



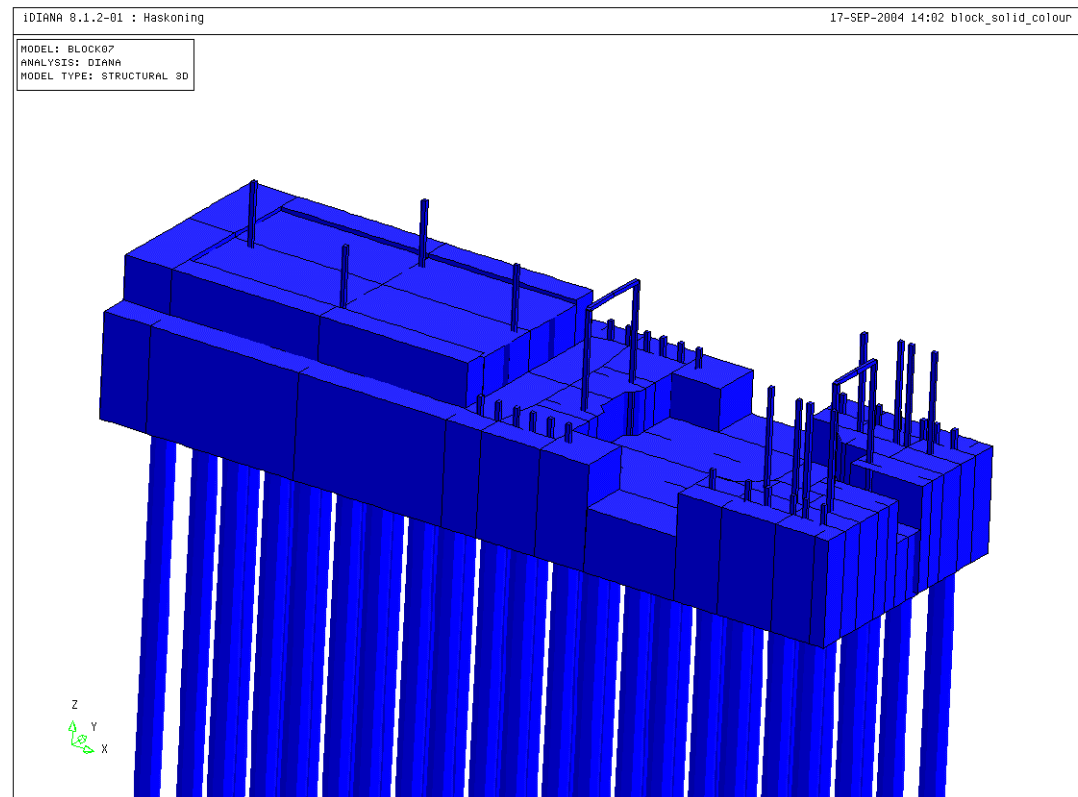
ROYAL HASKONING

consultants architecten ingenieurs

thinking in
all dimensions

Fundatieblok stoomturbine en generator

Nynke Vollema



2 november 2004

thinking in
all dimensions

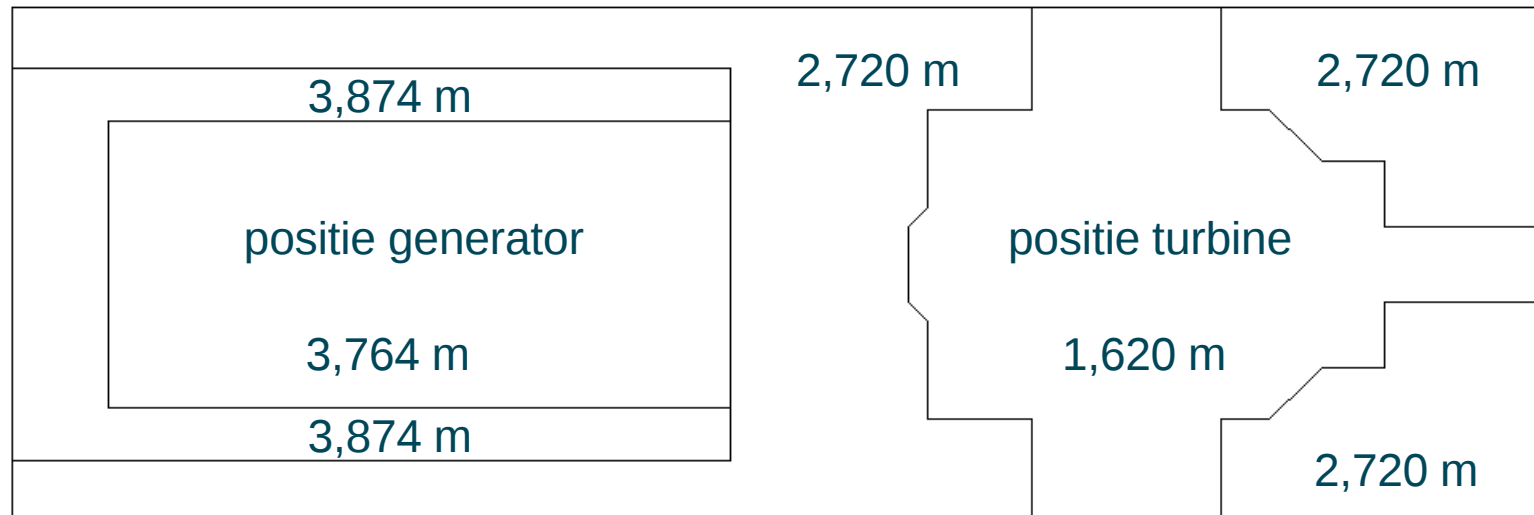
Inhoud presentatie

- Algemeen
- Aandachtspunten ontwerp
- Modelleren in DIANA
- Dynamische analyse
- Statische analyse

2 november 2004

Algemeen

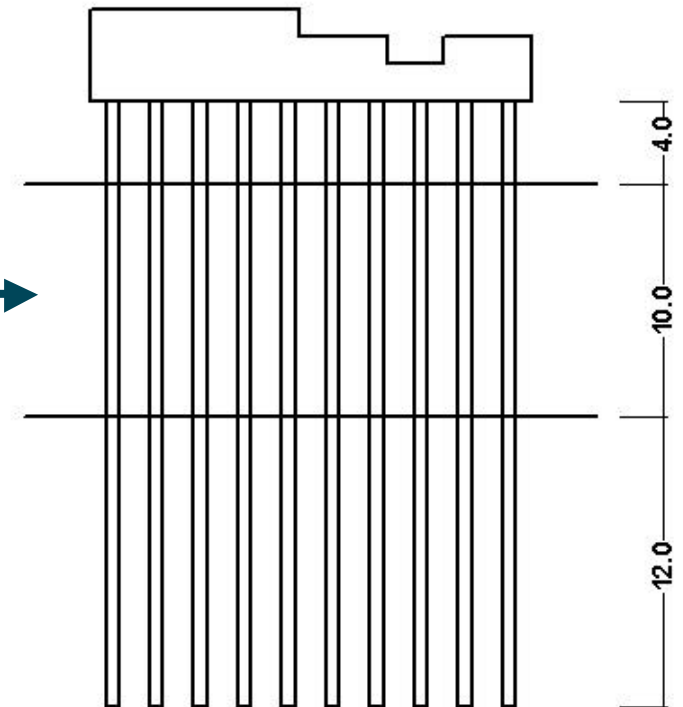
- Betonblok 21 m x 7 m
dikte min. 1,620 m, max. 3,874 m
- 40 betonnen boorpalen Ø600 mm, 26 m lang
- Gewichten: blok 10000 kN
turbine 1750 kN
generator 1850 kN



Aandachtspunten ontwerp

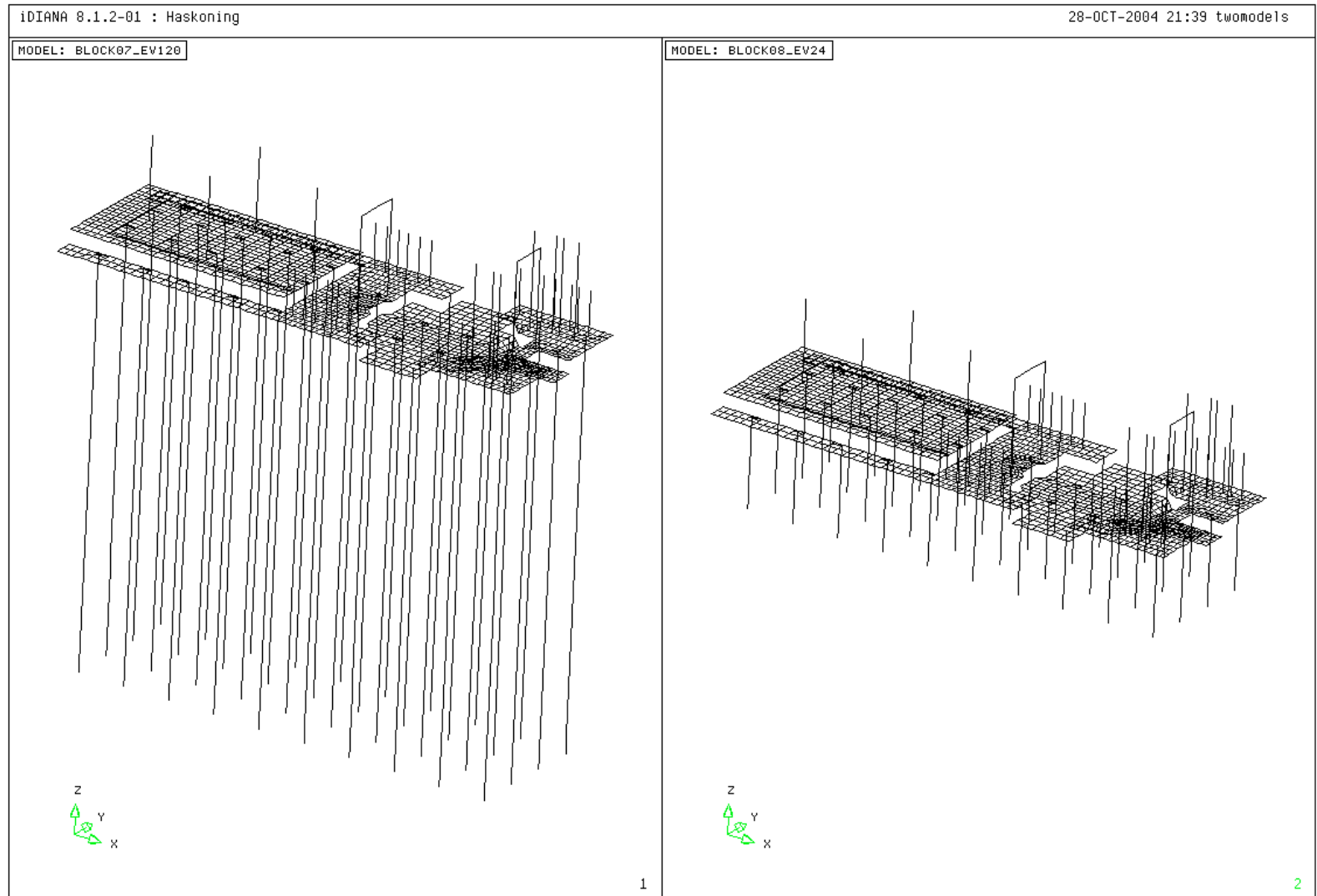
- Aardbevingsgevoelig gebied
- Gevaar voor liquefactie ondergrond
- Eisen aan trillingsgedrag
- Eisen aan dynamische stijfheid oplegpunten

grondlaag gevoelig voor liquefactie →



Modelling in DIANA (1)

Twee modellen met verschillende paallengte



2 november 2004

thinking in
all dimensions

Modelling in DIANA (2)

Gebruikte elementtypes

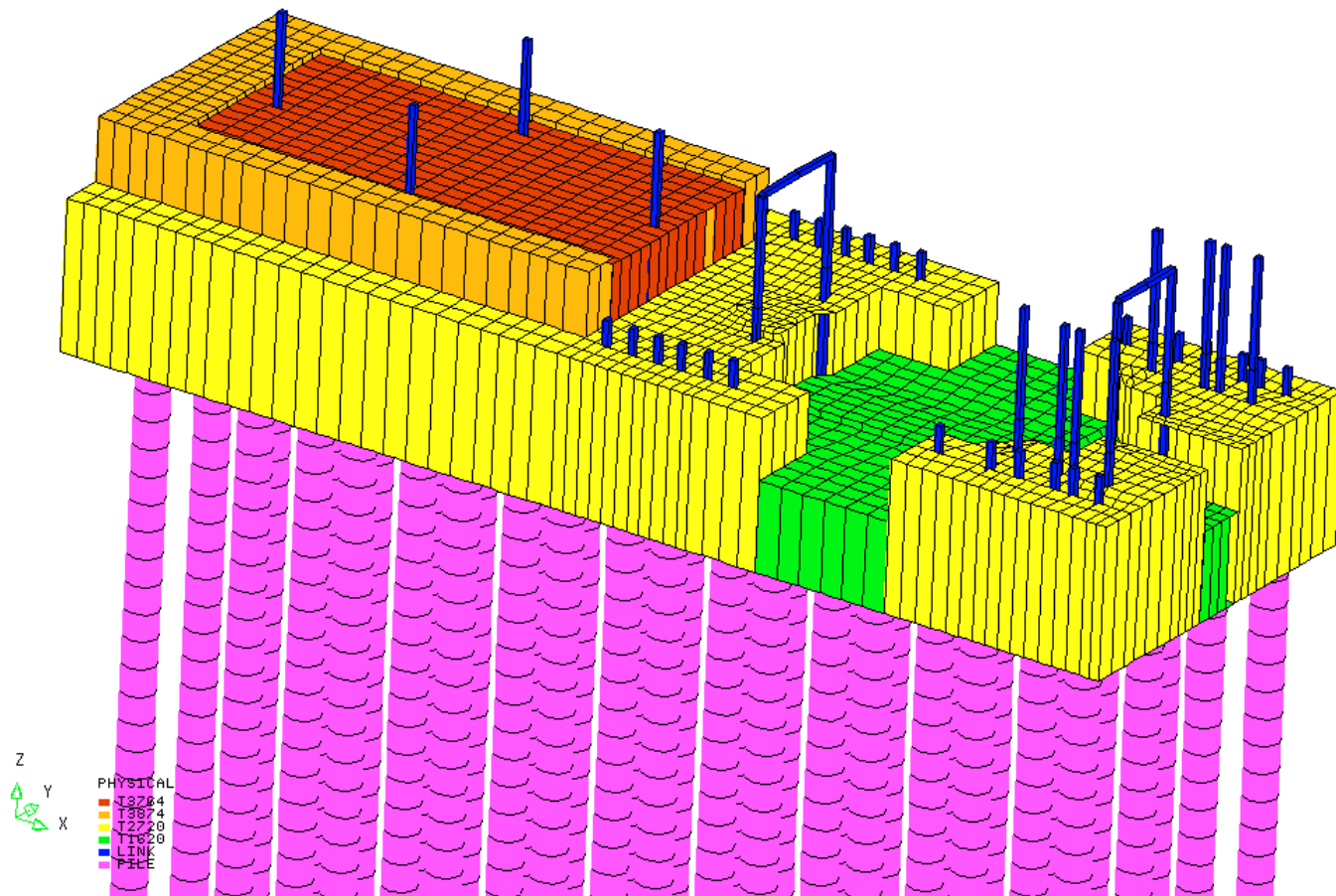
- Blok: vlakke schaalelementen CQ40F en CT30S
- Palen: balkelementen CL18B
translatieveren (verticaal) SP1TR
- Turbine en generator: puntmassa-elementen PT3T
- Stijve verbindingen: balkelementen L13BE

Modellen in DIANA (3)

iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

28-OCT-2004 22:27 block07_solid_funkycolours

MODEL: BLOCK07
ANALYSIS: DIANA
MODEL TYPE: STRUCTURAL 3D



2 november 2004

thinking in
all dimensions

Dynamische analyse (1)

- Eigenfrequenties
- Gedwongen trillingen
- Dynamische stijfheid oplegpunten
- Bepaling aardbevingsbelasting

2 november 2004

Dynamische analyse (2)

Eigenfrequenties

- Eisen: $f_1 < 0,8 f_m$
 $0,9 f_m < f_n < 1,1 f_m$
- Model 1: 120 eigenfrequenties
- Model 2: 24 eigenfrequenties
- Resultaten: enkele frequenties in gebied $0,9 f_m - 1,1 f_m$
maar: zeer beperkte massaparticipatie

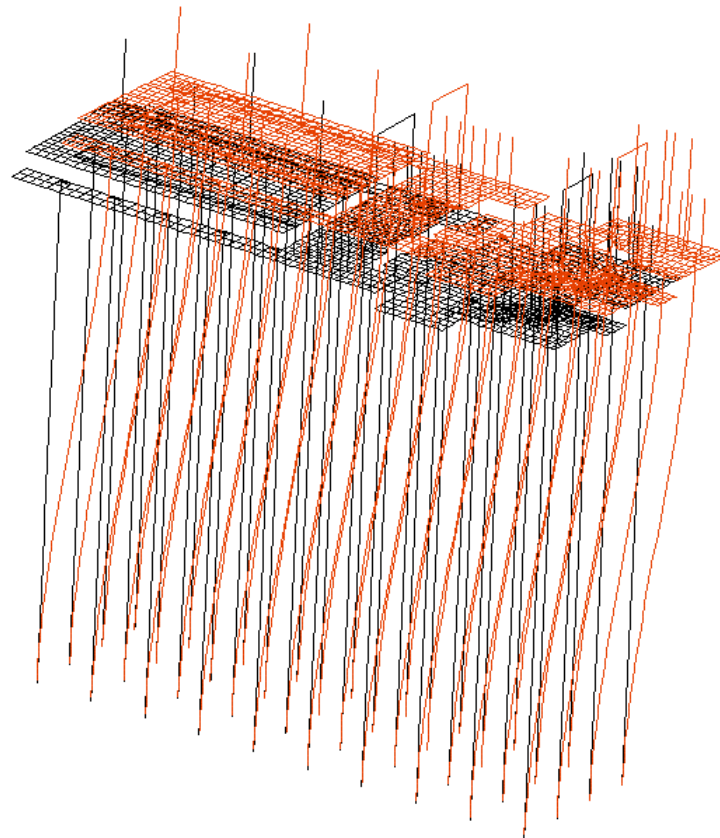
Dynamische analyse (3)

Eigenfrequenties

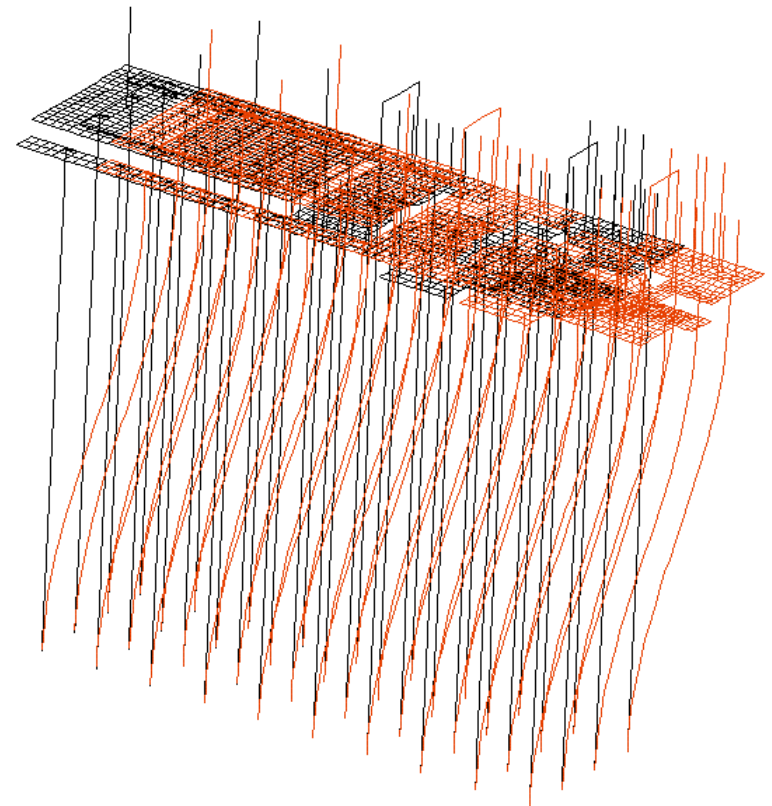
iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

1-NOV-2004 15:06 block07_mode0102

MODEL: BLOCK07_EV120
M01: MODE 1
STEP: 0 FREQUENCY: .479
NODAL DTX,...G RESDTX
MAX = 1 MIN = .133E-1
FACTOR = 3



MODEL: BLOCK07_EV120
M02: MODE 2
STEP: 0 FREQUENCY: .521
NODAL DTX,...G RESDTX
MAX = 1 MIN = .197E-2
FACTOR = 3



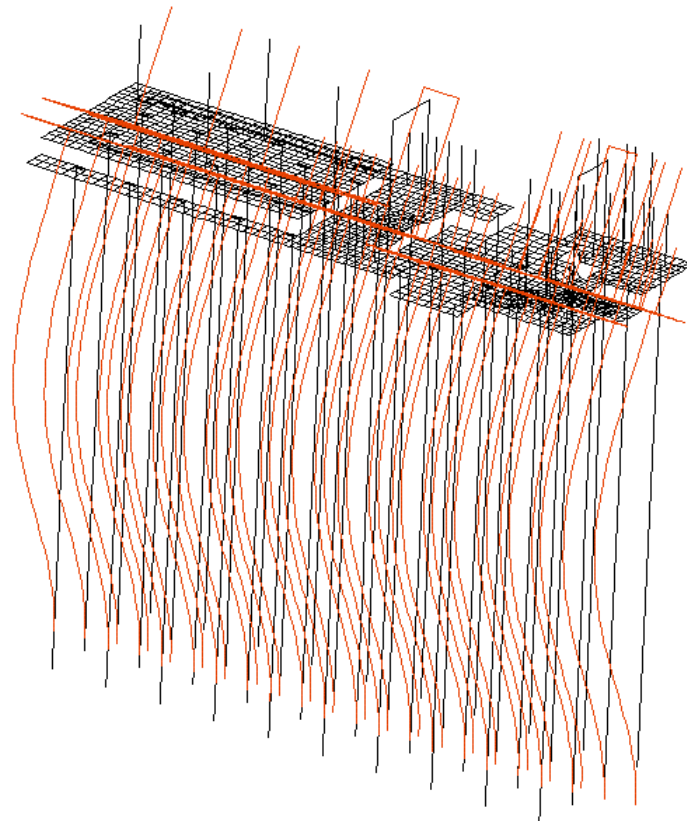
Dynamische analyse (4)

Eigenfrequenties

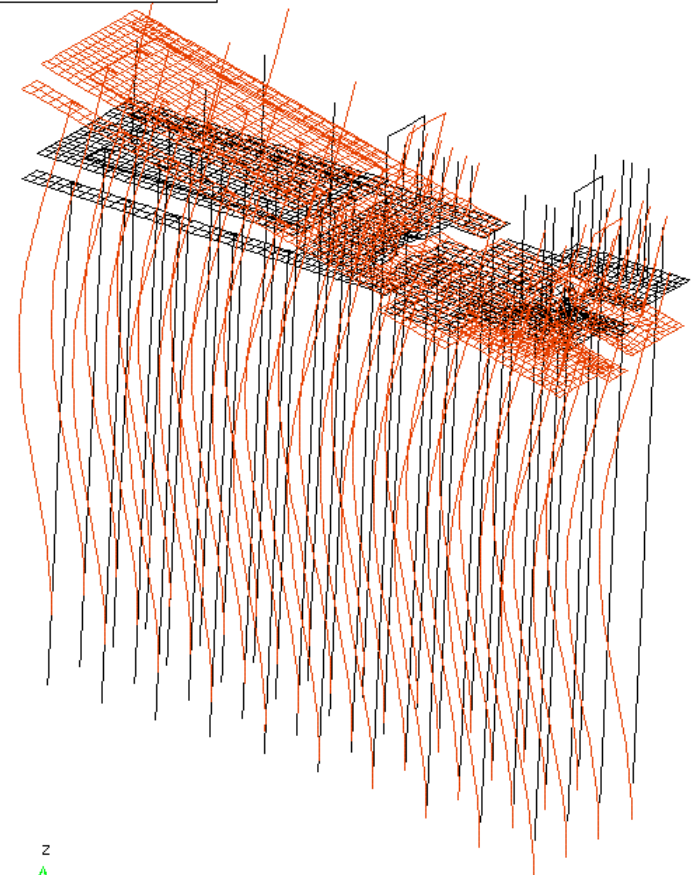
iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

1-NOV-2004 15:06 block07_mode0304

MODEL: BLOCK07_EV120
M03: MODE 3
STEP: 0 FREQUENCY: 3.86
NODAL DTX...G RESDTX
MAX = 1.1 MIN = .339E-1
FACTOR = 3



MODEL: BLOCK07_EV120
M04: MODE 4
STEP: 0 FREQUENCY: 4.63
NODAL DTX...G RESDTX
MAX = 1.02
MIN = .989E-2
FACTOR = 3



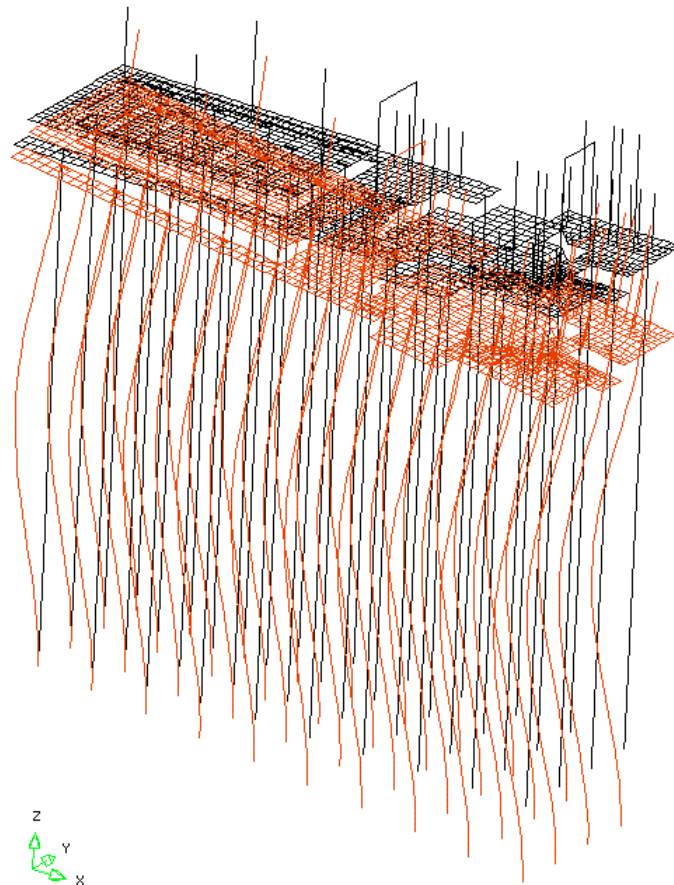
Dynamische analyse (5)

Eigenfrequenties

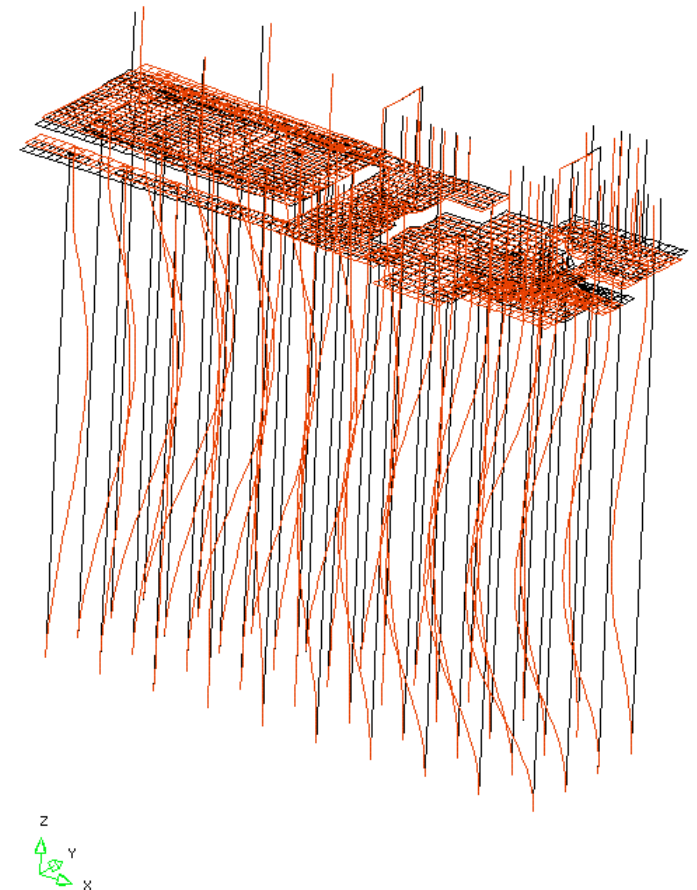
iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

1-NOV-2004 15:07 block07_mode0506

MODEL: BLOCK07_EV120
M05: MODE 5
STEP: 0 FREQUENCY: 5.28
NODAL DTX...G RESDTX
MAX = 1.05 MIN = .14
FACTOR = 3



MODEL: BLOCK07_EV120
M06: MODE 6
STEP: 0 FREQUENCY: 5.94
NODAL DTX...G RESDTX
MAX = 1.04
MIN = .637E-3
FACTOR = 3



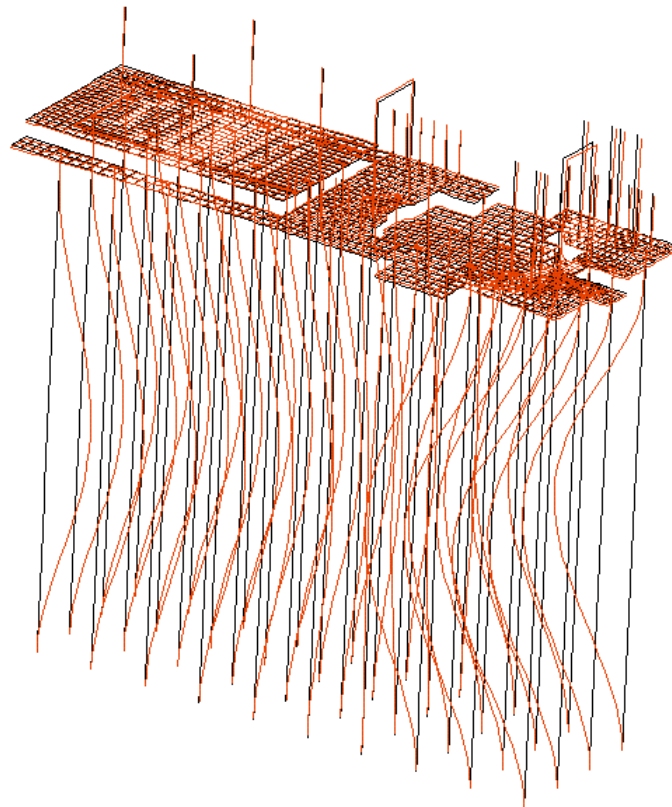
Dynamische analyse (6)

Eigenfrequenties

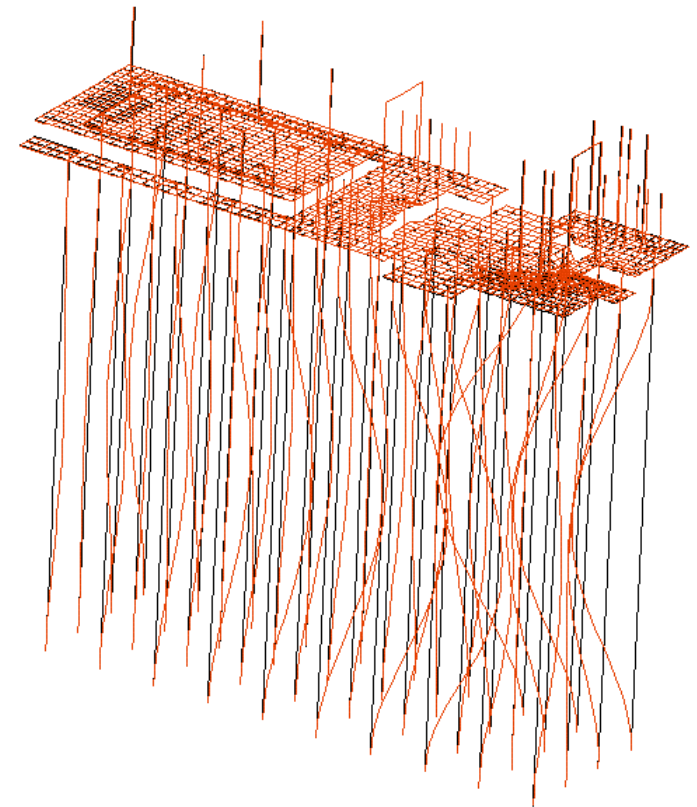
iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

1-NOV-2004 15:07 block07_mode0708

MODEL: BLOCK07_EV120
MOD: MODE 7
STEP: 0 FREQUENCY: 6.26
NODAL DTX...G RESDTX
MAX = 1 MIN = .182E-3
FACTOR = 3



MODEL: BLOCK07_EV120
MOD: MODE 8
STEP: 0 FREQUENCY: 6.38
NODAL DTX...G RESDTX
MAX = 1.03
MIN = .592E-4
FACTOR = 8



Dynamische analyse (7)

Gedwongen trillingen

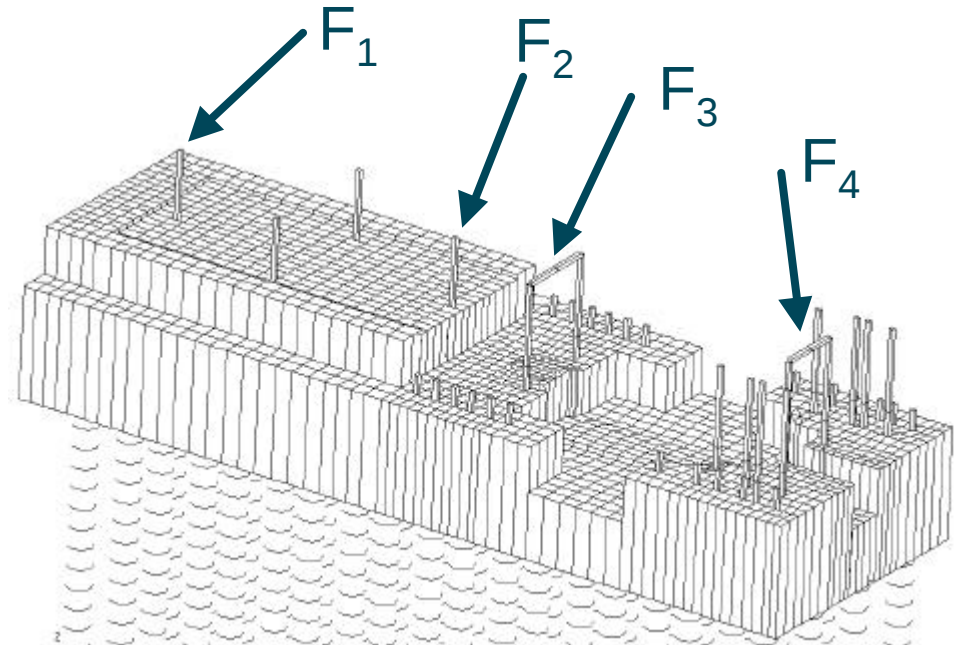
- Invoer: trillingsbelasting als gevolg van onbalans van roterende massa's (horizontaal en verticaal)

$$F_i(t) = \hat{F}_i \sin(\omega t)$$

$$\hat{F}_i = m_i e \omega^2$$

$$e\omega = 6,3 \text{ mm/s}$$

eis voor uitlijning
turbines bij
bedrijfsfrequentie
($f_m = 50 \text{ Hz}$)



Dynamische analyse (8)

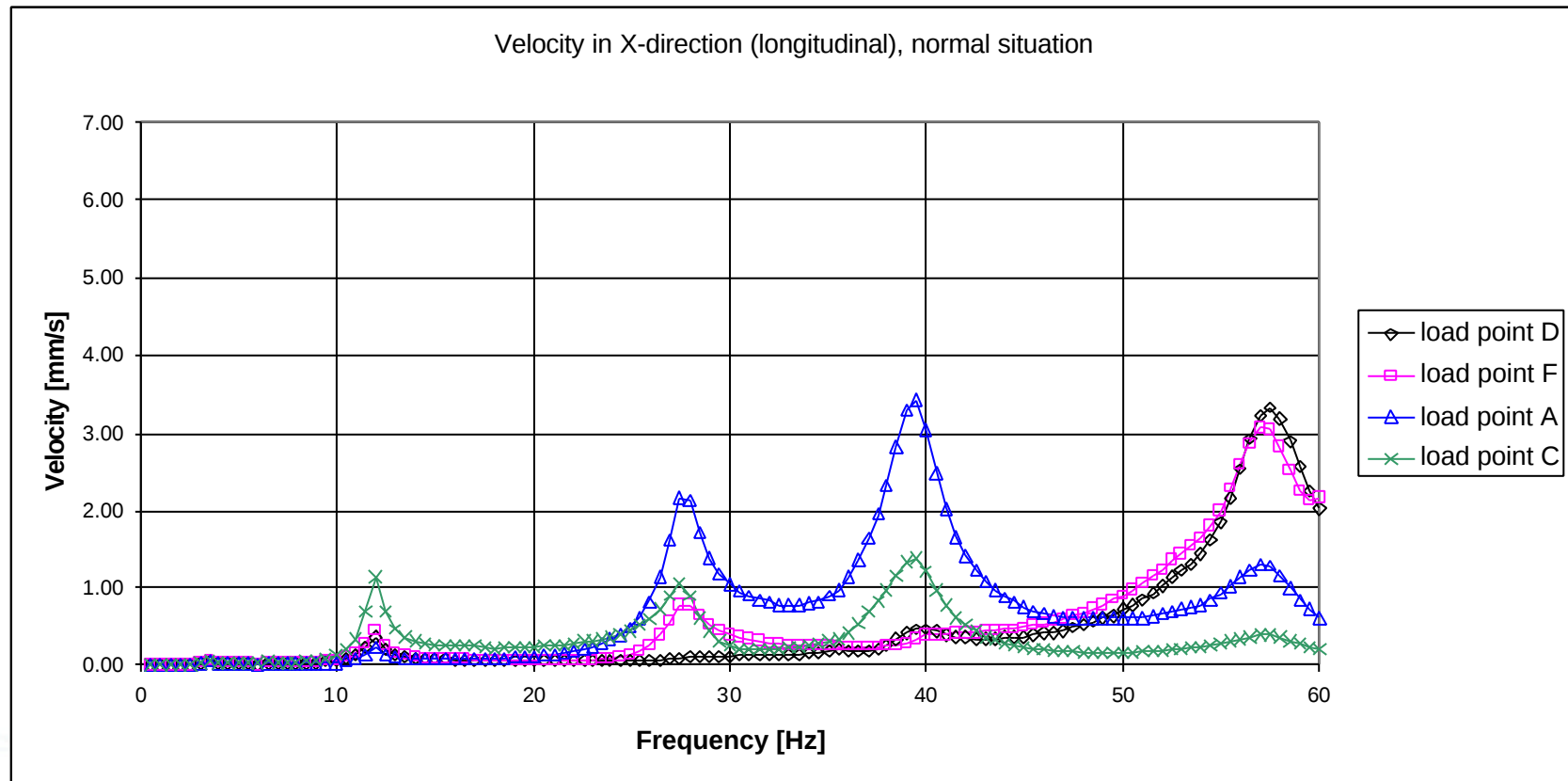
Gedwongen trillingen

- Modaalanalyse om respons te bepalen
- Frequentiebereik 0,5 Hz – 60,0 Hz
- Damping 3%
- Eis aan respons: effectieve snelheid $< 2,8 \text{ mm/s}$
 $\Rightarrow$ snelheidsamplitude $< 2,8\sqrt{2} = 4,0 \text{ mm/s}$
- Resultaten: per punt en per richting de snelheidsamplitude als functie van de frequentie

Dynamische analyse (9)

Gedwongen trillingen

■ Grafiek voor model 2, snelheid in X-richting



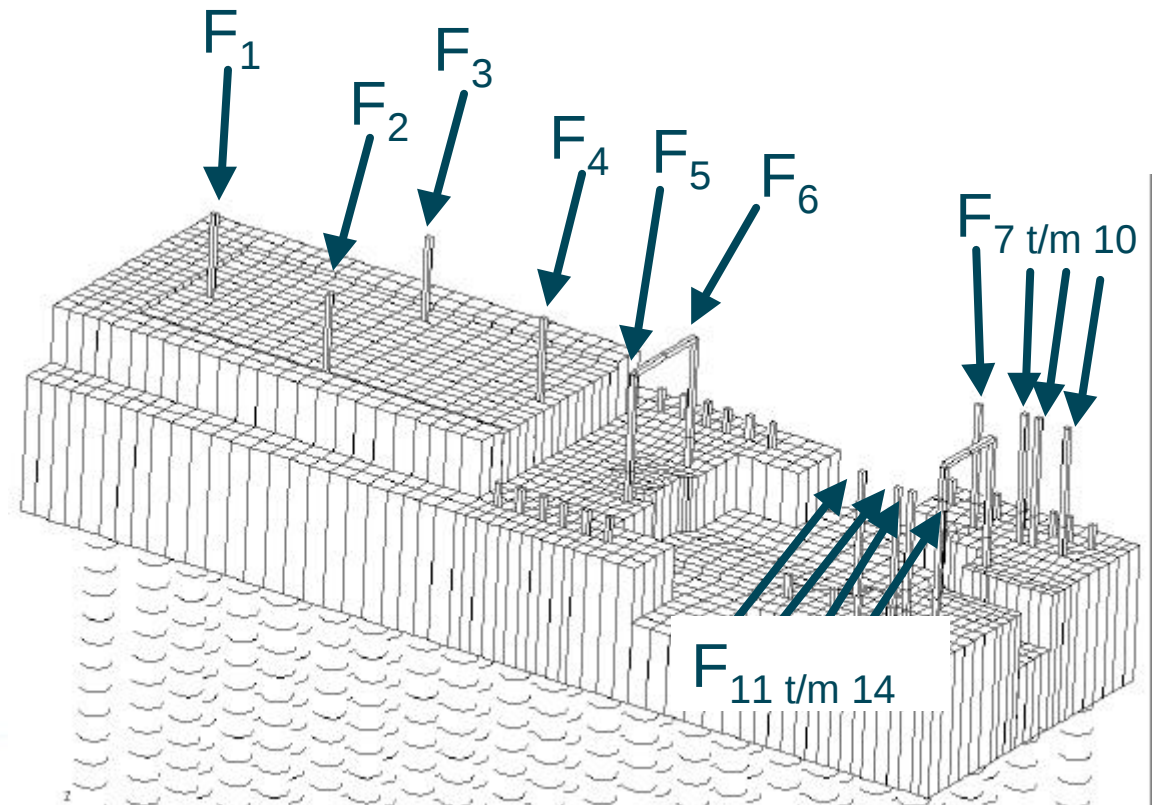
Dynamische analyse (10)

Dynamische stijfheid oplegpunten

■ Invoer: trillingsbelasting (verticaal)

$$F_i(t) = \hat{F}_i \sin(\omega t)$$

$$\hat{F}_i = 100 \text{ kN}$$



Dynamische analyse (11)

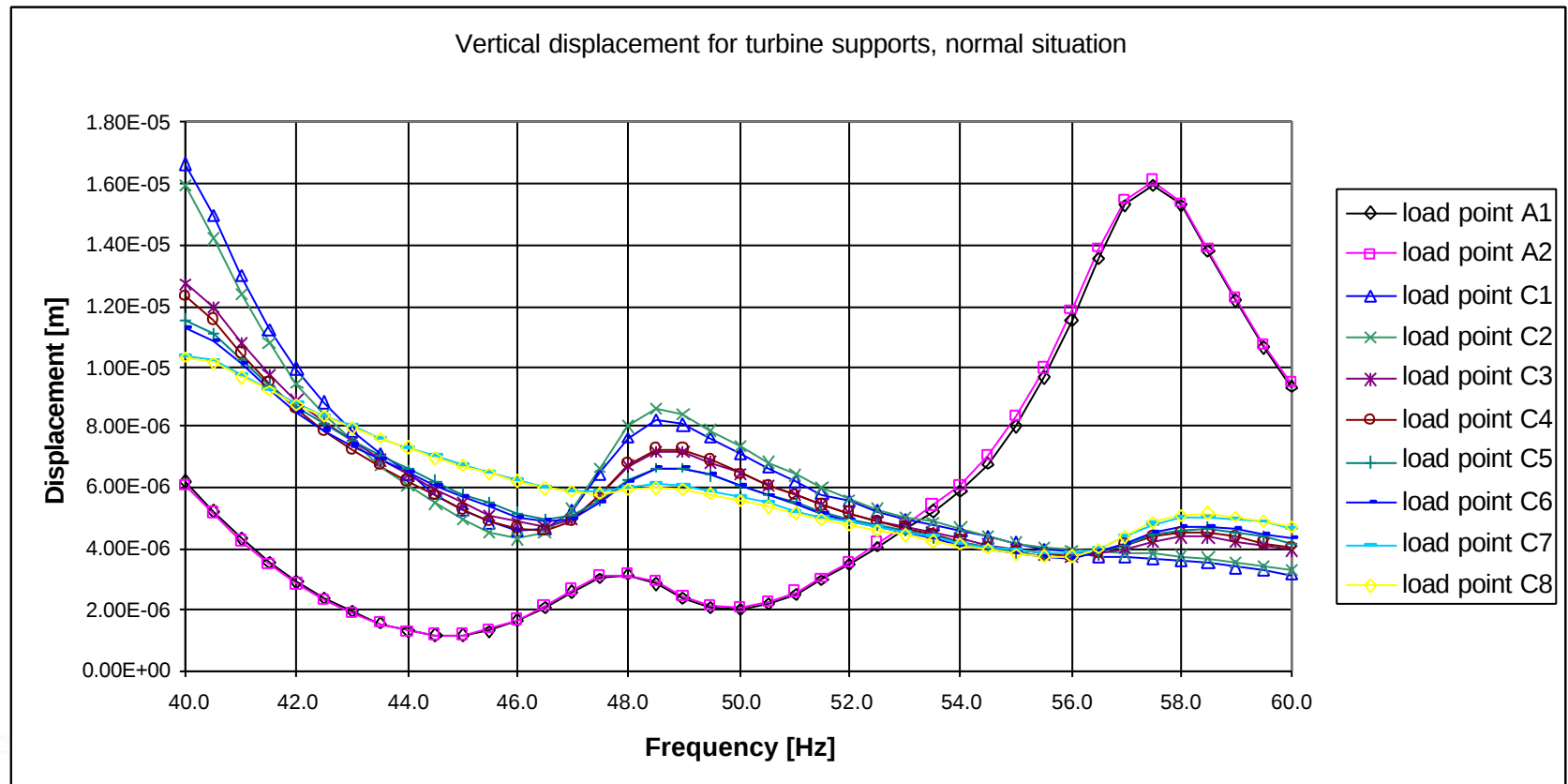
Dynamische stijfheid oplegpunten

- Modaalanalyse om respons te bepalen
- Frequentiebereik 40,0 Hz – 60,0 Hz
- Damping 3%
- Eis aan respons: stijfheid $> 1 \cdot 10^7$ kN/m
 $\Rightarrow$ verplaatsingsamplitude $< 100 \text{ kN} / 1 \cdot 10^7 \text{ kN/m} = 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- Resultaten: per punt de verplaatsingsamplitude als functie van de frequentie

Dynamische analyse (12)

Dynamische stijfheid oplegpunten

■ Grafiek voor model 2, oplegpunten turbine



Dynamische analyse (13)

Bepaling aardbevingsbelasting

- Equivalente statische aardbevingsbelasting volgens Uniform Building Code (UBC):

$$V = \frac{ZIC}{R} W$$

V totale horizontale belasting

W totale gewicht van de constructie

Z maat voor de seismische activiteit van het gebied

I factor die het belang van de constructie in rekening brengt

C factor die grondsoort en eerste eigenperiode in rekening brengt

R responscoëfficiënt afhankelijk van het type constructie

Dynamische analyse (14)

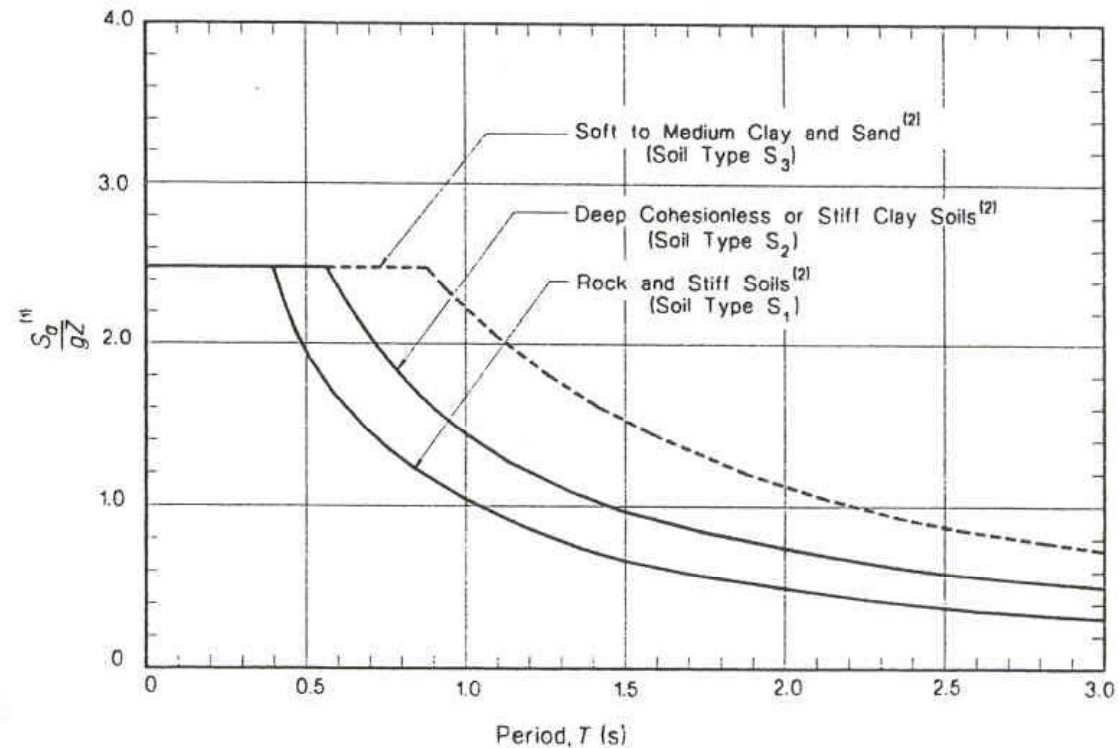
Bepaling aardbevingsbelasting

- Resultaat equivalente statische methode
 - $V/W = 0,0759$ in langsrichting (X)
 - $V/W = 0,0718$ in dwarsrichting (Y)
- Equivalente statische methode volgens UBC gaat uit van gebouwen
 - ⇒ time history analyse om toepasbaarheid voor fundatieblok te toetsen

Dynamische analyse (15)

Bepaling aardbevingsbelasting

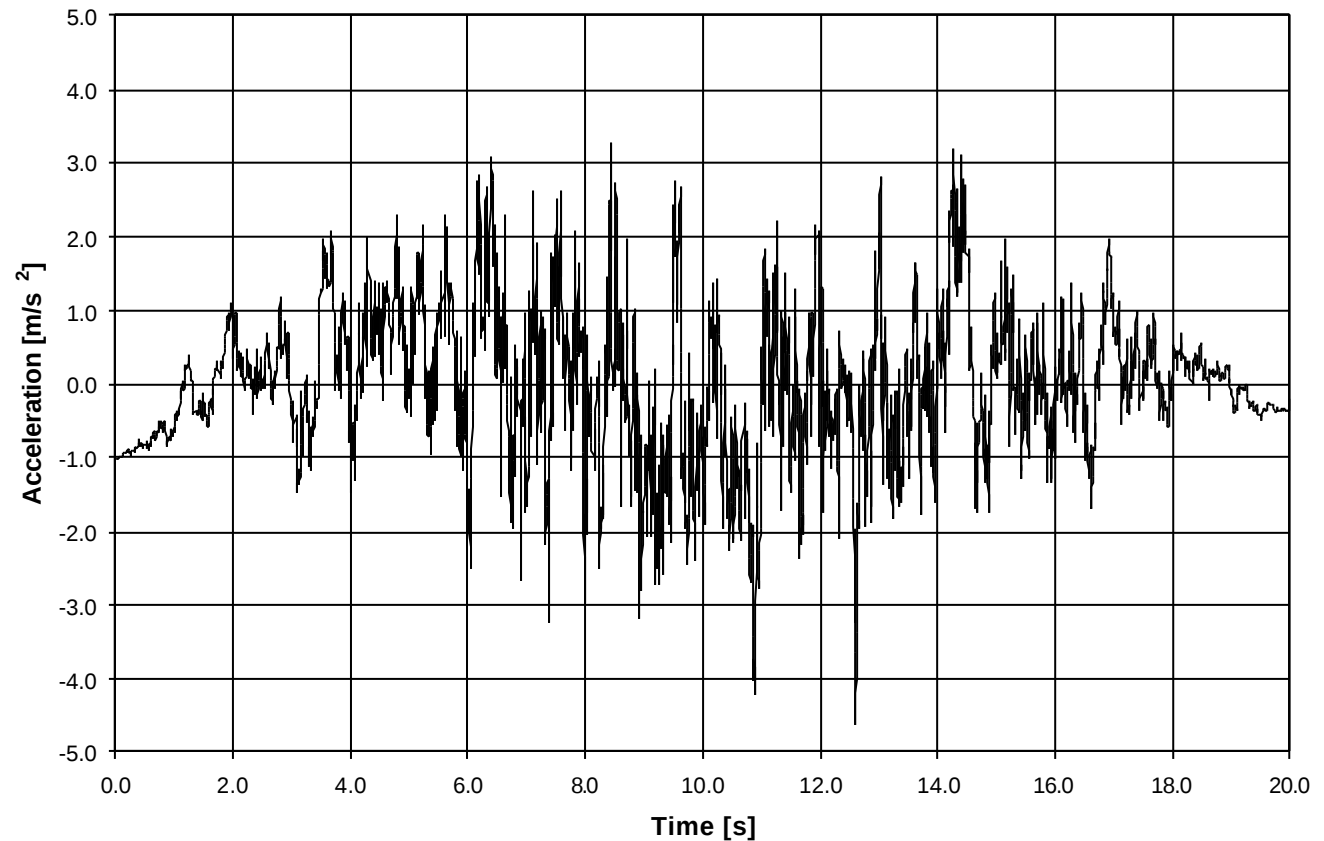
- Time history diagram genereren op basis van genormaliseerd responspectrum



Dynamische analyse (16)

Bepaling aardbevingsbelasting

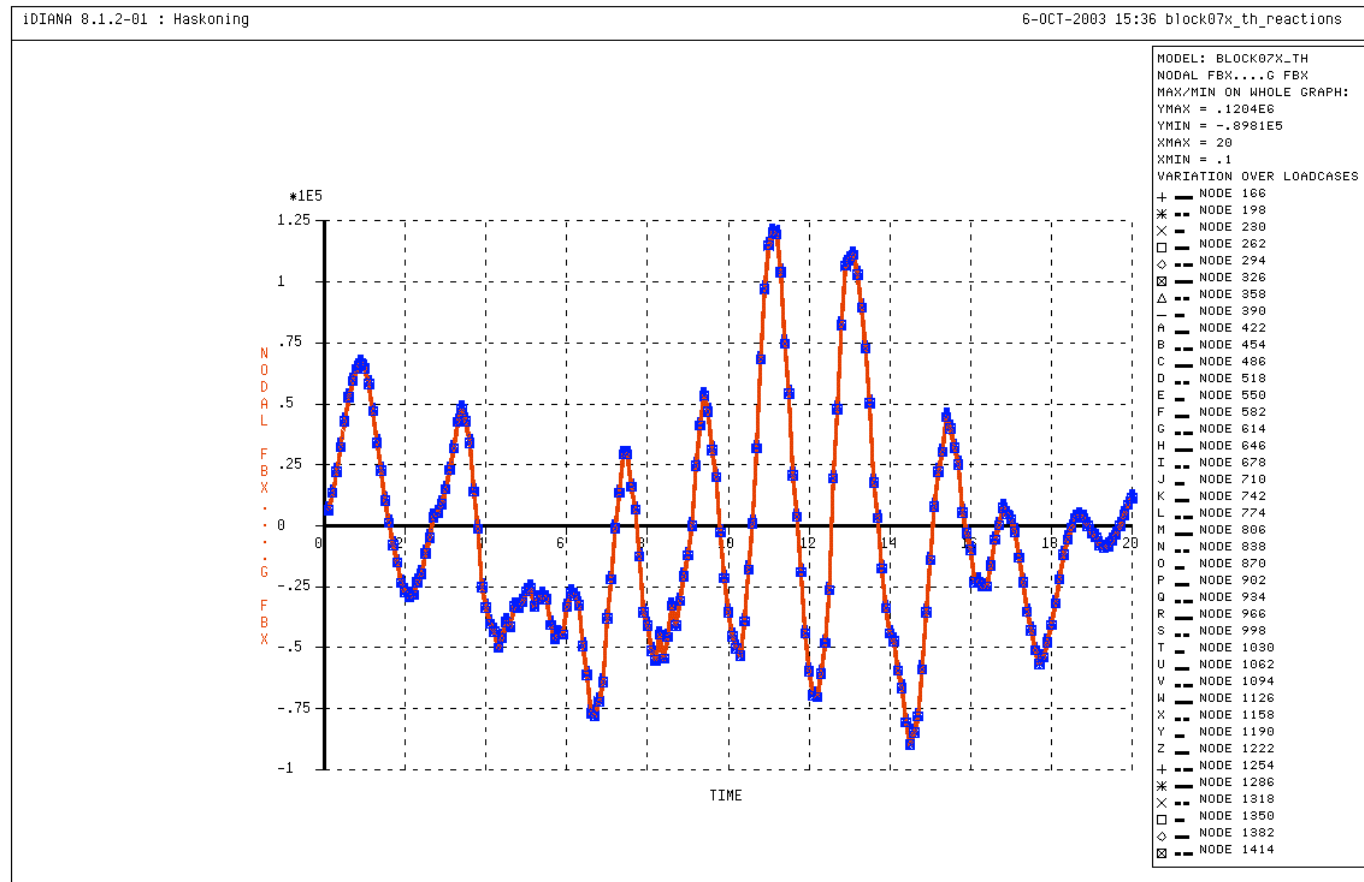
- Resultierend time history diagram (20 seconden) in DIANA invoeren (versnelling als functie van de tijd)



Dynamische analyse (17)

Bepaling aardbevingsbelasting

- Resultaten: reactiekrachten als functie van de tijd



Dynamische analyse (18)

Bepaling aardbevingsbelasting

- Resultaten DIANA-berekening komen redelijk overeen met equivalente statische bepaling volgens UBC
 - equivalent statisch: $a_x = 0,076 \text{ m/s}^2$
 $a_y = 0,072 \text{ m/s}^2$
 - time history (DIANA): $a_x = 0,086 \text{ m/s}^2$
 $a_y = 0,079 \text{ m/s}^2$
- Conclusie: voor statische analyse fundatieblok equivalente statische aardbevingsbelasting gebruiken

Statische analyse (1)

- Zelfde twee modellen, met aangepaste stijfheden
- Belastingsgevallen
 - Permanente belasting
 - Veranderlijke belasting 5 kN/m²
 - Verticale belasting uit draaimoment tijdens bedrijf
 - Onbalans in verticale richting tijdens bedrijf
 - Onbalans in horizontale richting tijdens bedrijf
 - Verticale belasting uit kortsluiting (falen)
 - Aardbeving in langsrichting
 - Aardbeving in dwarsrichting
 - Belasting uit aansluitend leidingwerk

Statische analyse (2)

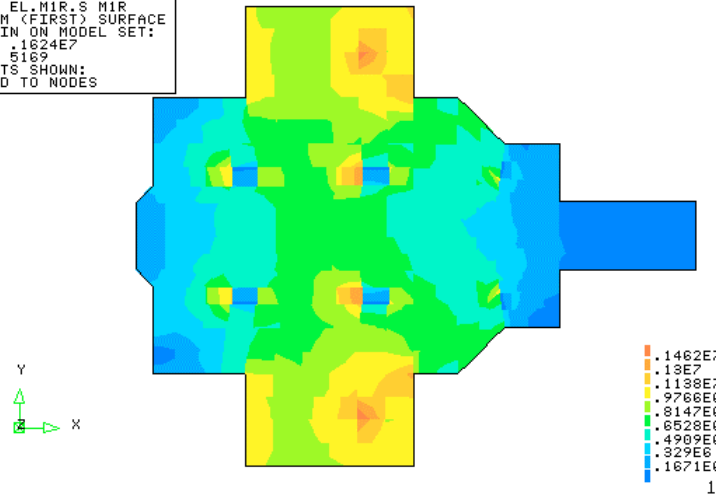
- Belastingscombinaties volgens UBC
- Resultaten: wapeningsmomenten en normaalkrachten per richting en per combinatie
- Conclusie: basiswapening slechts op enkele punten onvoldoende

Statische analyse (3)

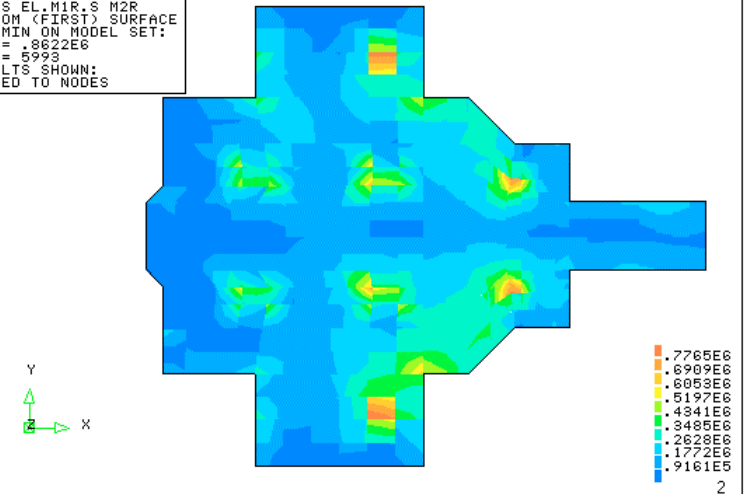
iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

25-NOV-2003 12:21 block09_th1620_m_env07

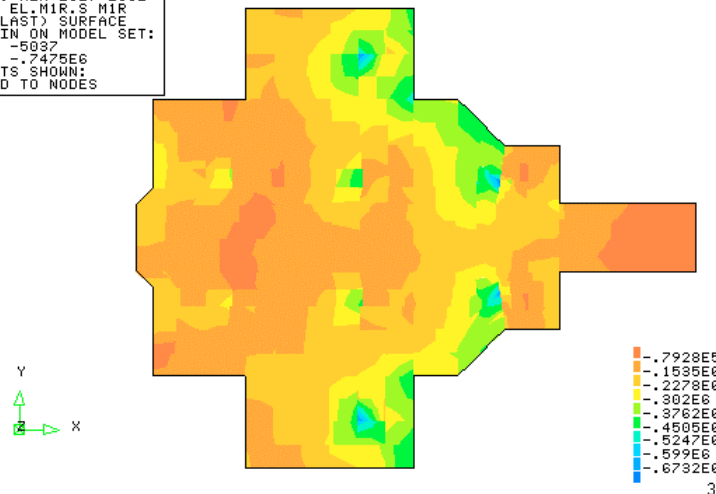
MODEL: BLOCK09_02
ENV07: MAX LC29-LC32
GAUSS EL.M1R.S M1R
BOTTOM (FIRST) SURFACE
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = .1624E7
MIN = .5169
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



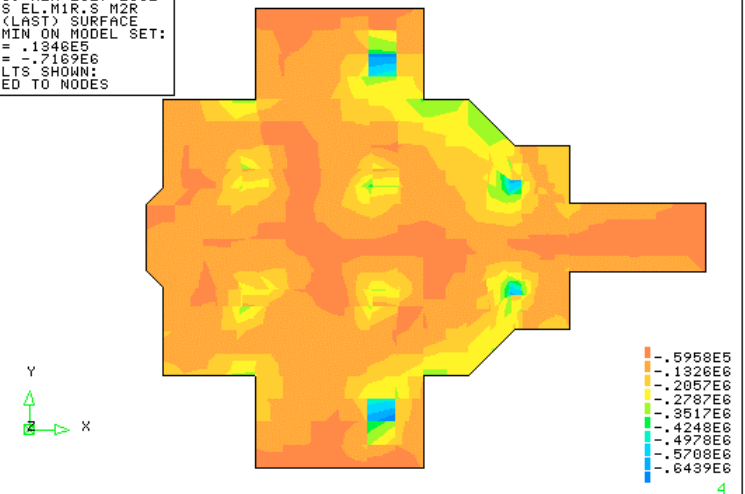
MODEL: BLOCK09_02
ENV07: MAX LC29-LC32
GAUSS EL.M1R.S M2R
BOTTOM (FIRST) SURFACE
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = .8622E6
MIN = .6993
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



MODEL: BLOCK09_02
ENV08: MIN LC29-LC32
GAUSS EL.M1R.S M1R
TOP (LAST) SURFACE
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = -.5037
MIN = -.7475E6
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



MODEL: BLOCK09_02
ENV08: MIN LC29-LC32
GAUSS EL.M1R.S M2R
TOP (LAST) SURFACE
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = .1348E5
MIN = -.7169E6
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



2 november 2004

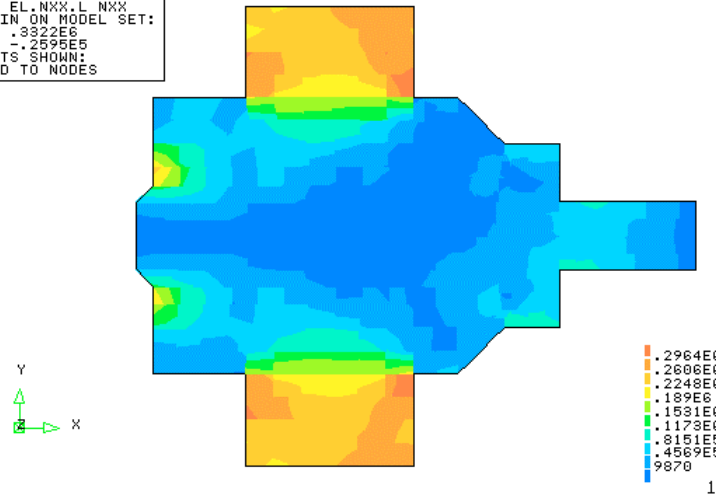
thinking in
all dimensions

Statische analyse (4)

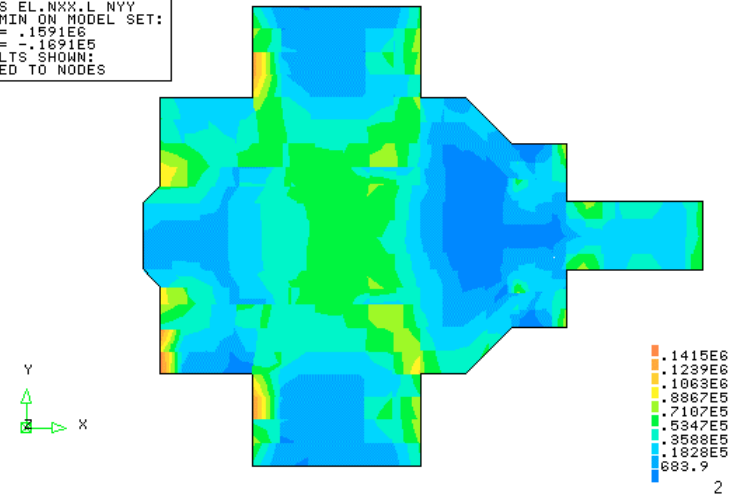
iDIANA 8.1.2-01 : Haskoning

25-NOV-2003 12:21 block09_th1620_n_env07

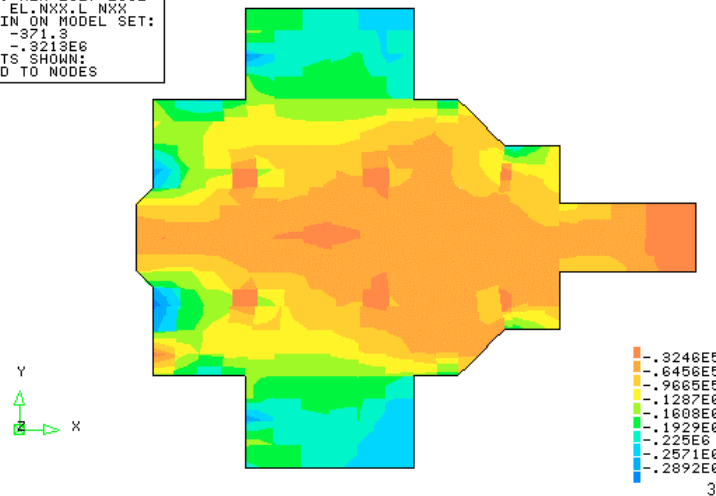
MODEL: BLOCK09_02
ENV07: MAX LC29-LC32
GAUSS EL.NXX.L NXX
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = .3922E6
MIN = -.2595E5
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



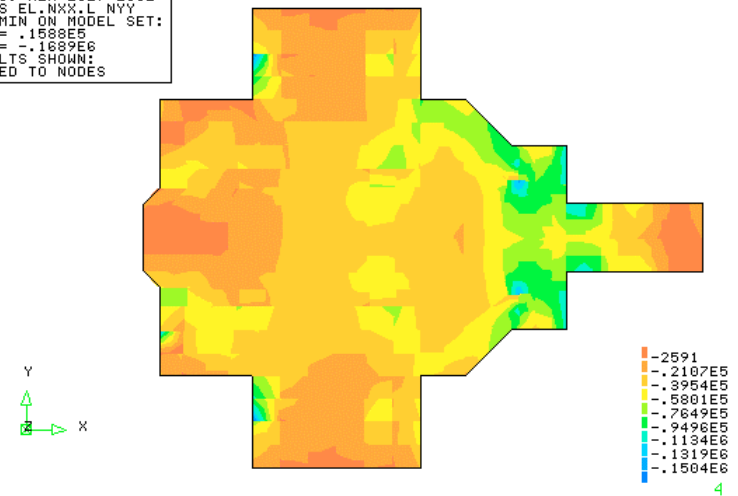
MODEL: BLOCK09_02
ENV07: MAX LC29-LC32
GAUSS EL.NXX.L NYX
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = .1591E6
MIN = -.1691E5
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



MODEL: BLOCK09_02
ENV08: MIN LC29-LC32
GAUSS EL.NXX.L NXX
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = -.371.3
MIN = -.3213E6
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



MODEL: BLOCK09_02
ENV08: MIN LC29-LC32
GAUSS EL.NXX.L NYX
MAX/MIN ON MODEL SET:
MAX = .1588E5
MIN = -.1689E6
RESULTS SHOWN:
MAPPED TO NODES



2 november 2004

thinking in
all dimensions