. 752. 753. 754. 755. 756. 757. 758. 759. 760. 761. 762. 763. 764. 765. 766. 767. 768. 769. 770. 771. 772. 773. 774. 775. 776. 777. 778. 779. 780. 781. 782. 783. 784. 785. 786. 787. 788. 789. 790. 791. 792. 793. 794. 795. 796. 797. 798. 799. 800. 801. 802. 803. 804. 805. 806. 807. 808. 809. 810. 811. 812. 813. 814. 815. 816. 817. 818. 819. 820. 821. 822. 823. 824. 825. 826. 827. 828. 829. 830. 831. 832. 833. 834. 835. 836. 837. 838. 839. 840. 84

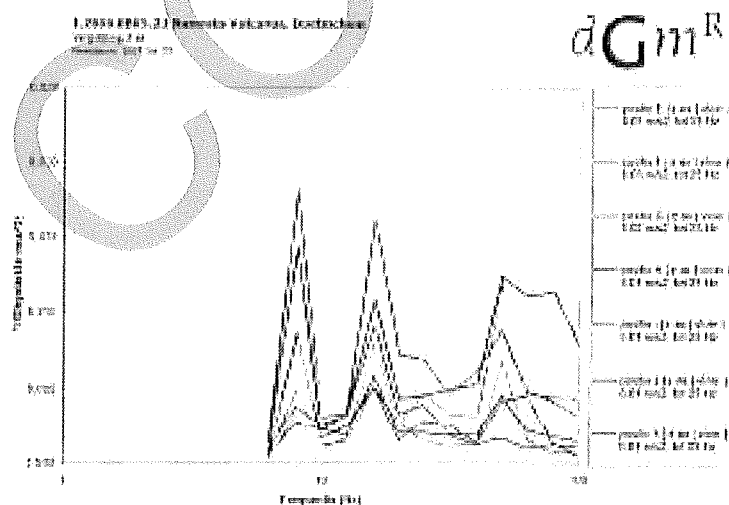


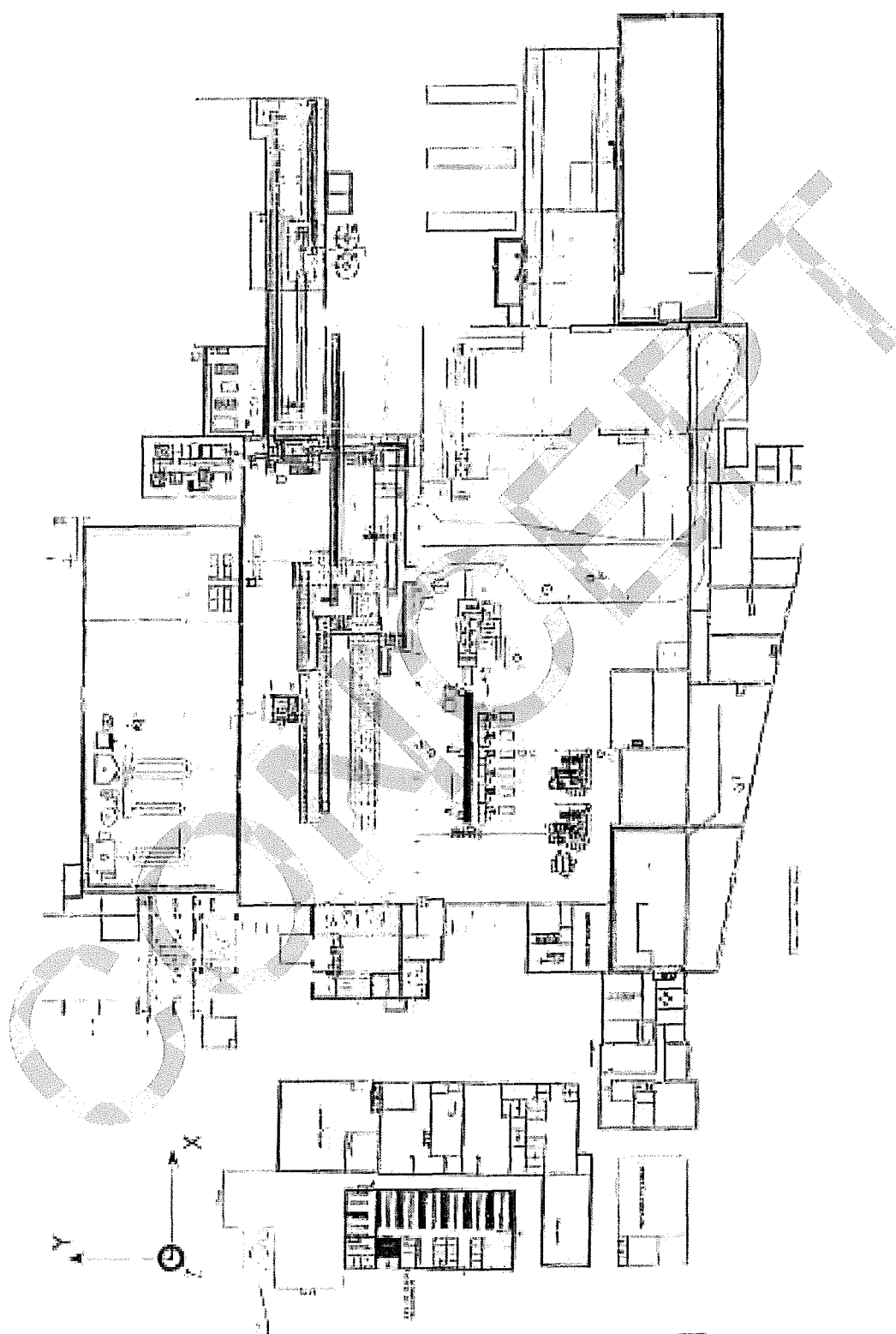
Figure 1.4: viber, postiles E, F, G, H, I, J en K

CONCEPT

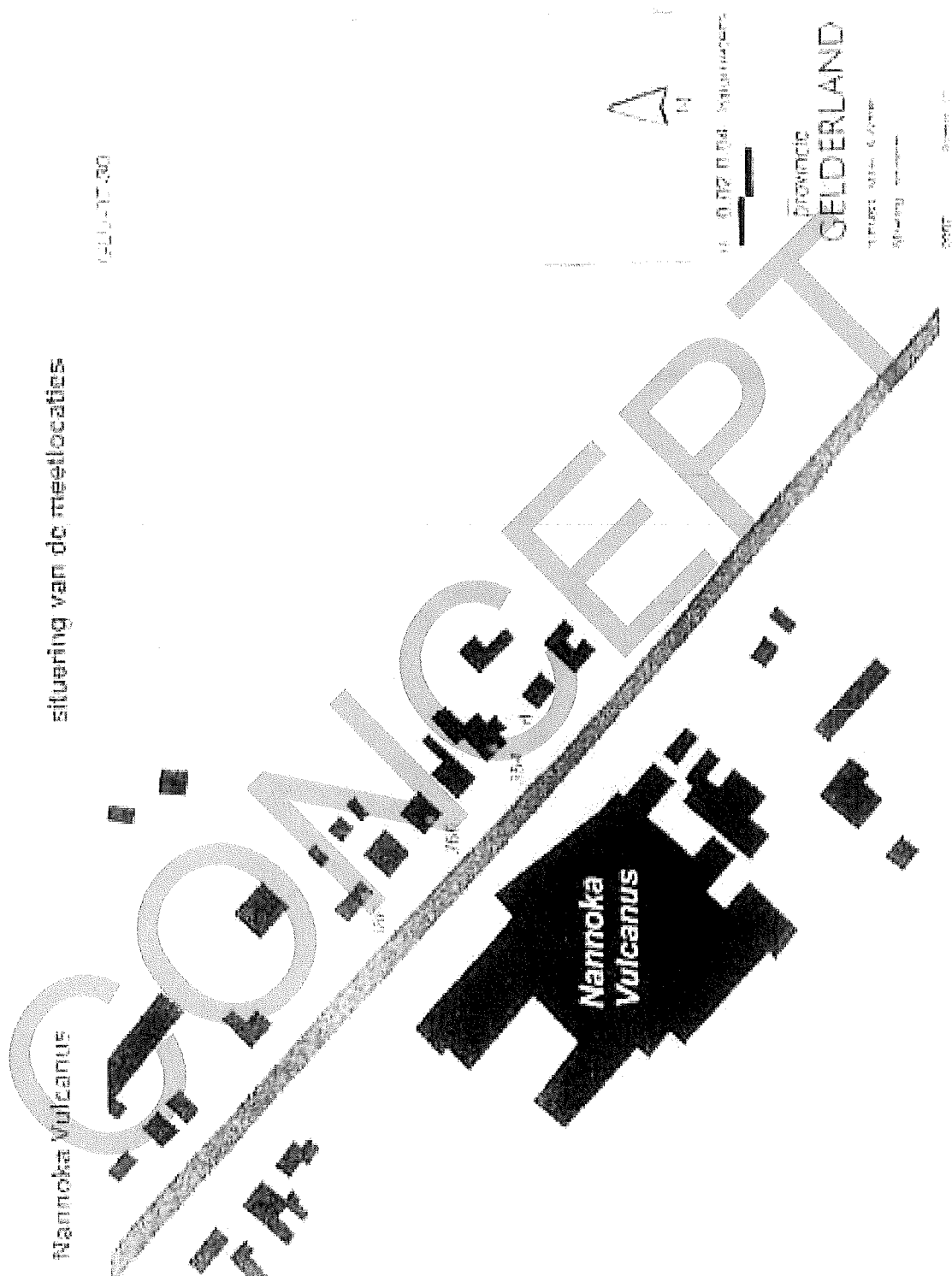
Bijlage 1

Plattegrond van de gieten
en situatie in omgeving

CONCEPT



Bijlage 1.1: plattegrond fabriek met meetposities en meetrichtingen



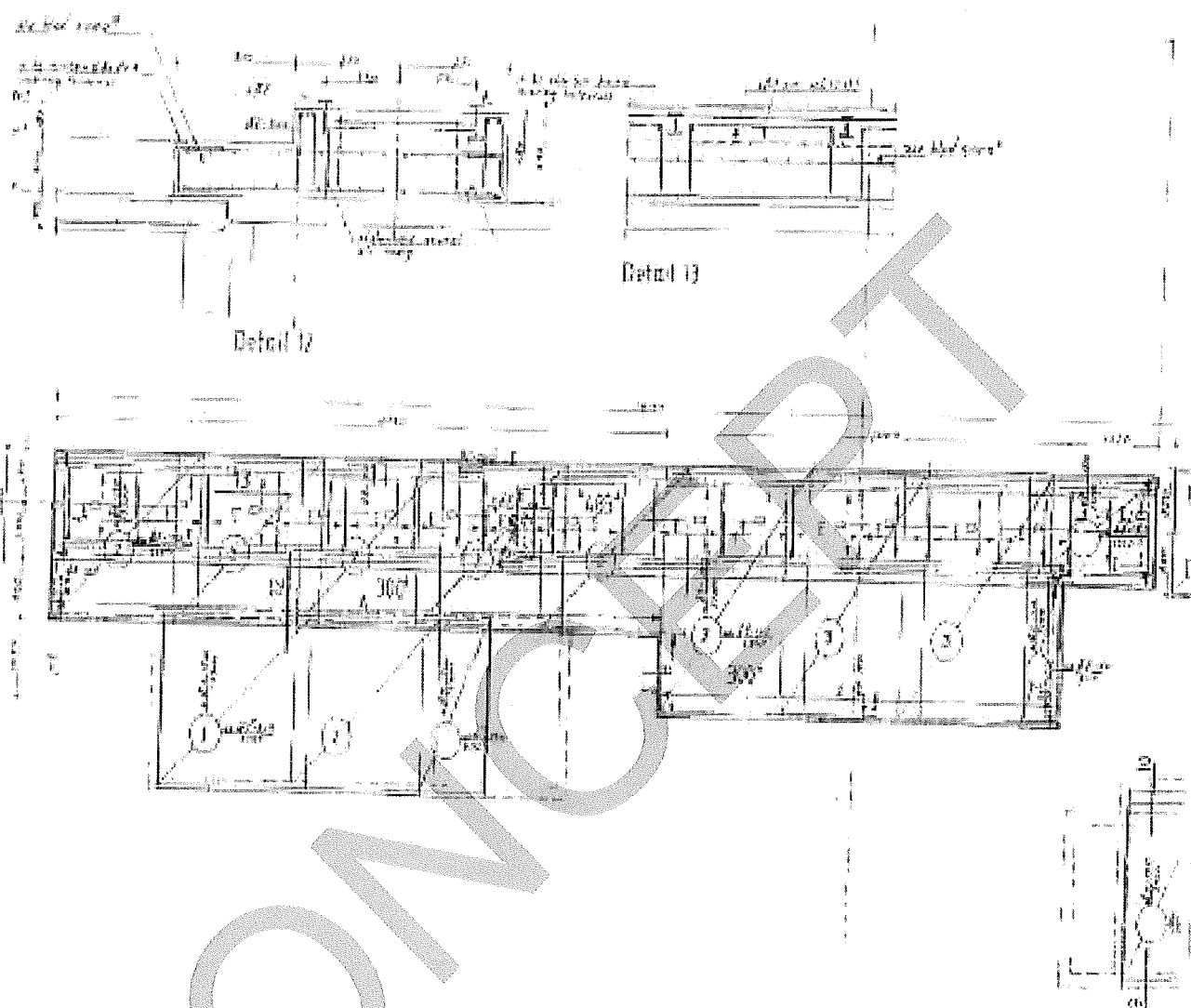
Bijlage 1.2: situering fabriek in omgeving

Bijlage 2

Machinesokkel met bovenaanzicht en doorsnede

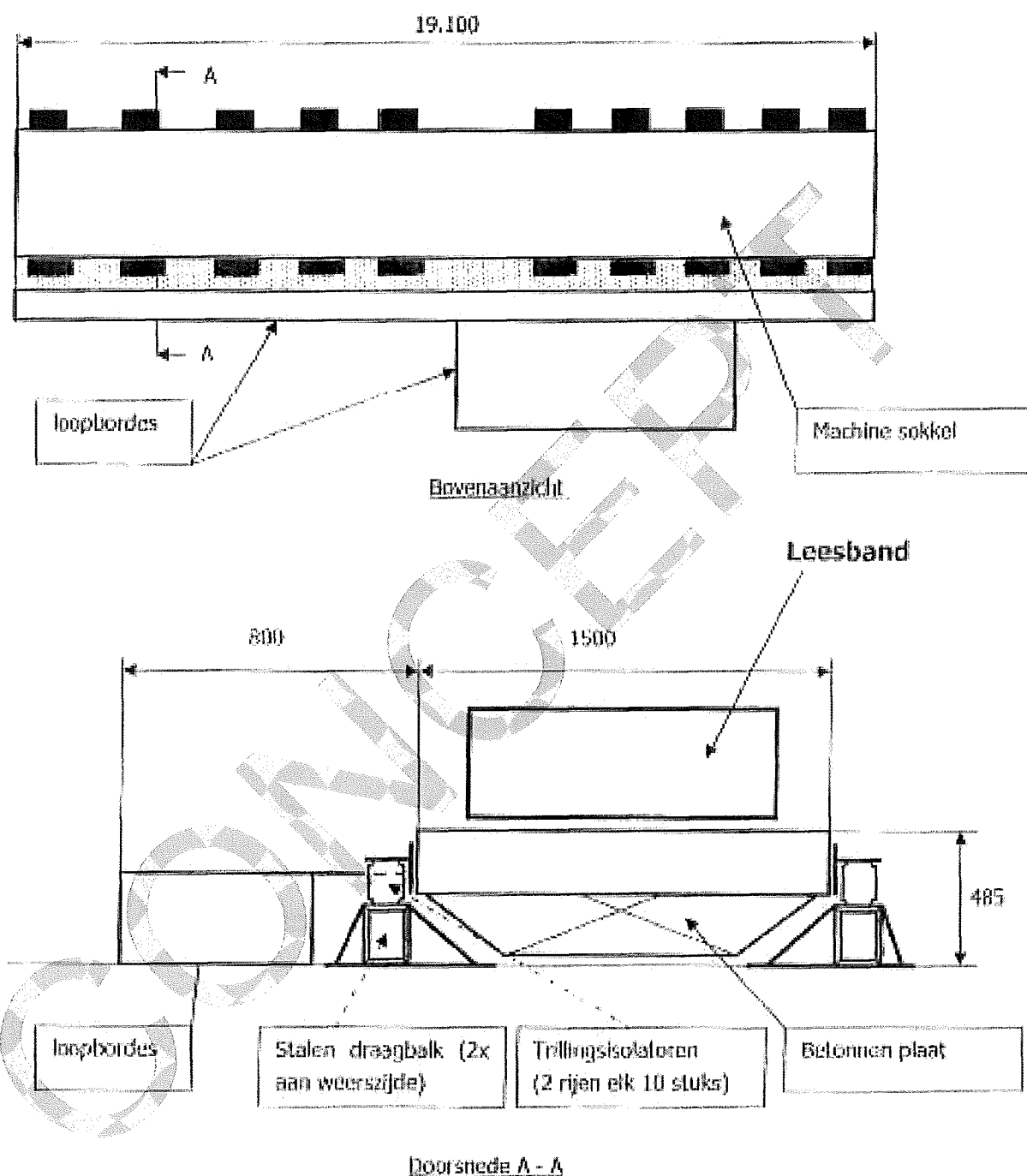
CONCEPT

CONCEPT



Bijlage 3.1: huidige situatie detail uit tekening constructeur, zie paragraaf 3.2





Bijlage 2.3: schematische weergave bovenaanzicht en dwarsdoorsnede gewijzigde situatie: isolatiesysteem ingevoegd.

CONCEPT

Bijlage 3

Funderingsadvies-grondonderzoek

CONCEPT

CONCEPT

FUNDERINGSADVIES

ten behoeve van machinofundatie kelder Vulcanus
te Doetinchem

Opdracht nr. : VN-5283

Opdrachtgever : Raadgevend Ingenieurs-
bureau Perea H.V.
Postbus 24
7213 ZG GORSEL

Bijlagen : 3 sondeergrafieken
3 boorstaten

Datum rapport : 1 november 1990

RAADGEVEND INGENIEURSBUREAU
WIJTEMA & PARTNERS
Postbus 27, 9356 ZG Tolbert • Tel. 05945-16854 • Fax 05945-16470



INLEIDING

In opdracht van UW bureau namens Vulcanus te Doetinchem heeft ons bureau een grondonderzoek uitgevoerd rondom een machinefundatie kelder op het bedrijf Vulcanus te Doetinchem.

GRONDONDERZOEK

Gezien de plaatselijke omstandigheden is het grondonderzoek uitgevoerd met handapparatuur. Er zijn drie boringen uitgevoerd tot circa 3,50 m-vloeroppervlak, één van de boringen is wegens puin of betondelen eerder gestopt.

Met het handsondeerapparaat zijn tevens drie handsonderingen verricht in de boorgaten.

De resultaten van de boringen en de handsonderingen staan weergegeven op de bijlagen VN-5283, B-01 t/m B-03 en HS-01 t/m HS-03.



BODEMOPBOUW

Rondom de machinekelder ligt een zware gewapende betonvloer met een dikte van 0,3 meter. De grondslag direkt onder de vloer bestaat uit bruingeel fijn zand; 95% van de korrel is kleiner dan 0,35 mm.

Dit bruingele fijne zand komt voor tot gemiddeld 2,5 m- bovenkant vloer en gaat dan geleidelijk over in leemhoudend zand tot zandhoudende leem.

Holle ruimten zijn door ons niet aangetroffen, het zand had nog volledige aansluiting van de vloer.

De grondwaterstand ligt dieper dan $\pm 3,5$ m- bovenkant vloer.

KONKLUSIE

In vervolg op onze bespreking te Gorssel is nu bekend dat een laag van $\pm 2,2$ meter dikte (vloerdikte is 0,3 meter) met enige moeite geïnjecteerd kan worden met een gel bestaande uit water, waterglas en een harder. Vanwege de fijnheid van het zandpakket zullen de injectiepunten relatief dicht op elkaar komen te staan, hart op hart 0,6 - 0,8 meter, afhankelijk van de te verlagen vastheid van het grondmassief. Meer water geeft een minder kostbaar mengsel en een lagere vastheid. De kosten van het geheel zijn aanzienlijk, circa f 800,-- per m'. Uitgaande van 30 m' lengte en 2,0 m' breedte bij 2,5 m' diepte bedragen de kosten \pm f 120.000,--. De kosten voor aan- en afvoer en dergelijke komen hier nog bij.



■
Ons inziens een hoge investering voor een versterking van 80% van de metselwerkwand.

De hoofdreden voor deze oplossing is het voorkomen van te hoge actieve drukken op de muur door het in trilling zijnde zandmassief.

Als alternatief dat technisch zeker gelijkwaardig en kostentechnisch ons inziens goedkoper is, is het vervaardigen van een schroefboorpalen wand vóór de metselwerkmuur.

Aangezien geen water gekeerd behoeft te worden, is het in elkaar draaien van de palen geen vereiste.

De palen kunnen normaal mannetje aan mannetje staan.

De schroefboorpalen kunnen voldoende gewapend worden om de horizontale belasting op te nemen. Tevens kunnen de palen de gehele wandhoogte beslaan, namelijk tot aan bovenzijde fundatievloer. Uitgaande van 3 palen per m' van $\varnothing 35$, 5,0 meter lang is het aantal meters paal $3 \times 30 \times 5 = 450 \text{ m'}$.

De kosten hiervan zijn aanzienlijk lager dan de injectie methode.

Tolbert, 1 november 1990

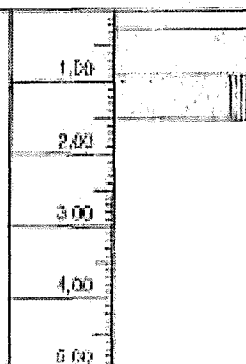

Ing. J.P. Wiertsema

JW/JT



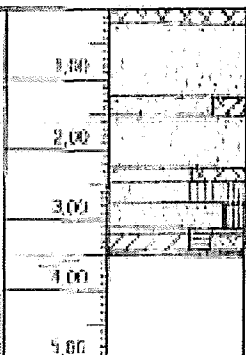
DIEPT IN METERS MINUS NAAWELD

B-01



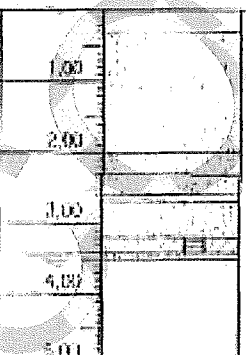
0,00-0,25 m- m.v. beton
0,25-0,90 m- m.v. zand, matig fijn, geelbruin
0,90-1,50 m- m.v. zand, plaatselijk leenlaagje, matig
fijn
1,50 m- m.v. grind, beton

B-02



0,00-0,20 m- m.v. beton
0,20-1,25 m- m.v. zand, matig fijn, geelbruin
1,25-1,50 m- m.v. zand, humeus, matig fijn, geelbruin/
donkerbruin
1,50-2,25 m- m.v. zand, matig fijn, geelbruin
2,25-2,45 m- m.v. zand, sterk humeus, matig fijn, don-
kerbruin
2,45-2,75 m- m.v. zand, veel loombrokken, fijn/matig
fijn, grijs
2,75-3,10 m- m.v. zand, weinig loombrokken, fijn/matig
fijn, grijs
3,10-3,20 m- m.v. zand, sterk humeus, fijn/matig fijn,
donkerbruin
3,20-3,45 m- m.v. klei, veensporen, grijsbruin
3,45-3,50 m- m.v. zand, matig fijn, grijs
GRONDWATERSTAND = 3,50 m- m.v.

B-03



0,00-0,30 m- m.v. beton
0,30-2,00 m- m.v. zand, matig fijn, geelbruin
2,00-2,30 m- m.v. zand, matig fijn, geelbruin
2,30-2,60 m- m.v. zand, matig fijn, geelbruin
2,60-2,70 m- m.v. leem, zwart
2,70-3,20 m- m.v. zand, matig fijn/fijn, grijs
3,20-3,40 m- m.v. zand, bakklei, fijn/matig fijn, grijs
3,40-3,50 m- m.v. zand, matig fijn, grijs
GRONDWATERSTAND = 3,40 m- m.v.



Project: machiniefundatie kelder Vuurwaars
Bout 180mm

Opdracht: VR-5283

Bestemming: B-01 o/v
B-02

Datum: 05-10-50



BOORSTATEN

