

## Tutorial Mobile lasten

## **Inleiding**

In deze bundel wordt de module Mobiele Lasten nader bestudeerd. Via deze module kunnen verplaatsbare laststelsels, gebonden aan een traject, op een structuur geplaatst worden.

Deze laststelsels kunnen bijvoorbeeld volgende fysische systemen voorstellen:

- Een kraan op een kraanbaan
- Een trein op een brug
- Een voertuig op een viaduct
- Personen op een brug

Deze laststelsels kunnen ook meervoudig zijn:

- Treinen met verschillende types wagons
- Treinen op parallelle sporen of achter elkaar
- Verschillende voertuigen op een brug in combinatie met voetgangers

Via SCIA-ESA PT is het mogelijk om voor deze laststelsels op zoek te gaan naar extreme ontwerpcomponenten zoals extreme momenten, reactiekrachten, vervormingen,...

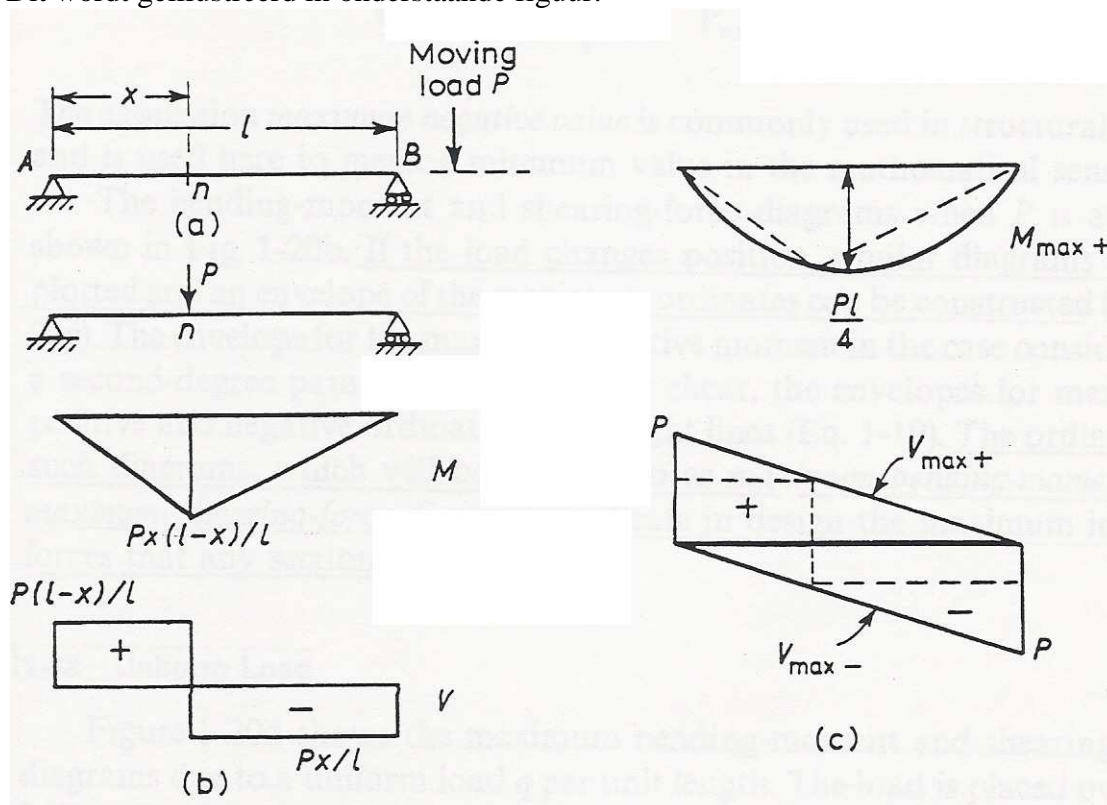
In het eerste deel van de tekst worden de principes uitgelegd, in het tweede deel worden de principes geïllustreerd aan de hand van projecten.

## Principe

Het principe van de module Mobile Lasten is gebaseerd op de theorie van invloedslijnen.

Een invloedslijn stelt een diagramma voor dat het effect toont van een eenheidslast op een variabele positie in een gegeven punt van de structuur.

Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur:



Figuur (a) geeft een eenvoudige ligger op 2 steunpunten weer waarover een geconcentreerde last  $P$  kan bewegen.

In elke sectie  $n$  is het moment en de dwarskracht maximaal indien de last  $P$  zich bevindt exact boven  $n$ . Dit wordt geïllustreerd op Figuur (b).

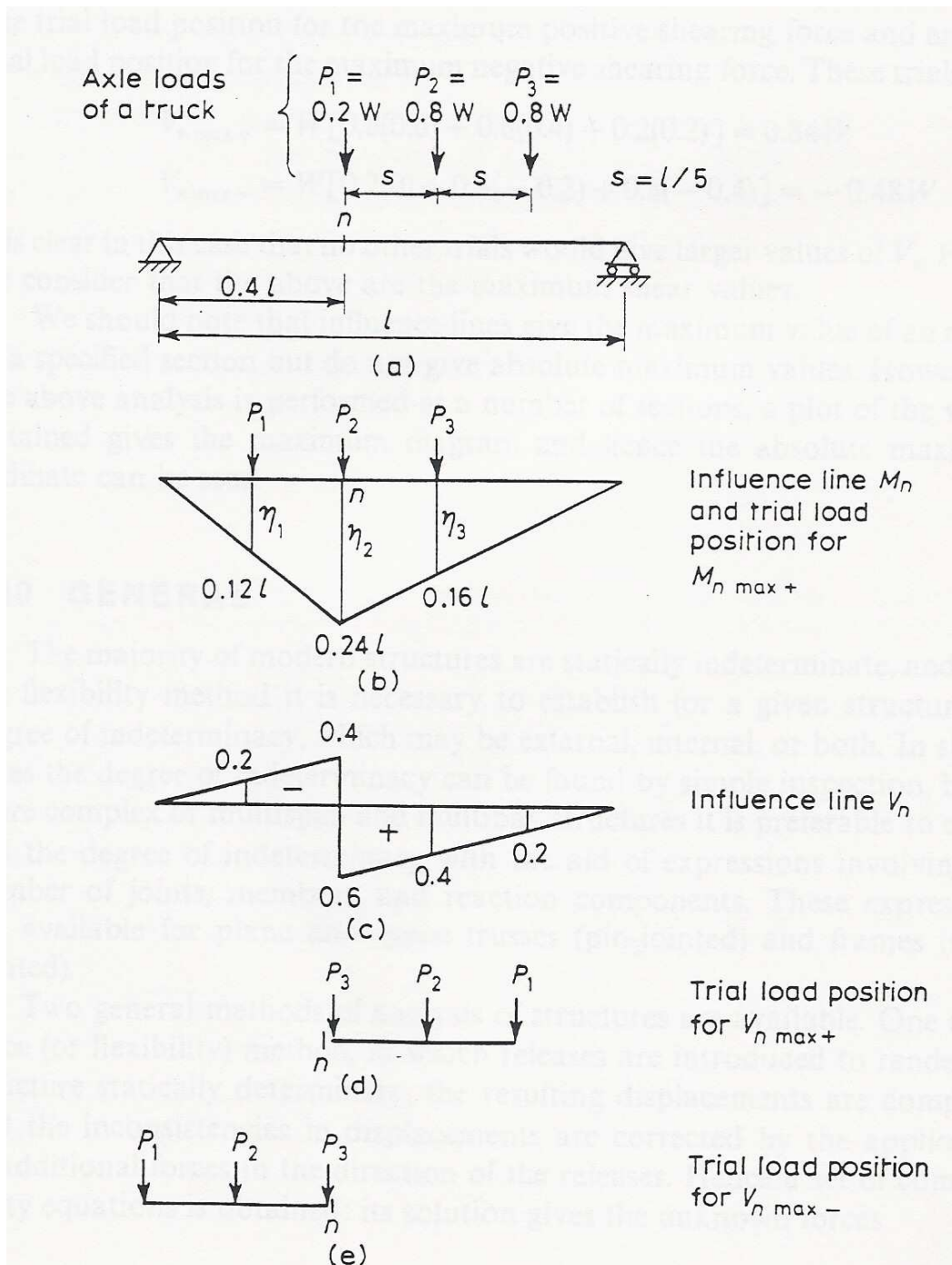
Wanneer de positie van de last gewijzigd wordt kunnen gelijkaardige diagramma's opgesteld worden zodat uiteindelijk de omhullenden kunnen getekend worden zoals aangegeven op Figuur (c). Zoals verwacht treedt het maximale moment op in het midden van de balk en de extreme dwarskrachten in de steunpunten.

Gebruik makende van deze invloedslijnen kan het effect van meerdere lasten op de structuur, het laststelsel, bepaald worden.

Het doel is om die positie van het laststelsel te vinden waarvoor het effect op de structuur in een bepaald punt maximaal is.

Dit wordt geïllustreerd op volgende figuur.





Figuur (a) geeft opnieuw de eenvoudige ligger op twee steunpunten weer. Over de balk kan een stelsel van drie puntlasten bewegen die bijvoorbeeld de aslasten van een vrachtwagen voorstellen. Er wordt gezocht naar die positie van het laststelsel waarvoor het moment en de dwarskracht maximaal zijn in de sectie n.

De invloedslijn voor  $M_n$ , het moment in n, wordt getoond op Figuur (b). Het moment ten gevolge van het laststelsel kan nu bepaald worden als volgt:

$$M_n = \sum_{i=1}^3 P_i \eta_i$$

Waarbij  $\eta_i$  de ordinaat van de invloedslijn voorstelt exact onder  $P_i$ .

Het maximum van  $M_n$  wordt gevonden door trial en error zodat de som van de producten van een aslast en de invloedsordinaat eronder zo groot mogelijk is.

Dit maximum wordt getoond op Figuur (b) waarbij het moment  $M_n$  als volgt kan bepaald worden:

$$M_n = Wl[0,2(0,12) + 0,8(0,24) + 0,8(0,16)] = 0,344Wl$$

Voor iedere andere positie van het laststelsel wordt een lager maximum in  $n$  bekomen.

Op analoge manier wordt dit geïllustreerd voor  $V_n$ , de dwarskracht ter plaatse van  $n$ . Figuur (c) toont de invloedslijn voor de dwarskracht  $V_n$ .

Figuren (d) en (e) geven de posities van het laststelsel aan voor de maximale positieve dwarskracht en de maximale negatieve dwarskracht.

In SCIA-ESA PT komen deze diverse stappen als volgt aan bod:

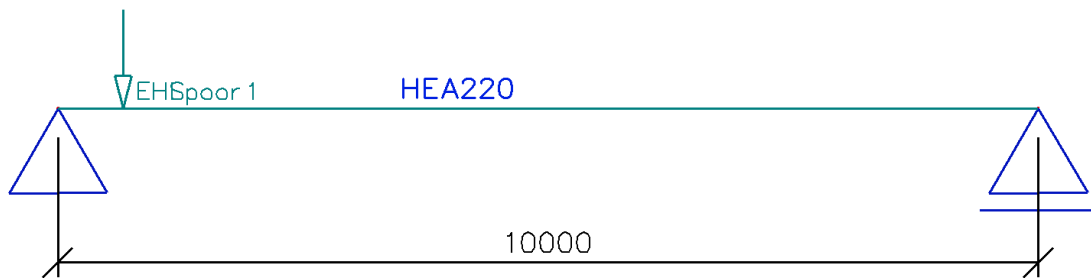
- Invoer Route waarover een Eenheidslast kan bewegen
- Invoer Eenheidslast
- Weergave Invloedslijnen
- Invoer Laststelsel
- Exploitatie in een punt waarbij het Laststelsel gekoppeld wordt aan de Eenheidslast
- Generatie belastingsgeval voor exploitatie in een punt
- Generatie omhullende belastingsgevallen om een inzicht te krijgen in het globale gedrag van de structuur.

Deze stappen worden uitgewerkt voor volgende projecten:

- |                                     |             |
|-------------------------------------|-------------|
| • <b>Project M1: Invloedslijnen</b> | <b>p.5</b>  |
| • <b>Project M2: Laststelsels</b>   | <b>p.13</b> |
| • <b>Project M3: Treinbelasting</b> | <b>p.32</b> |
| • <b>Project M4: Kraanbaan</b>      | <b>p.53</b> |

## **Project M1: Invloedslijnen**

In dit eerste project wordt een eenvoudige ligger op 2 steunpunten gemodelleerd. Aan de hand van de module Mobile Lasten wordt op deze ligger een route en een eenheidslast gedefinieerd zodat de invloedslijnen van de diverse ontwerpcomponenten kunnen bekeken worden.



### ***a) Projectgegevens***

**Projectgegevens**

Basisgegevens | Functionaliteit | Belastingen | Combinaties | Beveiliging

Gegevens

Naam: Project M1

Deel: -

Omschrijving: Invloedslijnen

Auteur: PVT

Datum: 30. 09. 2005

Constructie: Raamwerk XZ

Materiaal:

Beton	<input type="checkbox"/>
Staal	<input checked="" type="checkbox"/>
Materiaal	S235
Hout	<input type="checkbox"/>
Andere	<input type="checkbox"/>

Project Niveau: Geavanceerd

Model: Een

Nationale norm: NEN

OK Cancel

**Projectgegevens**

Basisgegevens | Functionaliteit | Belastingen | Combinaties | Beveiliging

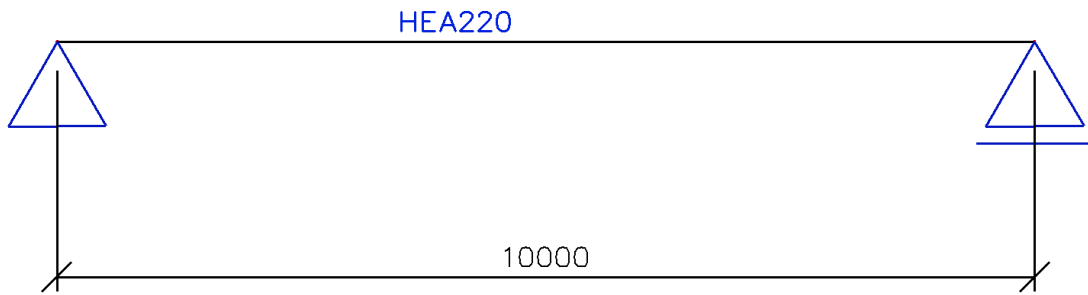
Dynamica	<input type="checkbox"/>
Initiele spanning	<input type="checkbox"/>
Bedding	<input type="checkbox"/>
Niet-lineariteit	<input type="checkbox"/>
Stabiliteit	<input type="checkbox"/>
Klimaatlasten	<input type="checkbox"/>
Voorspanning	<input type="checkbox"/>
Pijplijnen	<input type="checkbox"/>
CAD-vorm	<input type="checkbox"/>
Parameters	<input type="checkbox"/>
Mobiele lasten	<input checked="" type="checkbox"/>
Overzichtstekeningen	<input type="checkbox"/>

Staal	<input checked="" type="checkbox"/>
Brandwerendheid	<input type="checkbox"/>
Verbindingen modelleur	<input type="checkbox"/>
Stijve raamwerkverbindingen	<input type="checkbox"/>
Scharnierende raamwerkverbindingen	<input type="checkbox"/>
Scharnierende rasterverbindingen	<input type="checkbox"/>
Geboute diagonaalverbindingen	<input type="checkbox"/>
Expertsysteem	<input type="checkbox"/>
Verbinding monotekeningen	<input type="checkbox"/>

OK Cancel

**b) Constructie**

De constructie kan worden ingevoerd als  Horizontale balk waarbij de beginknoop scharnierend wordt opgelegd en de eindknoop glijdend.



### c) Belasting

Teneinde de constructie te kunnen doorrekenen wordt één belastingsgeval aangemaakt, het eigengewicht.

### d) Invoer route en eenheidslast

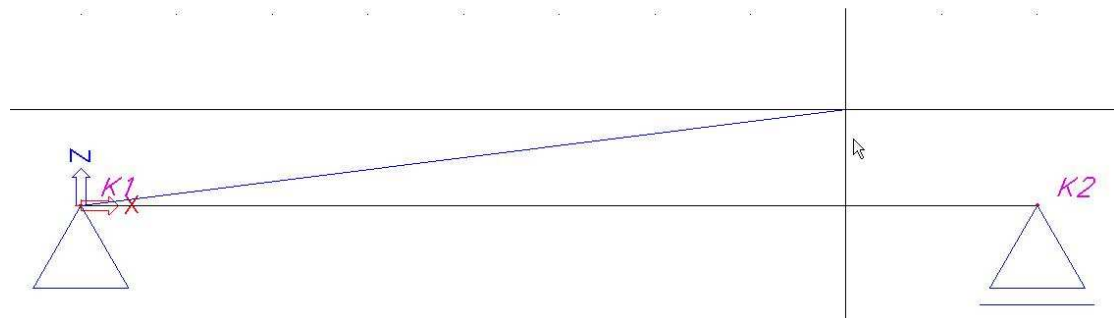
Vervolgens kan het menu  Mobiele lasten geopend worden.

Zoals aangegeven bij de Principes stelt een invloedslijn een diagramma voor dat het effect toont van een eenheidslast op een variabele positie in een gegeven punt van de structuur.

Om aan deze definitie te kunnen voldoen dient eerst een route gedefinieerd te worden waarover een eenheidslast kan bewegen.

Het invoeren van deze route gebeurt via  Nieuwe mobiele last route

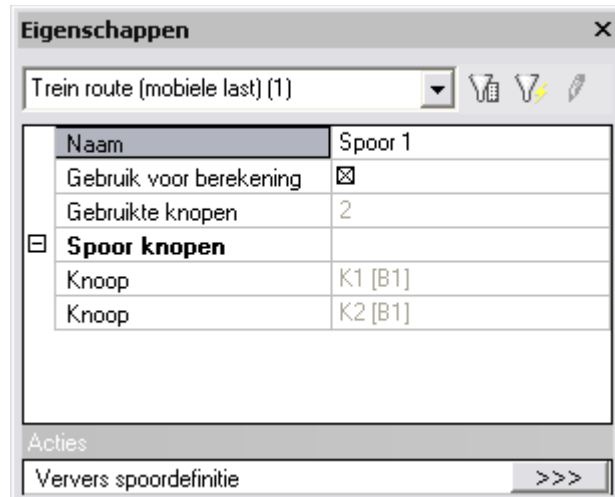
De route wordt door het programma gedefinieerd als een polylijn. Als startpunt van het spoor wordt de knoop **K1** aangeduid, als eindpunt de knoop **K2**.






Indien de route loopt over meerdere staven, dan is het steeds belangrijk voldoende knopen aan te duiden.

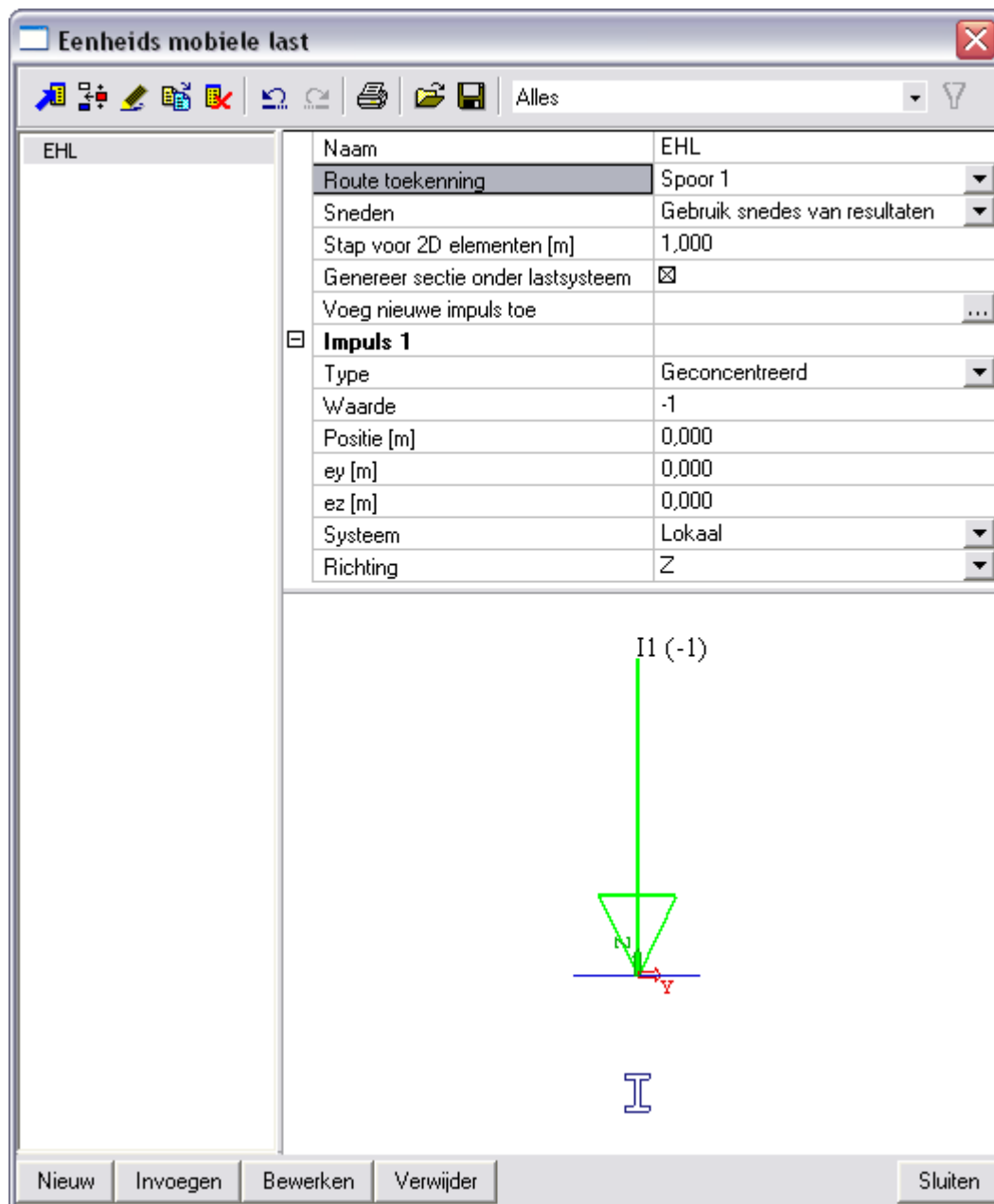
Het Eigenschappenvenster geeft aan welke knopen in de route gebruikt worden. Als **Naam** voor de route wordt **Spoor 1** ingevoerd.



De optie **Gebruik voor berekening** geeft aan dat deze route meegenomen wordt in de berekening. Indien meerdere routes gedefinieerd worden kan op die manier aangegeven worden welke routes effectief moeten berekend worden.


De actie **Ververs Spoordefinitie** laat toe om het ingevoerde spoor opnieuw te genereren indien bijvoorbeeld de coördinaten van een knoop aangepast werden. Op die manier dient het spoor niet opnieuw ingevoerd te worden na een aanpassing van de geometrie.

Na het definiëren van de route kan vervolgens een eenheidslast ingevoerd worden via het menu  Eenheidslasten.



Via de optie **Route toekenning** kan worden aangegeven op welk spoor de eenheidslast dient aan te grijpen.

De optie **Snedes** bepaald de densiteit van de gebruikte sneden.

- *Gebruik snedes van resultaten*  
De eenheidslast wordt gepositioneerd in elke snede van de balk die zich bevindt in het gebied van de route. Het aantal sneden op een staaf wordt aangegeven bij  Instellingen solver
- *Gebruik stap volgens 2D element*  
De eenheidslast wordt gepositioneerd met de stap ingevoerd bij stap voor 2D elementen [m]. Indien een 2D element een lengte heeft korter dan de

ingestelde stap, dan wordt deze niet belast door de eenheidslast.

- *Genereer op zijn minst één snede*  
Analoog als de vorige optie echter hier wordt de eenheidslast ook gepositioneerd op 2D elementen met een kortere lengte dan de ingestelde stap.


Via de optie **Genereer sectie onder laststelsel** wordt een snede gemaakt onder elke geconcentreerde last van een laststelsel bij het weergeven van resultaten. Zo kan het resultaat exact bekeken worden onder de geconcentreerde last.

Standaard wordt 1 impuls aangemaakt. In verdere voorbeelden worden ook meerdere impulsen gebruikt. De afstand tussen twee impulsen is steeds loodrecht op de route.

In dit voorbeeld worden de standaardinstellingen behouden zodat een geconcentreerde mobiele eenheidslast met waarde **-1** gedefinieerd wordt.

De **Naam** van de eenheidslast is standaard **EHL** welke voor dit voorbeeld behouden wordt.

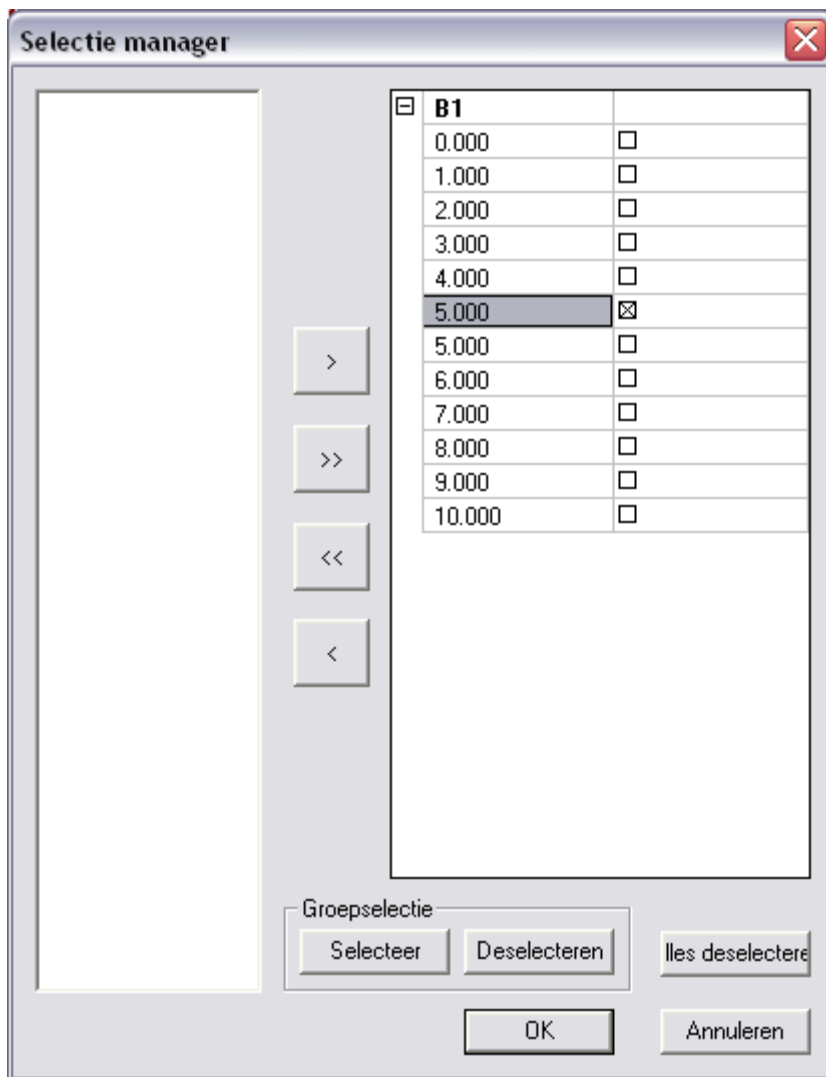
#### *e) Invloedslijnen*

Na het definiëren van de route en de eenheidslast kan de lineaire berekening gestart worden. Hiervoor is het niet nodig het menu Mobiele Lasten te verlaten maar kan gebruik gemaakt worden van de knop  **Berekening** in de project knoppenbalk.

Na de berekening verschijnt in het menu Mobiele Lasten een nieuwe groep:



Bij het kiezen van een resultatengroep dient vervolgens via het **Selectie Gereedschap** te worden aangegeven op welke staaf in welke snede de resultaten dienen getoond te worden.



Het **Afdrukvoorbeeld** toont de resultaten numeriek.

## Invloedslijnen - intene krachten op staaf

### Invloedslijnen - intene krachten op staaf

#### Invloedslijn voor interne krachten op 1D macro

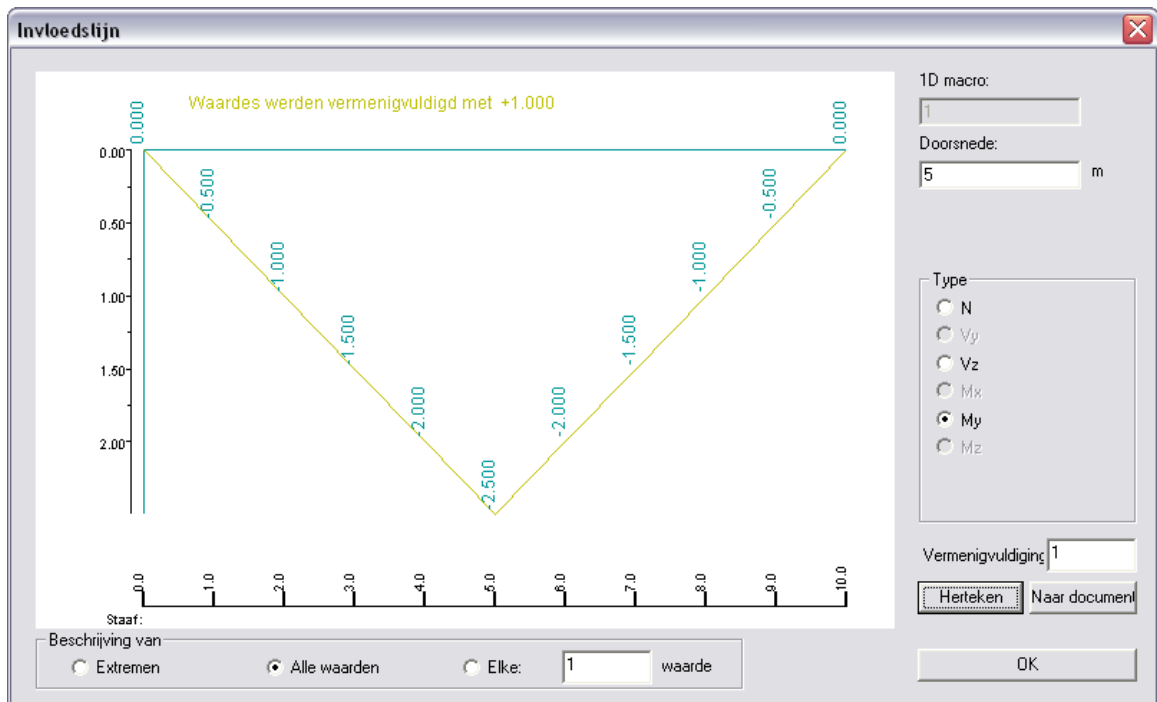
EHL over Spoor 1 - 1D macro 1 - doorsnede x=5.0m

Waardes verm. met: 1.00

pos	N	Vz	My
0.00	0.000	0.000	0.000
0.00	0.000	0.000	0.000
1.00	0.000	-0.100	+0.500
2.00	0.000	-0.200	+1.000
3.00	0.000	-0.300	+1.500
4.00	0.000	-0.400	+2.000
5.00	0.000	-0.500	+2.500
5.00	0.000	+0.417	+2.500
5.00	0.000	+0.417	+2.500
5.00	0.000	+0.500	+2.500
6.00	0.000	+0.400	+2.000
7.00	0.000	+0.300	+1.500
8.00	0.000	+0.200	+1.000
9.00	0.000	+0.100	+0.500
10.00	0.000	0.000	0.000
10.00	0.000	0.000	0.000

Via de actieknop **Enkele Controle** kan de invloedslijn voor grafisch weergegeven worden.



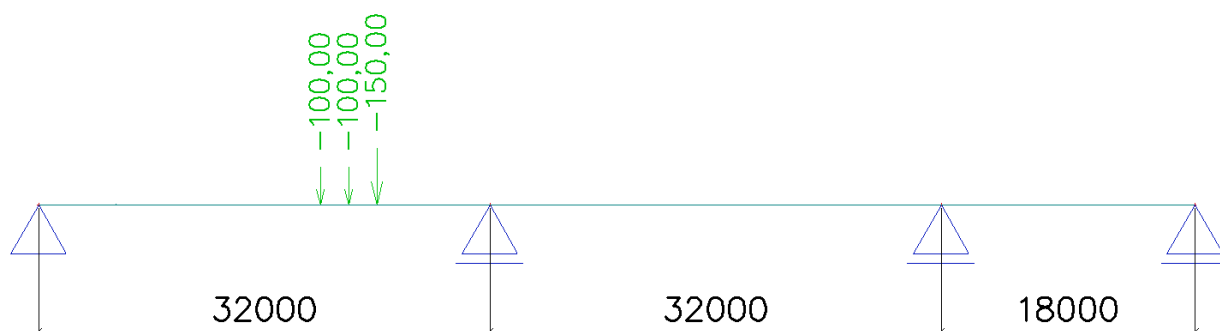


In het veld **Vermenigvuldiging** kan een evenredigheidsfactor ingesteld worden. Met de knop **Naar Document** kan het numerieke resultaat rechtstreeks naar het document gestuurd worden.

## Project M2: Laststelsels

In dit project wordt een brugligger op meerdere steunpunten gemodelleerd. Na het definiëren van een route en een mobiele eenheidslast worden diverse laststelsels gekoppeld aan de eenheidslast.

Via een selectieve exploitatie worden automatisch belastingsgevallen gegenereerd voor diverse posities van de laststelsels. In een laatste stap worden omhullende belastingsgevallen gegenereerd voor de diverse ontwerpcomponenten om een inzicht te verkrijgen in het globale gedrag van de structuur.



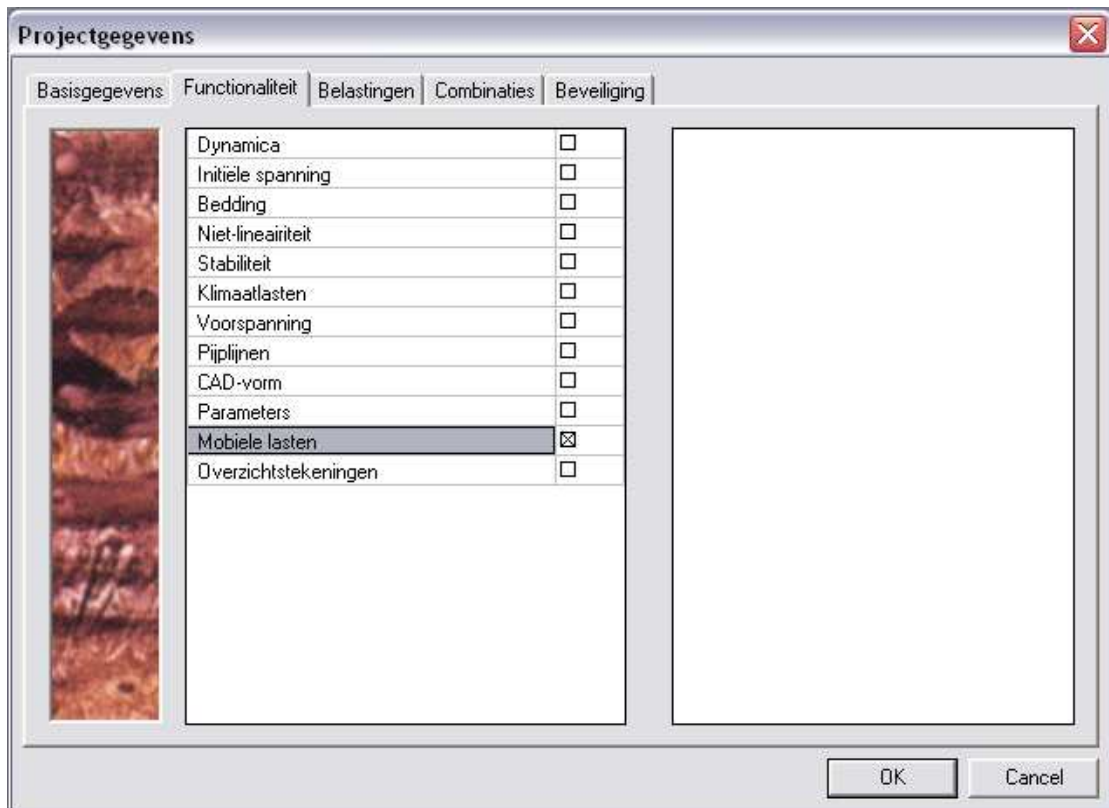
### a) Projectgegevens

The screenshot shows the 'Projectgegevens' dialog box with the following fields and options:

- Gegevens:**
  - Naam: Project M2
  - Deel: -
  - Omschrijving: Laststelsels
  - Auteur: PVT
  - Datum: 30. 09. 2005
- Constructie:** Raamwerk XZ
- Materiaal:**

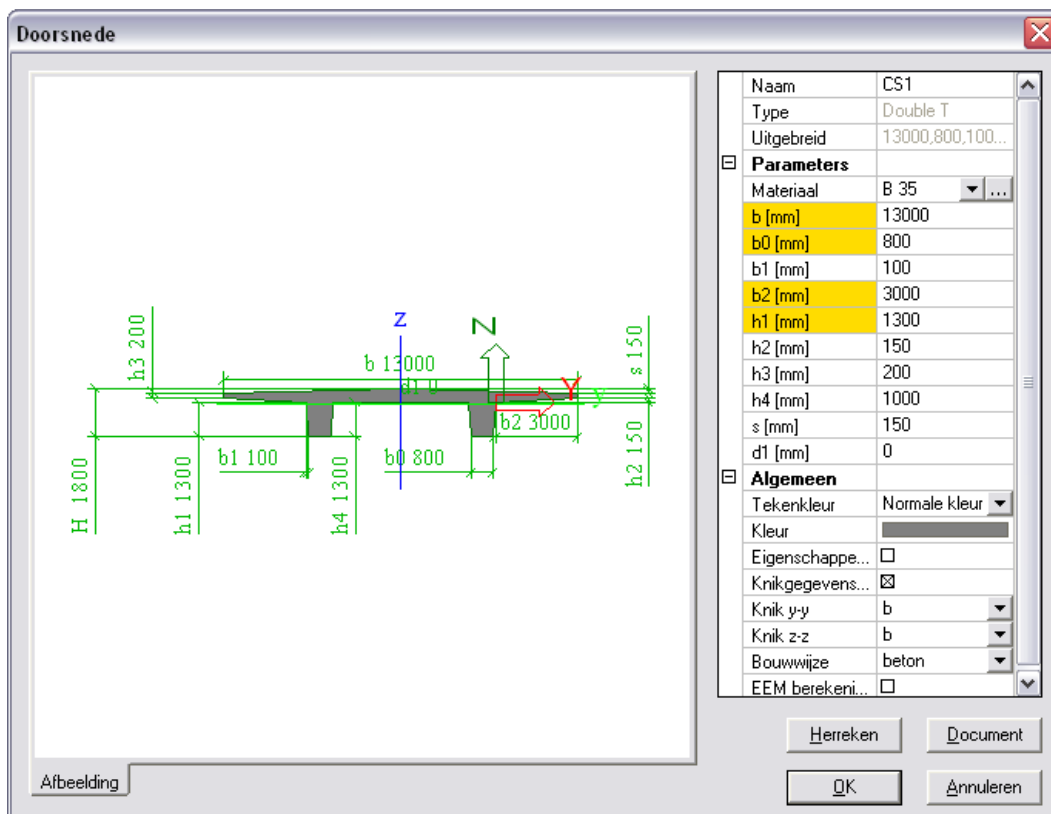
Beton	<input checked="" type="checkbox"/>
Materiaal	B 35
Staal	<input type="checkbox"/>
Hout	<input type="checkbox"/>
Andere	<input type="checkbox"/>
- Project Niveau:** Geavanceerd
- Model:** Een
- Nationale norm:** NEN


Buttons: OK, Cancel

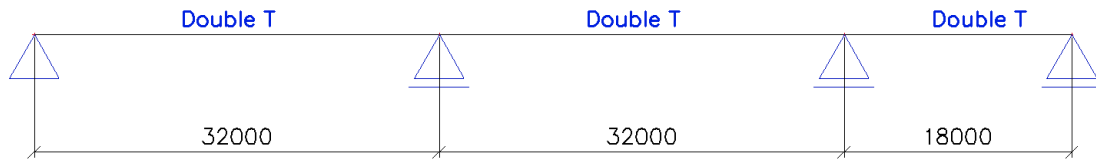


### b) Constructie

De constructie wordt opgebouwd uit een **“Double T”** brugligger met de standaardafmetingen aangegeven door SCIA-ESA PT.




De constructie kan worden ingevoerd als 3 horizontale balken via  Horizontale balk waarbij de beginknoop scharnierend wordt opgelegd en de andere knopen glijdend.



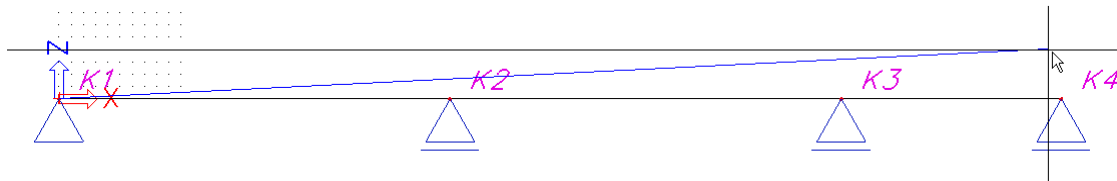
### c) Belasting

Teneinde de constructie te kunnen doorrekenen wordt één belastingsgeval aangemaakt, het eigengewicht.

### d) Invoer route en eenheidslast

Na invoer van de constructie kan het menu  Mobiele lasten geopend worden.


Via  Nieuwe mobiele last route kan een spoor gedefinieerd worden van knoop **K1** naar knoop **K4**.

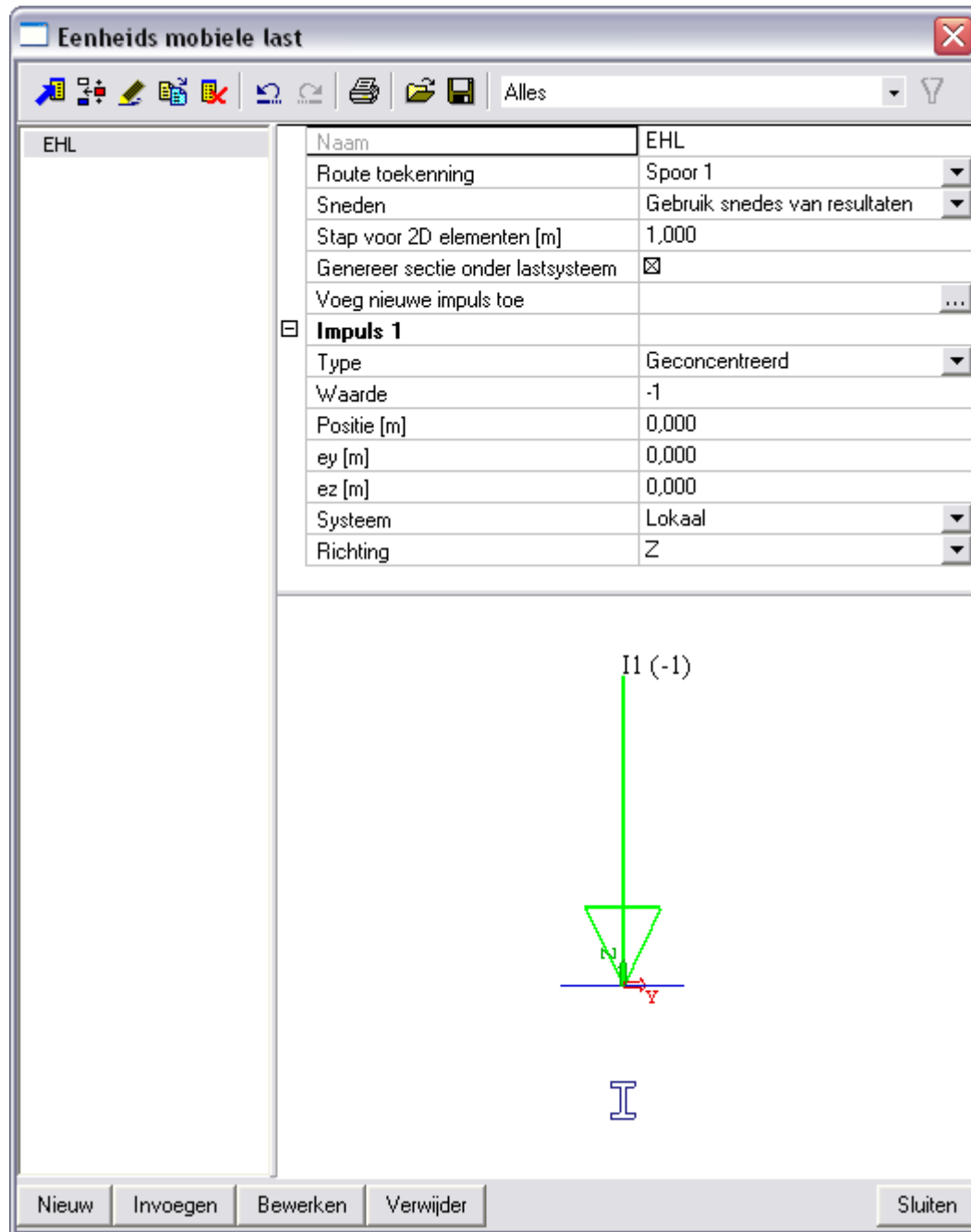


Het Eigenschappenvenster geeft de knopen weer die door de route erkend worden:




Als **Naam** van de route wordt **Spoor 1** ingevoerd.

Na het definiëren van de route kan vervolgens een eenheidslast ingevoerd worden via het menu  Eenheidslasten.



### *e) Invoer Laststelsels*

Aan de hand van de eenheidslast kunnen reeds invloedslijnen voor de constructie gegenereerd worden. SCIA-ESA PT laat echter ook toe om aan deze eenheidslast een laststelsel te koppelen.

De invoer van laststelsels gebeurt via de optie  Laststelsel bibliotheek



Zowel Enkelvoudige als Meervoudige Laststelsels kunnen gedefinieerd worden.

Mogelijkheden met Enkelvoudige Laststelsels:

- Samenhangend geheel van puntlasten (vb. voertuig)
- Verdeelde lasten van onbepaalde lengte (vb. voetgangers)
- Een combinatie van beide

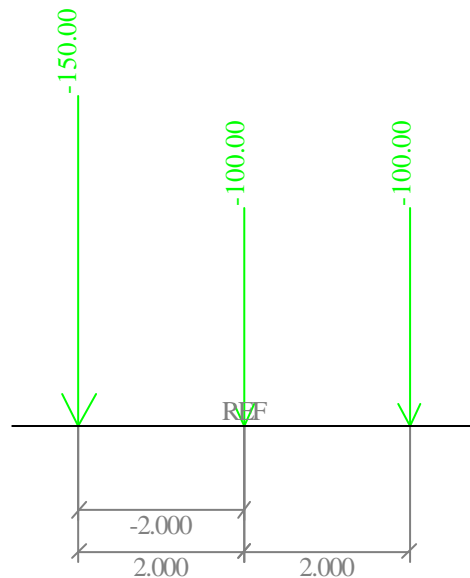
Mogelijkheden met Meervoudige Laststelsels:

- Verdeelde last met bepaalde lengte in combinatie met een verdeelde last van onbepaalde lengte.
- Twee gelijke onafhankelijke stelsels van puntlasten met variabele tussenafstand in combinatie met een verdeelde last van onbepaalde lengte.
- Drie of meer onafhankelijke stelsels van puntlasten met vaste tussenafstand in combinatie met een verdeelde last van onbepaalde lengte.

In dit project worden volgende drie laststelsels beschouwd:

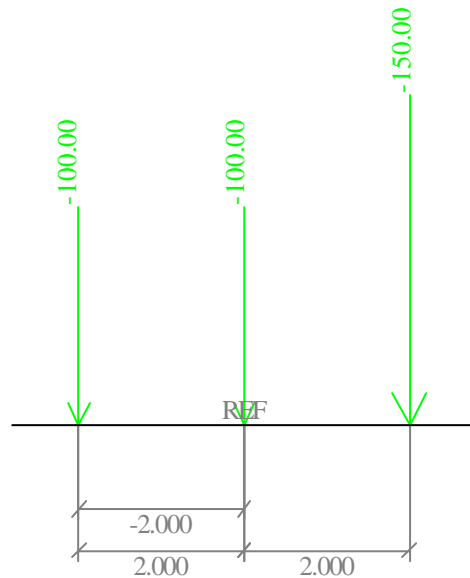
#### 1) Enkelvoudig Laststelsel **P Lasten Links**

Dit laststelsel bestaat uit een puntlast van 150 kN en 2 puntlasten van 100 kN met onderlinge afstand 2m. De puntlast van 150 kN staat vooraan.



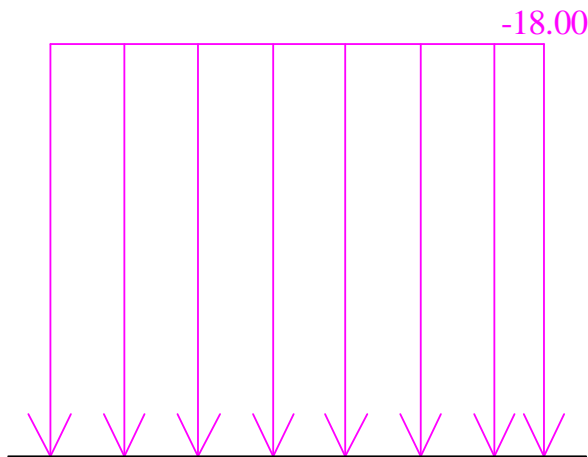
## 2) Enkelvoudig Laststelsel **P Lasten Rechts**

Dit laststelsel bestaat uit een puntlast van 150 kN en 2 puntlasten van 100 kN met onderlinge afstand 2m. De puntlast van 150 kN staat achteraan.



## 3) Enkelvoudig Laststelsel **Q Last**

Dit laststelsel bestaat uit een verdeelde last van 18 kN/m met onbepaalde lengte.



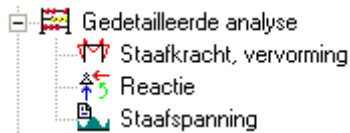
Bij het invoeren van een Enkelvoudig Laststelsel bestaat de mogelijkheid de optie **Puntlasten in gebied negatief, invloed tellen 100%** aan te vinken. Indien deze optie geactiveerd wordt, dan wordt de volledige geconcentreerde last die zich bevindt in het negatieve gebied van de invloedslinje meegenomen voor de berekening. Het activeren van deze optie zorgt ervoor dat het gevonden maximum gereduceerd wordt.

In dit project wordt deze optie niet geactiveerd.

### f) Exploitatie van laststelsels

Na het definiëren van de mobiele eenheidslast en de laststelsels kan de lineaire berekening gestart worden via de knop  **Berekening** in de project knoppenbalk.

Na de berekening verschijnt in het menu Mobile Lasten een nieuwe groep:



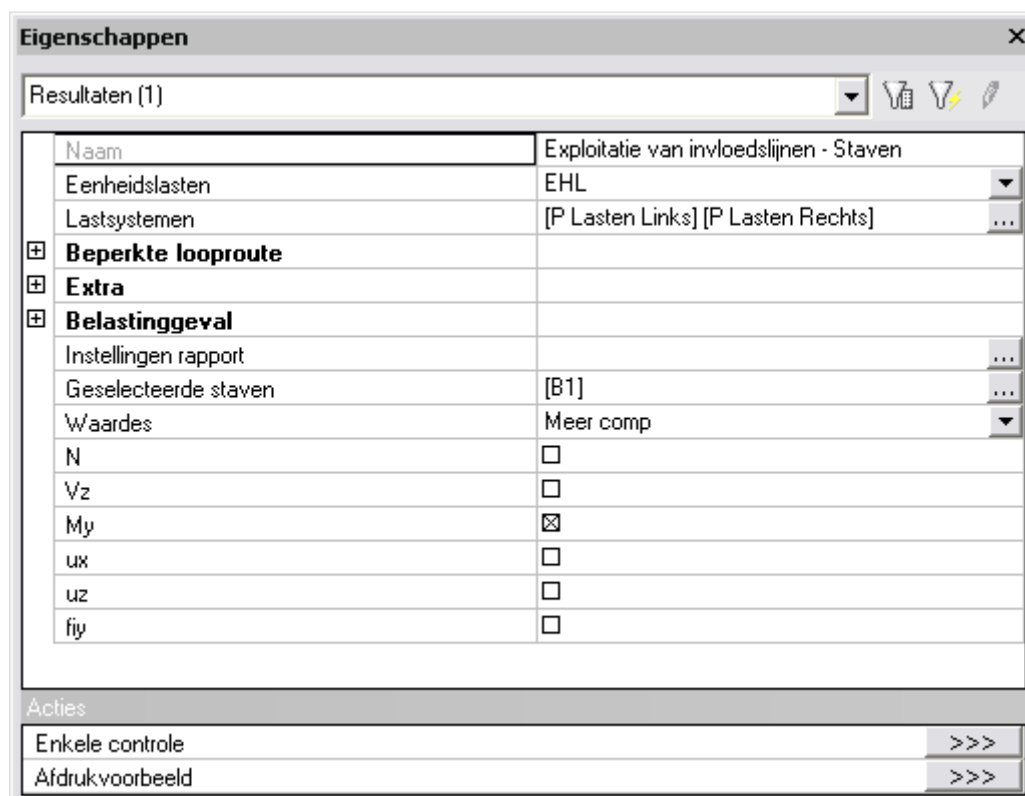
Bij de Gedetailleerde Analyse kunnen de laststelsels gekoppeld worden aan de eenheidslast. SCIA-ESA PT bepaald voor elke gewenste positie op de structuur, tussen alle geselecteerde trajecten, het stelsel dat voor de gekozen ontwerpparameter het meest nadelig is.

Dit wordt geïllustreerd voor 2 verschillende gevallen.

#### Geval 1

Er wordt een exploitatie uitgevoerd voor het moment **My** op een positie **24m** op de eerste ligger **B1**. De exploitatie wordt uitgevoerd voor de laststelsels **P Lasten Links** en **P Lasten Rechts**.

In het Eigenschappenvenster kunnen deze opties ingesteld worden:



De geavanceerde opties **Beperkte looproute**, **Extra** en **Belastingsgeval** worden verder in deze bundel besproken.

Via de actie **Afdrukvoorbeeld** kan het resultaat van de gevraagde exploitatie opgevraagd worden:

**1. Beschrijving van de invloedslijn +**

**De geselecteerde laststelsels waarvoor exploitatie gedaan werd:**

Invloedslijn:

Staaft B1, Positie : 24.00[m], Type : My

Betreffende laststelsel:

P Lasten Links

P Lasten Rechts

Eenheidslast : EHL

**2. Coördinaten van de knopen van de route en hun ordinaten:**

Knoop	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0.000	0.000	0.000
2	32.000	0.000	0.000
3	64.000	0.000	0.000
4	82.000	0.000	0.000

**3. Oppervlakte van de velden van de invloedslijn:**

Opp. Nr	Opp.
1	43.527
2	-34.564
3	2.722

**4. Coördinaten van de punten waar het teken van de invloedslijn verandert:**

Teken Nr	X [m]	Y [m]	Z [m]
0	0.000	0.000	0.000
1	32.000	0.000	0.000
2	64.000	0.000	0.000

**5. Additionele factoren:**

Verm.factor resultaten behalve vervormingen: 1.000 Mobile factor: 1.000

**6. Gegevens laststelsel met max./min. waardes:**

Negatieve maximale positie : P Lasten Links

Som P [kNm]	Som Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-621.408	0.000	44.667	44.667

Positieve maximale positie : P Lasten Rechts

Som P [kNm]	Som Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
1149.983	0.000	22.000	22.000

**7. Resultaat:**

Negatieve maximale positie : P Lasten Links

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
My negatief	-621.408	0.000	-621.408	[kNm]

Positieve maximale positie : P Lasten Rechts

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
My positief	1149.983	0.000	1149.983	[kNm]

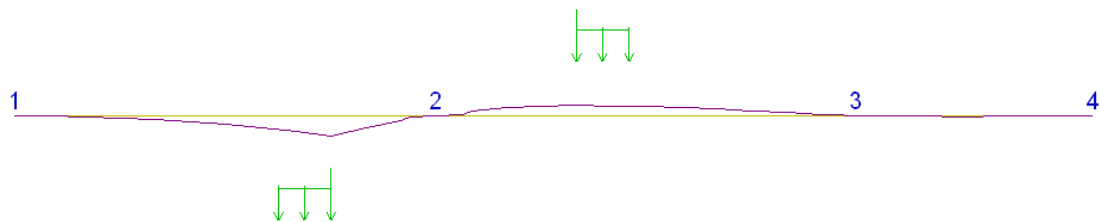
De onderdelen die in het rapport moeten weergegeven worden kunnen aangeduid worden via de optie **Instellingen Rapport**.

Onder hoofding 1. is te zien dat gezocht wordt naar de positie waarvoor de ontwerpparameter  $M_y$  extreem wordt op een positie **24m** op staaf **B1**.

Onder hoofding 6. en 7. wordt aangegeven dat er twee extremen gevonden zijn.

- $M_y$  is minimaal (**-621,408 kNm**) op **24m** indien het referentiepunt van het laststelsel **P Lasten links** zich bevindt op **44,667m** vanaf het beginpunt van de route.
- $M_y$  is maximaal (**1149,983 kNm**) op **24m** indien het referentiepunt van het laststelsel **P Lasten rechts** zich bevindt op **22m** vanaf het beginpunt van de route.
- De waarden  $X_1$  en  $X_2$  zijn hier hetzelfde aangezien een enkelvoudig laststelsel gebruikt wordt.

Dit resultaat wordt ook grafisch weergegeven:



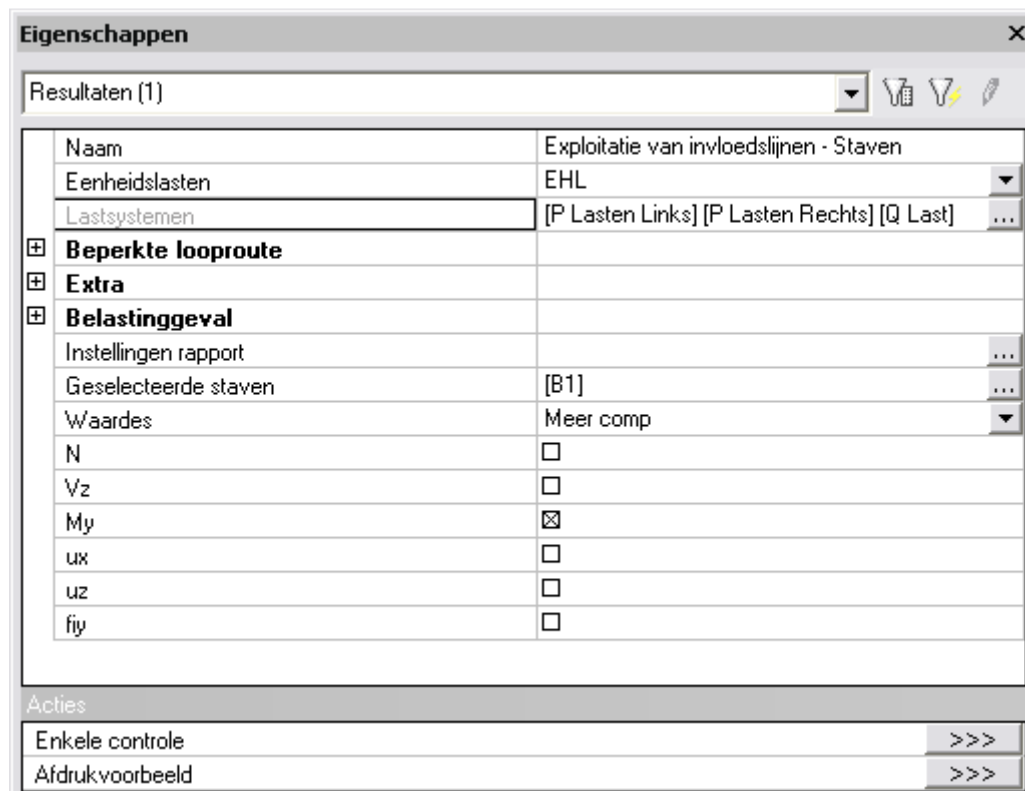
Via de actie **Enkele Controle** worden de resultaten getoond in een venster waarbij eenvoudig de positie voor exploitatie kan gewijzigd worden.



## Geval 2

Er wordt een exploitatie uitgevoerd voor het moment **My** op een positie **24m** op de eerste ligger **B1**. De exploitatie wordt uitgevoerd voor de laststelsels **P Lasten Links**, **P Lasten Rechts** en **Q Last**.

In het Eigenschappenvenster kunnen deze opties ingesteld worden:



Via de actie **Afdrukvoorbeeld** kan het resultaat van de gevraagde exploitatie opgevraagd worden:

### 1. Beschrijving van de invloedslijn +

#### De geselecteerde laststelsels waarvoor exploitatie gedaan werd:

Invloedslijn:

Staaft B1, Positie : 24.00[m], Type : My

Betreffende laststelsel:

P Lasten Links

P Lasten Rechts

Q Last

Eenheidslast : EHL

### 2. Coördinaten van de knopen van de route en hun ordinaten:

Knoop	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0.000	0.000	0.000
2	32.000	0.000	0.000
3	64.000	0.000	0.000
4	82.000	0.000	0.000

### 3. Oppervlakte van de velden van de invloedslijn:

Opp. Nr	Opp.
1	43.527
2	-34.564
3	2.722

### 4. Coördinaten van de punten waar het teken van de invloedslijn verandert:

Teken Nr	X [m]	Y [m]	Z [m]
0	0.000	0.000	0.000
1	32.000	0.000	0.000
2	64.000	0.000	0.000

### 5. Additionele factoren:

Verm.factor resultaten behalve vervormingen: 1.000 Mobile factor: 1.000

### 6. Gegevens laststelsel met max./min. waardes:

Negatieve maximale positie : Q Last

Som P [kNm]	Som Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
0.000	-622.150	0.000	0.000

Positieve maximale positie : P Lasten Rechts

Som P [kNm]	Som Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
1149.983	0.000	22.000	22.000

### 7. Resultaat:

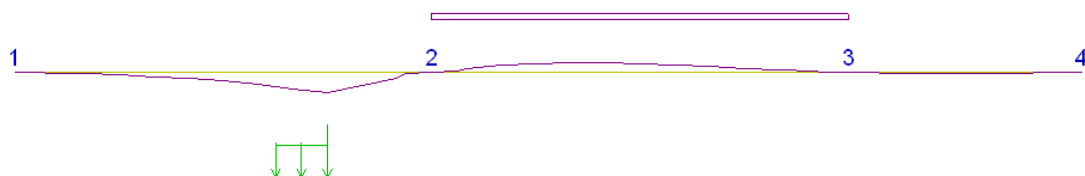
Negatieve maximale positie : Q Last

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
My negatief	0.000	-622.150	-622.150	[kNm]

Positieve maximale positie : P Lasten Rechts

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
My positief	1149.983	0.000	1149.983	[kNm]

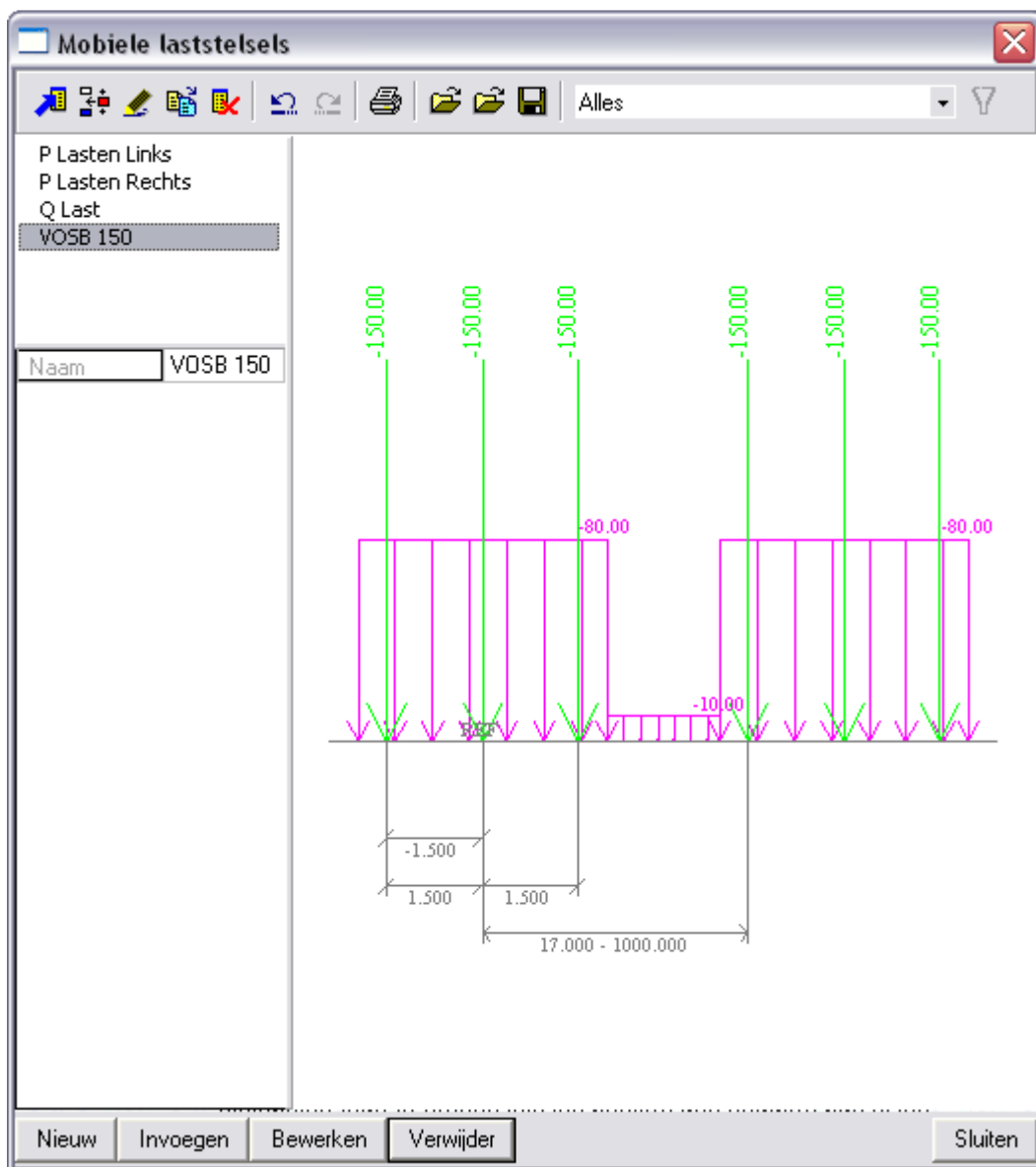
Dit resultaat wordt ook grafisch weergegeven:



Een invloedslijn voor een punt van de constructie is de voorstelling van de amplitude van de ontwerpparameter in het punt, wanneer een éénheidslast zich over de structuur verplaatst. Door de verdeelde last overal te plaatsen waar de invloedslijn hetzelfde teken heeft wordt een extreem resultaat bekomen. In dit voorbeeld bereikt het moment  $M_y$  op 24m een minimale waarde **-622,15 kNm** als de verdeelde last aangrijpt op het tweede veld.

Opmerkingen:

- Bij een exploitatieberekening kunnen verschillende laststelsels geselecteerd worden. Bij de berekening beschouwt SCIA-ESA PT deze laststelsels als afzonderlijk.
- Om een exploitatie te bekomen waarbij verschillende stelsels tegelijk de structuur belasten dient gebruik gemaakt te worden van meervoudige stelsels.
- In dit project werd slechts één route gedefinieerd. Het is vanzelfsprekend ook mogelijk meerdere routes te definiëren. Bij een berekening waarbij verschillende routes en verschillende laststelsels geselecteerd zijn, beschouwt het programma elk stelsel op elke route afzonderlijk. De resulterende extreme component komt van één van de stelsels op één van de routes.
- In de systeemdatabase zijn reeds diverse laststelsels voorgeprogrammeerd.



### ***g) Generatie Belastingsgevallen – Omhullende Belastingsgevallen***

SCIA-ESA PT laat toe zowel enkele belastingsgevallen als omhullenden aan te maken.

#### Generatie Belastingsgevallen

Bij de exploitatie van een ontwerpparameter in een snede is het mogelijk een reeks exclusieve variabele belastingsgevallen te genereren.

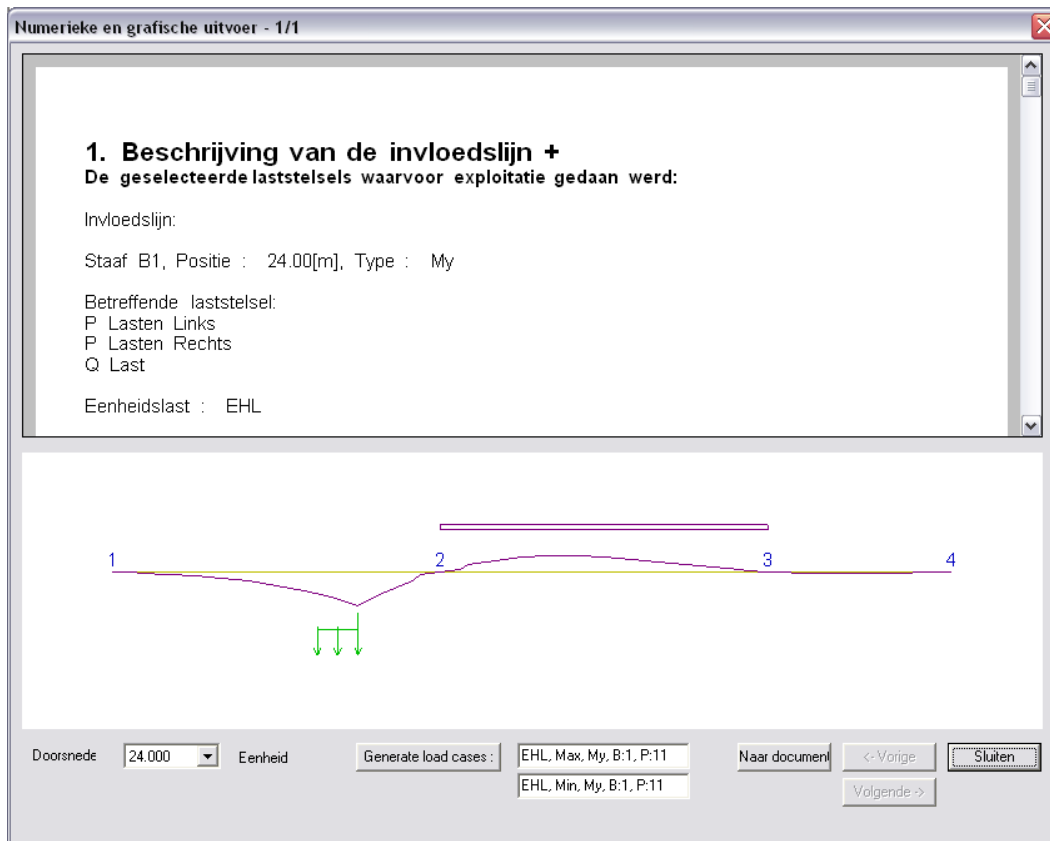
Allereerst dient de optie **Belastingsgeval - Genereer** aangevinkt te worden bij de Gedetailleerde Analyse.

Indien nog geen variabele lastengroep gevonden wordt, geeft het programma de vraag weer of een nieuwe groep dient aangemaakt te worden.

In dit voorbeeld wordt dit toegepast op het hoger vermelde geval 2:

Eigenschappen	
Resultaten (1)	
Naam	Exploitatie van invloedslijnen - Staven
Eenheidslasten	EHL
Lastsystemen	[P Lasten Links] [P Lasten Rechts] [Q Last] ...
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Beperkte looproute</b>	
Beperkte looproute inschakelen	<input type="checkbox"/>
Begin [m]	0,000
Einde [m]	0,000
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Extra</b>	
Extra factor mbt resultaten behalve vervormingen	1
Mobiele factor	1
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Belastinggeval</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Genereer</b>	
Lastgroep	LG2 ...
Instellingen rapport	...
Geselecteerde staven	[B1] ...
Waardes	Meer comp
N	<input type="checkbox"/>
Vz	<input type="checkbox"/>
My	<input checked="" type="checkbox"/>
ux	<input type="checkbox"/>
uz	<input type="checkbox"/>
fiy	<input type="checkbox"/>
Acties	
Enkele controle	>>>
Afdrukvoorbeeld	>>>

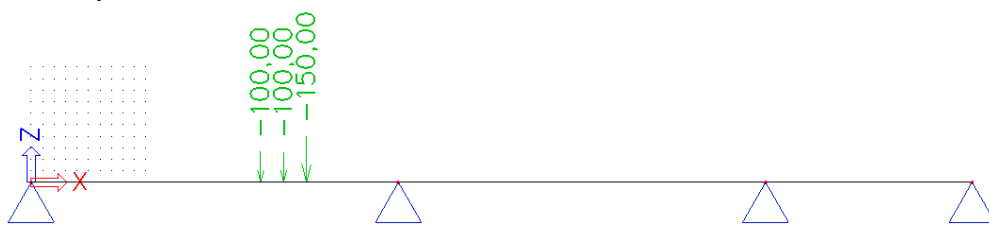
Na het activeren van deze optie wordt via de actie **Enkele Controle** een enkele controle uitgevoerd op de staaf **B1**.



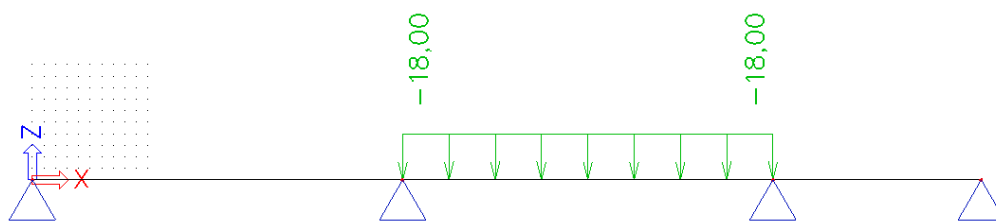
Via de knop **Generate Load Cases** worden twee belastingsgevallen gegenereerd, één voor de minimale My op 24m en één voor de maximale My op 24m. De parameter B geeft de staaf aan, de parameter P de positie op de staaf.

Aangezien met deze optie werkelijke belastingsgevallen aangemaakt werden kan de inhoud van deze belastingsgevallen bekeken worden.

Max My:



Min My:



Na een lineaire berekening kunnen deze belastingsgevallen gecombineerd worden met andere belastingsgevallen en bijvoorbeeld gebruikt worden voor een staalcontrole.




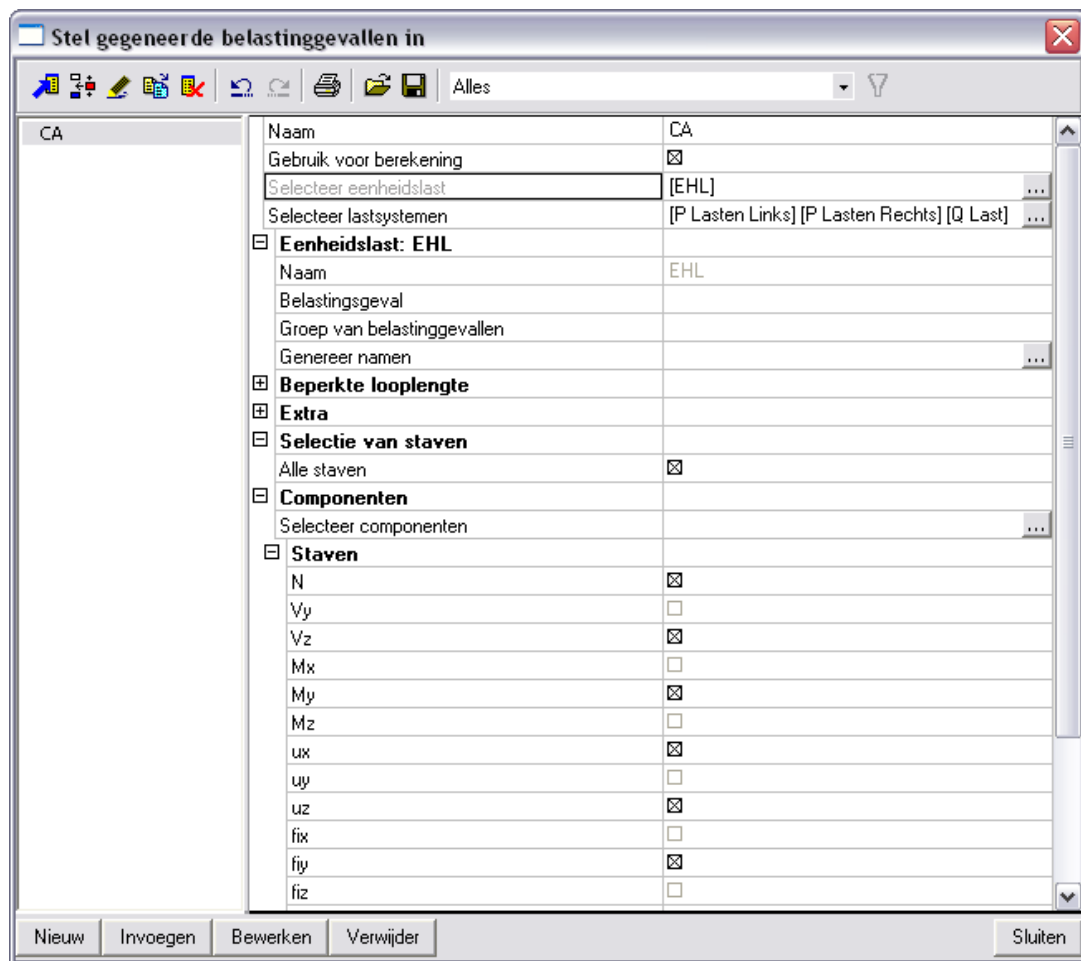
### Generatie Omhullende Belastingsgevallen

Tijdens de exploitatie van de invloedslijnen worden de individuele snedes van de route geëvalueerd voor de ontwerpcomponenten (vb. My). Tijdens deze exploitatie wordt de kritische positie van het laststelsel bepaald. Deze positie veroorzaakt een maximale waarde van de ontwerpcomponent in de desbetreffende snede. Deze waarde wordt opgeslagen samen met de overeenkomstige waarden van deze ontwerpcomponent in andere snedes en de procedure wordt herhaald voor de volgende snede.

Zodra de berekening voor elke snede is uitgevoerd, kan de omhullende gecreëerd worden. Het systeem kan dan vervolgens omhullenden voor andere ontwerpcomponenten creëren (vb. Vy, Vz, enz..) Het is belangrijk om in te zien dat de omhullende geen werkelijk belastingsgeval voorstelt, het is dan ook niet mogelijk de inhoud te tonen.

De omhullende stelt een fictief belastingsgeval voor dat de gevonden extremen weergeeft. Om deze reden heeft het dan ook geen betekenis om deze omhullende te gebruiken voor bijvoorbeeld een staalcontrole. Deze omhullende kan wel gecombineerd worden met andere belastingsgevallen om een inzicht te krijgen in het globale gedrag van de structuur.

Om dergelijke omhullende belastingsgevallen te genereren wordt in het menu Mobile Lasten gebruik gemaakt van de optie  Stel gegenereerde belastinggevallen in .



Allereerst dient te worden aangegeven welke eenheidslasten en welke laststelsels in rekening moeten gebracht worden. In dit voorbeeld worden de drie ingevoerde laststelsels geselecteerd.

Vervolgens kan met de optie **Genereer namen** het programma automatisch namen genereren voor de aan te maken omhullende belastinggevallen. Het is ook mogelijk zelf namen in te voeren. In dit voorbeeld worden de namen van de belastinggevallen automatisch gegenereerd door het programma en wordt voor de lastengroep de naam **Mobiel** ingevoerd.

Bij **Selectie van staven** wordt de optie **Alle staven** aangevinkt zodat alle staven meegenomen worden in de berekening.

Via **Selecteer Componenten** kan worden aangegeven voor welke componenten een omhullende moet gegenereerd worden. In dit voorbeeld worden alle componenten beschouwd.

**Instellen van component** ✖

Uitvoer van componenten van staven

N     $V_y$      $V_z$      $M_x$      $M_y$      $M_z$   
  $u_x$      $u_y$      $u_z$      $\phi_{ix}$      $\phi_{iy}$      $\phi_{iz}$

Uitvoer van componenten van ondersteuningen

$R_x$      $R_y$      $R_z$      $M_x$      $M_y$      $M_z$

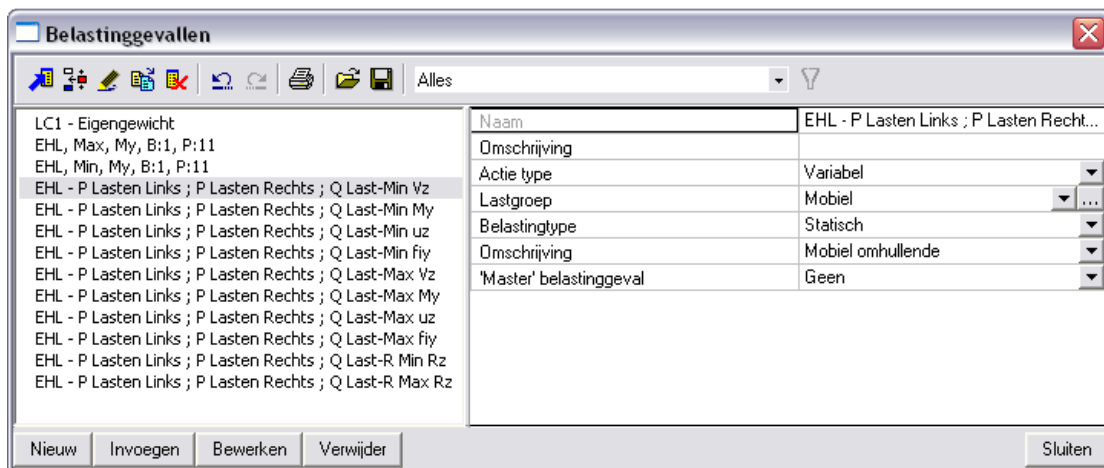
Uitvoer van componenten op 2D elementen

$m_x$      $m_y$      $m_{xy}$      $q_x$      $q_y$      $n_x$      $n_y$      $q_{xy}$   
  $u_x$      $u_y$      $u_z$      $\phi_{ix}$      $\phi_{iy}$      $\phi_{iz}$

Na het invoeren van deze gegevens kan een lineaire berekening uitgevoerd worden zodat de omhullende belastingsgevallen worden aangemaakt.

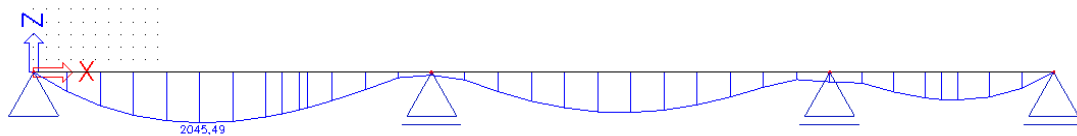
Na berekening geeft de Belastinggevallen manager het volgende weer:



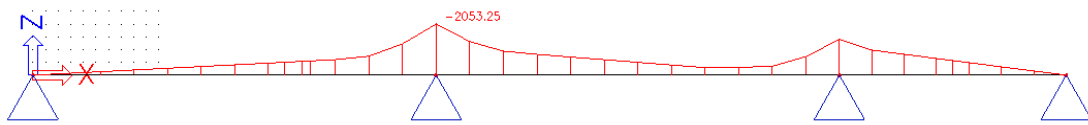
De belastinggevallen hebben als omschrijving Mobiel omhullende en zitten in een exclusieve lastengroep. De lastengroep kan desgewenst aangepast worden om bijvoorbeeld een Momentaanfactor volgens de NEN of een Lasttype volgens EC1 in te stellen.

Vervolgens kunnen de resultaten van deze omhullenden bekeken worden, bijvoorbeeld het moment  $M_y$ :

Max  $M_y$ :



Min  $M_y$ :



### Opmerkingen:

Bij het doorvoeren van een Gedetailleerde analyse of het genereren van omhullende belastingsgevallen zijn een aantal geavanceerde opties beschikbaar:

- **Beperkte Looproute:**

Tijdens de exploitatie wordt de kritische positie van het laststelsel bepaald. Soms kan het echter zijn dat het extremum bereikt worden indien de mobiele last gedeeltelijk buiten de structuur staat. Met deze optie kan worden aangegeven dat de mobiele last slechts op een beperkt interval van de route kan aangrijpen zodat vermeden wordt dat het laststelsel deels buiten de structuur valt.

De beperking van de looproute wordt zo doorgevoerd dat de waardes van de invloedslijnen buiten het aangegeven interval nul zijn.

- **Extra factor mbt resultaten behalve vervormingen:**

De VOSB norm geeft aan dat elk interne kracht en reactie voor de positie van een mobiele last met deze coëfficiënt moet worden vermenigvuldigd. De resultaten van invloedslijnen voor vervormingen worden niet vermenigvuldigd met deze factor.

Het is dus mogelijk dat een vervorming van een belastingsgeval geassocieerd met interne krachten, zoals Max My een grotere vervorming heeft dan bijvoorbeeld het belastingsgeval Min uz.

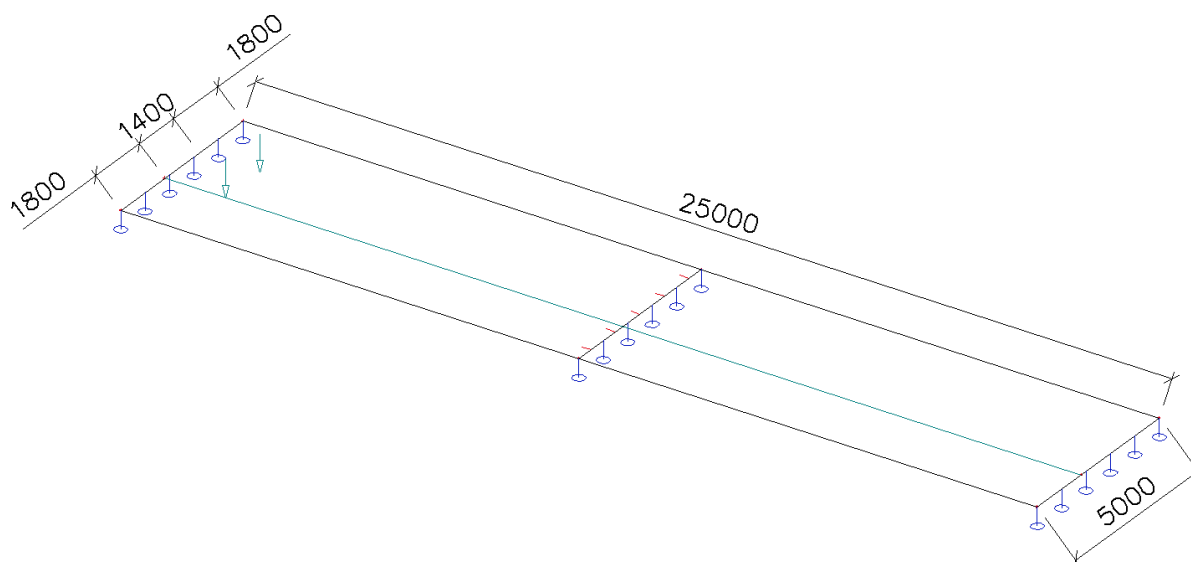
- **Mobiele factor:**

De mobiele factor wordt gebruikt voor bijvoorbeeld het beschouwen van een enkele of dubbele rijstrook.

Alle resultaten worden met deze factor vermenigvuldigd, ook de vervormingen.

## Project M3: Treinbelasting

In dit project wordt een brugdek gemodelleerd als betonnen plaat op drie steunpunten. Analoog aan de vorige projecten wordt op het brugdek een spoor gedefinieerd met een eenheidslast zodat de invloedslijnen kunnen bepaald worden. In dit project wordt echter een eenheidslast met twee impulsen gedefinieerd om beide rails van een treinspoor te simuleren. In een volgende stap wordt aan deze eenheidslast een VOSB 150 laststelsel gekoppeld en worden omhullende belastingsgevallen gegenereerd.



### a) Projectgegevens

**Projectgegevens**

Basisgegevens | Functionaliteit | Belastingen | Combinaties | Beveiliging

Gegevens

Naam: Project M3

Deel: -

Omschrijving: Treinbelasting

Auteur: PVT

Datum: 11. 10. 2005


Constructie: Plaat XY

Materiaal:

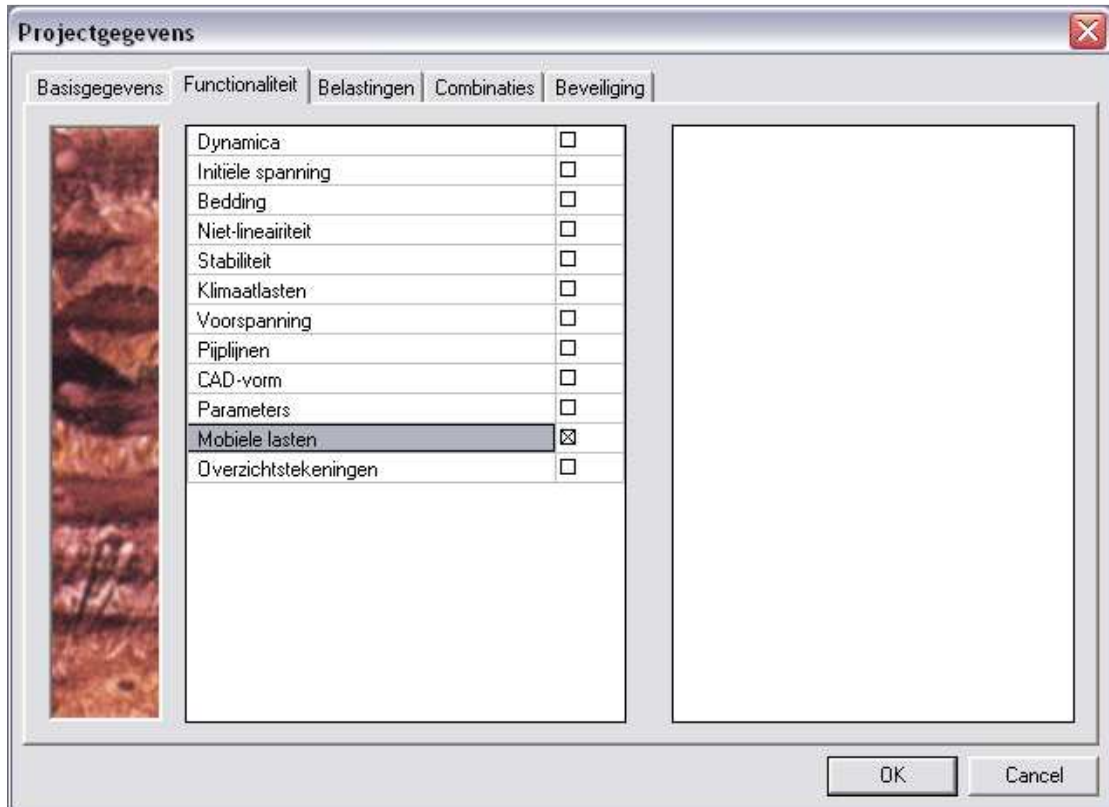
Beton	<input checked="" type="checkbox"/>
Materiaal	B 35
Staal	<input type="checkbox"/>
Hout	<input type="checkbox"/>
Andere	<input type="checkbox"/>

Project Niveau: Geavanceerd

Model: Een

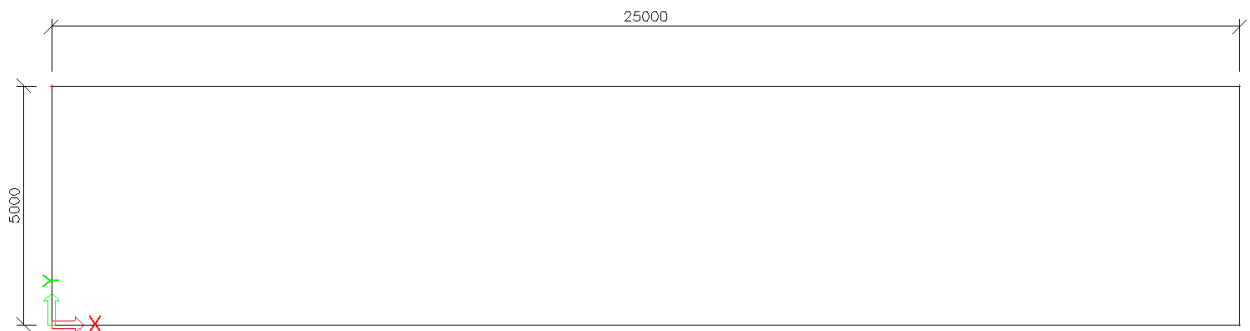
Nationale norm:  NEN



OK Cancel



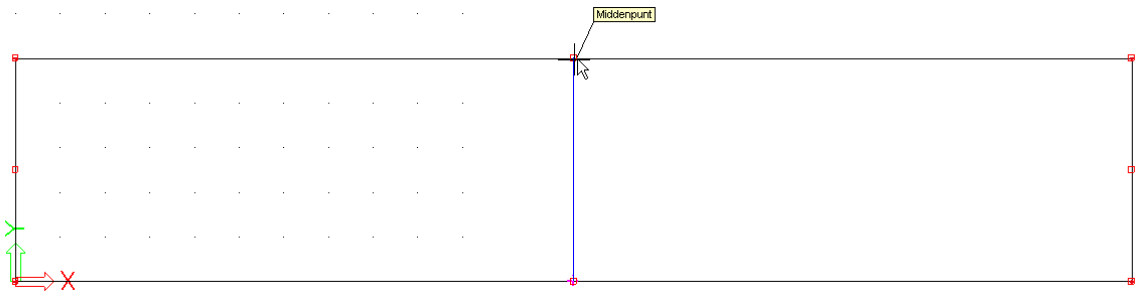
### b) Constructie

Het brugdek kan worden ingevoerd als  Vlak 2D element met dikte **500mm**.  
De lengte van het brugdek is **25m**, de breedte **5m**.

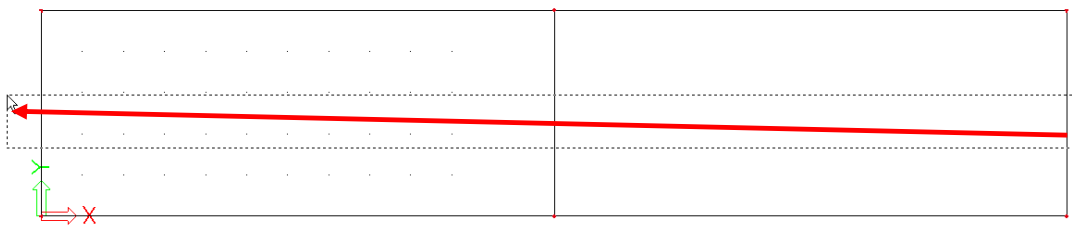


In het midden van het brugdek wordt een interne rand ingevoerd. Gebruik makende van de **Cursor Aanpikinstelling**  kan worden aangepikt op de middenpunten van de lange randen zodat via de optie  Interne rand de rand kan ingevoerd worden.

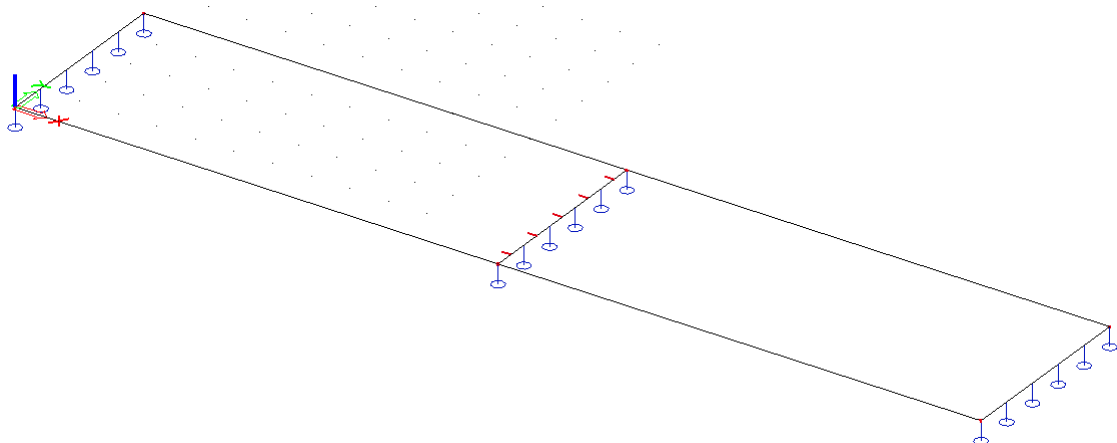




Gebruik makende van   Steunpunt  Lijn op 2D elementrand kan voor de drie korte randen de translatie in de Z-richting belet worden. De drie korte randen kunnen eenvoudig via een kader geselecteerd worden:




Dit geeft volgende structuur:



**c) Belasting**


Teneinde de constructie te kunnen doorrekenen wordt één belastingsgeval aangemaakt, het eigengewicht.

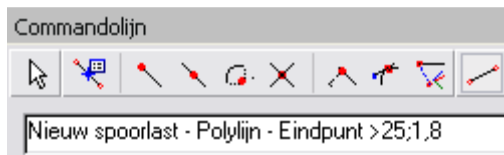
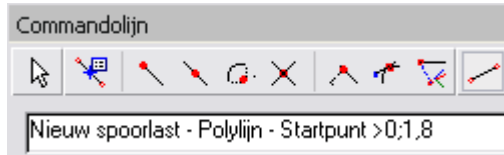
**d) Invoer route en eenheidslast**

Na invoer van de constructie kan het menu  Mobiele lasten geopend worden.

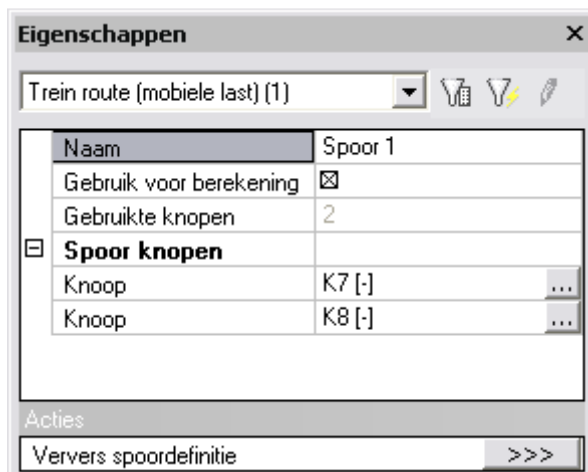
Het treinspoor bestaat in dit project uit twee rails met tussenafstand **1,4m**. Om ervoor te zorgen dat de trein gelijktijdig rijdt op de twee rails wordt 1 mobiele last route ingevoerd met daarop een eenheidslast met twee impulsen.


De route dient dus op **1,8m** van de rand te worden ingevoerd teneinde het treinspoor in het midden van de brug te positioneren.

Via  Nieuwe mobiele last route kan het spoor gedefinieerd worden. De coördinaten kunnen via de Commandolijn ingetypt worden:

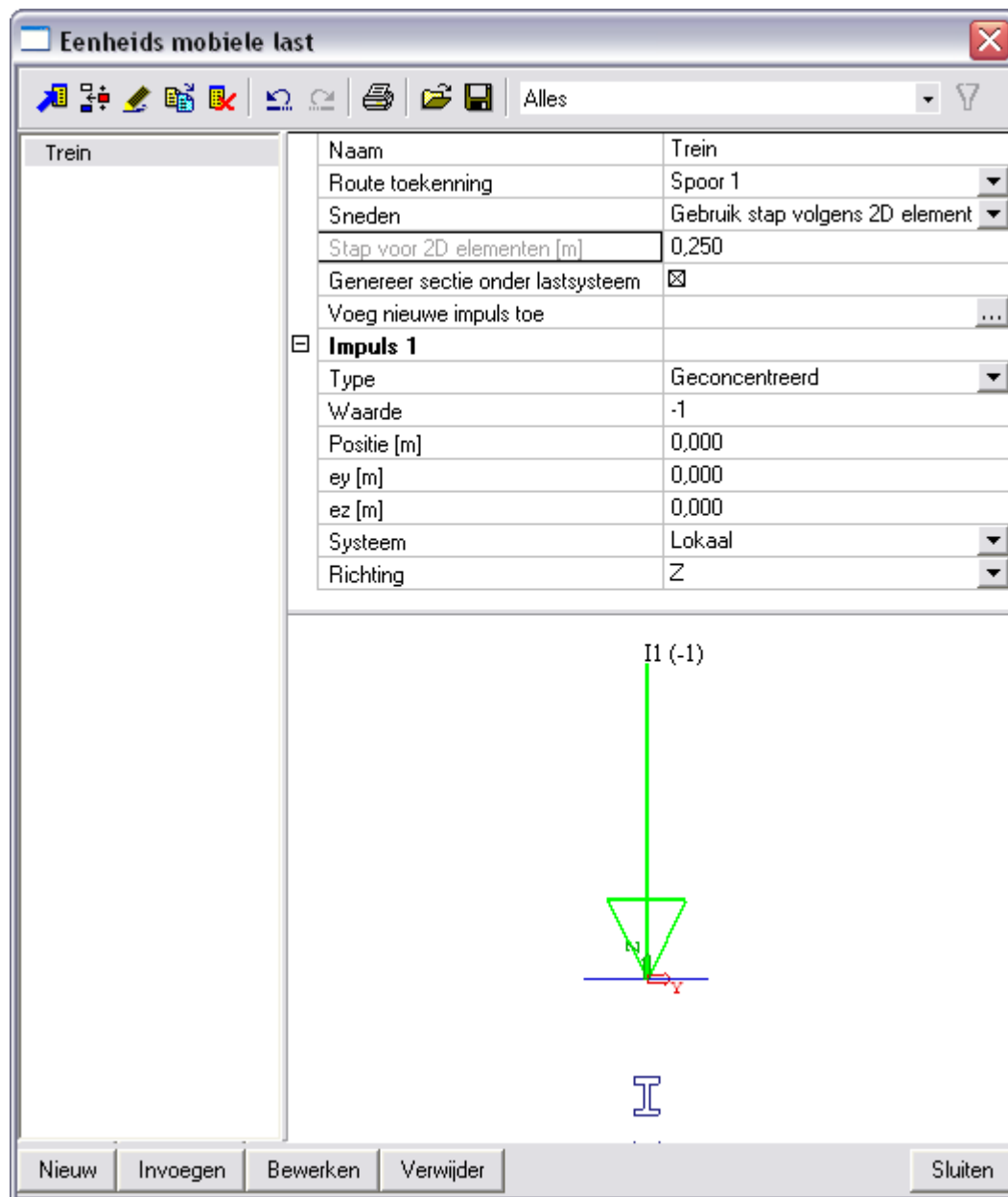


Als **Naam** van de route wordt **Spoor 1** ingevoerd.



Na het definiëren van de route kan vervolgens de eenheidslast ingevoerd worden via het menu  Eenheidslasten.

Als **Naam** van de eenheidslast wordt **Trein** ingevoerd voor eenvoudige referentie. Bij **Snedes** wordt de optie **Gebruik stap volgens 2D Element** gekozen en als stap wordt **0,25m** ingevoerd.



De eenheidslast bestaat nu nog uit 1 geconcentreerde last. Om beide rails van het trainspoor weer te geven wordt een tweede impuls toegevoegd via de optie **Voeg nieuwe impuls toe** ...

Vervolgens kan de **Positie [m]** van **Impuls 2** aangepast worden naar **1,4 m**.

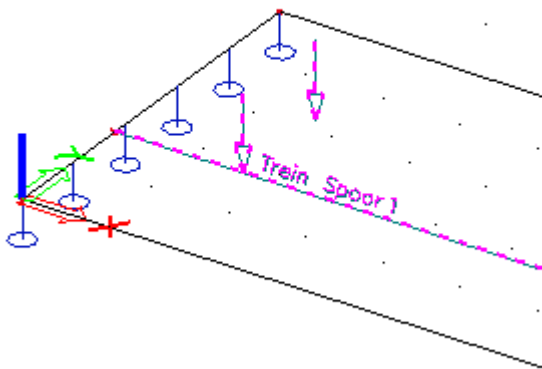
**Eenheids mobiele last**

Trein


Naam	Trein
Route toekenning	Spoor 1
Sneden	Gebruik stap volgens 2D element
Stap voor 2D elementen [m]	0,250
Genereer sectie onder laststelsel	<input checked="" type="checkbox"/>
Voeg nieuwe impuls toe	...
Verwijder impuls	...
<b>Impuls 1</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-1
Positie [m]	0,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z
<b>Impuls 2</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-1
Positie [m]	1,400
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z

Nieuw Invoegen Bewerken Verwijder Sluiten





Beide impulsen worden getoond op het brugdek:



### e) Invloedslijnen

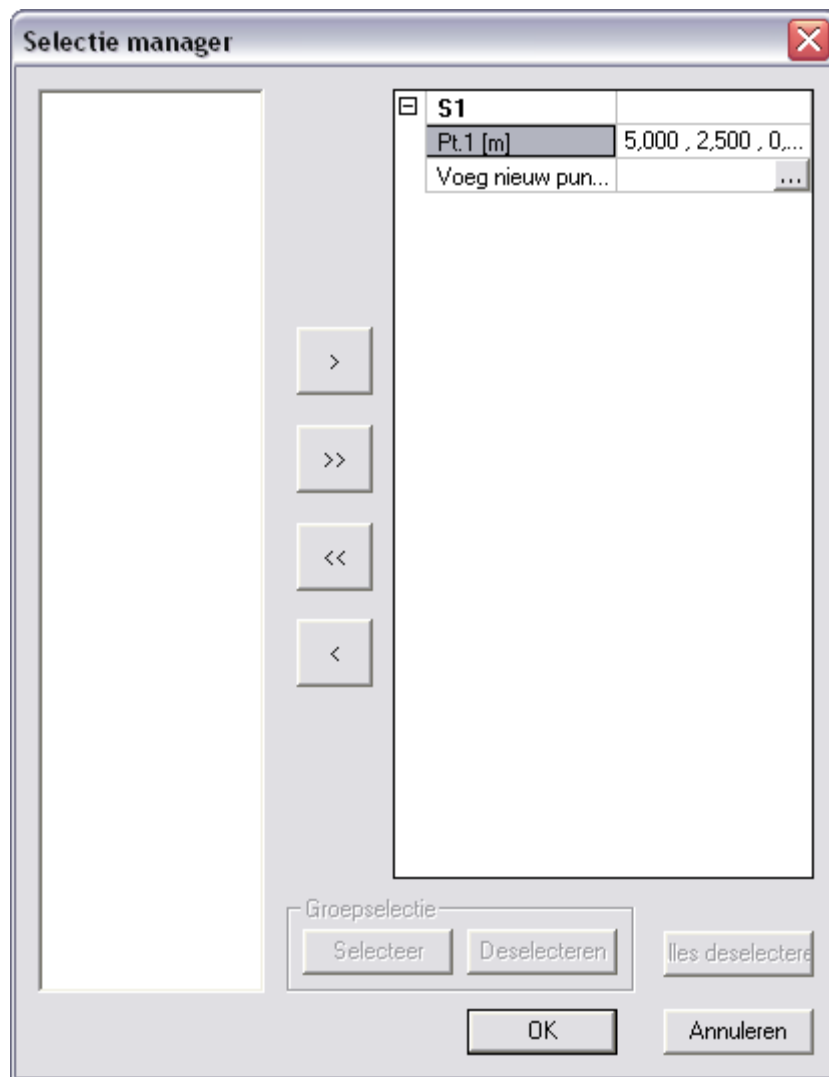
Na het definiëren van de treinroute en de eenheidslast die beide rails voorstellen kan de lineaire berekening gestart worden. Hiervoor is het niet nodig het menu Mobiele Lasten te verlaten maar kan gebruik gemaakt worden van de knop  **Berekening** in de project knoppenbalk. Via  kan de **Gemiddelde grootte van 2D element** op **0,5m** gezet worden.

Na de berekening verschijnt in het menu Mobiele Lasten een nieuwe groep:

-  Invloedslijnen
  -  Knoopvervormingen
  -  Vervormingen op plaat
  -  Interne krachten op plaat

Bij het kiezen van een resultatengroep dient vervolgens via het **Selectie Gereedschap** te worden aangegeven op welk 2D element in welk punt de resultaten dienen getoond te worden.

De resultaten worden bijvoorbeeld opgevraagd voor de **Vervormingen op plaat** in het punt ( 5 ; 2,5 ; 0 )

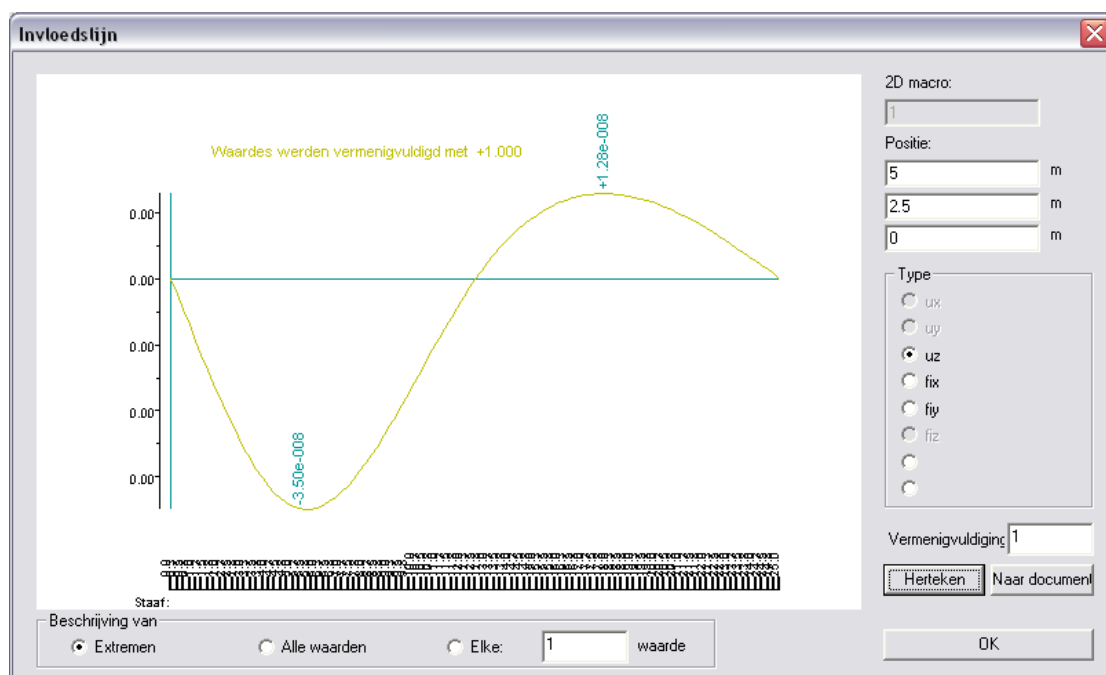


Het **Afdrukvoorbeeld** geeft vervolgens de resultaten weer:


## Invloedslijnen - Vervormingen op 2D elementen

Invloedslijnen - Vervormingen op 2D elementen								
Invloedslijn voor vervormingen op 2D macro								
Trein over Spoor 1 - 2D macro 1 - Positie: x=5.0,y=2.5,z=0.0m								
Waardes verm. met: 1.00								
pos	ux	uy	uz	fix	fiy	fiz		
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.000	0.000	-2.36e-009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.50	0.000	0.000	-4.72e-009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.75	0.000	0.000	-7.05e-009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.00	0.000	0.000	-9.37e-009	0.000	-1.01e-010	0.000	0.000	0.000
1.25	0.000	0.000	-1.16e-008	0.000	-1.11e-010	0.000	0.000	0.000
1.50	0.000	0.000	-1.39e-008	0.000	-1.20e-010	0.000	0.000	0.000
1.75	0.000	0.000	-1.60e-008	0.000	-1.11e-010	0.000	0.000	0.000
2.00	0.000	0.000	-1.81e-008	0.000	-1.02e-010	0.000	0.000	0.000
2.25	0.000	0.000	-2.01e-008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.50	0.000	0.000	-2.21e-008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.75	0.000	0.000	-2.39e-008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.00	0.000	0.000	-2.57e-008	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3.25	0.000	0.000	-2.72e-008	0.000	+2.00e-010	0.000	0.000	0.000

De resultatentabel geeft duidelijk de stap van 0,25m aan. Via **Enkele Controle** kan het resultaat grafisch bekeken worden.

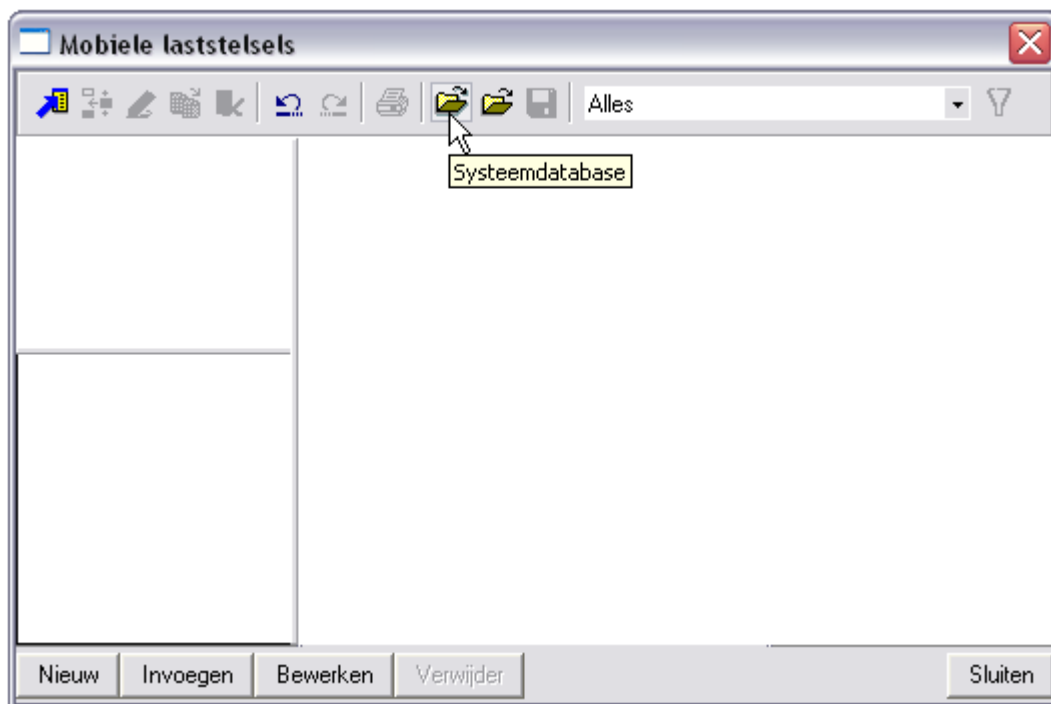



### f) Invoer Laststelsels

Via de optie  Laststelsel bibliotheek kan een laststelsel worden ingevoerd in het project.

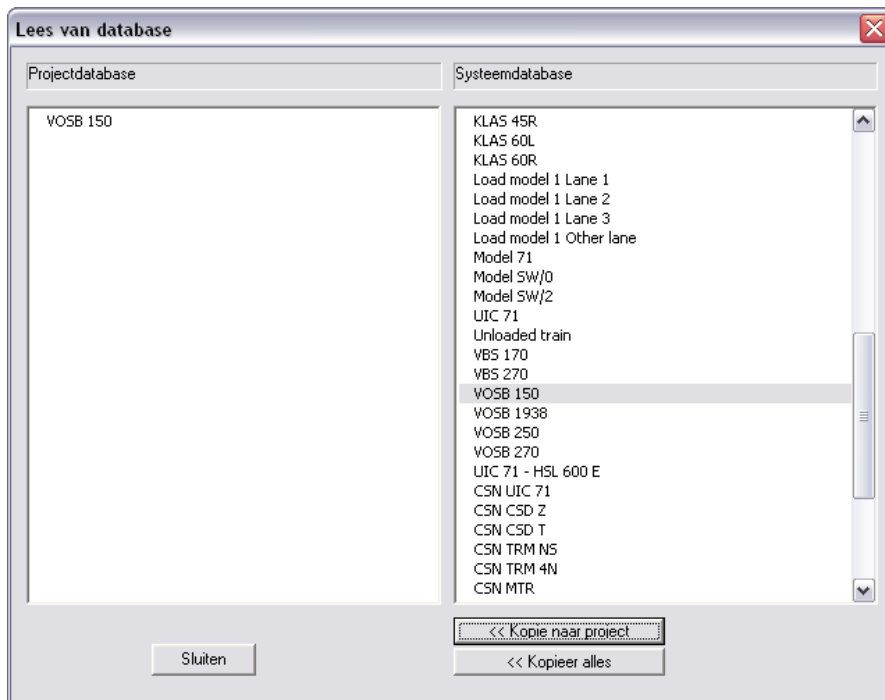
In dit project wordt echter gebruik gemaakt van een voorgedefinieerd laststelsel namelijk VOSB 150.

Het venster Laststelsel wordt daarom geannuleerd zodat de Laststelsel Manager getoond wordt.

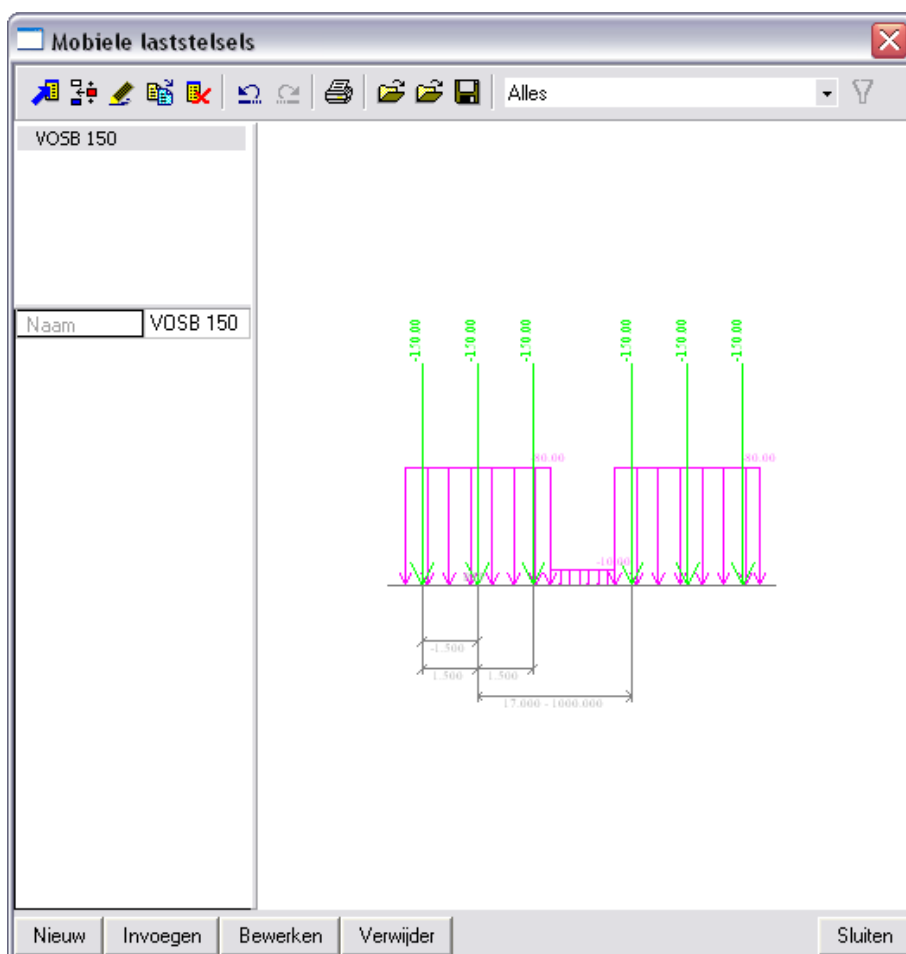


Via de knop Systeembank  kan een voorgedefinieerd laststelsel worden toegevoegd aan het project:





Met de knop  kan het laststelsel **VOSB 150** gekopieerd worden naar het Project. Door op de knop Sluiten te drukken wordt dit stelsel weergegeven in de Laststelsel Manager.



Via de knop **Eigenschappen** kunnen de eigenschappen van dit laststelsel bekeken worden.

**Laststelsel**

Simpel laststelsel | Meervoudig stelsel

Naam:

Percentage ordinaten:

Verdeelde last | Puntlast

Verdeelde last:  kNm/m

	concentreerde l	Offset
1	-150,00	-1,50
2	-150,00	0,00
3	-150,00	1,50
*	0,00	0,00

Groepen:

Twee lastgroepen

Minimale afstand tussen de lastgroepen:  m

Maximale afstand tussen de lastgroepen:  m

Mobiele verdeelde belasting tussen de lastgroepen:  kNm/m

OK Cancel Apply

Het laststelsel bestaat uit 2 groepen van telkens drie puntlasten en een verdeelde last. De puntlasten hebben een waarde 150 kN en onderlinge afstand 1,5m. De verdeelde last heeft een waarde 80 kN/m.


De **Minimale afstand tussen de lastgroepen** bedraagt 17m, de **Maximale afstand** 1000m. SCIA-ESA PT zal de afstanden van de lastgroepen tussen deze twee grenzen laten variëren om het maximale effect op het brugdek te bekomen.

De **Mobiele verdeelde belasting tussen de lastgroepen** bedraagt 10 kN/m. Deze waarde zal het gevonden maximum reduceren.

### g) Exploitatie van laststelsels

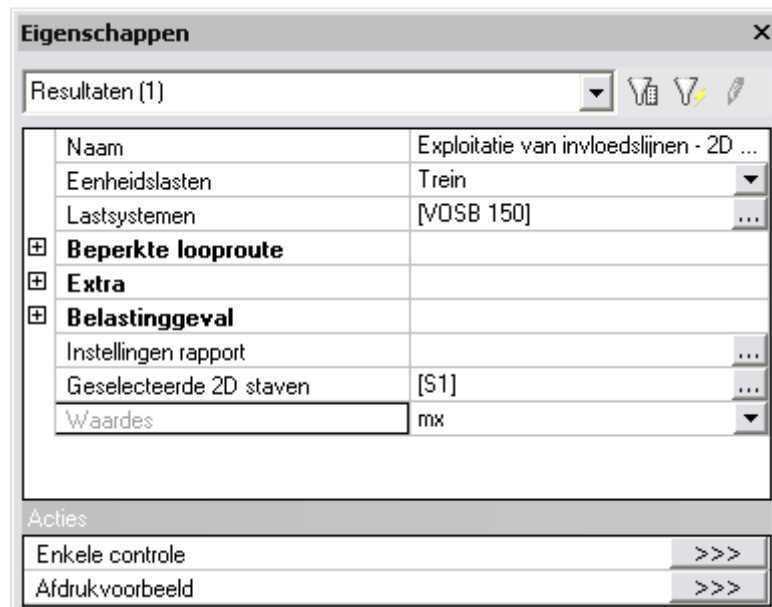
Na het definiëren van de mobiele eenheidslast en de laststelsels kan de lineaire berekening gestart worden via de knop  **Berekening** in de project knoppenbalk.

Na de berekening verschijnt in het menu Mobile Lasten een nieuwe groep:

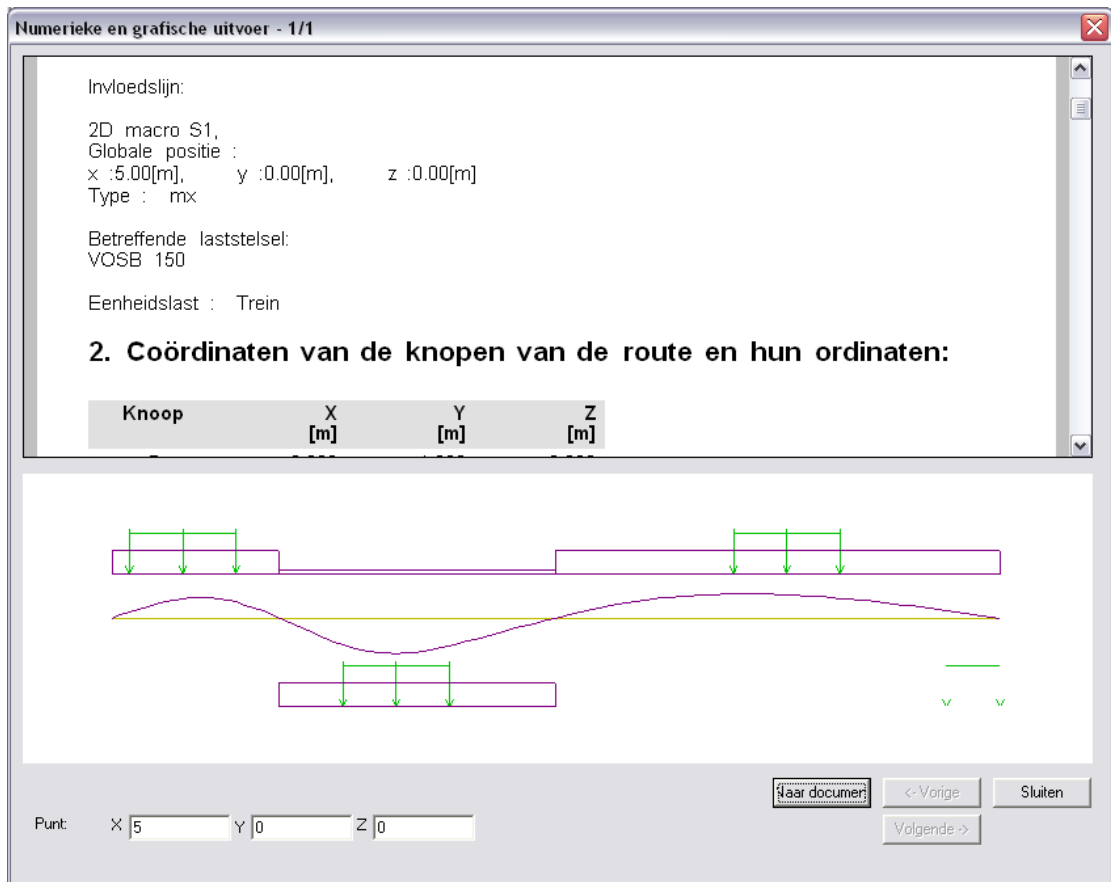
 Gedetailleerde analyse - 2D elementkrachten, vervormingen

Bij de Gedetailleerde Analyse kan het laststelsel gekoppeld worden aan de eenheidslast. SCIA-ESA PT bepaald voor elke gewenste positie op de structuur, tussen alle geselecteerde trajecten, het stelsel dat voor de gekozen ontwerpparameter het meest nadelig is.

Er wordt bijvoorbeeld een exploitatie uitgevoerd voor het moment **mx**. De parameters kunnen worden ingesteld in het Eigenschappenvenster waarbij via **Geselecteerde 2D staven** wordt aangegeven dat de resultaten worden opgevraagd voor 2D element S1.



Vervolgens kan via **Enkele Controle** het brugdek worden aangeduid. De exploitatie wordt bijvoorbeeld uitgevoerd in het punt ( **5 ; 0 ; 0** )



Onder hoofding 6. en 7. wordt aangegeven dat er twee extremen gevonden zijn.

**6. Gegevens laststelsel met max./min. waardes:**

Negatieve maximale positie: VOSB 150

Som P   Som Q   X1   X2
[kNm/m] [kNm/m] [m] [m]
-74.439 -86.272 2.000 19.000

Positieve maximale positie: VOSB 150

Som P   Som Q   X1   X2
[kNm/m] [kNm/m] [m] [m]
62.854 61.174 8.000 25.000

**7. Resultaat:**

Negatieve maximale positie: VOSB 150

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
mx negatief	-74.439	-86.272	-160.711	[kNm/m]

Positieve maximale positie: VOSB 150


Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
mx positief	62.854	61.174	124.028	[kNm/m]

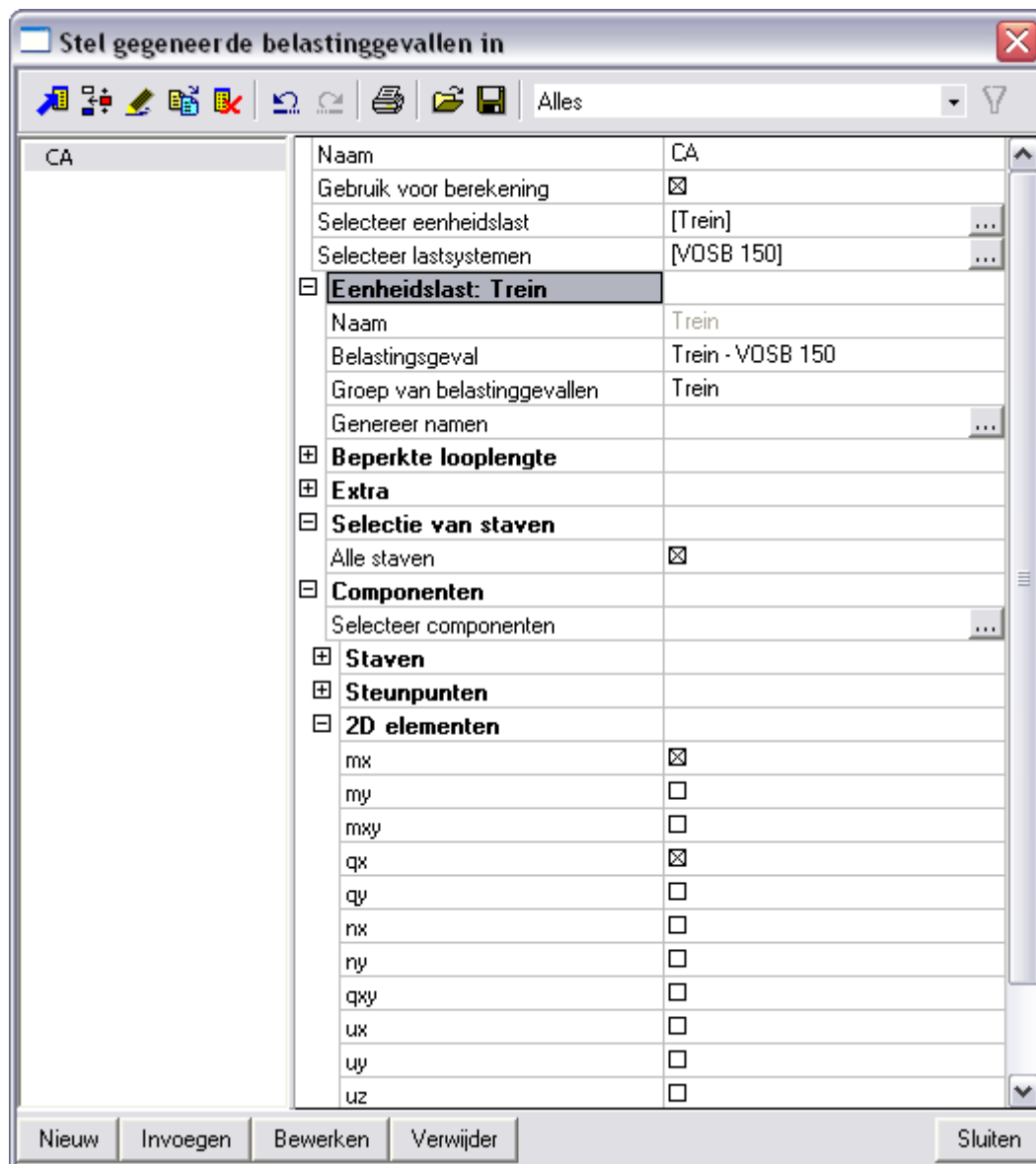
- $m_x$  is minimaal (**-160,711 kNm/m**) in het punt ( **5 ; 0 ; 0** ) indien het referentiepunt van de eerste groep puntlasten zich bevindt op **2m** vanaf het beginpunt van de route en het referentiepunt van de tweede groep puntlasten zich bevindt op **19m**.
- $m_x$  is maximaal (**124,028 kNm/m**) in het punt ( **5 ; 0 ; 0** ) indien het referentiepunt van de eerste groep puntlasten zich bevindt op **8m** vanaf het beginpunt van de route en het referentiepunt van de tweede groep puntlasten zich bevindt op **25m**.
- In dit voorbeeld is het duidelijk dat de afstand tussen beide lastgroepen steeds 17m bedraagt zoals ingesteld bij het VOSB 150 laststelsel.

#### ***h) Generatie Belastingsgevallen – Omhullende Belastingsgevallen***

In dit project worden omhullende belastingsgevallen gegenereerd voor het moment  $m_x$  en de dwarskracht  $q_x$ . Na het opstellen van de omhullenden wordt een selectieve exploitatie uitgevoerd in een punt van het brugdek.

##### *Generatie Omhullende Belastingsgevallen*

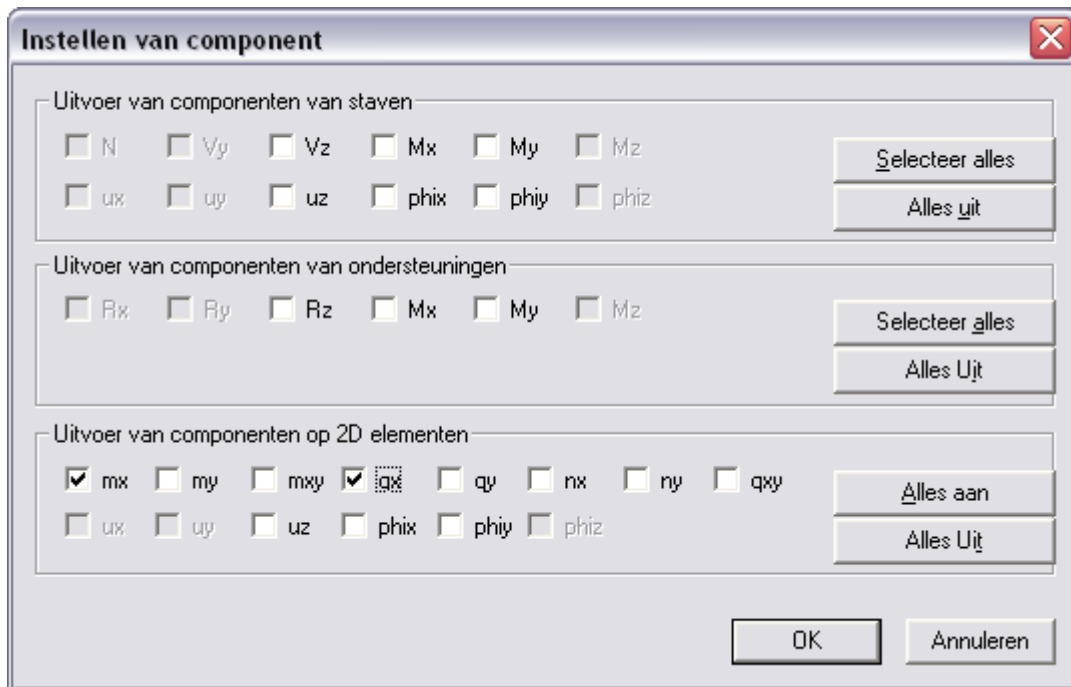
Om de omhullende belastingsgevallen te genereren wordt gebruik gemaakt van de optie  Stel gegenereerde belastingsgevallen in .



Allereerst dient te worden aangegeven welke eenheidslast en welke laststelsels in rekening moeten gebracht worden.

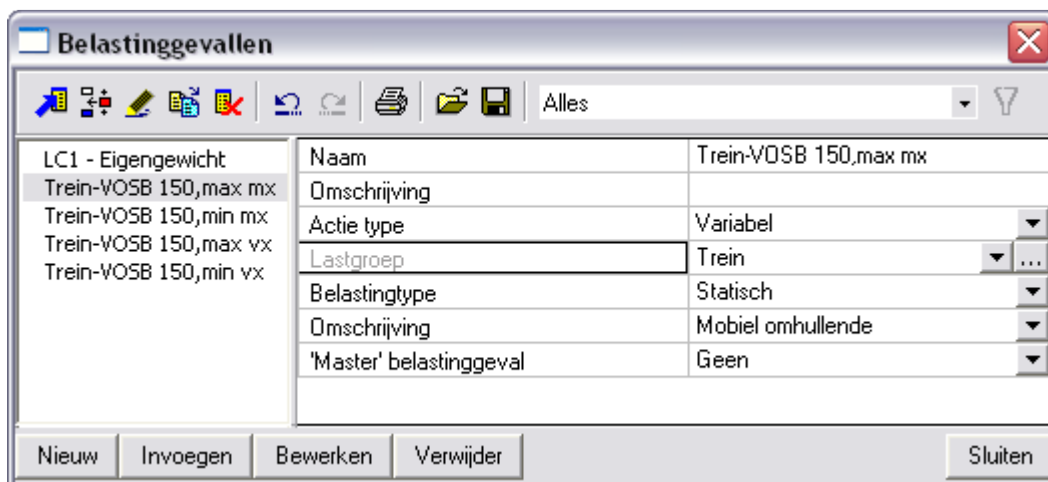
Vervolgens kan met de optie **Genereer namen** het programma automatisch namen genereren voor de aan te maken omhullende belastinggevallen. Het is ook mogelijk zelf namen in te voeren. In dit voorbeeld worden de namen van de belastinggevallen automatisch gegenereerd door het programma.

Via **Selecteer Componenten** kan worden aangegeven voor welke componenten een omhullende moet gegenereerd worden. In dit voorbeeld worden de ontwerpparameters qx en mx beschouwd.



Na het invoeren van deze gegevens kan een lineaire berekening uitgevoerd worden zodat de omhullende belastingsgevallen worden aangemaakt.

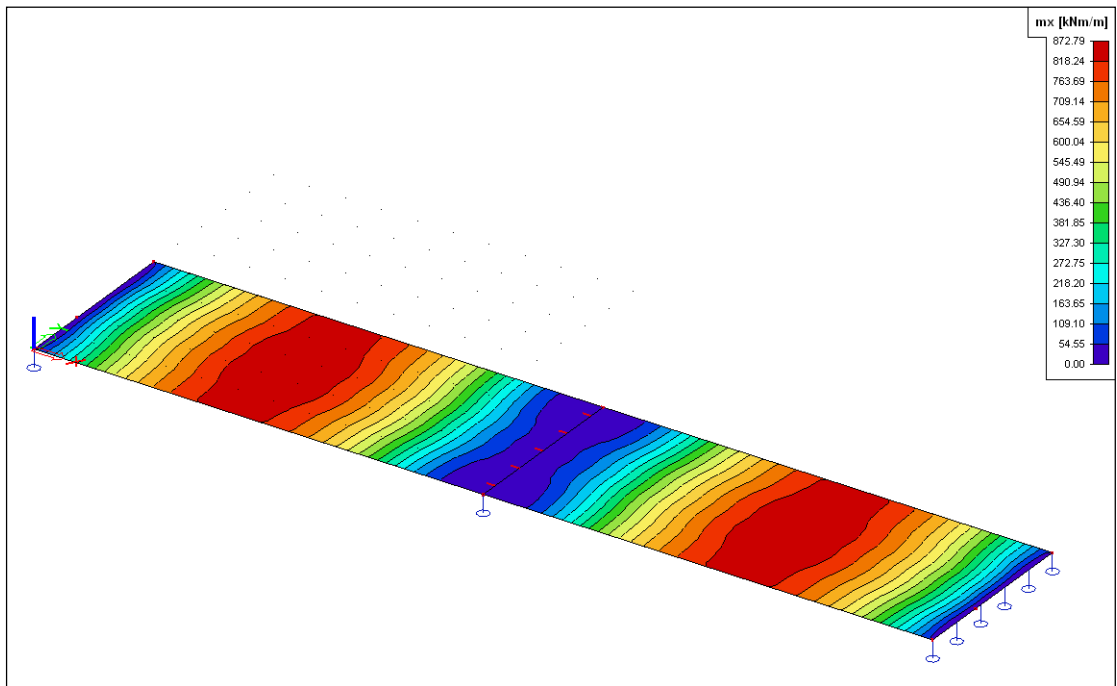
Na berekening geeft de Belastinggevallen manager het volgende weer:



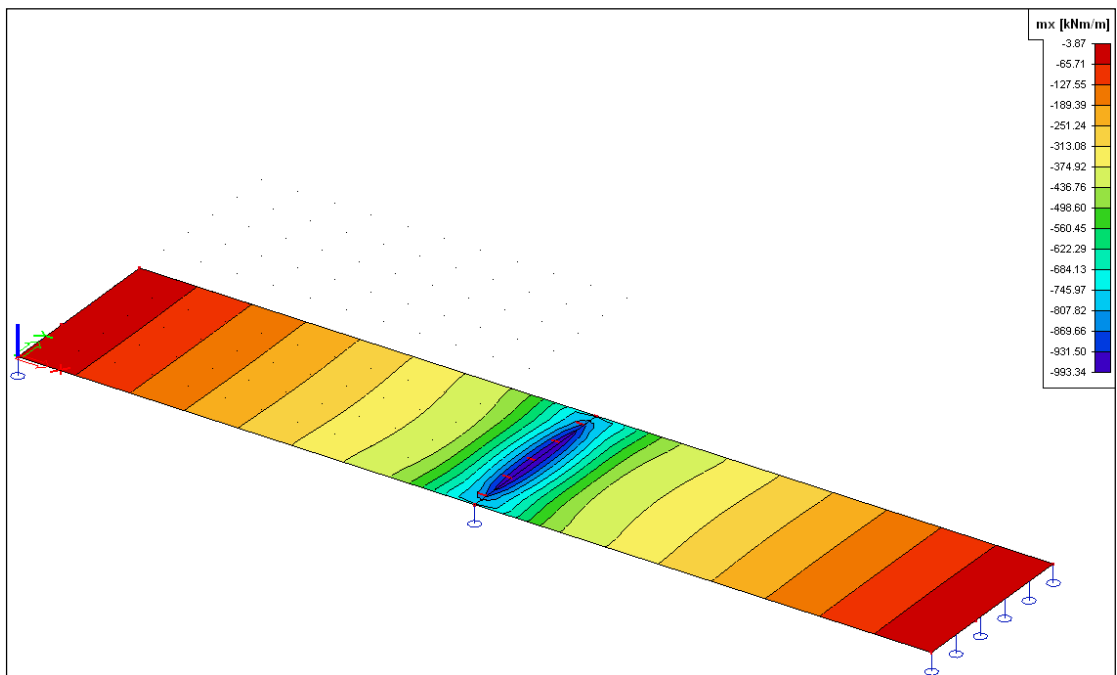
De belastingsgevallen hebben als omschrijving Mobiel omhullende en zitten in een exclusieve lastengroep. De lastengroep kan desgewenst aangepast worden om bijvoorbeeld een Momentaanfactor volgens de NEN of een Lasttype volgens EC1 in te stellen.

Vervolgens kunnen de resultaten van deze omhullenden bekeken worden voor bijvoorbeeld het moment mx:

Maximum mx:



Minimum mx:

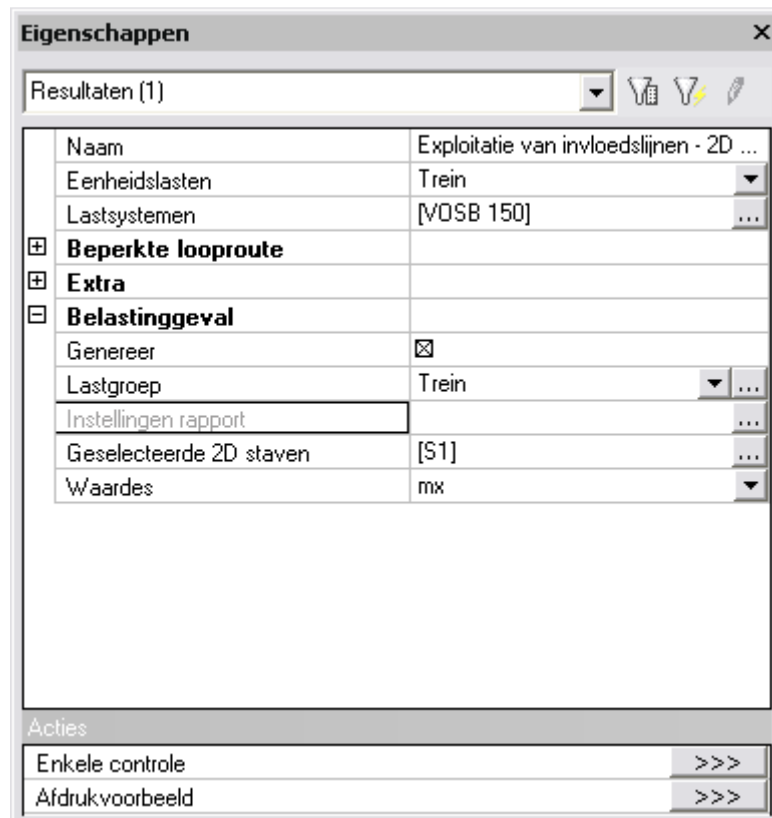




### Generatie Belastingsgevallen

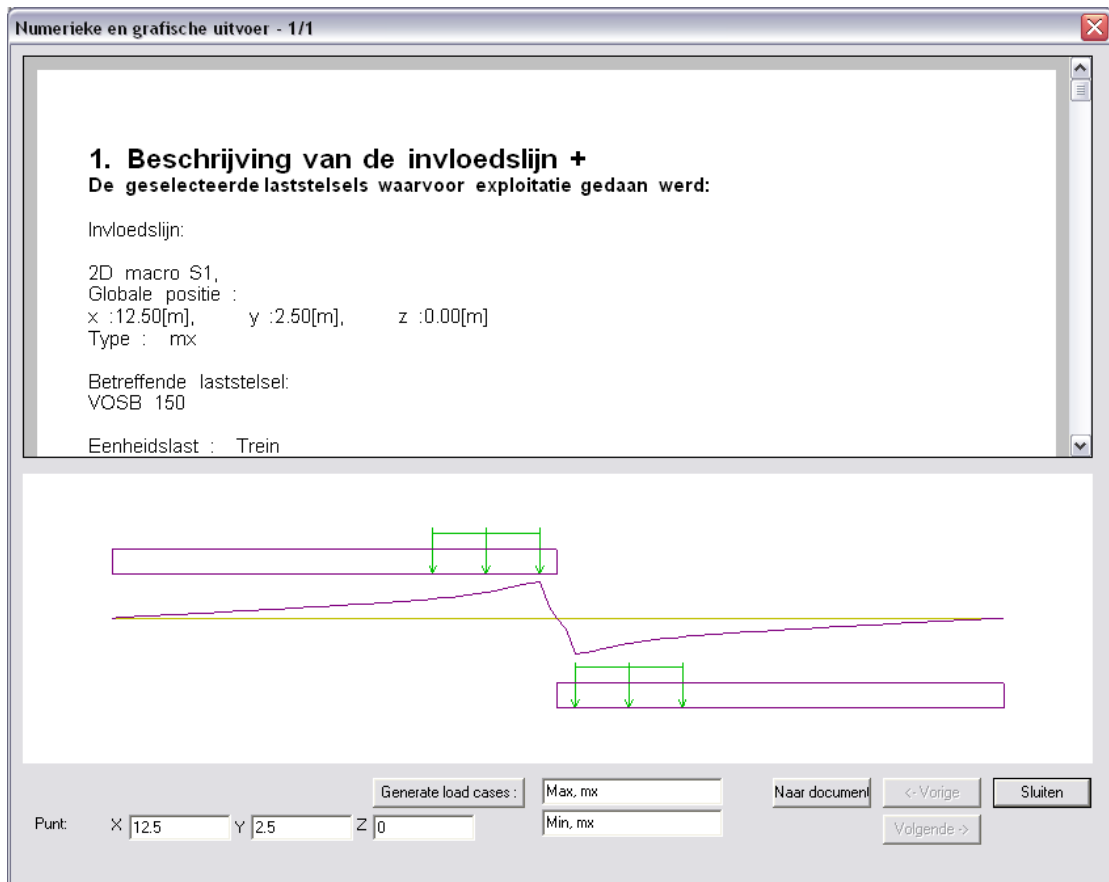
Na het opstellen van de omhullenden wordt een selectieve exploitatie uitgevoerd voor het moment ter plaatse van de middelste oplegging van het brugdek. Als positie wordt bijvoorbeeld het punt ( **12,5 ; 2,5 ; 0** ) aangegeven.

Allereerst dient de optie **Belastingsgeval - Genereer** aangevinkt te worden bij de Gedetailleerde Analyse.



De belastingsgevallen komen in de reeds aangemaakte variabele lastgroep **Trein**.

Na het activeren van deze optie wordt via de actie **Enkele Controle** een enkele controle uitgevoerd op het brugdek en wordt de gewenste positie ingesteld.



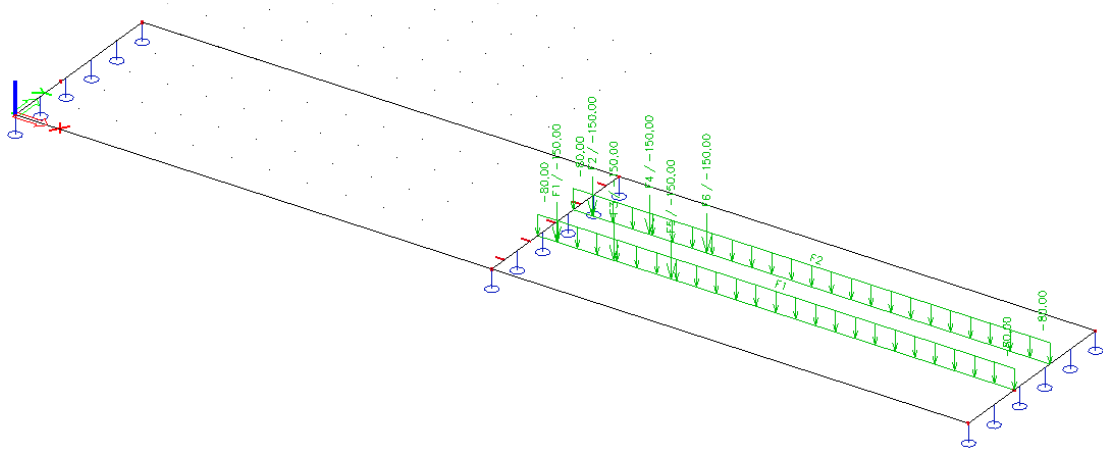
De namen van de belastingsgevallen worden vereenvoudigd tot **Max mx** en **Min mx**. Via **Generate Load Cases** worden de belastingsgevallen gegenereerd.

In de Belastinggevallen manager kan aan deze belastingsgevallen een omschrijving worden toegevoegd:

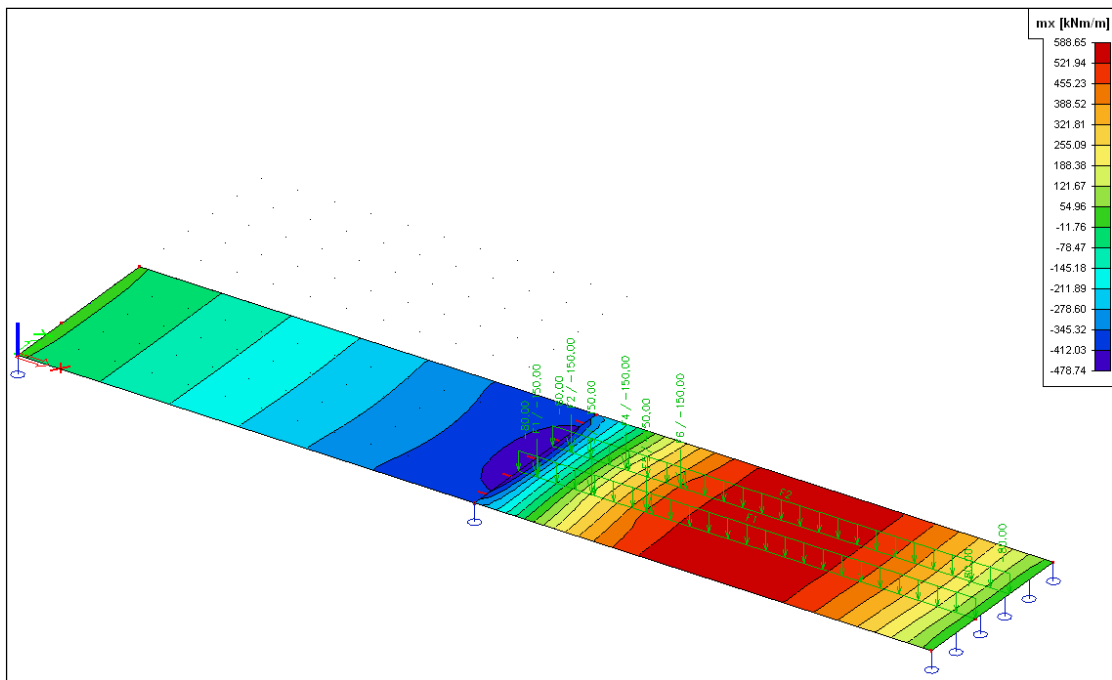


Na het opnieuw starten van de lineaire berekening kunnen de resultaten voor deze gegenereerde belastingsgevallen bekeken worden.

Belastingsgeval Min, mx:



Resultaten:

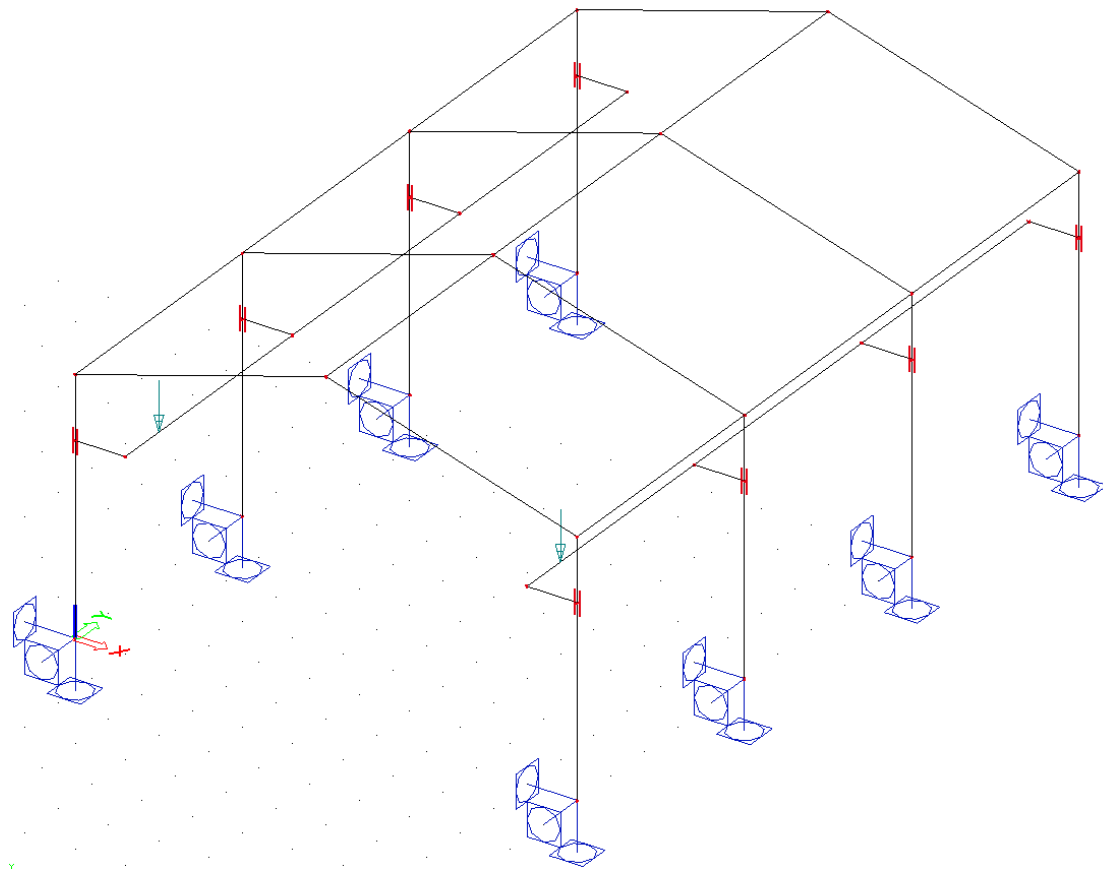


## **Project M4: Kraanbaan**

In dit laatste project wordt aangegeven hoe via diverse eenheidslasten de positie van een laststelsel op de structuur kan aangepast worden. Op die manier kan bijvoorbeeld een kraanbaan gemodelleerd worden die in een loods van links naar rechts beweegt.

Na het invoeren van een eenvoudige loods wordt het spoor van de kraanbaan gedefinieerd. Gebruik makende van een eenheidslast met twee impulsen worden beide rails van de kraanbaan gesimuleerd. Meerdere eenheidslasten met verschillende factoren worden ingevoerd om aan te geven dat de kraanbaan ook kan bewegen in de dwarse richting, loodrecht op de rails.

In een volgende stap wordt een laststelsel gedefinieerd dat de wielen van de kraanbaan voorstelt en wordt dit laststelsel gekoppeld aan de diverse eenheidslasten zodat omhullende belastingsgevallen kunnen gegenereerd worden.



a) Projectgegevens

**Projectgegevens**

Basisgegevens | Functionaliteit | Belastingen | Combinaties | Beveiliging

Gegevens

Naam: Project M4

Deel: -

Omschrijving: Kraanbaan

Auteur: PVT

Datum: 15. 10. 2005

Constructie: Raamwerk XYZ

Materiaal:

Beton	<input type="checkbox"/>
Staal	<input checked="" type="checkbox"/>
Materiaal	S235
Hout	<input type="checkbox"/>
Andere	<input type="checkbox"/>

Project Niveau: Geavanceerd

Model: Een

Nationale norm: NEN

OK Cancel

**Projectgegevens**

Basisgegevens | Functionaliteit | Belastingen | Combinaties | Beveiliging

Dynamica

Initiele spanning

Bedding

Niet-lineariteit

Stabiliteit

Klimaatlasten

Voorspanning

Pijplijnen

CAD-vorm

Parameters

Mobiele lasten

Overzichtstekeningen

Staal

Brandwerendheid

Verbindingen modelleur

Stijve raamwerkverbindingen

Scharnierende raamwerkverbindingen

Scharnierende rasterverbindingen

Geboute diagonaalverbindingen


Expertsysteem

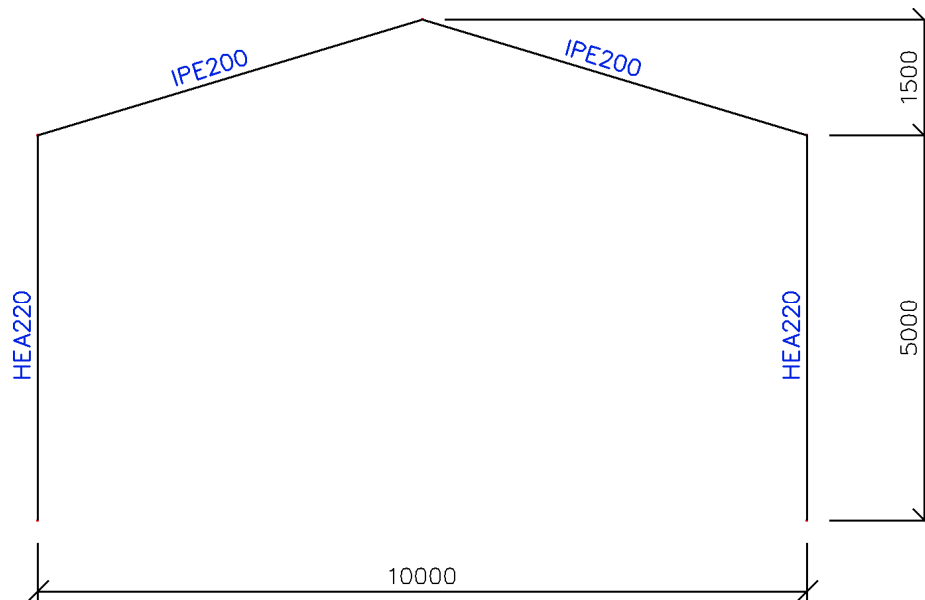
Verbinding monotekeningen


OK Cancel


## b) Constructie

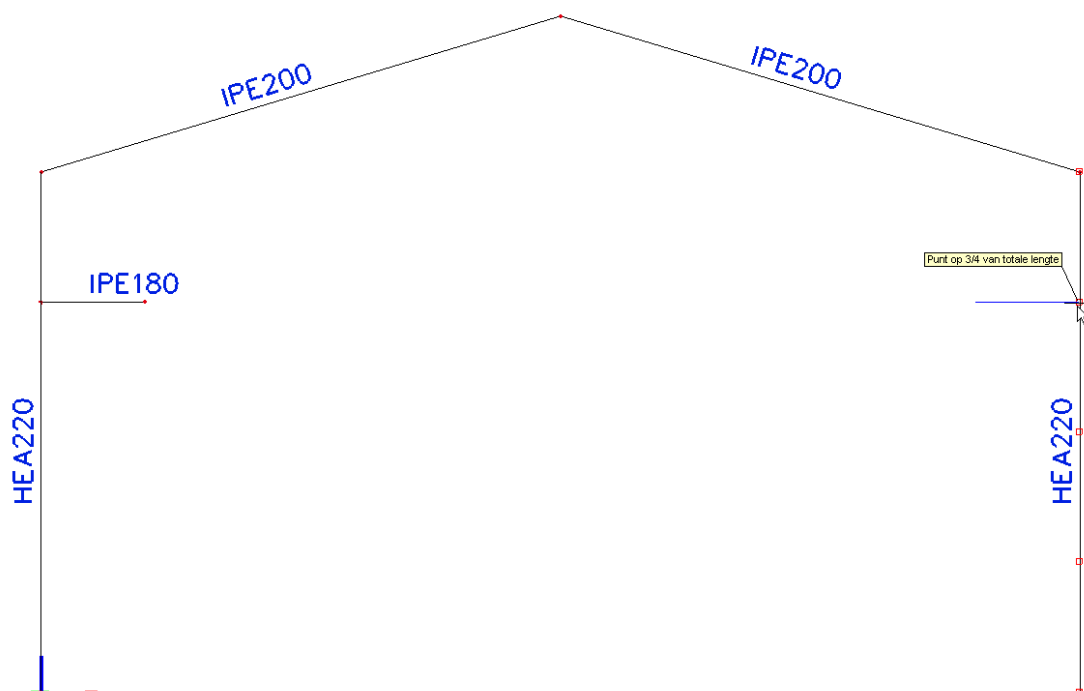
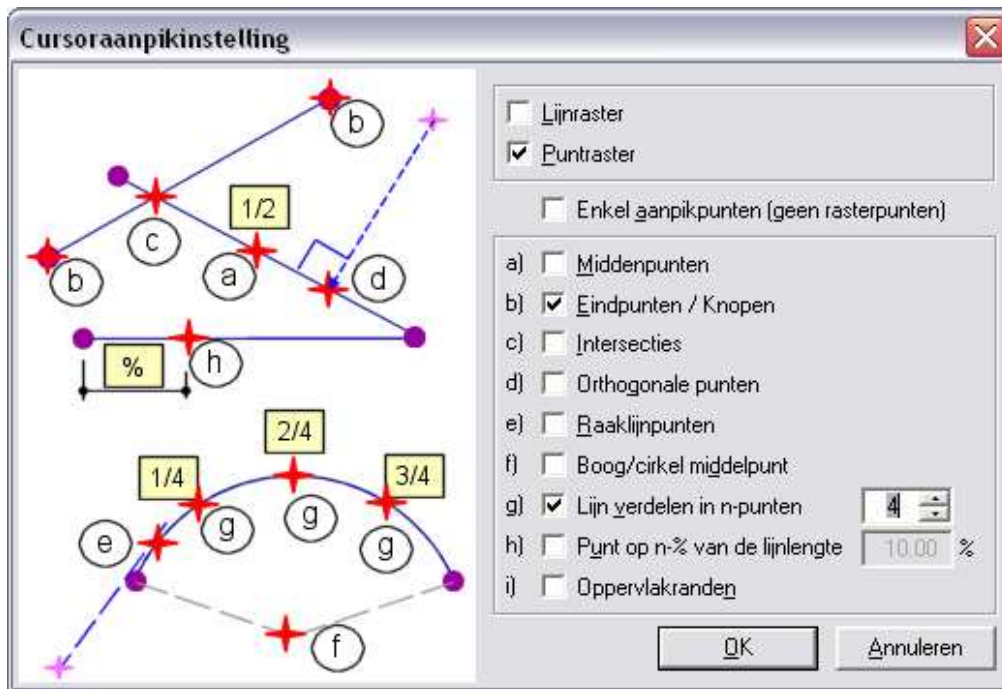
Het eerste portaal van de loods kan eenvoudig worden ingevoerd via de


 Katalogusblokken.

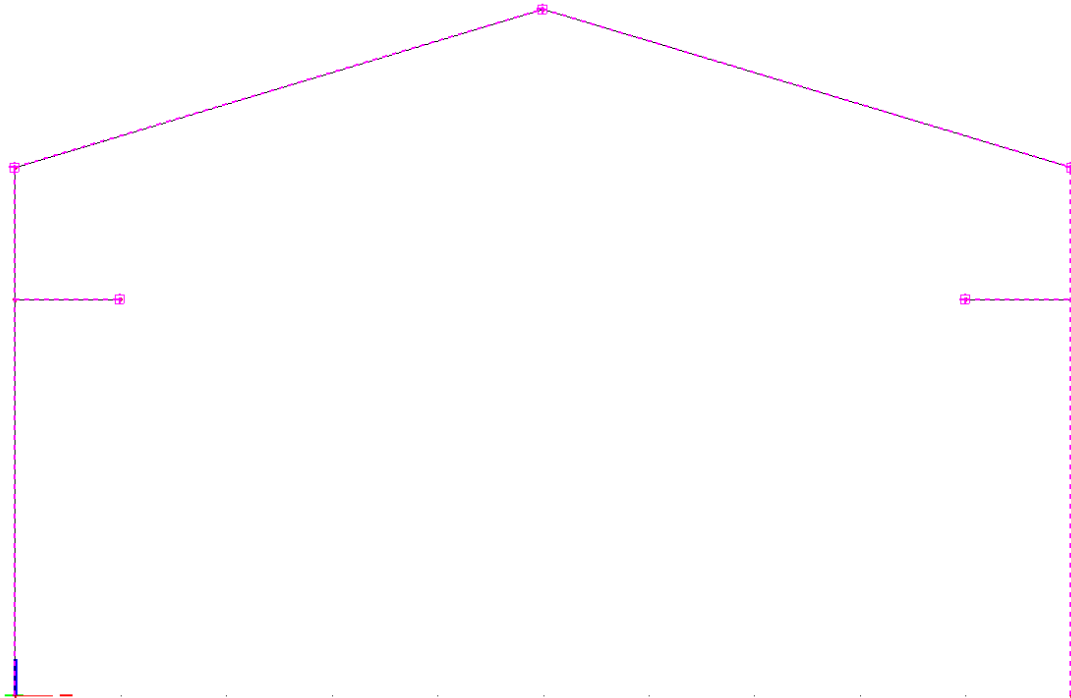


Vervolgens kunnen de console liggers waarop de rails steunen ingevoerd worden via  Horizontale balk. De liggers hebben een lengte **1m**, type **IPE 180** en grijpen aan op  $\frac{3}{4}$  van de lengte van de kolom.

Om dit aanpikpunt eenvoudig terug te vinden wordt gebruik gemaakt van de **Cursor Aanpikinstelling** 



Om de volledige loods te bekomen wordt gebruik gemaakt van de optie  **Meerdere kopiën maken** . Alle staven, de drie knopen van het dak en de twee uiterste knopen van de consoleliggers worden geselecteerd:



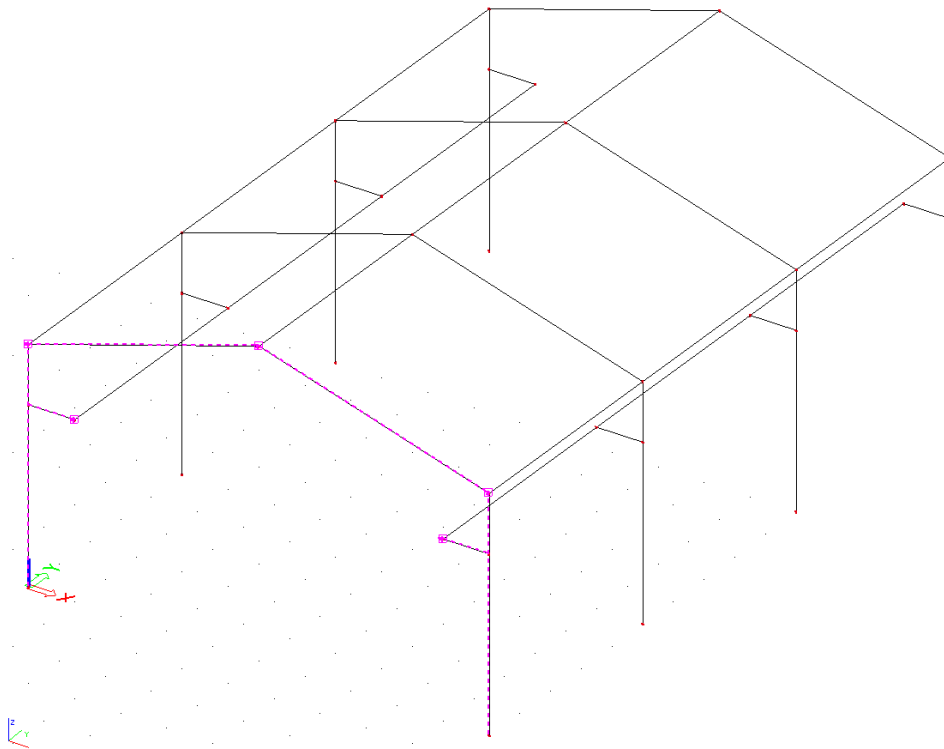
Het venster Meerdere kopiën kan vervolgens ingesteld worden:



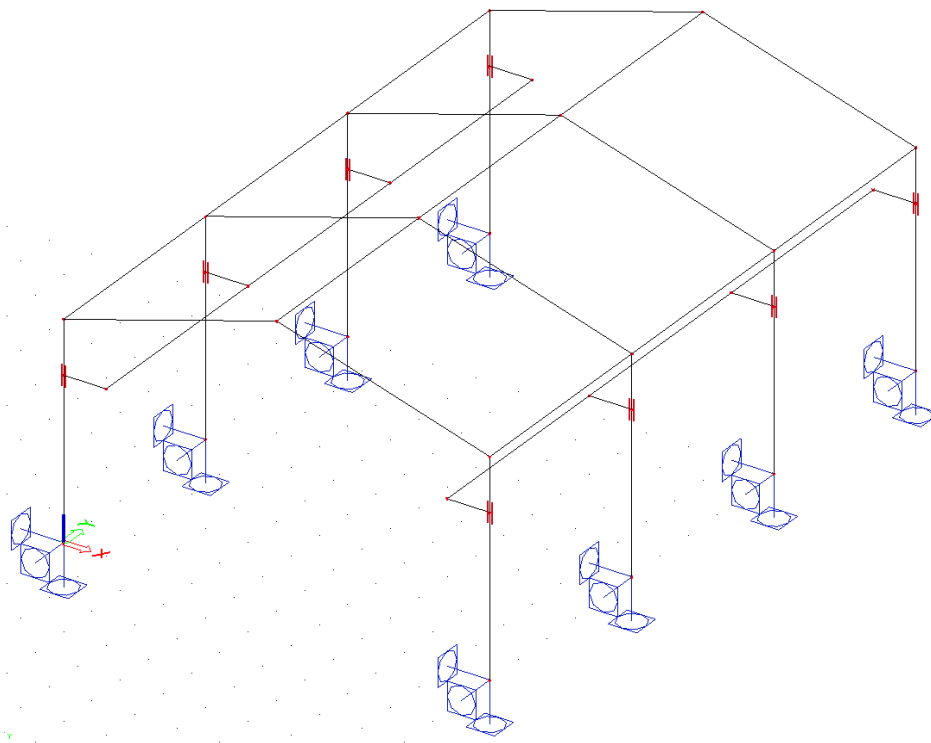
Als profieltype voor de verbindingsligger tussen de verschillende spanten wordt de **IPE 180** gekozen.



Dit geeft volgende structuur:




De geometrie-invoer wordt beëindigd door het invoeren van starre ondersteuning  
aan de kolomvoeten en het doorvoeren van  Controleer constructie en  
 Verbind staven/knopen om de verschillende staven aan elkaar te verbinden.




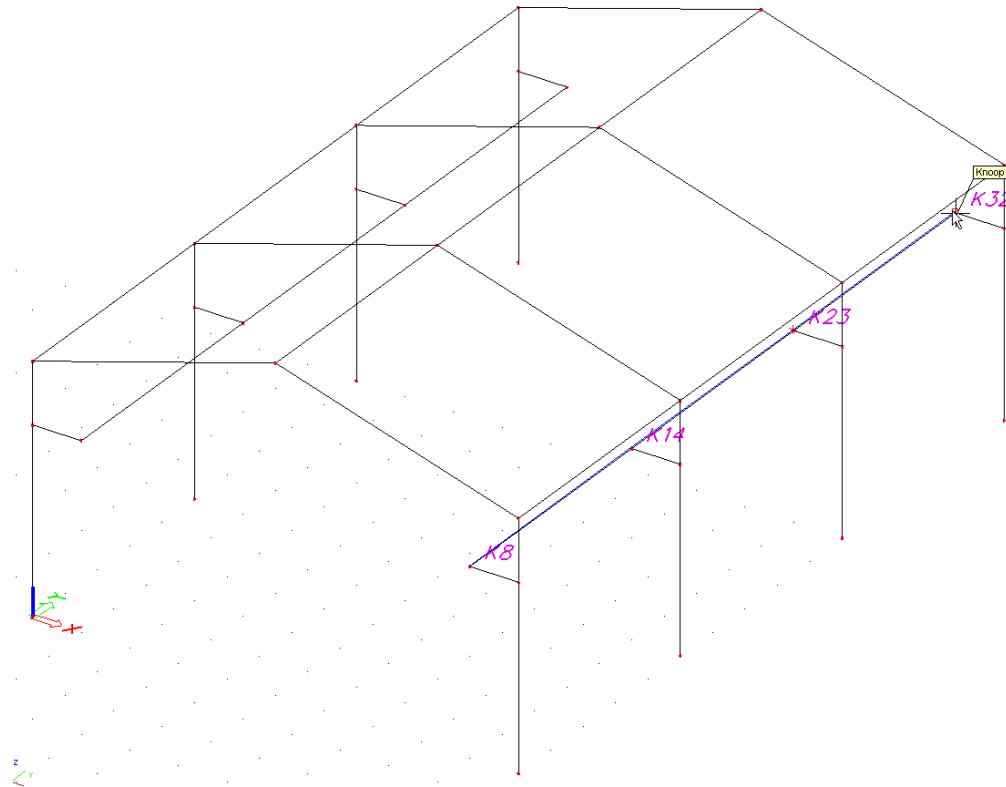
**c) Belasting**

Teneinde de constructie te kunnen doorrekenen wordt één belastingsgeval aangemaakt, het eigengewicht.

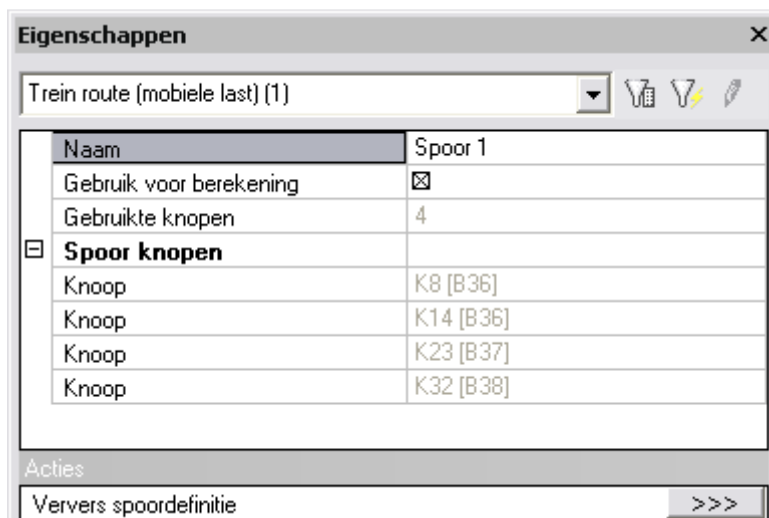
#### d) Invoer route en eenheidslast

Na invoer van de constructie kan het menu  Mobile lasten geopend worden.


Via  Nieuwe mobiele last route kan een spoor gedefinieerd worden van knoop **K8** naar **K14** naar **K23** naar **K32**.



Het Eigenschappenvenster geeft de knopen weer die door de route erkend worden:



Als **Naam** van de route wordt **Spoor 1** ingevoerd.

Na het definiëren van de route kunnen vervolgens eenheidslasten ingevoerd worden via het menu  Eenheidslasten.

In dit project worden drie eenheidslasten ingevoerd:

- Midden: een eenheidslast bestaande uit twee impulsen van **0,5** die simuleren dat de kraanbaan in het midden staat tussen beide rails.
- Links: een eenheidslast bestaande uit een impuls van **0,8** en een impuls van **0,2** die simuleren dat de kraanbaan aan de linkerzijde van de loods staat.
- Rechts: een eenheidslast bestaande uit een impuls van **0,2** en een impuls van **0,8** die simuleren dat de kraanbaan aan de rechterzijde van de loods staat.

De afstand tussen beide impulsen is de afstand tussen beide rails: **8m**.

**Eenheids mobiele last**

Midden  
Links  
Rechts

Naam	Midden
Route toekenning	Spoor 1
Sneden	Gebruik snedes van resultaten
Stap voor 2D elementen [m]	1,000
Genereer sectie onder laststelsel	<input checked="" type="checkbox"/>
Voeg nieuwe impuls toe	...
Verwijder impuls	...
<b>Impuls 1</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-0,5
Positie [m]	0,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z
<b>Impuls 2</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-0,5
Positie [m]	8,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z

I1 (-0.5)      I2 (-0.5)

8,000

Nieuw   Invoegen   Bewerken   Verwijder   Sluiten

**Eenheids mobiele last**

Midden  
Links  
Rechts

Naam	Links
Route toekenning	Spoor 1
Snedes	Gebruik snedes van resultaten
Stap voor 2D elementen [m]	1,000
Genereer sectie onder laststelsel	<input checked="" type="checkbox"/>
Voeg nieuwe impuls toe	...
Verwijder impuls	...
<b>Impuls 1</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-0,2
Positie [m]	0,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z
<b>Impuls 2</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-0,8
Positie [m]	8,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z

Nieuw   Invoegen   Bewerken   Verwijder   Sluiten

**Eenheids mobiele last**

Midden  
 Links  
 Rechts

Naam	Rechts
Route toekenning	Spoor 1
Sneden	Gebruik snedes van resultaten
Stap voor 2D elementen [m]	1,000
Genereer sectie onder laststelsel	<input checked="" type="checkbox"/>
Voeg nieuwe impuls toe	...
Verwijder impuls	...
<b>Impuls 1</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-0,8
Positie [m]	0,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z
<b>Impuls 2</b>	
Type	Geconcentreerd
Waarde	-0,2
Positie [m]	8,000
ey [m]	0,000
ez [m]	0,000
Systeem	Lokaal
Richting	Z

I1 (-0.8)  
 I2 (-0.2)  
 8,000

Nieuw   Invoegen   Bewerken   Verwijder   Sluiten

### e) Invoer Laststelsel

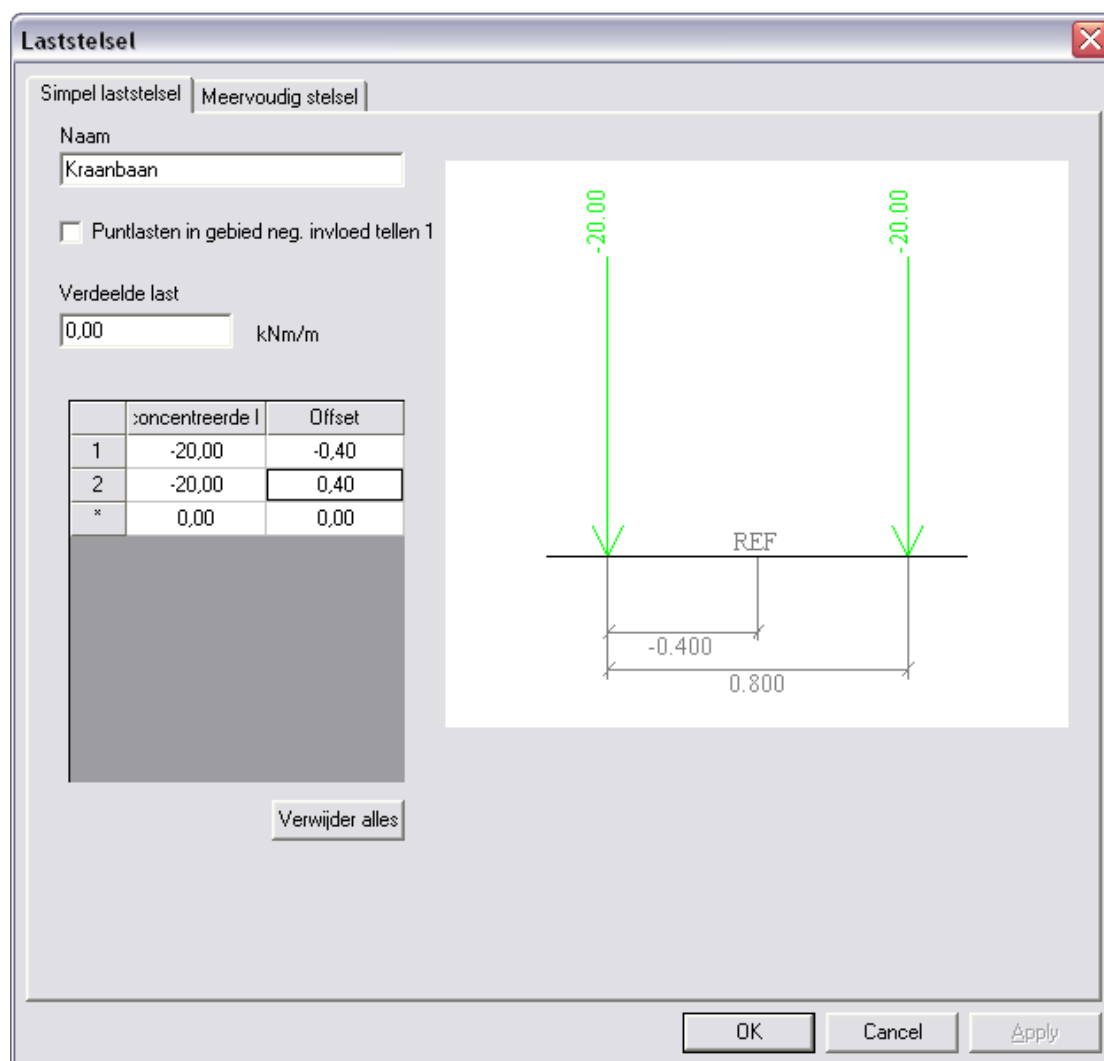
De invoer van het laststelsel voor de kraanbaan gebeurt via de optie

... Lastsysteem bibliotheek

Voor de kraanbaan wordt een totaal gewicht van **40 kN** aangenomen. Als de kraanbaan in het midden staat betekent dit **20 kN** per rail. Op elke rail rijden twee wielen zodat per wiel een gewicht van **10 kN** wordt ingerekend. De tussenafstand tussen de wielen bedraagt **0,8m**.

De gedefinieerde eenheidslasten werden echter ingevoerd met factoren lager dan 1. Voor de eenheidslast Midden bijvoorbeeld werd per rail een factor **0,5** ingevoerd. Dit maakt dat de lasten van het laststelsel dienen verdubbeld te worden om aan het totale gewicht van **40 kN** te komen.

Het enkelvoudig laststelsel kan dus ingevoerd worden als twee puntlasten van **20 kN** met onderlinge afstand **0,8m**.

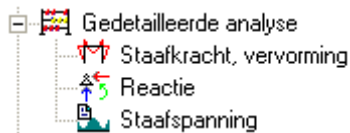


Als **Naam** voor het laststelsel wordt **Kraanbaan** ingevoerd.

### f) Exploitatie van het laststelsel

Na het definiëren van de mobiele eenheidslasten en het laststelsel kan de lineaire berekening gestart worden via de knop  **Berekening** in de project knoppenbalk.

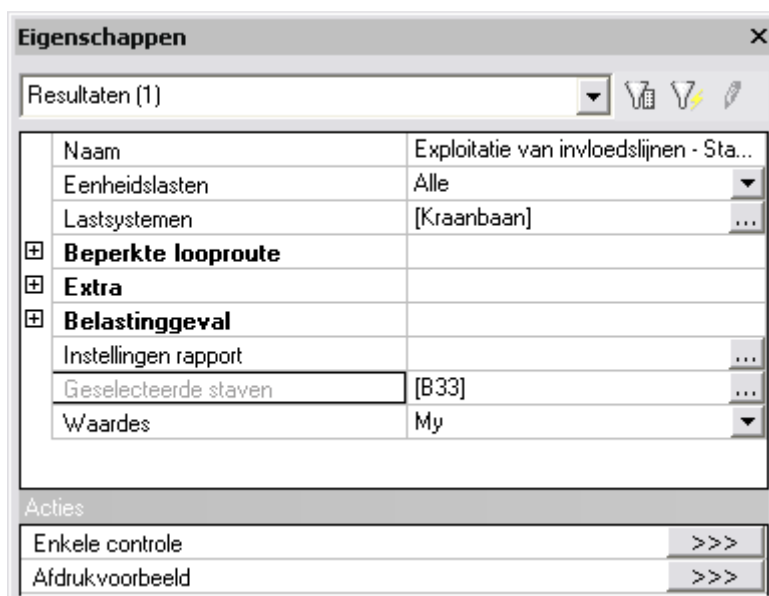
Na de berekening verschijnt in het menu Mobiele Lasten een nieuwe groep:



Bij de Gedetailleerde Analyse kan vervolgens het laststelsel gekoppeld worden aan de diverse eenheidslasten.

Er wordt een exploitatie uitgevoerd voor het moment **My** op een positie **2,5m** op de eerste ligger **B33**. De exploitatie wordt uitgevoerd voor de drie eenheidslasten gezamenlijk.

In het Eigenschappenvenster kunnen deze opties ingesteld worden:



Via de actie **Afdrukvoorbeeld** kan het resultaat van de gevraagde exploitatie opgevraagd worden.



Zoals te verwachten treedt het maximale moment **My** op positie **2,5m** op wanneer de kraanbaan zich bevindt aan de linkerzijde van de loods:

### 1. Beschrijving van de invloedslijn +

**De geselecteerde laststelsels waarvoor exploitatie gedaan werd:**

Invloedslijn:

Staaft B33, Positie : 2.50[m], Type : My

Betreffende laststelsel:

Kraanbaan

Eenheidslast : Links

### 2. Coördinaten van de knopen van de route en hun ordinaten:

Knoop	X [m]	Y [m]	Z [m]
9	9.000	0.000	3.750
18	9.000	5.000	3.750
27	9.000	10.000	3.750
36	9.000	15.000	3.750

### 3. Oppervlakte van de velden van de invloedslijn:

Opp. Nr	Opp.
1	-0.000
2	1.940
3	-0.471
4	0.088

### 4. Coördinaten van de punten waar het teken van de invloedslijn verandert:

Teken Nr	X [m]	Y [m]	Z [m]
0	9.000	0.000	3.750
1	9.000	0.049	3.750
2	9.000	5.197	3.750
3	9.000	10.418	3.750
0	9.000	0.000	3.750
1	9.000	0.049	3.750
2	9.000	5.197	3.750
3	9.000	10.418	3.750

### 5. Additionele factoren:

Verm.factor resultaten behalve vervormingen: 1.000

Mobiele factor: 1.000

### 6. Gegevens laststelsel met max./min. waarden:

Negatieve maximale positie: Kraanbaan

Som P [kNm]	Som Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
-5.590	0.000	7.275	7.275

Positieve maximale positie : Kraanbaan

Som P [kNm]	Som Q [kNm]	X1 [m]	X2 [m]
27.074	0.000	2.100	2.100

### 7. Resultaat:

Negatieve maximale positie: Kraanbaan

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
My negatief	-5.590	0.000	-5.590	[kNm]

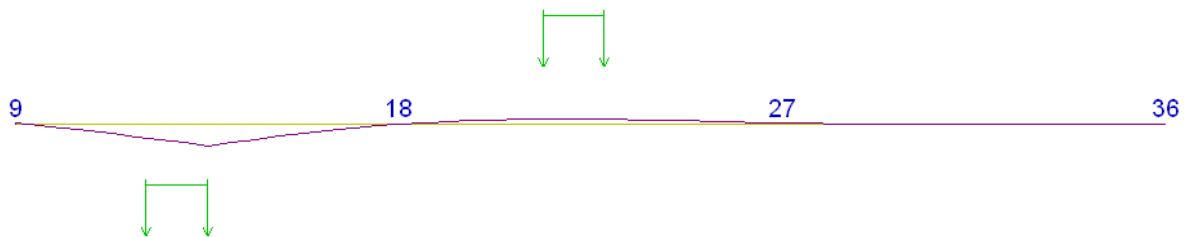
Positieve maximale positie: Kraanbaan

Beschrijving	T.g.v. P	T.g.v. Q	P + Q	Eenheden
My positief	27.074	0.000	27.074	[kNm]


Onder hoofding 6. en 7. wordt aangegeven dat er twee extremen gevonden zijn.

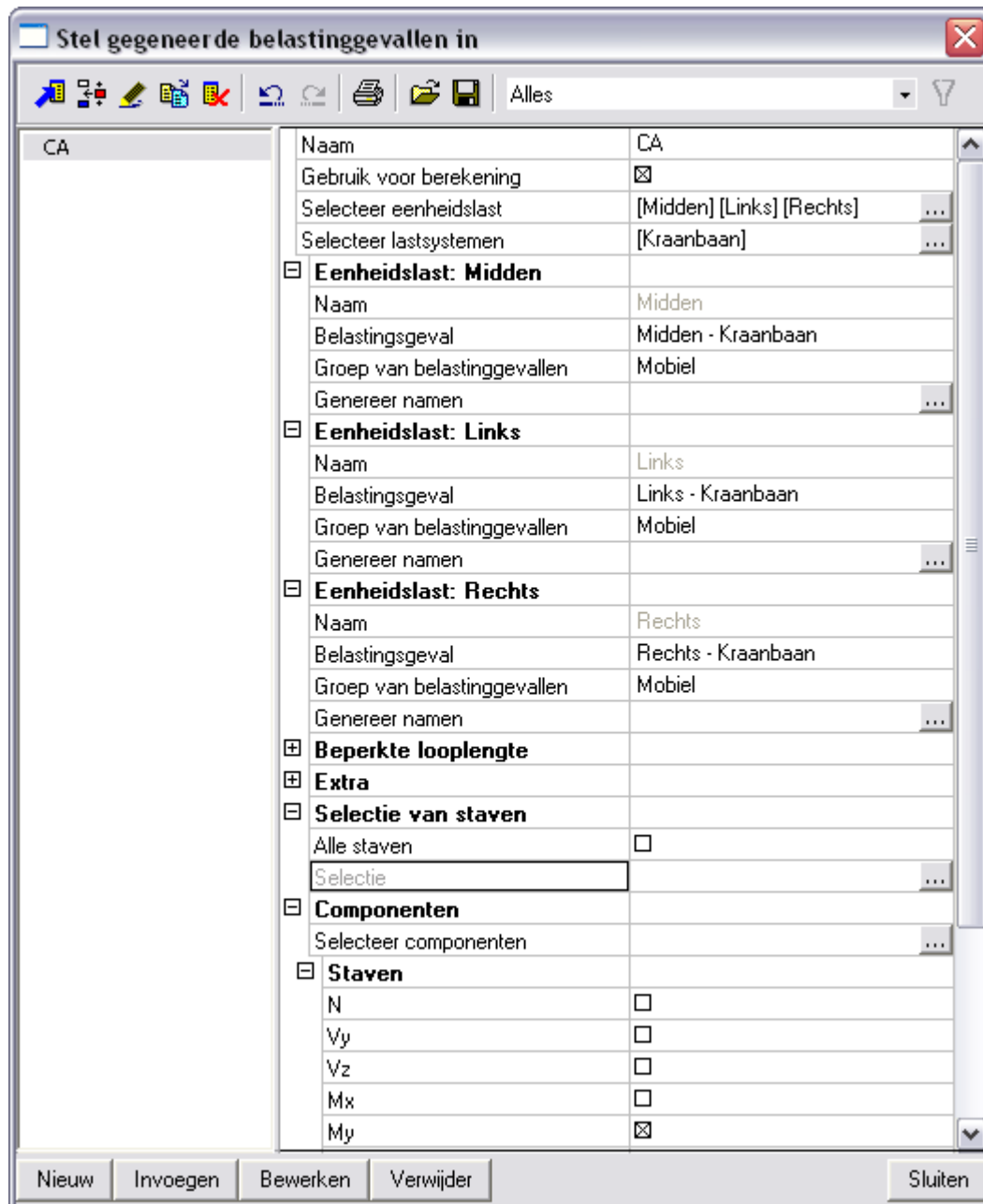
- My is minimaal (**-5,590 kNm**) op **2,5m** indien het referentiepunt van de kraanbaan zich bevindt op **7,275m** vanaf het beginpunt van de route.
- My is maximaal (**27,074 kNm**) op **2,5m** indien het referentiepunt van de kraanbaan zich bevindt op **2,1m** vanaf het beginpunt van de route.
- De waarden X1 en X2 zijn hier hetzelfde aangezien een enkelvoudig laststelsel gebruikt wordt.

Dit resultaat wordt ook grafisch weergegeven:



### ***g) Generatie Omhullende Belastinggevallen***

Voor de component My worden vervolgens omhullende belastinggevallen gegenereerd via de optie  Stel gegenereerde belastinggevallen in .



Allereerst dient te worden aangegeven welke eenheidslasten en welke laststelsels in rekening moeten gebracht worden. In dit voorbeeld worden alle eenheidslasten geselecteerd.

Vervolgens kan met de optie **Genereer namen** het programma automatisch namen genereren voor de aan te maken omhullende belastingsgevallen. Het is ook mogelijk zelf namen in te voeren. In dit voorbeeld worden voor de drie eenheidslasten de namen van de belastingsgevallen automatisch gegenereerd door het programma en wordt voor de lastengroep de naam **Mobiel** ingevoerd.

Bij **Selectie van staven** wordt de optie **Alle staven** uitgevinkt en wordt de staaf **B33** aangegeven.

Via **Selecteer Componenten** kan worden aangegeven voor welke componenten een omhullende moet gegenereerd worden. In dit voorbeeld wordt enkel de component **My** beschouwd.

**Instellen van component**

Uitvoer van componenten van staven

N  Vy  Vz  Mx  My  Mz

ux  uy  uz  phix  phiy  phiz

Selecteer alles

Alles ut

Uitvoer van componenten van ondersteuning

Rx  Ry  Rz  Mx  My  Mz

Selecteer alles

Alles Ujt

Uitvoer van componenten op 2D elementen

mx  my  mxy  qx  qy  nx  ny  qxy

ux  uy  uz  phix  phiy  phiz

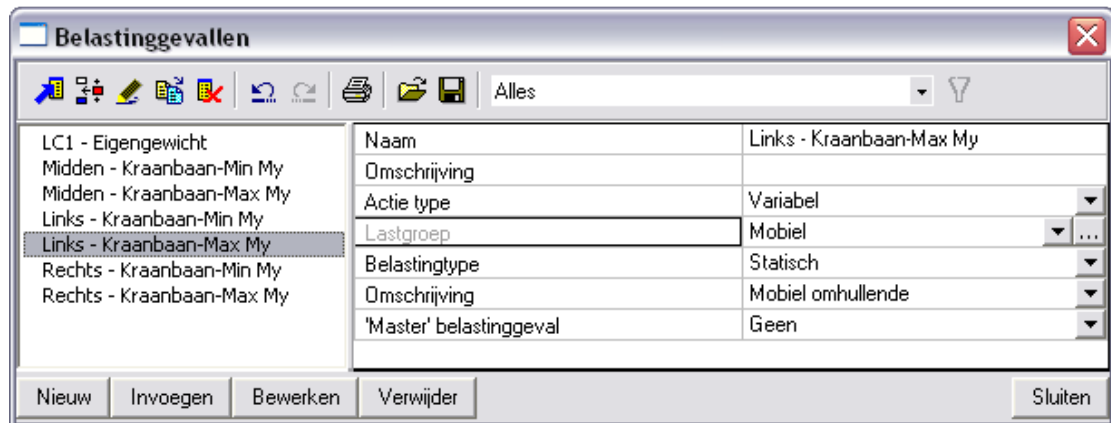
Alles aan

Alles Ujt

OK Annuleren

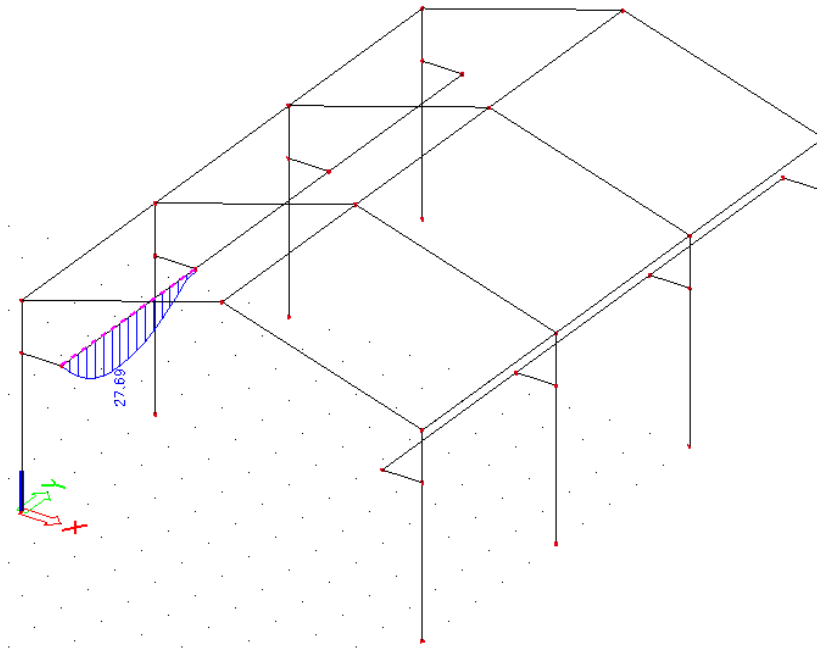
Na het invoeren van deze gegevens kan een lineaire berekening uitgevoerd worden zodat de omhullende belastingsgevallen worden aangemaakt.

Na berekening geeft de Belastinggevallen manager het volgende weer:



De belastinggevallen hebben als omschrijving Mobiel omhullende en zitten in een exclusieve lastengroep. De lastengroep kan desgewenst aangepast worden om bijvoorbeeld een Momentaanfactor volgens de NEN of een Lasttype volgens EC1 in te stellen.

Vervolgens kunnen de resultaten van deze omhullenden bekeken worden. Het momentenverloop **My** in staaf **B33** voor belastinggeval **Links – Kraanbaan – Max My** geeft het volgende weer:



### Interne krachten in staaf

Lineaire berekening, Extreem : Globaal, Systeem : Hoofd  
 Selectie : 33  
 Belastinggevallen : Links - Kraanbaan-Max My

Staal	BG	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]
B33	Links - Kraanbaan-Max My	0,313	-0,05	-0,02	24,89	0,00	8,17	0,04
B33	Links - Kraanbaan-Max My	4,688	0,14	0,05	-28,75	-0,01	2,77	0,12
B33	Links - Kraanbaan-Max My	0,000	0,11	0,04	-2,22	0,00	0,01	-0,10
B33	Links - Kraanbaan-Max My	2,188	0,07	0,03	11,35	0,00	27,69	0,00