

sŽ - projektivno podjetje Ljubljana d.d.

projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

1

NASLOVNA STRAN NAČRTA 3685_3/21

Vrsta načrta:

3/21 Novogradnja mostu v km 570+809

ZVEZEK 1/4 (Tehnično poročilo in splošne risbe)

Investitor:



REPUBLIKA SLOVENIJA

Ministrstvo za infrastrukturo

Direkcija RS za infrastrukturo

Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

Projekt/Objekt:

**Nadgradnja medpostajnega odseka
Ljubljana - Brezovica**

Vrsta projektne dokumentacije:

IZVEDBENI NAČRT

Za gradnjo:

Vzdrževalna dela v javno korist

Projektant:

**SŽ – Projektivno podjetje Ljubljana d.d.
projektiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana**

Odgovorni predstavnik projektanta:

Edmund Škerbec,
univ. dipl. inž. grad.

Podpis:



Odgovorni projektant:

mag. Ivo Bojc,
univ. dipl. inž. grad.
G-0045

Podpis:

m a g . I V O B O J C
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-0045

Številka načrta:

3685_3/21

Kraj in datum:

Ljubljana, julij 2019

Dopolnjeno po reviziji: **Ljubljana, november 2019**

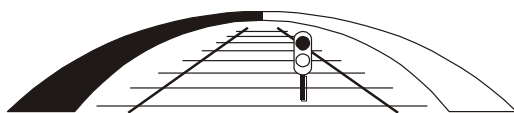
Odgovorni vodja projekta:

Boris Brilly,
univ. dipl. inž. grad.
G-2753

Podpis:

B O R I S B R I L L Y
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-2753

ZG50	0098	007.2160	S.1	
-------------	-------------	-----------------	------------	--



2

KAZALO VSEBINE NAČRTA 3685_3/21

ZVEZEK 1

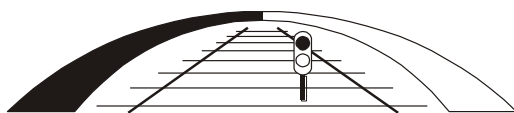
1	Naslovna stran	S.1
2	Kazalo vsebine načrta	S.2.1
3	Izjava izdelovalca izvedbenega načrta	S.3.1
4	Tehnično poročilo	T.1
	4.1 Tehnični opis	T.1.1
	4.2 Popis del s predizmerami	T.1.2
	4.3 Projektantski predračun	T.1.3
	4.4 Statični račun	T.1.4
5	Risbe:	
	Podloge za projektiranje	
	1/P. Vzдолžni profil desnega tira M 1:1000/100	G. 142
	2/P. Prečni profil desnega tira VM 148-VM 152 M 1:100	G. 132
	Splošne risbe	
	1/I. Situacija M 1:500	G. 202
	2/I. Tloris M 1:50	G. 219
	3/I. Vzдолžni prerez A - A M 1:50	G. 243
	4/I. Karakteristični prerez M 1:25	G. 239
	5/I. Prečni prerez B - B, C - C M 1:50	G. 239.1
	6/I. Prečni prerez D - D, E - E M 1:50	G. 239.2
	7/I. Zakoličevalna risba M 1:50	G. 206
	Tehnologija gradnje	
	8/I. Obstoječe stanje M 1:100	G. 220.1
	9/I. Faza I, Faza II M 1:100	G. 220.2
	10/I. Faza III, Faza IV M 1:100	G. 220.3
	11/I. Faza V, Faza VI M 1:100	G. 220.4
	12/I. Faza VII, Faza VIII M 1:100	G. 220.5

ZG50

0098

007.2160

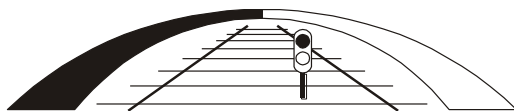
S.2.1



ZVEZEK 2

5	Risbe: opazne risbe		
	1/II. Pozicijska risba osi podpornega sistema	M 1:50	G. 261
	2/II. Opažna risba temeljne grede nad piloti v osi "1"	M 1:25	G. 261
	3/II. Opažna risba temeljne grede nad piloti v osi "2 in 3"	M 1:25	G. 261
	4/II. Opažna risba ab. stene krajnega opornika v osi "1" tloris, prerez A-A, B-B	M 1:25	G. 261
	5/II. Opažna risba ab. stene krajnega opornika v osi "1" prerez C-C, D-D, E-E, F-F	M 1:25	G. 261
	6/II. Opažna risba ab. stene vmesne podpore v osi "2 in 3" tloris, prerez A-A, B-B, C-C	M 1:25	G. 261
	7/II. Opažna risba krajnega opornika v osi "4" tloris, prerez A-A, B-B	M 1:25	G. 261
	8/II. Opažna risba krajnega opornika v osi "4" prerez C-C, D-D, E-E, F-F	M 1:25	G. 261
	9/II. Opažna risba ležiščnih blazin v osi "1" tloris, prerez A-A, B-B	M 1:20	G. 261
	10/II. Opažna risba ležiščnih blazin v osi "2 in 3" tloris, prerez C-C, D-D, E-E, F-F	M 1:20	G. 261
	11/II. Opažna risba ležiščnih blazin v osi "4" tloris, prerez G-G, H-H, I-I, J-J	M 1:20	G. 261
	12/II. Pozicijska risba ležišč	M 1:50	G. 261
	13/II. Pozicijska risba razporeditve jeklenih nosilcev	M 1:50,25	G. 261
	14/II. Risba antikorozijske zaščite spodnje pasnice jeklenih nosilcev	M 1:10,5	G. 261
	15/II. Opažna risba ab. voziščne plošče - tloris, prerez A-A	M 1:50	G. 261
	16/II. Opažna risba ab. voziščne plošče prerez B-B, C-C, D-D, E-E, F-F	M 1:25	G. 261
	17/II. Opažna risba ab. montažne kinete za SV-TK kable tloris, prerez A-A, B-B, C-C, D-D	M 1:50,10	G. 261
	18/II. Opažna risba ab. kinete izdelane na licu mesta-insitu tloris, prerez A-A	M 1:50,10	G. 261
	19/II. Opažna risba ab. robnega venca tloris, prerez A-A, B-B, C-C	M 1:50,10	G. 261
	20/II. Opažna risba ab. prehodnega jaška vzdolžni in prečni prerez	M 1:10	G. 261

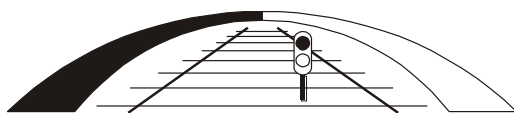
ZG50	0098	007.2160	S.2.1	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



ZVEZEK 3

5	Risbe: detajlne risbe		
	1/III. Detajlna risba drenaže za krajnim opornikom	M 1:10	G. 251
	2/III. Detajlna risba pritrditve PHO	M 1:10,5	G. 251
	3/III. Detajlna risba držala na PHO - prečni prerez, pogled	M 1:50,10,5	G. 251
	4/III. Detajlna risba prečne dilatacije nad opornikom v osi "4" tloris, prečni prerez, pogled	M 1:25,10	G. 251
	5/III. Detajlna risba vzdolžne dilatacije med desno in levo prekladno ploščo	M 1:50,5	G. 251
	6/III. Detajlna risba tesnenja gradbenih reg tloris, prečni prerez	M 1:10	G. 251
	7/III. Detajlna risba prekritja dilatacije robnega venca v osi "1" tloris, prečni prerez, pogled	M 1:10	G. 251
	8/III. Detajlna risba prekritja dilatacije robnega venca v osi "4" tloris, prečni prerez, pogled	M 1:10	G. 251
	9/III. Detajlna risba prekritja odprtine - obstoječi steber tloris, prečni prerez A-A	M 1:10	G. 251
	10/III. Pozicijska risba merilnih čepov tloris, prečni prerez	M 1:50,20	G. 251
	11/III. Pozicijska risba varnostnega kotnika tloris, prečni prerez	M 1:50,10	G. 251
	Tehnični opis ozemljitve objekta		
	12/III. Risba ozemljitve objekta - tloris	M 1:50	G. 251
	13/III. Risba ozemljitve objekta - prerez B-B, C-C	M 1:50	G. 251
	14/III. Risba ozemljitve objekta - prerez D-D, E-E	M 1:50	G. 251
	15/III. Shema stika planuma in objekta - dvotirna proga	M 1:50	G. 251

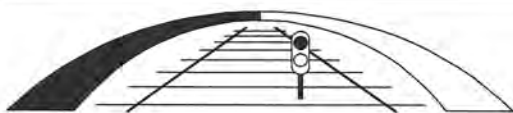
ZG50	0098	007.2160	S.2.1	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



ZVEZEK 4

5	Risbe: armaturne risbe		
	1/IV. Piloti v osi "1"	M 1:50,10	G. 271
	2/IV. Temeljna greda podpore v osi "1" - 1. faza gradnje	M 1:25	G. 271
	3/IV. Temeljna greda podpore v osi "1" - 2. faza gradnje	M 1:25	G. 271
	4/IV. Stena podpore v osi "1" - 1. faza gradnje	M 1:25	G. 271
	5/IV. Stena podpore v osi "1" - 2. faza gradnje	M 1:25	G. 271
	6/IV. Piloti v osi "2" in "3"	M 1:25	G. 271
	7/IV. Temeljna greda podpore v osi "2" - 1. faza gradnje tloris, prerez A-A, B-B	M 1:25	G. 271
	8/IV. Temeljna greda podpore v osi "2" - 2. faza gradnje tloris, prerez C-C, D-D	M 1:25	G. 271
	9/IV. Stena vmesne podpore v osi "2" - 1. faza gradnje prerezi 1-1, 2-2, 3-3	M 1:25	G. 271
	10/IV. Stena vmesne podpore v osi "2" - 1. faza gradnje, prerez A-A	M 1:25	G. 271
	11/IV. Stena vmesne podpore v osi "2" - 1. faza gradnje, prerez B-B, C-C	M 1:25	G. 271
	12/IV. Stena vmesne podpore v osi "2" - 2. faza gradnje prerezi 4-4, 5-5, 6-6	M 1:25	G. 271
	13/IV. Stena vmesne podpore v osi "2" - 2. faza gradnje, prerez D-D	M 1:25	G. 271
	14/IV. Stena vmesne podpore v osi "2" - 2. faza gradnje, prerez E-E, F-F	M 1:25	G. 271
	15/IV. Temeljna greda podpore v osi "3" - 1. faza gradnje tloris, prerez A-A, B-B	M 1:25	G. 271
	16/IV. Temeljna greda podpore v osi "3" - 2. faza gradnje tloris, prerez C-C, D-D	M 1:25	G. 271
	17/IV. Stena vmesne podpore v osi "3" - 1. faza gradnje prerezi 1-1, 2-2, 3-3	M 1:25	G. 271
	18/IV. Stena vmesne podpore v osi "3" - 1. faza gradnje, prerez A-A	M 1:25	G. 271
	19/IV. Stena vmesne podpore v osi "3" - 1. faza gradnje, prerez B-B, C-C	M 1:25	G. 271
	20/IV. Stena vmesne podpore v osi "3" - 2. faza gradnje prerezi 4-4, 5-5, 6-6	M 1:25	G. 271
	21/IV. Stena vmesne podpore v osi "3" - 2. faza gradnje, prerez D-D	M 1:25	G. 271
	22/IV. Stena vmesne podpore v osi "3" - 2. faza gradnje, prerez E-E, F-F	M 1:25	G. 271
	23/IV. Piloti v osi "4"	M 1:50,10	G. 271
	24/IV. Podpora v osi "4" - 1. faza gradnje	M 1:25	G. 271
	25/IV. Podpora v osi "4" - 2. faza gradnje	M 1:25	G. 271
	26/IV. Armaturna risba prekladne plošče - desna stran	M 1:50,25	G. 271
	27/IV. Armaturna risba prekladne plošče - leva stran	M 1:50,25	G. 271
	28/IV. Robni venec in kineta - gorvodna stran (desna stran)	M 1:10	G. 271
	29/IV. Robni venec in kineta - dolvodna stran (leva stran)	M 1:10	G. 271
	30/IV. Armaturna risba prehodnega jaška - vzdolžni in prečni prerez	M 1:10	G. 271

ZG50	0098	007.2160	S.2.1	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



3

IZJAVA ODGOVORNEGA PROJEKTANTA

Odgovorni projektant načrta 3685_3/21

mag. IVO BOJC, univ. dipl. inž. grad.

V skladu s 7. točko 27. člena Pravilnika o pogojih in postopku za začetek, izvajanje in dokončanje tekočega in investicijskega vzdrževanja ter vzdrževalnih del v javno korist na področju železniške infrastrukture (Ur. l. RS, št. 82/2006),

IZJAVLJAM,

1. da je načrt št. **3685_3/21 »Novogradnja mostu v km 570+809«** skladen z veljavnimi prostorskimi akti in projektno nalogo,
2. da predmetni izvedbeni načrt izpolnjuje vse pogoje interoperabilnosti podane v tehnični specifikaciji za interoperabilnost vseevropskega železniškega sistema za konvencionalne hitrosti v zvezi
 - z »infrastrukturnim podsistemom« TSI – 2014/1299/EU z dne 12. 12. 2014

3685_3/21

(št. načrta)

mag. Ivo Bojc, univ. dipl. inž. grad., G-0045

(ime in priimek, strokovna izobrazba, identifikacijska št.)

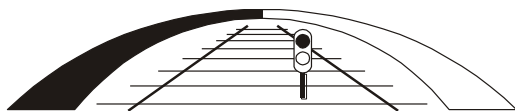
m a g . I V O B O J C
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-0045

Ljubljana, julij 2019

(kraj in datum izdelave)

(osebni žig, podpis)

ZG50	0098	007.2160	S.3.1	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

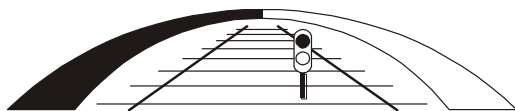
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

4 TEHNIČNO POROČILO

ZG50	0098	007.2160	T.1	
-------------	-------------	-----------------	------------	--



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

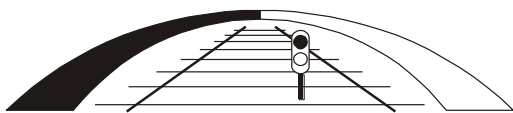
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

4.1 TEHNIČNI OPIS

ZG50	0098	007.2160	T.1.1	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



TEHNIČNI OPIS

MOST MALI GRABEN

v km 570+807 železniške proge Ljubljana - Sežana - d.m.

1 SPLOŠNO

1.1 Splošni podatki

Objekt:	most čez vodotok Mali Graben (v Ljubljani)
Žel. proga:	žel. proga št. 50 Ljubljana - Sežana - d.m.
Odsek:	Ljubljana - Brezovica
Faza projekta:	IZN
Št. projekta:	3685_2/21
Naročnik:	RS Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija RS za infrastrukturo (DRSI)

1.2 Namen objekta

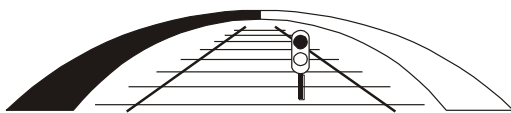
V sklopu nadgradnje nekaterih medpostajnih odsekov na glavni progi št. 50 Ljubljana - Sežana - d.m. je predvidena tudi nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica. Proga je dvotirna in elektrificirana.

Na tem mestu se nahaja obstoječi jekleni most preko dveh polj, skupne dolžine 30 m. S projektno nalogo je zahtevana preučitev zamenjave jeklene konstrukcije z betonsko, zaradi povečanja prepustnosti pretoka spodaj ležečega vodotoka Mali Graben, ki je v bistvu razbremenilni kanal reke Gradaščice.

S tem pa bi se zamenjala tudi direktna pritrditev tirnice z vgradnjo tira na tirno gredo.

1.3 Podloge za projektiranje

- Podatki o obstoječi in novi tirni sliki (SŽ-PP LJ, d.d.),
- Idejni projekt ureditve struge vodotoka Mali Graben (PNZ d.o.o.)
- Hidrotehnično poročilo za nov železniški objekt na lokaciji Mali Graben (študija, IZVO-R d.o.o.)
- Geološko - Geotehnično poročilo (Geoekspert, Igor Resanović, s.p., januar 2019)



Upoštevana je prometna obtežba po shemi LM71, ki je povečana za faktor $\alpha = 1.21$. Ker gre za kontinuirno konstrukcijo je upoštevana tudi prometna shema SW/0, kjer je prav tako upoštevan faktor $\alpha = 1.21$.

Ker gre za glavno progo (mednarodna) je upoštevana tudi shema težkih vozil SW/2, ki pa se ne množi z α .

2 GEOMEHANIKA PODROČJA

Za namen izdelave IZN novega mosta je bilo izdelano geotehnično poročilo, ki je sestavni del tega projekta.

Lokacijo predstavlja ljubljansko barje z jezersko - barjanskimi sedimentnimi plastmi, ki jih sestavljajo (od spodaj navzgor): prodnati pesek, pasovite gline, vložki peska in proda, jezerske krede, gline in šote. Plasti potekajo vodoravno in so debele preko 116 m.

Temeljna tla so zgrajena iz slabo prepustnih glinasto meljnih zemljin srednje gnetne do težkognetne konsistence, rahlih do srednje gostih zaglinjenih prodov in peskov.

Podtalnica se nahaja na nivoju vodotoka Mali Graben oz. 18 do 3.8 m pod terenom. Padci vodotokov so na tem območju majhni, prepustnost glinenih slojev je tudi majhna, zato se voda dolgo zadržuje na površini, kar poveča možnost poplavljanja v deževnem obdobju.

Objekt se nahaja v seizmični coni projektnih pospeškov 0.25 g, tip tal pa je uvršen v kategorijo C.

V sklopu raziskav sta bili na tej lokaciji izvedeni dve vrtini globine do 30 m, ki niso dosegle trdne osnove.

V geotehničnem poročilu je podana slojevitost temeljnih tal, za katero so podane tudi trdnostne karakteristike oposameznih slojev, ki so upoštevane za statično analizo globokega temeljenja. Piloti so viseči in torej nosijo po plašču. Podane so tudi projektne vertikalne nosilnosti pilotov. Piloti segajo ca. 25 m pod teren. Predvideni so posedki 4 cm.

3 ELEMENTI KOMUNIKACIJ

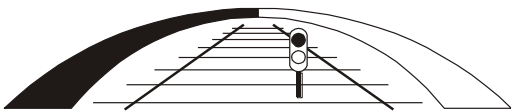
3.1 Na objektu

- dvotirna in elektrificirana železniška proga,
- kot križanja med osjo tira in vodotoka: 80.0°,
- medosna razdalja med tiri znaša sedaj 3.88 m in bo razširjena na 4.0 m.

3.2 Pod objektom

- vodotok Mali Graben.

Za vodotok je poznana višina gladine vode Q100 in običajna gladina vode.



4 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA

Obstoječi most je sestavljen iz jeklene prekladne konstrukcije in kamnito - betonske podporne konstrukcije. Prekladno konstrukcijo preko dveh polj sestavljajo jekleni polnostenski nosilci višine 1.49 m (dva na vsaki tir). Sekundarnih vzdolžnih nosilcev in prečnikov ni. Vsako polje ima statični razpon 16.6 m, vmes pa je na stebru še 0.8 m. Skupna dolžina jeklenega mosta med krajnima ležiščoma znaša 34 m, celotna dolžina jeklene konstrukcije pa 34.6 m (dva krajna previsa po 30 cm).

Podporno konstrukcijo predstavljata kamnita opornika in vmesni kamniti steber. Ob rekonstrukciji objekta, ki se je vršila ob koncu 80-tih let, so se kamnite podpore sanirale, izvedle pa so se tudi AB ležiščne grede. Opornika in vmesni steber sta se tudi obbetonirala z betonsko srajčko.

Obstoječe podpore so pravokotne glede na os proge. Kot križanja vodotoka in proge znaša 80 stopinj. To pomeni, da je vmesna podpora mosta poševna glede na smer toka vode v vodotoku, kar še bolj zapira hidravlični profil vodotoka. Vmesni steber je zelo masiven (širine 2.20 m) in je lociran v strugi vodotoka.

Tira sta na objekt nameščena z direktno pritrditvijo - brez tirne grede.

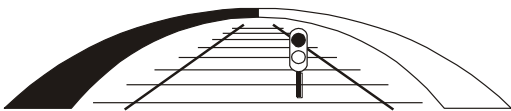
Tir se na tem mestu nahaja v premi, niveleta pa je horizontalna - vzdolžni sklon 0.0 promila.

Niveleta tira je na tem mestu locirana (oz. »ujeta«) glede na niveleto spodaj ležečega vodotoka in glede na niveleto cestnega nadvoza, ki se delno nahaja celo nad samim mostom.

Problematična je tudi postavitve cestnega nadvoza nad delom mosta. Podporni steber tega cestnega nadvoza je na oddaljenosti samo 2.42 m od spodaj ležečega levega tira železniške proge. Povečanje te razdalje s premikom proge za 8 cm - na razdaljo, ki bi zagotavljala svetli profil proge 2.5 m - je vprašljiva, ker je tik za mostom lociran že naslednji steber cestnega nadvoza, ki je na podobni oddaljenosti od desnega tira proge. Točni posnetek terena in podpor bo pokazal, kakšne smerne prestavitve in s tem kolikšni odmiki podpor od osi proge so sploh mogoči. V IDZ je predpostavljeno, da se bo lahko vsaj povečala medtirna razdalja iz 3.88 na 4.0 m. V kolikor niti to ne bo mogoče, bo ostala pač medtirna razdalja nespremenjena.



Levo viden zgornji ustroj na obstoječem mostu Mali Graben, desno obstoječi cestni nadvoz nad mostom



Levo most Mali Graben, desno cestni nadvoz nad njim; viden podporni steber nadvoza, ki praktično sega v spodaj ležeči most



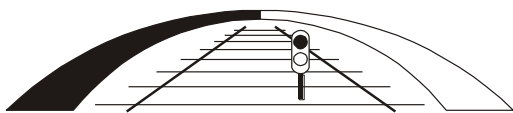
Most Mali Graben, spodaj vodotok. Levo se vidi del stebra nadvoza, ki je preblizu mosta.

5 ZASNOVA KONSTRUKCIJE NOVEGA MOSTA

Glavni problem obstoječega jeklenega mosta je, da njegov spodnji rob konstrukcije sega celo nekaj centimetrov pod visoko vodo (Q100) spodaj pozicioniranega vodotoka Mali Graben. Po predpisih bi moral biti spodnji rob prekladne konstrukcije na višini 1.0 m nad stoletnim nivojem vodotoka (varnostna višina). S projektno nalogo je zato predvidena izvedba presoje nove betonske konstrukcije, ki bi zagotovila ta pogoj, ali pa bi se k njemu vsaj čim bolj približala. Pri tem dvig nivelete proge ni mogoč, ker jih navzgor omejujejo obstoječe nivelete cestnih nadvozov na tem območju.

Problem jeklenega mostu je tudi, da na njem ni tirne grede, temveč so pragi direktno pritrjeni na glavne jeklene vzdolžne nosilce. Pri gradnji novih premostitvenih objektov direktna pritrditev ni več dopustna, temveč je potrebno zgornji ustroj proge namestiti v tirno gredo.

Obstoječi most ima masivno vmesno podporo v strugi vodotoka, ki je dodatno še poševna glede na smer vodotoka, kar dodatno zmanjšuje hidravlični profil vodotoka.



Problem je tudi podporni steber cestnega nadvoza, ki je lociran nad obravnavanim mostom, in katerega steber poteka praktično skozi konstrukcijo obravnavanega mosta.

Glede na zgoraj omenjene omejitve je bila iskana čim bolj ugodna zasnova nove konstrukcije, ki bi te pomanjkljivosti vsaj čim bolj zmanjšala, če jih že ne bi bilo mogoče odpraviti.

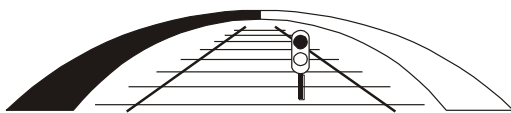
Da bi se zagotovil čim večji hidravlični profil vodotoka in čim višja varnostna višina med gladino visoke vode vodotoka in spodnjim robom prekladne konstrukcije je premostitvena konstrukcija zasnovana preko treh polj. Objekt je poševen s kotom 80 stopinj, kar je enako, kot znaša kot križanja med progo in vodotokom. S tem so vmesne podpore orientirane v smeri vodotoka, vmesne podpore pa so tudi bistveno bolj vitke (široke 70 cm). S tem je hidravlični profil pod objektom, kljub dvema podporama napram današnji eni, precej povečan.

Zaradi dveh vmesnih podpor so tudi razponi posameznih polj manjši, kar omogoča izvedbo prekladne konstrukcije manjših višin. Ker je za prekladno konstrukcijo izbran prerez z vbetoniranimi jeklenimi nosilci (HE-B 450 z 10 cm betonskega nadkritja, skupaj konstrukcijska višina torej 55 cm), ki pri takšnih razponih zagotavlja najmanjšo možno konstrukcijsko višino prereza, je na tako zasnovanem objektu sedaj zagotovljena varnostna višina nad gladino Q100 in spodnjim robom prekladne konstrukcije 62 cm. Pri tem je na prekladni konstrukciji predvidena še namestitev tirne grede v predpisani debelini. Spodnji rob obstoječe jeklene mostne konstrukcije je sedaj lociran samo 13 cm nad Q100.

Poševno zasnovana konstrukcija v principu zmanjša tudi potrebno skupno dolžino objekta, vendar je ta sedaj kljub temu praktično enaka sedanji dolžini. Skupno dolžino objekta sedaj narekujejo obrambni nasipi oz. obrambni AB zidovi pred poplavi, ki so predvideni z novo ureditvijo struge vodotoka Malega Grabna. Statični razponi nove betonske konstrukcije znašajo $10.5 + 13.0 + 10.5$ m, torej skupaj 34.0 m. Celotna dolžina prekladne konstrukcije pa sedaj znaša 36.0 m.

Glede na lokacijo objekta (ljubljsko barje) je potrebno globoko temeljenje objekta na uvrtnih pilotih. Zaradi tehnologije gradnje, ki je predvidena po principu »pol-pol«, so piloti locirani zelo blizu drug zraven drugega. Ker pa je vertikalna nosilnost takšne skupine pilotov manjša glede na nosilnost posamezno vgrajenih pilotov na ustrezni razdalji, je predvideno več pilotov v vrsti - po principu pilotne stene. Predviden je svetli razmak med piloti 0.27 m (v vmesnih podporah), 0.37 m (v osi podpore 4) in 0.53 m (v osi podpore 1). Na delovnem stiku leve in desne polovice konstrukcije, pogojenim s tehnologijo gradnje objekta, je ta razmak povečan na 0.8 do 1.04 m.

Steber cestnega nadvoza, ki je lociran nad delom obravnavanega mosta, je na nek način objekt z robnim vencem. Konzola prekladne konstrukcije se na tem mestu skrajša, hodnik in SVTK kabli pa potekajo okoli stebra. Na tem mestu je robni venec in hodnik dilatiran.



6 NOVA KONSTRUKCIJA MOSTU

6.1 Opis konstrukcije

Konstrukcija je zasnovana kot armirano betonski okvir preko treh polj. Statični razponi znašajo 10.5 m, 13.0 m in 10.5 m. Objekt je poševen, kot križanja prometnice in vodotoka znaša 80°.

Prekladno konstrukcijo predstavljajo vbetonirani jekleni valjani nosilci HE-B 450 z 10 cm betonom nad zgornjo pasnico. Jekleni nosilci so kontinuirno položeni preko podpor. Uvaljani jekleni nosilci morajo biti dobavljeni v enem komadu in torej ne smejo biti čelno varjeni. Nad vmesnimi podporami se nad nosilci vgradi negativna armatura, na preostalem delu pa konstrukcijska armatura skladna z nemškimi predpisi DS804.

Prekladna konstrukcija je podprta na neoprenskih ležiščih. Zaradi tehnologije gradnje je prekladna plošča med levim in desnim tirom dilatirana.

Na krajnem oporniku v smeri Ljubljane so ležišča vzdolžno nepomična, na ostalih podporah pa vzdolžno pomična. Na vseh oseh podpor je pod vsako prekladno konstrukcijo po eno ležišče prečno nepomično.

Podkonstrukcija je sestavljena iz krajnih opornikov in dveh vmesnih podpornih sten. Opornik, na katerem so nameščena vzdolžno nepomična ležišča, je bolj tog in prevzema vso horizontalno obtežbo, medtem ko se prečna obtežba prenaša na vse podpore.

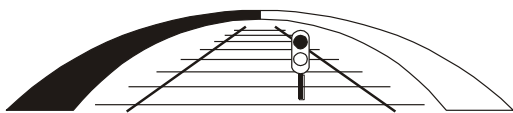
Zaradi zagotavljanja vzdolžne horizontalne togosti konstrukcije je krajni opornik v osi podpore 1 zasnovan masivno in to tako, da ima pilote razporejene v dveh vrstah, ki jih povezuje masivna stena opornika in vzporedna krila.

Vmesne podpore so v vzdolžni smeri izolirane od prekladne konstrukcije, tako da se vse vzdolžne obtežbe prenašajo skoraj izključno samo na krajni opornik v osi 1. Na preostale podpore se prenese samo del vzdolžne horizontalne sile, ki je pogojena s strižno odpornostjo neoprenskih ležišč. Vmesne podpore so tako zasnovane kot strižne stene debeline 70 cm. Na vrhu imajo oblikovan kapitel, ki s svojo povečano širino omogoča namestitvev neoprenskih ležišč.

Podkonstrukcija je globoko temeljena na uvrtnih pilotih premera 120 cm. Zaradi uporabljene tehnologije gradnje po principu pol-pol, so pod vsako prekladno konstrukcijo (posebej za levi in desni tir) locirani po 3-je piloti. Ker piloti ne segajo do hribinske (skalne) osnove, temveč so viseči, je takšna razporeditev tudi ugodna (prenos vertikalne obtežbe na konico in po plašču). Piloti segajo v 2.5 do 6 m debelega sloja gramoza. Dolžina pilotov znaša 17.5 do 21.5 m.

6.2 Kolizija prekladne konstrukcije žel. mostu in stebra podpore cestnega nadvoza

Kot je bilo že v tč. 5 povedano, je že sedanji jekleni most v koliziji s podpornim AB stebrom cestnega nadvoza. Ker se žel. proge ne da premakniti, ostane ta kolizija tudi z novo žel. mostno konstrukcijo.



V ta namen je robni venec in hodnik na tem mestu prekinjen, prostor, ki tako nastane, pa je premoščen z jekleno pomožno konstrukcijo, kot je to prikazano v detajlih. Takšna rešitev tega detajla (kolizije) omogoča neodvisno gibanje enega in drugega objekta. Zagotovljen je prosti prostor okoli cestnega nadvoza v smeri prvih nihajnih oblik obeh konstrukcij v velikosti 20 cm. Tudi v prečnih smereh je omogočeno neovirano gibanje oz. nihanje obeh konstrukcij v velikosti 15 cm. Višje nihajne oblike, med katere seveda spadajo tudi prečne nihajne oblike, imajo namreč precej manjše amplitude nihanja od prve nihajne oblike, ki jo predstavlja nihanje v vzdolžni smeri konstrukcije.

Zaradi zagotovitve prostega gibanja oz. nihanja konstrukcij, je bilo potrebno lokalno izvesti posebno izvedbo »zidca za omejevanje tirne grede«, ki je predviden lokalno v jekleni izvedbi. Prav tako je na drugi strani stebra predviden del kinete in nosilca le-te v jekleni izvedbi. Na zunanji strani robnega venca pa je na tem mestu predvidena jeklena maska. Detajl je izdelan v grafičnih prilogah.

Pri nihanju cestnega nadvoza pod vplivom seizmične obtežbe je potrebno upoštevati še dejstvo, da so amplitude (pomiki) za posamezne nihajne oblike merodajne na višini prekladne konstrukcije (PK) železniškega mostu, kjer pride tudi do kolizije med objektoma. To pomeni, da so merodajni premiki stebra cestnega nadvoza na višini PK žel. mostu precej manjši od amplitud PK cestnega mostu zgoraj. Tako je vrednost ± 20 cm proste amplitude enakovredno nekaj krat večji amplitudi cestnega nadvoza v višini njegove PK.

6.3 Osnovni materiali

Betoni

Za prekladno konstrukcijo se uporabi naslednji material: C 30/37, XC4, XD1, XF1

Robni venec: C30/37, XC4, XD1, XF3, PVII

Za podporno konstrukcijo (podporne stene in opornika) se uporabi naslednji material: C 30/37, XC4, XD1, XF3, PVII

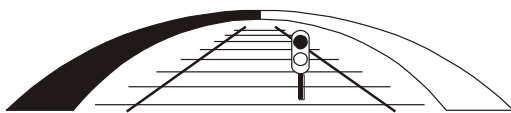
Za pilote se uporabi naslednji material: C 30/37, XC2, XA?

Odpornost betona pilotov na kemijsko delovanje naravnih zemljin in podtalnice se določi ob izvedbi izkopa za pilote. Tako se hkrati z izkopom odvzamejo vzorci zemljine in podtalnice ter se jih kemično preišče. Kot rezultat se predpiše - če je seveda potrebno - stopnjo izpostavljenosti kemijskemu delovanju 8brez, XA1, XA2 ali XA3).

Zaščitni sloj betona znaša 5.0 cm na zasutih betonskih površinah in 4.5 cm na ostalih površinah, razen na zgornji površini prekladne plošče, kjer je le-ta reducirana zaradi relativno tanke plasti betona nad nosilcem (10 cm). Zaščitni sloj znaša na tem mestu 3.5 cm ($1/2 \times (10 - 1.8 - 1.2) = 3.5$ cm). Ker je neposredno nad to površino izvedena hidroizolacija, ta debelina zadostuje.

Konstrukcijsko jeklo

Uporabljeni so valjani jekleni nosilci HE-B 450 iz kvaliteta materiala S235JR (po EN 10027-1).



Valjane jeklene nosilce je potrebno dobaviti v enem komadu, torej brez čelnih zvarov. Čelni zvari so sicer dopustni samo v izjemnih primerih in morajo v tem primeru odgovarjati še posebnim pogojem definiranim v UIC Code 773, pri tem pa v enem prerezu ne sme biti stikovanih več kot 50 % nosilcev. Ker pa se valjani jekleni nosilci lahko pri proizvajalcu dobavijo v poljubnih dolžinah, stikovanje oz. podaljševanje nosilcev s čelnimi zvari ni dopustno.

Armatura

- B 500 S (B)

7 OPREMA IN DETAJLI

7.1 Hidroizolacija

Hidroizolacija prekladne konstrukcije:

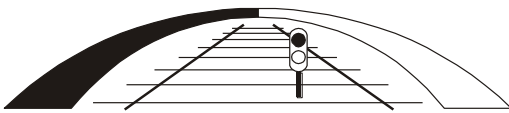
- hladen bitumenski premaz na gladko zariban beton; ta sloj se lahko, zaradi skrajšanja časa izvedbe, nadomesti z 2-kratnim epoksidnim premazom; na zgornjem premazu se, zaradi povečanja sprijemnosti naslednjega sloja, izvede še posip s kremenčevim peskom;
- vroča bitumenska lepilna zmes,
- polimerizirani bitumenski trakovi (dva sloja) deb. 5 mm s poliestrsko polstjo kot nosilcem, plamensko lepljeno po celotni površini,
- zaščita hidroizolacije z AB ploščo (C 25/30, agregat $d \leq 8$ mm) v dveh slojih po 2.5 cm z vmesno armaturno mrežo na sredini ($\phi 3/5$ cm, $A_s = 1.4$ cm²/m, če takšne armature mreže ni na razpolago lahko tudi Q 196 - ($\phi 5/10$ cm).

Hidroizolacija površin vertikalnih sten in talne plošče (podhoda, stopnišč in podpornih konstrukcij), ki so v stiku z zemljino, je zagotovljena s tehnologijo "bele kadi", kar pomeni:

- vodonepropustni beton PV II,
- omejitev razpok na 0.2 mm in
- tesnilni trakovi v delovnih regah.

7.2 Odvodnjavanje

Prekladna plošča mostu sledi niveleti železniške proge na tem mestu, kar pomeni, da je v tem primeru v horizontali. Odvodnjavanje se zaradi tega zagotovi po teroiji »šipe«, kar pomeni, da tudi iz ravne površine steče voda preko njenih robov v zaledje. Takšen način odvodnjavanja je dopusten po nemških normah RiL 804.1101 za mostove do ca. 30 m (v vzdolžnem naklonu ali v horizontali). Če je niveleta v naklonu, se vsa voda steka samo za en opornik, če pa je v horizontali, kot v našem primeru, pa se polovica odvaja za en opornik, druga polovica pa za drugi opornik. Uporaba tega princip odvodnje je še posebej pomembna pri prečnih prerezih z vbetoniranimi nosilci, ker je debelina tlačne plošče omejena glede na višino jeklenega nosilca in izvedba naklona s spremembo debeline prekladne plošče ni možna. V našem primeru bi vzpostavljanje vzdolžnega sklona (lokalno ali po celotni dolžini



plošče) povzročilo še dvigovanje nivelete proge, kar prav tako ni izvedljivo, ker se nad delom mosta nahaja cestni nadvoz s premajhno svetlo višino pod njim. Ker drugih zadovoljivih možnosti ni, je uporabljen zgoraj omenjeni princip.

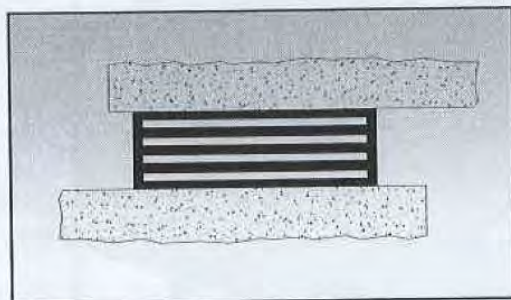
Meteorna voda se tako odvodnjava iz prekladne plošče do krajnih opornikov, kjer ob stenah pronica do odvodne drenažne cevi in nato skozi opornik v strugo vodotoka. Pronicanje ob zunanji strani stene opornika se zagotovi z betonskimi drenažnimi zidaki širine 12 cm, ki se jih na zunanji strani še zaščiti z geotekstilom (min. 325 g/m^2).

7.3 Ležišča

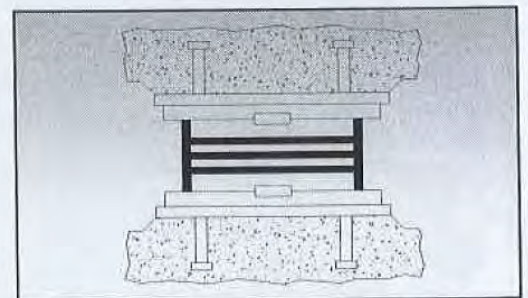
Povezava prekladne konstrukcije s podporno konstrukcijo se vrši preko neoprenskih ležišč. V osi podpore 1 morajo ležišča zraven vertikalne obtežbe prevzeti tako vzdolžna in prečno horizontalno obtežbo prekladne plošče, na preostalih podporah (2, 3 in 4) pa zraven vertikalne samo še prečno horizontalno obtežbo.

Uporabijo se neoprenska ležišča materiala CR (Chloroprene Rubber).

Ker je pritisk pod ležišči v najbolj neugodnem položaju manjši od minimalnega predpisanega za nesidrano ležišče (za tip B), je potrebno za vsa ležišča uporabiti tip C - sidrano ležišče.



Unanchored elastomeric bearing



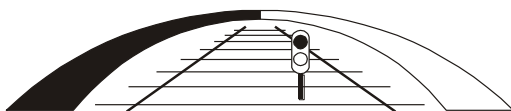
Anchored elastomeric bearing

Levo: nesidrano ležišče - tip B

Desno: sidrano ležišče - tip C

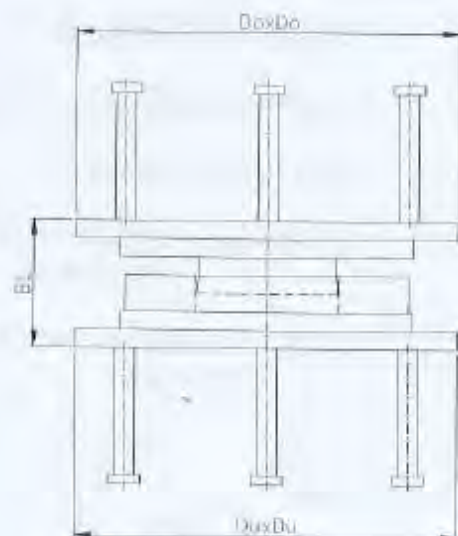
Ker je vzdolžna horizontalna reakcija relativno velika, se namesto vzdolžno in prečno nepomičnih neoprenskih ležišč v osi podpore 1 vgradijo samo pomična ležišča, vzdolžna in prečna reakcija pa se prevzame z dodatnimi posebnimi ležišči samo za prevzem horizontalnih sil (po dve dodatni ležišči za vsako prekladno konstrukcijo posebej - skupaj torej 4 kom na oporniku v osi podpore 1).

Vzdolžna reakcija je relativno velika zaradi tega, ker je vzdolžno nepomično ležišče locirano na kraju, torej izven centra krčenja prekladne konstrukcije in zaradi vpliva poševnosti. Zaradi tega se pojavi horizontalna reakcija tudi od vertikalnih obtežb.



Standardised Fixed Bearing

Type	max. horizontal load longitudinal Fx,d [kN]	max. horizontal load Transversal Fy,d [kN]	dimension bottom DuxDu [mm]	dimension top DoxDo [mm]	height BL [mm]
FEd200/A	175	97	320x320	320x320	130
FEd500/A	400	300	430x430	430x430	140
FEd800/A	700	388	540x540	540x540	140

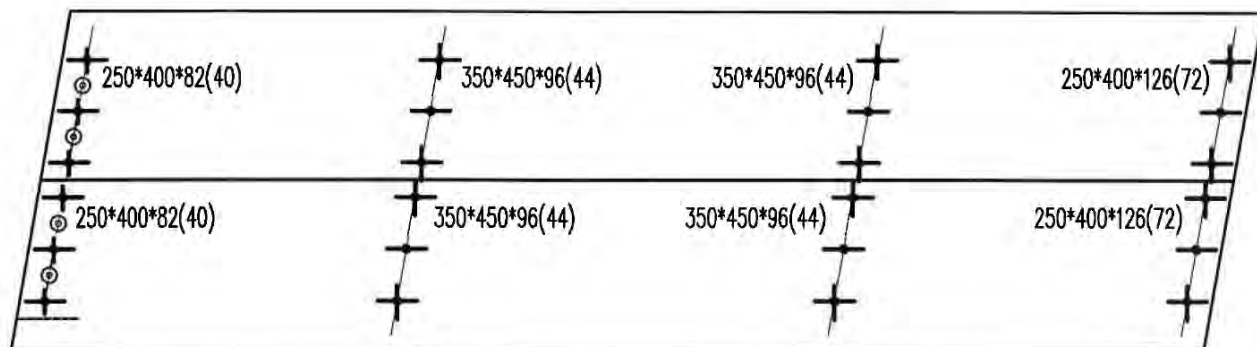


Guided Bearings and Restraints are available also for higher loads and higher movement capacity to meet individual customer requirements.

Posebno ležišče za prevzem samo horizontalnih sil (vzdolžnih in prečnih)

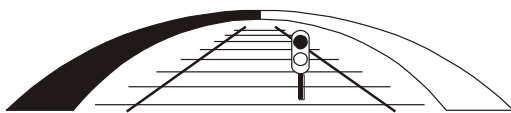
Ležišča v osip podpore 2, 3 in 4 so vsestransko pomična, razen po eno pod vsako prekladno konstrukcijo (torej 2 kom na vsako podporo), ki je vzdolžno pomično in prečno nepomično.

Shema ležišč je podana na spodnji sliki.



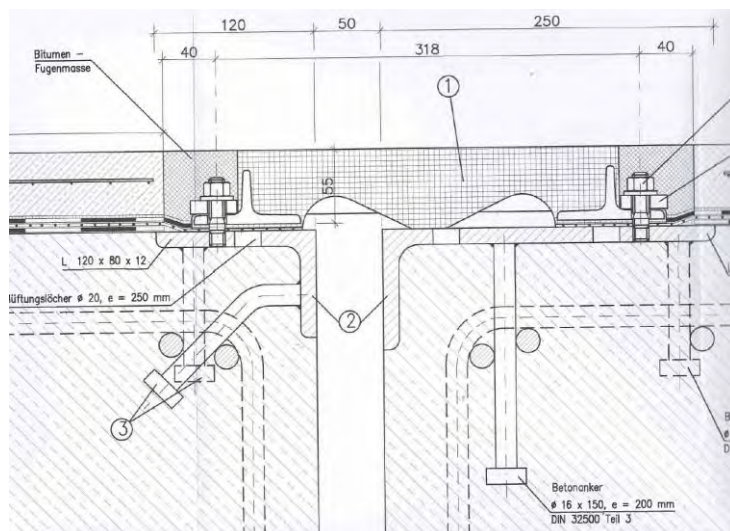
LEGENDA:

- ⊕ vsestransko pomično ležišče
- ⊙ enostransko (vzdolžno) pomično ležišče
- ⊙⊕ ležišče za prevzem horizontalnih sil v obeh smereh



7.4 Dilatacijska naprava

Na koncu prekladne konstrukcije v osi podpore 4 (stran Divača) je vgrajena dilatacijska naprava po RiL 804.903, M-UF 1934 - Typ 80 (vzdolžno ± 40 mm, prečno ± 60 mm in vertikalno ± 40 mm).



7.5 Protihrupna ograja - PHO

Na prekladni konstrukciji se nahaja PHO, ki se jo namesti na razširjen del robnega venca. V ta namen se v robni venec pritrdijo valjani jekleni profili HE-B 160. PHO je na oddaljenosti 3.2 m od osi tira.

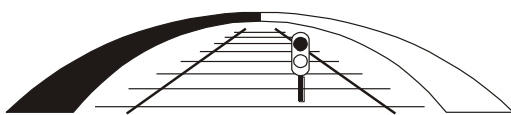
Načrt PHO je sestavni del tega projekta, prav tako kot tudi načrt tukaj obravnavanega mostu.

7.6 Varnostni kotniki

V območju mostu morajo biti na zgornjem ustroju proge vgrajeni ob tirnicah tudi varnostni kotniki, kar predpisuje Pravilnik o zgornjem ustroju železniških prog. Le-ti imajo funkcijo zaščite pred posledicami iztirjenja.

Varnostne tirnice je potrebno podaljšati preko zaključka krajnih opornikov še 10 % dolžine objekta (pri nas to znese 3.6 m na vsaki strani). Od tega naprej se izvede na dolžini 7 m ukrivitev le-teh proti osi tira.

Tir na objektu bo zvarjen v NZT.



8 TEHNOLOGIJA GRADNJE

Tehnologija gradnje se mora prilagoditi specifičnim pogojem lokacije objekta in načinu izvedbe modernizacije proge na tem odseku.

8.1 Specifika prostora

Specifičnost prostora predstavlja predvsem omejitev višine delovišča nad delom novega objekta, kjer se nahaja cestni nadvoz Tržaške ceste. Tako bo na razpolago omejena višina za izdelavo pilotov v osi podpore 4 in enega krajnega pilota v osi podpore 3.

Specifičnost prostora je tudi lokacija podpornega stebra cestnega nadvoza, ki mora biti tako na nek način celo integriran v novo mostno konstrukcijo, ki je obravnavana v tem načrtu. Integracija v tem primeru ne pomeni njene fizične povezanosti, temveč samo prostorsko umestitev v prostor mostu. V resnici sta seveda ti dve konstrukciji ločeni - dilatirani.

8.2 Izbira tehnologije gradnje

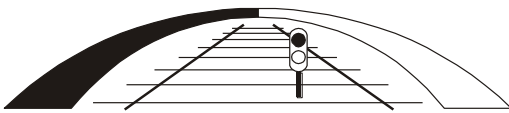
V bližini so še drugi premostitveni objekti (AC nadvoz, cestni nadvoz, brv čez vodotok), ki vplivajo na izbiro tehnologije gradnje. Zaradi cestnega nadvoza je tudi možnost izvedbe deviacije proge onemogočena. Pri izbiri tehnologije gradnje pa je bila upoštevana tudi tehnologija izvedbe rekonstrukcije proge, ki se bo izvajala z nekaj mesečno zaporo enega in kasneje še drugega tira.

Zaradi vsega naštetega je bila izbrana tehnologija gradnje mostu po sistemu »pol - pol«. Tako se bo pri tehnologiji gradnje objekta koristilo dejstvo, da se bo na progi oz. odseku proge istočasno izvajala rekonstrukcija proge, ki bo zahtevala najprej nekaj mesečno polno zaporo enega tira in nato drugega tira. V času zapore enega tira se na tem mestu najprej zgradi del mosta pod tem tirom, ob hkratnem odvijanju prometa na drugem tiru. Nato se vzpostavi promet po tem na novo rekonstruiranem tiru (na novem delu mosta) in se zapre še prvi tir. Sledi še izdelava mostne konstrukcije pod tem tirom. Pri tem je potrebno varovanje gradbene jame ob krajnih opornikih.

Vmesne podpore (stebri) niso locirani na mestu sedanje vmesne podpore, kar poenostavi njihovo izdelavo. Vmesne podpore se zato izdelajo brez varovanja obstoječega vmesnega stebra. Vendar se ju pa zaradi globokega temeljenja ne bo moglo izvesti že pred odstranitvijo obstoječe jeklene konstrukcije - premajhna višina za izvedbo uvrtnih pilotov pod obstoječim mostom.

Z izvedbo rekonstrukcije zgornjega ustroja železniške proge je predvideno, da se najprej zapre za 5 mesecev levi tir. To pomeni, da se najprej izdelava levi del mostne konstrukcije, nato pa ob zapori desnega tira - ko se odpre že rekonstruirani levi tir - še desni del le-te.

Podporna konstrukcija se na stiku pod levim in desnim tirom izvede brez dilatacije, torej



8.3 Izvedba pilotov pod cestnim nadvozom - omejena višina nad gradbiščem

Kot je bilo že zgoraj omenjeno, bo problem samo pri izvajanju globokega temeljenja pod podporo v osi 4, kjer je razpoložljiva višina omejena s prisotnostjo cestnega nadvoza. Višina, ki je na tem mestu na razpolago za izvedbo uvrtenih pilotov znaša 11.25 m (5.25 m do GRT-ja in 6.0 m do spodnjega roba prekladne plošče cestnega nadvoza).

Ker je minimalna potrebna višina za izvedbo pilotov 12 m (ob uporabi primerne opreme za izdelavo pilotov), bo potrebno »manjkajočo« višino pridobiti na ta način, da se bo pilot zaključil nekoliko prej in se bo njegov zgornji del zabetoniral naknadno v opažu (glej prečni prerez v osi podpore 4). Tako se bodo izdelali zgornji deli pilotov v dolžini 1.75 m v opažu. S tem se zagotovi svetla višina za izdelavo pilotov 13.0 m ($1.75 + 5.25 + 6.0 = 13.0$).

Tudi armaturni koš za pilote se na tem mestu ne bo mogel vstaviti naenkrat v celoti. Prvi del armaturnega koša se bo vstavil v cev pilota, vendar se ne bo spustil do dna pilota, temveč samo do njegovega zgornjega roba. Na tem mestu se bo začasno fiksiral, nanj pa se bo postavil drugi del armaturnega koša pilota. V tej legi se bosta ta dva dela armaturnega koša povezala v celoto in se nato spustila do dna pilota.

Se pravi, da bo zaradi omejene višine delovišča potrebno na tem mestu za izvedbo pilotov izvesti zgoraj omenjene prilagoditve, ki bodo zahtevale nekaj dodatnega časa in izkušenega izvajalca.

Sicer se pod cestnim nadvozom nahaja tudi krajni pilot v osi podpore 3, vendar so piloti te podpore locirani globlje (glej vzdolžni prerez) in je razpoložljiva višina za izvedbo pilotov na tem mestu za 4.1 m višja.

8.4 Omejitev prostora za izdelavo pilotov ob že izvedenih delih podpor

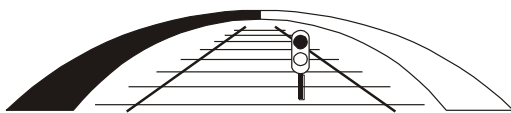
Tehnologija »pol - pol« pomeni, da se bo najprej izvedla polovica podpornega sistema, na njen ena prekladna plošča za en tir, in nato še druga polovica podporne konstrukcije in na njej še druga prekladna konstrukcija.

Najprej se zapre levi tir in se naredi levi del mostne konstrukcije. Problem nastopi v fazi izdelave desnega dela mostu, ko se z lansirko za izdelavo pilotov ne bo dalo dovolj približati že izdelanemu delu podporne konstrukcije, oz. se normalno ne bo mogla postaviti na ustrezno mesto za izdelavo pilota ob že zabetonirani polovici podporne stene.

V izogib temu problemu priporočamo v prvi vrsti izdelavo pilotov brez lansirke, v kolikor bo to mogoče. V nasprotnem primeru pa bo potrebno izvesti spodaj opisane prilagoditve.

V osi podpore 1 je to premoščeno s prestavitvijo delovnega stika pilotne grede na odmik, ki omogoča pozicioniranje lansirke na ustrezno mesto za izdelavo pilota. Lahko pa se uporabi tudi v naslednjem odstavku opisan pristop.

Ob izdelavi drugega dela podporne konstrukcijev osi podpore 2 in 3 se le-ta izdela tako, da se piloti končajo 1.5 m pod njihovim predvidenim vrhom, nato pa se preostali del pilotov zabetonira v opažu. S tem se lahko delovni plato toliko poglobi, da lansirka lahko objame izdelovan pilot, saj je nameščena pod nivojem dna pilotne grede (glej prečni prerez).



V osi podpore 4 je zgoraj omenjeni pristop potreben že zaradi zagotavljanja minimalne potrebne svetle višine nad deloviščem za izdelavo pilotov. S tem je delovni plato za drugo fazo izvedbe pilotov pozicioniran pod spodnji rob oporne stene in je zagotovljeno dovolj prostora za lansirko.

Kor že rečeno, pa bi dali prednost rešitvi izvedbe pilotov brez lansirke, v kolikor bo to mogoče.

8.5 Varovanje gradbene jame pred in za objektom

Ker se bo izvajala mostna konstrukcija po tehnologiji »pol - pol«, bo potrebno med eno in drugo fazo varovati izkop gradbene jame na začetku in koncu objekta. To je predvideno tako, da se ob izdelavi leve konstrukcije, ki se izdelava najprej, vgradi v desni tir dva tipska montažna provizorija dolžine 14.8 m (eden na začetku in drugi na koncu obstoječega mostu).

Nove vmesne podpore niso locirane v območju obstoječe vmesne podpore, zato njeno varovanje ni potrebno.

Ko se del mostne konstrukcije pod levim tirom izdelava, se na njem vzpostavi promet po že rekonstruiranem levem tiru in se zapre desni tir. V tem času je potrebno varovati izkop gradbene jame oz. levi tir na zalednem klinu. V ta namen je v osi podpore 1 (Ljubljana) predvidena izdelava slepega krila v dolžini 2.0 m na oporniku, v nadaljevanju pa se zabije jeklena zagatna stena tipa Larssen 605, ki se jo z jeklenimi vrvmi sidra v zaledje.

V osi podpore 4 se jeklena zagatna stena, zaradi omejene višine nad gradbiščem (cestni nadvoz) ne more zabiti. Zaradi poševnega zaključka nove mostne konstrukcije na levem tiru, bi bilo tudi precej komplicirano izvesti ležišče za provizorij na tem mestu, kajti provizorij mora imeti pravokotno ležišče glede na os tira. Zaradi navedenega je primerno izvesti tudi na tem mestu slepo krilo, ki pa mora biti temu primerno daljše (5.5 m).

8.6 Faze gradnje

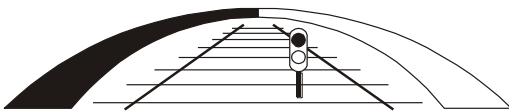
Faze gradnje so obdelane v priloženih risbah.

Faza I

- Zapora desnega tira (48 ur) - promet poteka samo po levem tiru.
- Priprava ležišč za tipski montažni jekleni provizorij na obstoječem oporniku desnega tira - 2 kom; pred in za obstoječim mostom.
- Vgradnja dveh tipskih montažnih provizorijev pred in za mostom v desnem tiru proge (glej tudi tč. 8.6).
- Preusmeritev celotnega prometa na desni tir - zapora levega tira (4 do 5 mesecev)

Faza II

- Odstranitev levega tira z drogovi VM ter prestavitev SVTK naprav.
- Odstranitev obstoječe jeklene prekladne konstrukcije na zaprtem levem tiru.



- Izvedba delovnih platojev za izdelavo AB pilotov z zabitjem zagatne stene za varovanje izkopa proti obstoječemu oporniku cestnega nadvoza.
- Delna porušitev obstoječih opornikov. Se izvede tako, da preostali del opornikov, ki je v tej fazi še v funkciji (del pod desnim tirom), ni poškodovan. To se doseže z rezanjem in odbijanjem betona z vodnim curkom pod visokim pritiskom.
- Izvedba vseh AB pilotov pod levim tirom (glej tudi tč. 8.3).

Faza III

- Zaščita gradbene jame z zabitjem zagatne stene na lokaciji vmesnih podpor pod levim tirom.
- Izkop gradbene jame za izvedbo pilotne grede podpore 1, 2 in 3.
- Zasip gradbene jame do globine spodnje kote opornika v osi podpore 4.
- Izvedba levega dela nove podporne konstrukcije.
- Zasutje gradbene jame in odstranitev zagatnic na lokaciji vmesnih podpor.

Faza IV

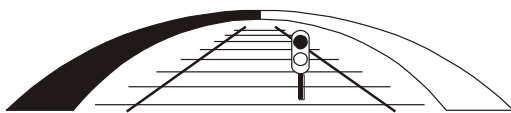
- Izdelava prekladne konstrukcije pod levim tirom.
- Zasip gradbene jame do višine planuma žel. proge pred in za objektom. Izvede se cementna stabilizacija z ustreznim komprimiranjem, ki »nadomesti« pomanjkljivost poševno zaključene prekladne plošče (navidezno pravokotni zaključek prekladne konstrukcije).

Faza V

- Postavitev L elementov na novi prekladni konstrukciji in vzpostavitev levega tira na njej.
- Vzpostavitev prometa po levem tiru in zapora desnega tira (4 do 5 mesecev).
- Odstranitev obeh montažnih tipskih provizorijev s temelji iz desnega tira.
- Zabitje jeklenih zagatnic v podaljšku kratkega slepega krila (v medtirju) v osi podpore 1 s sidranjem z jeklenimi vrvmi v zaledje, ob hkratnem odvijanju prometa na levem tiru (glej tudi tč. 8.6).

Faza VI

- Odstranitev desnega tira z drogovi VM in odstranitev preostale obstoječe prekladne konstrukcije pod desnim tirom.
- Delni izkop gradbene jame ob slepem krilu in zabitje zagatnic v osi podpore 1.
- Izdelava zaščite gradbene jame z zagatnicami pri vmesnih podporah v osi 2 in 3.
- Izdelava zaščite gradbene jame z zabitjem jeklenih zagatnic v osi podpore 4.
- Porušitev preostalega dela obstoječe podporne konstrukcije (krajna opornika in vmesna stena).
- Izdelava delovnih platojev za izdelavo pilotov in izdelava pilotov (glej tudi tč. 8.3 in 8.4).



Faza VII

- Izkop gradbene jame do spodnje kote pilotne grede v osi podpor 1, 2 in 3.
- Zasip gradbene jame do spodnje kote opornika v osi podpore 4.
- Izvedba preostalega dela podporne konstrukcije pod desnim tirom.

Faza VIII

- Zasutje gradbene jame z odstranitvijo zagatnic na lokaciji vmesnih podpor v osi 2 in 3.
- Izvedba še druge nove prekladne konstrukcije pod desnim tirom.
- Izvedba zasipnih klinov s cementno stabilizacijo za »korekcijo« poševnega zaključka plošče na virtualni pravokotni zaključek le-te.
- Odstranitev vseh ostalih zagatnic za varovanje gradbene jame.
- Vgradnja desnega tira z VM in vzpostavitev prometa še po desnem tiru.

9 MOTNJE ŽELEZNIŠKEGA PROMETA

Za gradnjo mosta se bodo koristile polne zapore tira. Za izvedbo mosta pod enim tirom se predvideva, da bo potrebno ca. 4 do 5 mesece in seveda enako še za konstrukcijo pod drugim tirom.

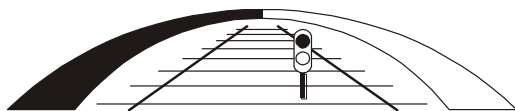
Pred polno zaporo levega tira, ki se zapre najprej, je potrebno v desni tir vgraditi dva tipska montažna jeklena provizorija dolžine 14.8 m. Ker bo provizorij na eni strani slonel na obstoječem oporniku obstoječega mostu (na drugi strani montažni temelj), bo potrebno predhodno, ob zaporu prometa na tem tiru, pripraviti ustrezno ležišče zanj. V ta namen bo potrebno odbiti del parapetnega zidu pred in za obstoječo jekleno prekladno konstrukcijo. Zaradi tega bo potrebno za vgradnjo provizorijo nekoliko več časa (48 ur), kot je to običajno (12 ur). Torej bo pred nekaj mesečno polno zaporo prometa na levem tiru potrebna še predhodna 48 urna zavora desnega tira za vgradnjo omenjenih provizorijev.

Dodatnih motenj oz. omejitev prometa ne bo, ker se koristijo polne zapore tirov in uvedbe počasne vožnje na sosednjem tiru že zaradi omejitev prometa ob izvedbi rekonstrukcije proge na tem mestu.

V Ljubljani, oktober 2019

Sestavil:

mag. Ivo Bojc, univ.dip.inž.gr.



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

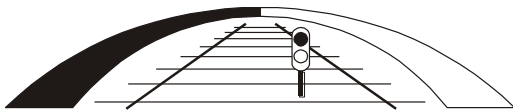
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

4.2 POPIS DEL S PREDIZMERAMI

ZG50	0098	007.2160	T.1.2	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

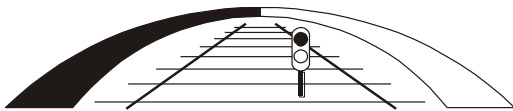
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

4.3 PROJEKTANSKI PREDRAČUN

ZG50	0098	007.2160	T.1.3	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

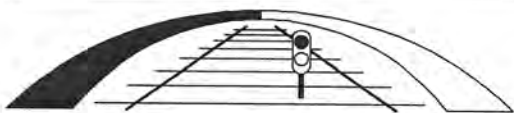
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

4.4 STATIČNI RAČUN

ZG50	0098	007.2160	T.1.4	
-------------	-------------	-----------------	--------------	--



STATIČNI RAČUN

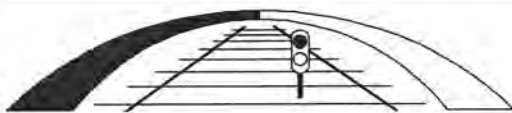
**most čez vodotok Mali Graben v km 570+810 železniške proge
Ljubljana - Sežana - d.m.**

Objekt:	most čez vodotok Mali Graben v km 570+810
Žel. proga:	Ljubljana - Sežana - d.m.
Odsek:	Ljubljana - Brezovica; v Ljubljani; za postajališčem Dolgi most
Faza projekta:	IZN
Št.projekta / načrta:	
Naročnik:	DRSI

V Ljubljani, junij 2019

Sestavil:

mag. Ivo BOJC , univ.dipl.inž.gr.



POROČILO K STATIČNEMU RAČUNU

Konstrukcija je zasnovana kot armirano betonski okvir preko treh polj. Statični razponi znašajo 10.5 m, 13.0 m in 10.5 m. Objekt je poševen, kot križanja prometnice in vodotoka znaša 80°. Prekladno konstrukcijo predstavljajo vbetonirani jekleni valjani nosilci HE-B 450 z 10 cm betonom nad zgornjo pasnico. Jekleni nosilci so kontinuirno položeni preko podpor. V vzdolžni smeri so uvaljani jekleni nosilci dobavljeni v enem komadu in torej niso čelno varjeni.

Prekladna konstrukcija je podprta na neoprenskih ležiščih. Zaradi tehnologije gradnje je prekladna plošča med levim in desnim tirom dilatirana.

Na krajnem oporniku v smeri Ljubljane so ležišča vzdolžno nepomična, na ostalih podporah pa vzdolžno pomična. Na vseh podporah je pod vsako prekladno konstrukcijo po eno ležišče prečno nepomično.

Podkonstrukcija je sestavljena iz krajnih opornikov in dveh vmesnih podpornih sten. Opornik, na katerem so nameščena vzdolžno nepomična ležišča, je bolj tog in prevzema vso horizontalno obtežbo, medtem ko se prečna obtežba prenaša na vse podpore. Vmesne podpore so stene širine 70 cm.

Podkonstrukcija je globoko temeljena na uvrtnih pilotih premera 120 cm. Zaradi tehnologije pol-pol so pod vsako prekladno konstrukcijo (posebej za levi in desni tir) locirani po 3-je piloti. Ker piloti ne segajo do hribinske (skalne) osnove, je takšna razporeditev tudi ugodna (prenos vertikalne obtežbe na konico in po plašču - viseči piloti). Piloti segajo do 2.5 do 6 m debelega sloja gramoza. Dolžina pilotov znaša 17.5 do 21.5 m.

Tehnologija gradnje je pogojena s tehnologijo izvedbe obnove železniške proge na tem odseku, ki predvideva nekaj mesečno polno zaporo najprej enega in nato drugega tira. Zaradi tega se predvidi gradnja najprej ene in nato druge polovice objekta (»pol-pol«).

Celotna konstrukcija okvirja je izvedena iz betona kvalitete C 30/37.

Vbetonirani jekleni nosilci so iz jekla S 235, uporabljena je armatura B500 B. Zaščitni sloj betona znaša 5.0 cm na zasutih betonskih površinah in 4.5 cm na ostalih površinah, razen na zgornji površini prekladne plošče, kjer je reducirana zaradi relativno tanke plasti betona nad nosilcem (10 cm).

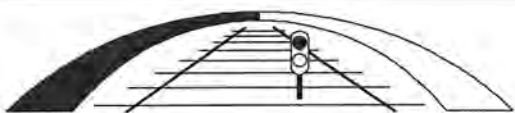
Statični model je zasnovan kot celota, torej prekladna konstrukcija in podporna konstrukcija skupaj z neoprenskimi ležišči, ki ju povezujejo in za katere je upoštevana strižna odpornost neoprena z vzmetno konstanto, upoštevane pa so seveda tudi omejitve v pomikih le-teh.

Sovprežna plošča iz vbetoniranih jeklenih nosilcev je izračunana po Evrokod predpisih (SIST EN 1994-2) za sovprežne konstrukcije in po nemških predpisih za železniške mostove DS 804. Ob vgrajenih valjanih jeklenih nosilcih se vgradi še konstrukcijska mehka armatura skladno z nemškimi normami. Prečnik nad ležišči je statično preračunan.

Podkonstrukcija je iz armiranega betona zato je analizirana po SIST EN 1992.

Obtežbe in njihovo kombiniranje je določeno po SIST EN 1990 in SIST EN 1991.

Seizmična obtežba in analiza sta upoštevani po SIST EN 1998.



Pri prenosu prometne obtežbe sodelujejo vsi vbetonirani nosilci. Velja predpostavka, da so vsi nosilci od prometne obtežbe enakomerno obremenjeni.

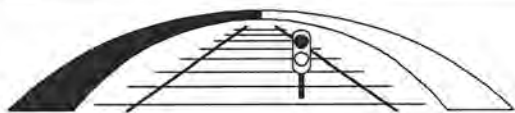
Uvaljani jekleni vbetonirani nosilci HE-B 450 so dolgi 34.9 m. Morajo biti naročeni in iz enega komada. Varjenje (čelno) je dopustno samo v izrednih primerih. V tem primeru bi morali biti spajani v »ničelnih točkah« (kjer je moment od lastne teže enak nič), postopek v takšnih primerih pa je posebej predpisan po UIC Kodeksu 773. Tudi v tem primeru ne sme biti v enem prerezu zvarjenih več kot 50 % nosilcev.

Ker je prekladna plošča poševno zaključena, je preverjen tudi vitoperjenje plošče.

Upoštevana je prometna obtežba po shemi LM71, ki je povečana za faktor $\alpha = 1.21$. Ker gre za kontinuirno konstrukcijo je upoštevana tudi prometna shema SW/0, kjer je prav tako upoštevan faktor $\alpha = 1.21$.

Ker gre za glavno progo (mednarodna) je upoštevana tudi shema težkih vozil SW/2, ki pa se ne množi z α .

Vse prometne obtežbe so pomnožene še s faktorjem dinamičnosti za standardno vzdrževan tir.



VSEBINA STATIČNEGA RAČUNA

1 ZASNOVA

- 1.1 GEOMETRIJSKE LASTNOSTI ELEMENTOV
- 1.2 TOGOSTI POMIČNIH NEOPRENSKIH LEŽIŠČ
- 1.3 ELASTIČNA VPETOST PILOTOV

2. OBTEŽBA

4 PREKLADNA KONSTRUKCIJA

- 4.1 ULS – MEJNO STANJE NOSILNOSTI
 - 4.1.1 MERODAJNE OBREMENITVE PREKLADNE PLOŠČE - M_{Ed}
 - 4.1.2 DOLOČITEV ODPORNOSTI (MEJNE NOSILNOSTI) PREKLADNE PLOŠČE
- 4.2 SLS - MEJNO STANJE UPORABNOSTI
 - 4.2.1 KONTROLA DEFORMACIJE (POVES) SOVPREŽNE PREKLADNE PLOŠČE
 - 4.2.2 ZASUK NAD PODPORO
 - 4.2.3 NAPETOSTI V BETONU IN KONSTRUKCIJSKEM JEKLU
 - 4.2.4 KONTROLA VITOPERJENJA PREKLADNE PLOŠČE
- 4.3 ULS - KONTROLA STRIGA V PREKLADNI PLOŠČI
- 4.4 PREČNIK NAD LEŽIŠČI

5. LEŽIŠČA

- 5.1 VERTIKALNE REAKCIJE LEŽIŠČ
- 5.2 TIP LEŽIŠČA
- 5.3 MAKSIMALNI VZDOLŽNI POMIKI LEŽIŠČ
- 5.4 PRIDRŽALNE KONSTRUKCIJE LEŽIŠČ

6 DILATACIJSKA NAPRAVA - NA STRANI DIVAČE

7 PODPORNNA KONSTRUKCIJA

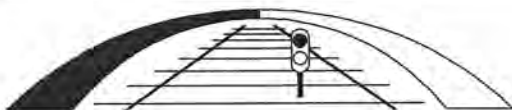
- 7.1 KOMBINACIJE OBTEŽB - DOLOČITEV NOT. STAT. KOLIČIN
- 7.2 KRAJNI OPORNIK V OSI 1 - z vzdolžno nepomičnimi ležišči
- 7.3 VMESNA STEBRA V OSI 2 IN 3 TER KRAJNI OPORNIK V OSI 4 (z vzdolžno pomičnimi ležišči)

8 PILOTI

- 8.1 PILOTI V OSI PODPORE 1
- 8.2 PILOTI V OSI PODPORE 2, 3 in 4 (z vzdolžno pomičnimi ležišči)
- 8.3 VERTIKALNA OBREMENITEV PILOTOV

9 RAZCEPNA ARMATURA POD LEŽIŠČI

10 SKICE ARMATURE



1 ZASNOVA

Konstrukcija je zasnovana kot armirano betonski okvir preko treh polj. Statični razponi znašajo 10.5 m, 13.0 m in 10.5 m. Objekt je poševen, kot križanja prometnice in vodotoka znaša 80°. Prekladno konstrukcijo predstavljajo vbetonirani jekleni valjani nosilci HE-B 450 z 10 cm betonom nad zgornjo pasnico. Jekleni nosilci so kontinuirno položeni preko podpor. Uvaljani jekleni nosilci morajo biti dobavljeni v enem komadu, torej brez čelnih zvarov.

Prekladna konstrukcija je podprta na neoprenskih ležiščih. Zaradi tehnologije gradnje je prekladna plošča med levim in desnim tirom dilatirana.

Na krajnem oporniku v smeri Ljubljane so ležišča vzdolžno nepomična, na ostalih podporah pa vzdolžno pomična. Na vseh podporah je pod vsako prekladno konstrukcijo po eno ležišče prečno nepomično.

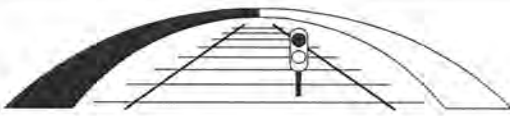
Podkonstrukcija je sestavljena iz krajnih opornikov in dveh vmesnih podpornih sten. Opornik, na katerem so nameščena vzdolžno nepomična ležišča, je bolj tog in prevzema vso horizontalno obtežbo, medtem ko se prečna obtežba prenaša na vse podpore. Vmesne podpore so stene širine 70 cm.

Podkonstrukcija je globoko temeljena na uvrtnih pilotih premera 120 cm. Zaradi tehnologije pol-pol so pod vsako prekladno konstrukcijo (posebej za levi in desni tir) locirani po 3-je piloti. Ker piloti ne segajo do hribinske (skalne) osnove, je takšna razporeditev tudi ugodna (prenos vertikalne obtežbe na konico in po plašču). Piloti segajo do 2.5 do 6 m debelega sloja gramoza. Dolžina pilotov znaša 17.5 do 21.5 m.

Tehnologija gradnje je pogojena s tehnologijo izvedbe obnove železniške proge na tem odseku, ki predvideva nekaj mesečno polno zaporo najprej enega in nato drugega tira. Zaradi tega se predvidi gradnja najprej ene in nato druge polovice objekta (»pol-pol«).

Celotna konstrukcija okvirja je izvedena iz betona kvalitete C 30/37.

Vbetonirani jekleni nosilci so iz jekla S 235, uporabljena je armatura B500 B. Zaščitni sloj betona znaša 5.0 cm na zasutih betonskih površinah in 4.5 cm na ostalih površinah, razen na zgornji površini prekladne plošče, kjer je reducirana zaradi relativno tanke plasti betona nad nosilcem (10 cm).



1.1 GEOMETRIJSKE LASTNOSTI ELEMENTOV

Ploskovni (lupinski) elementi

prekladna plošča	⇒ h = 0.55 m
stena opornika	⇒ h = 1.70 m
plosca opornika	⇒ h = 1.10 m
krila na oporniku	⇒ h = 0.50 m
stene vmesnih podpor	⇒ h = 0.70 m
prečnik nad piloti	⇒ h = 1.50 m

linijski elementi

piloti	⇒ Ø 120
--------	---------

1.2 TOGOSTI POMIČNIH NEOPRENSKIH LEŽIŠČ

Neoprenska ležišča povezujejo prekladno in podporno konstrukcijo. Na oporniku v osi 1 (stran Ljubljana) so ležišča vzdolžno nepomična, na preostalih podporah pa vzdolžno pomična. Kljub temu njihova vzdolžna deformacija povzroča neko obremenitev podpor, ki se lahko pri neoprenskih ležiščih simulira z vzmetno konstanto, ki je odvisna od strižnega modula ležišča, površine ležišča in njegove višine:

Ležišča 250 x 400 x 82 (40) mm

$$H = A \cdot G \cdot \tan \gamma$$

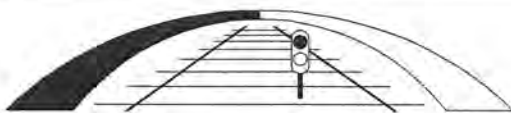
$$G = 1000 \text{ kN} / \text{m}^2 \dots \text{strižni modul neoprena}$$

$$\tan \gamma = \frac{w}{h} = 0.7 \dots \text{dopustna deformacija ležišč}$$

$$H = 0.25 \cdot 0.4 \cdot 1000 \cdot 0.7 = 70 \text{ kN}$$

$$\tan \gamma = \frac{w}{h} \rightarrow w_{\max} = h \cdot \tan \gamma = 40 \cdot 0.7 = 28 \text{ mm}$$

$$F_{vz} = k_{vz} \cdot u \rightarrow k_{vz} = \frac{F_{vz}}{u} = \frac{70}{0.028} = 2500 \text{ kN} / \text{m}$$



Ležišča 350 x 450 x 96 (44) mm

$$H = 0.35 \cdot 0.45 \cdot 1000 \cdot 0.7 = 110 \text{ kN}$$

$$w_{\max} = 44 \cdot 0.7 = 31 \text{ mm}$$

$$k_{vz} = \frac{F_{vz}}{u} = \frac{110}{0.031} = 3550 \text{ kN / m}$$

Ležišča 350 x 450 x 96 (44) mm

$$H = 0.35 \cdot 0.45 \cdot 1000 \cdot 0.7 = 110 \text{ kN}$$

$$w_{\max} = 44 \cdot 0.7 = 31 \text{ mm}$$

$$k_{vz} = \frac{F_{vz}}{u} = \frac{110}{0.031} = 3550 \text{ kN / m}$$

Ležišča 250 x 400 x 126 (72) mm

$$H = 0.25 \cdot 0.4 \cdot 1000 \cdot 0.7 = 70 \text{ kN}$$

$$w_{\max} = 72 \cdot 0.6 = 44 \text{ mm}$$

$$k_{vz} = \frac{F_{vz}}{u} = \frac{70}{0.044} = 1600 \text{ kN / m}$$

Največjo vzmetno konstanto predstavljajo ležišča z večjo površino in manjšo višino.

Nepomična neoprenska ležišča so vgrajena v jekleno konstrukcijo (ohišje), ki je sidrano v prekladno in podporno konstrukcijo in preprečuje pomike med njima v želeni smeri (vzdolžno, prečno ali vzdolžno in prečno skupaj).



1.3 ELASTIČNA VPETOST PILOTOV

Piloti so vpeti v zemljino, ki se v računskem modelu upošteva z modulom reakcije tal v horizontalni smeri za plašč in v vertikalni smeri za dno pilota.

Slojevitost in velikosti reakcije tal za posamezne sloje so podane v geotehničnem poročilu. Piloti ne segajo do hribinske (skalne) osnove, ker le-te s terenskimi preiskavami ni bilo zaznati (vrtanje do globine 30 m). Tako se piloti zaključijo v gramoznem sloju debeline 2.5 do 6 m.

S pomočjo modula reakcije tal se izračuna vzmetna konstanta posameznih podpor:

$$k = C \cdot A \text{ (kN / m)}$$

C ... modul reakcije tal

A ... pripadajoča površina pilota

PROJEKTI ODPOR KOLOV

OS	Globina temeljenja [m]	Projektni odpor pod posameznim kolom [kN]	Projektni odpor za kole v skupini [kN] (6 kolov na medosni razdalji 1,5/1,7 m)
1L	19,5	6 400	4 300
2L, 3L	17,3	5 200	3 300
4L	21,4	7 200	4 600

Projektni odpor za kole v skupini [kN] (4 koli na medosni razdalji 3,0/3,4 m)
5 400
4 300
5 900

V izračunih naj se upoštevajo projektni odpori za kole v skupini. Kot je razvidno iz tlorisa, je medosna razdalja med koli majhna, posledično je redukcija nosilnosti za kole v skupini velika. Bolj smiselno bi bilo mogoče temeljenje na 4ih kolih (2+2). S tem bi se povečala medosna razdalja med koli, posledično pa bi bila redukcija za kole v skupini manjša ter s tem večji projektni odpor za kole v skupini (tabela zgoraj- izračun za obe varianti razporeditve kolov).

USEDKI IN KOEFICIENTI REAKCIJE TAL

V primeru 100% izkoriščenosti nosilnosti kola pričakujemo posedke $s = 4 \text{ cm}$ (kol premera 120 cm, obtežba 2600 kN (MSU stanje))

Koeficiente reakcije tal v vertikalni smeri smo vrednotili po enačbi $k_v = \sigma/p$ in jih ocenjujemo na:

- $k_v = 55\,000 \text{ kN/m}^3$ (kol premera 120 cm).

Za posamezne karakteristične sloje naj se upoštevajo sledeči koeficienti reakcije tal v horizontalni smeri za kole premera 120 cm:

os 1L		
Sloj	globina sloja (glede na nivo terena- kota ca 296 m n.m.)	koeficient reakcije tal v horizontalni smeri k_h [kN/m ³]
① GM-GP	4,1 – 5,7	46 000
② CL-ML-SM	5,7 – 8,3	2 150
③ GM-GC	8,3 – 9,3	67 500
④ CL-CH	9,3 – 10,5	2 700
⑤ SC-GC-GM	10,5 – 12,3	91 300
⑥ CL-CH	12,3 – 16,8	7 100
⑦ GC	16,8 – 17,5	130 500
⑧ Pt,OH	17,5 – 19,4	14 700
⑨ CL	19,4 – 22,8	19 400

$$k_{hor} = C_{hor} \cdot A$$

os 2L, 3L		
Sloj	globina sloja (glede na nivo terena- kota ca 291 m n.m.)	koeficient reakcije tal v horizontalni smeri k_h [kN/m ³]
SM	3,0 – 4,2	19 400
CL	4,2 – 4,8	1 200
3 GM-GC	4,8 – 5,7	42 900
CL-CH	5,7 – 6,8	1 500
5 SC-GC-GM	6,8 – 8,4	64 700
CL-CH	8,4 – 12,8	4 500
7 GC	12,8 – 13,6	105 800
CH	13,6 – 14,6	9 800
8 Pt,OH	14,6 – 15,9	10 600
9 CL	15,9 – 19,2	14 000
10 SM-GM-GC	19,2 – 20,0	152 900

os 4L		
Sloj	globina sloja (glede na nivo terena- kota ca 295 m n.m.)	koeficient reakcije tal v horizontalni smeri k_h [kN/m ³]
GM-GP	1,8 – 3,8	27 300
CL-ML-SM	3,8 – 5,4	1 500
GM-GC	5,4 – 7,4	50 700
CL-CH	7,4 – 8,5	2 200
SC-GC-GM	8,5 – 10,0	76 700
CL-CH	10,0 – 14,4	6 100
GC	14,4 – 15,4	116 500
CL	15,4 – 18,6	13 900
Pt,OH	18,6 – 20,9	16 100
CL	20,9 – 22,9	20 600

1L

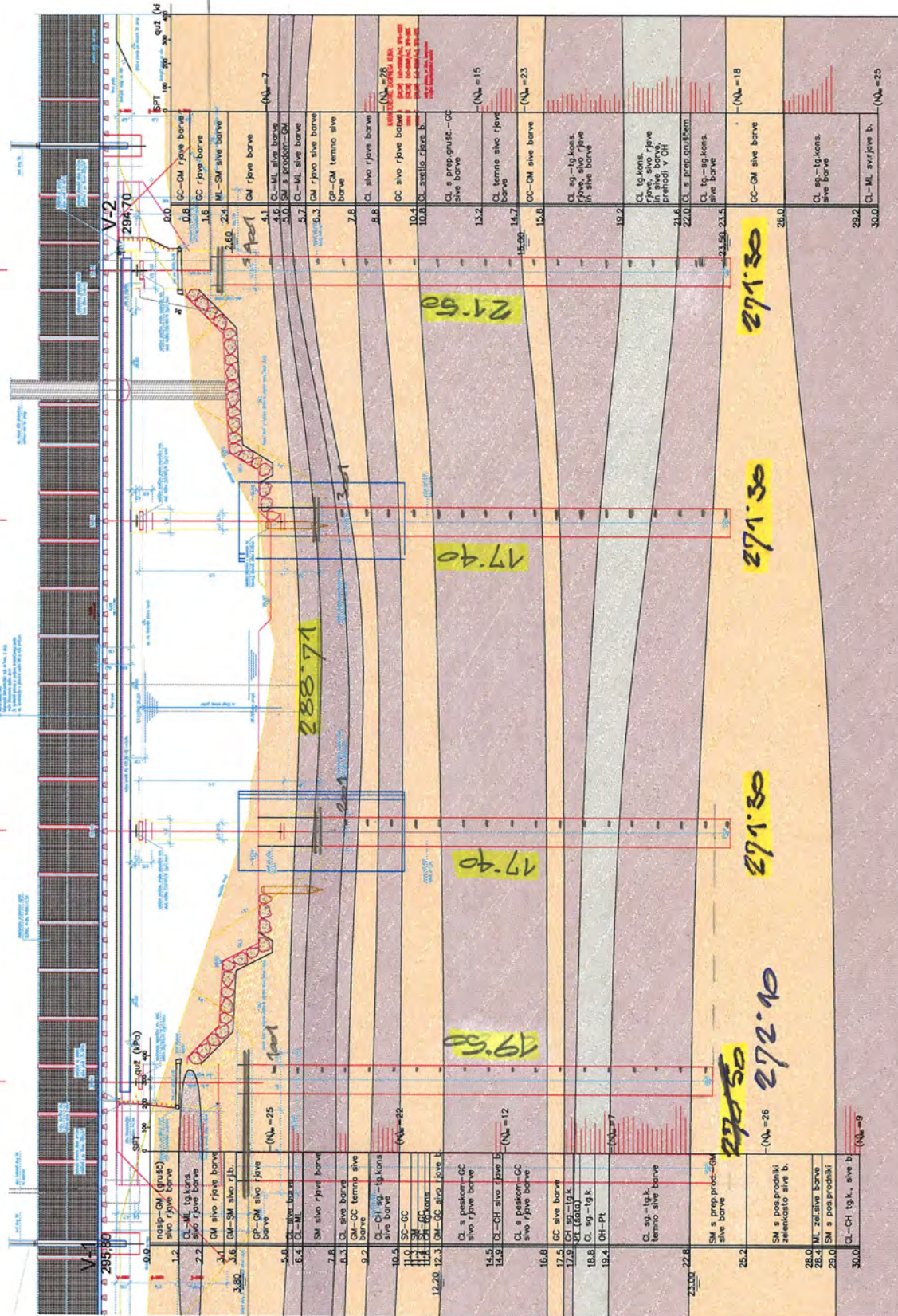
2L

3L

4L

V00.2h H0302 A-A M 1:100

BRITNKA



292.81

291.66

10

20	19	17	16	12
22	17	16	12	12

291.50

292.10

291.30

291.30

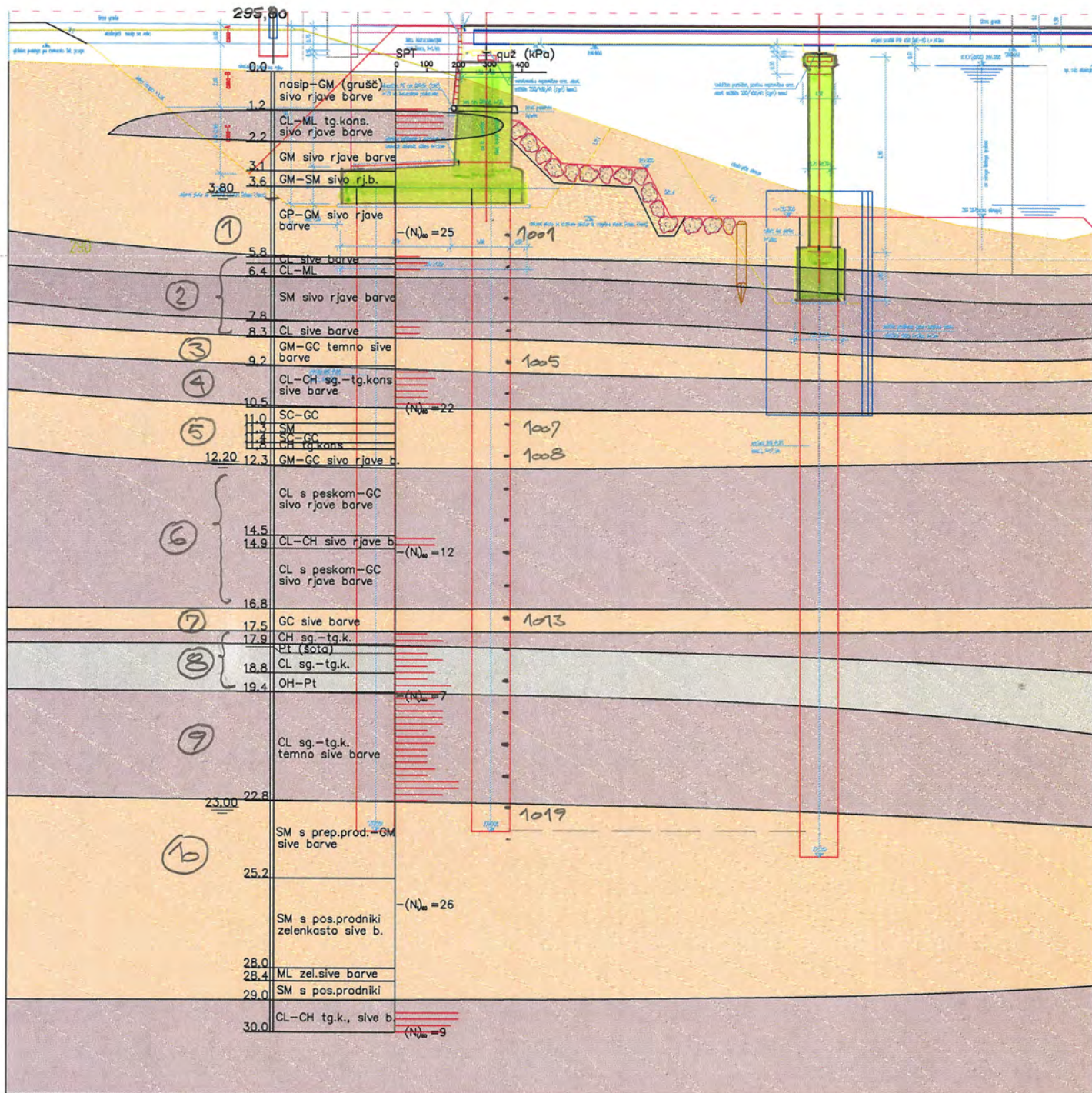
291.30

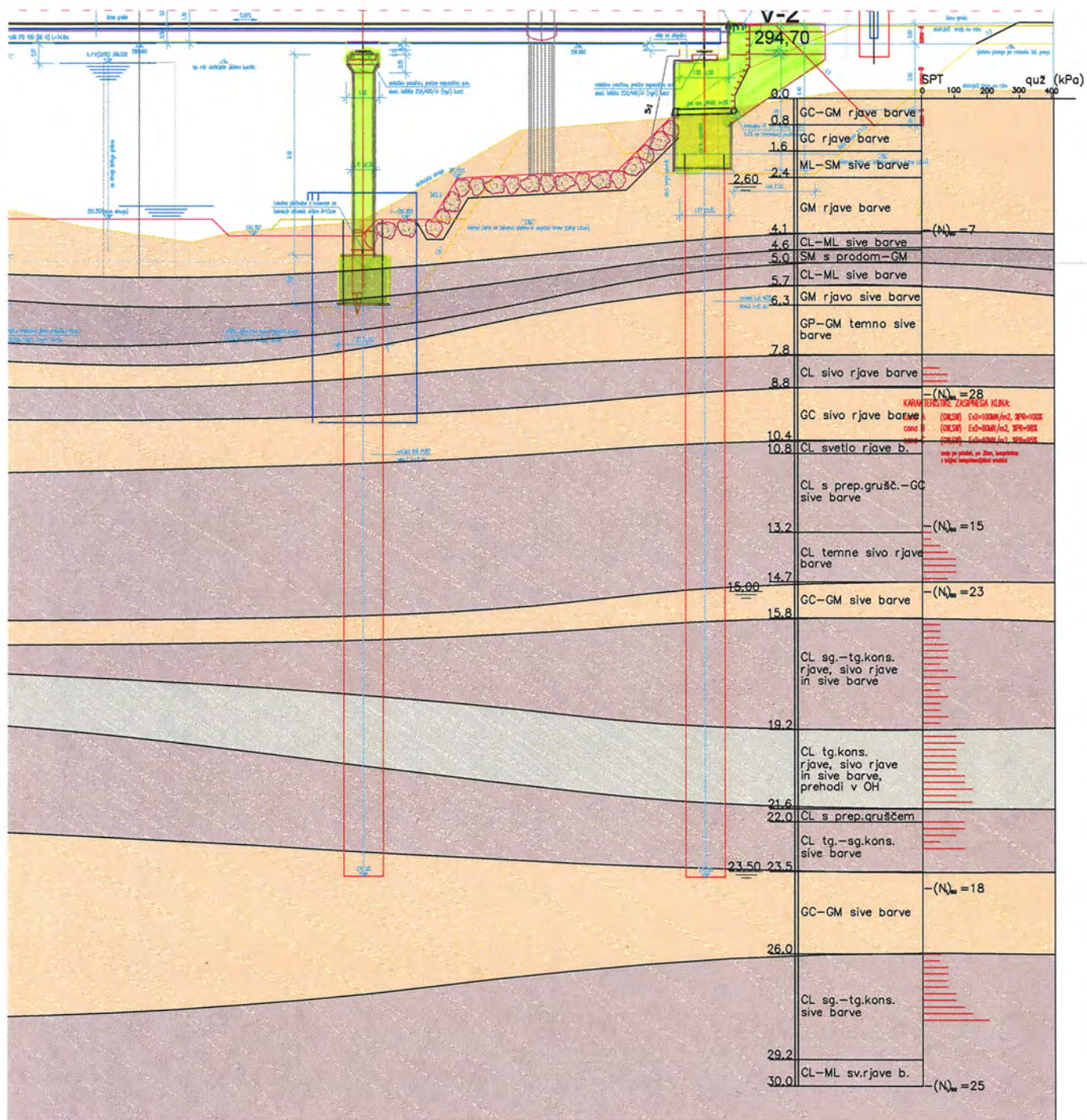
288.71

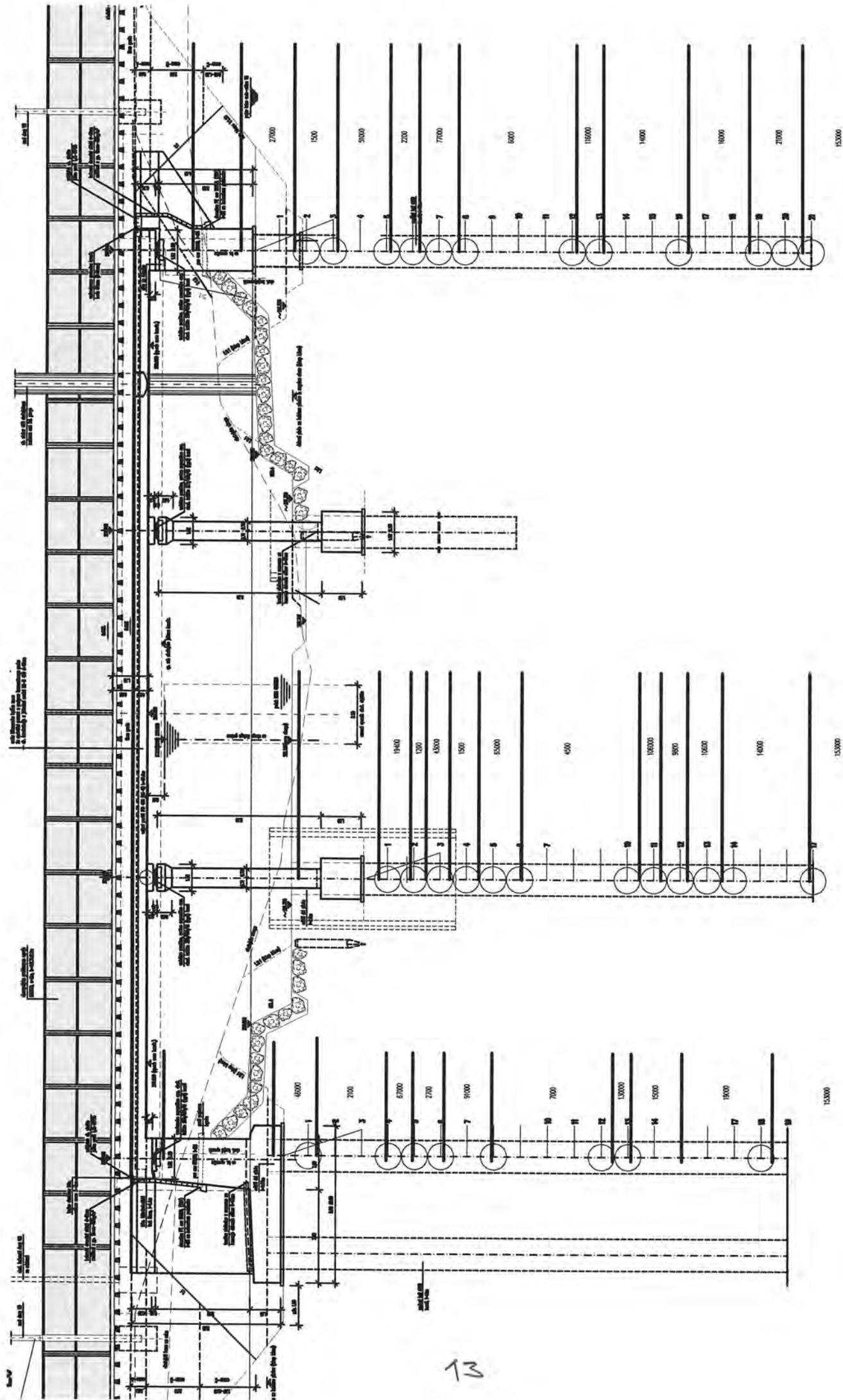
17.40

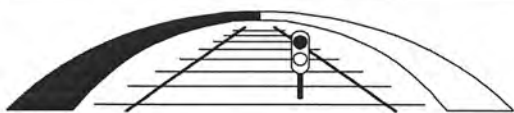
17.40

21.50

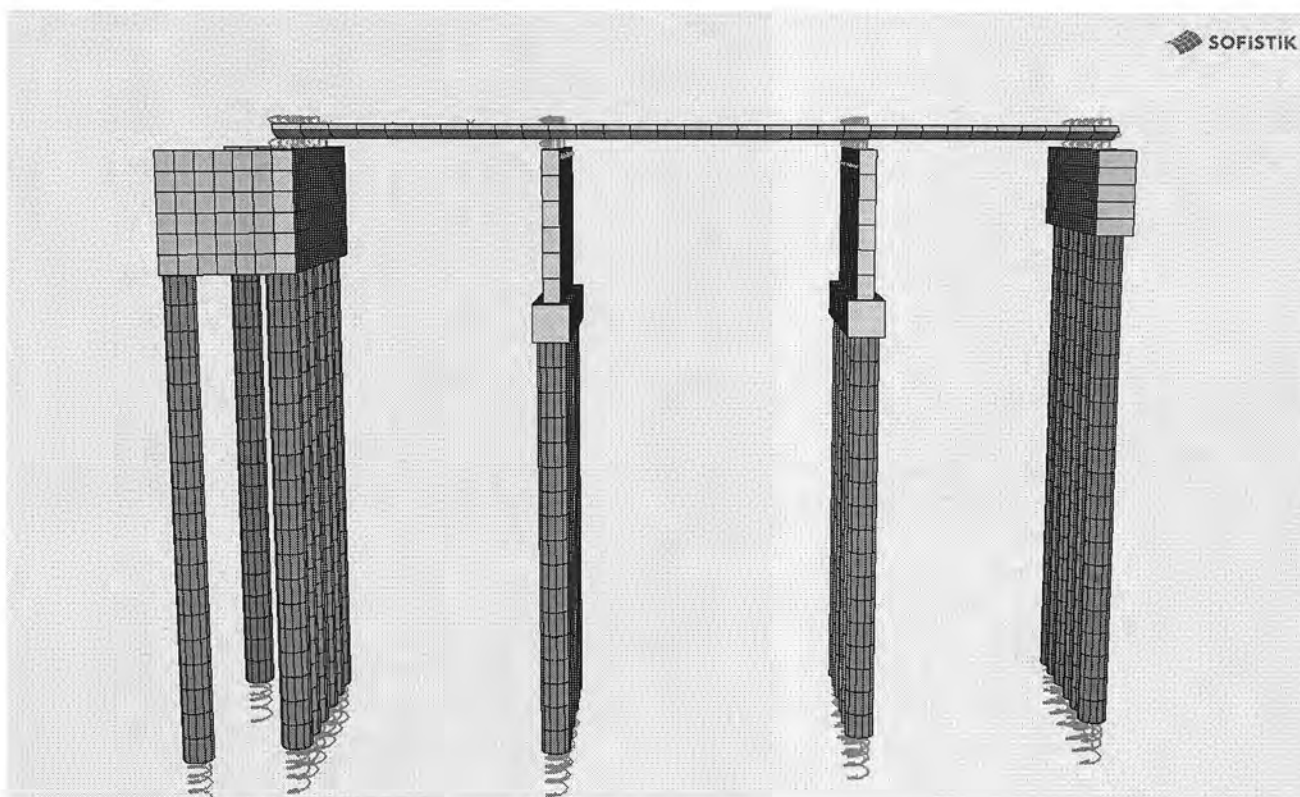
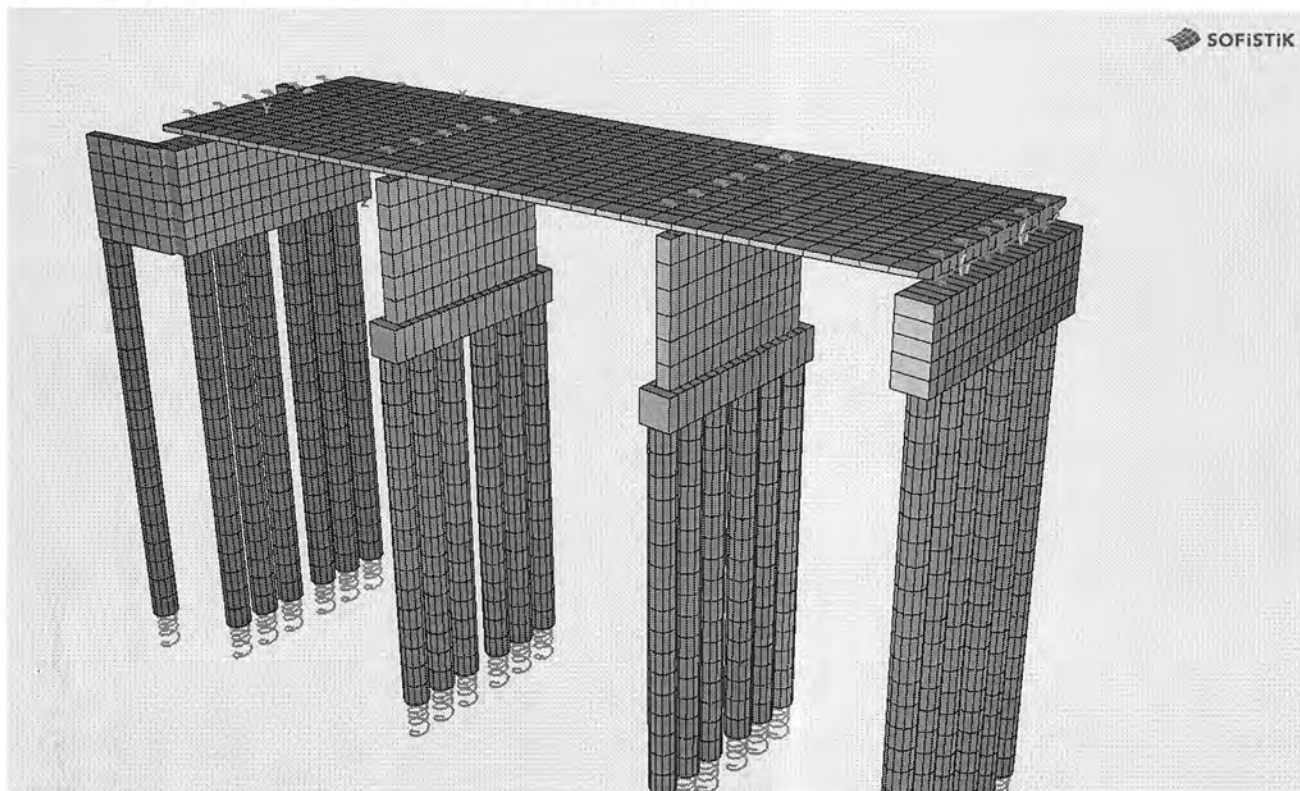


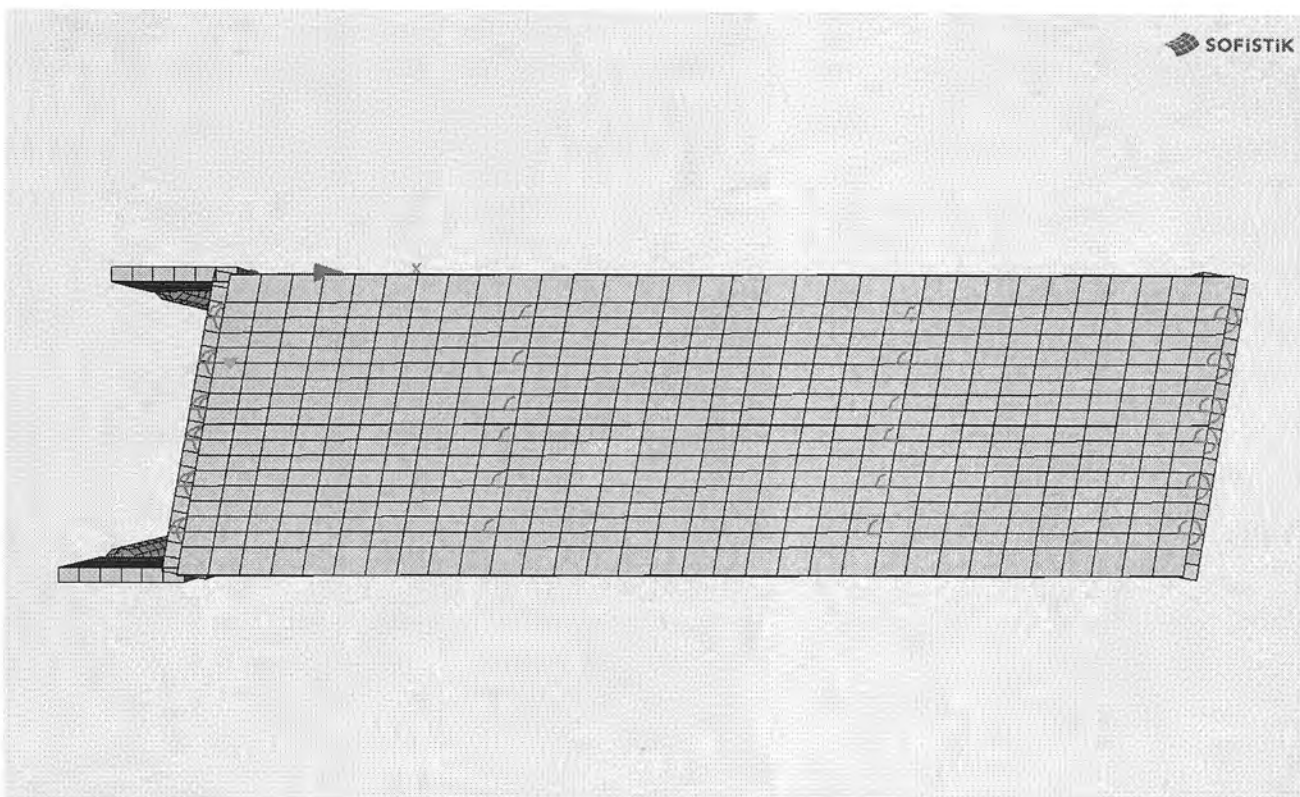
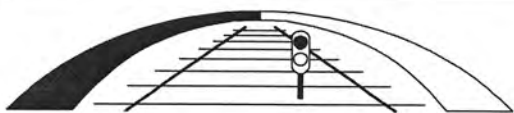


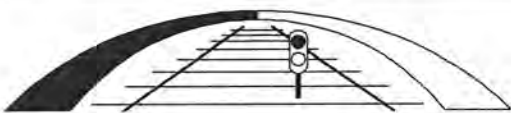




1.4 RAČUNSKI MODEL KONSTRUKCIJE







2. OBTEŽBA

2.1 LASTNA TEŽA OB BETONIRANJU

- lastna teža $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ plošče
- jekleni nosilci 2×1.7 3.4 kN/m²

2.2 STALNA KORISTNA OBTEŽBA

- hidroizolacija + zaščitni bet. sloj 0.06×25 1.5 kN/m²
- gramozna greda 0.75×20 15.0 kN/m²
- tirnica s priborom 1.0 kN/m²

2.3 MIRNI ZEMELJSKI PRITISK

- zasipni klin povzroča mirni zemeljski pritisk na opornike in krila

$$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3, \phi = 30^\circ, c = 0$$

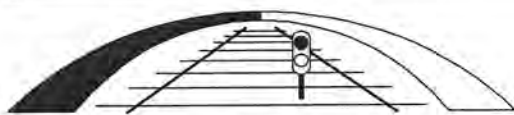
$$k_m = 1 - \sin \phi = 0.50$$

$$p_{m1} = \gamma h k_m = 20 \cdot 1.5 \cdot 0.5 = 15 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{m2} = \gamma h k_m = 20 \cdot 5.0 \cdot 0.5 = 50 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{m3} = \gamma h k_m = 20 \cdot 6.2 \cdot 0.5 = 62 \text{ kN/m}^2$$

- komprimacijski pritisk znaša 25 kPa



2.4 PROMETNA OBTEŽBA

določitev koeficienta dinamičnosti

$$\phi_{d3} = 0.73 + \frac{2.16}{\sqrt{L_\phi} - 0.2} = 0.73 + \frac{2.16}{\sqrt{14.7} - 0.2} = 1.32 < \phi_{d,\max} = 2.0 \dots \text{stand. vzdrzevan tir}$$

$$L_m = \frac{1}{3} \cdot (10.5 + 13.0 + 10.5) = 11.3 \text{ m}$$

$$L_\phi = 1.3 \cdot 11.3 = 14.7 \text{ m}$$

- Upoštevana je prometno shema **LM 71** (pomnožena s koeficientom α in ϕ_{din}) in shema težkih vozil **SW/2** (brez koeficienta α in ϕ_{din}).
- Upoštevana je še prometna shema **SW/0** (pomnožena s koeficientom α in ϕ_{din})

2.5.1 Vertikalna prometna obtežba

Na prekladni plošči sta dva tira. Vendar pa je, zaradi tehnologije gradnje, prekladna plošča na sredini vzdolžno dilatirana.

Hkrati sta upoštewane naslednje kombinacije ver. prom. obt.:

- **UIC71** na enem tiru in shemo težkih vozil **SW/2** na drugem tiru
- **UIC71** na obeh tirih
- **UIC71** se zamenja z **SW/0**, če je to merodajno

$$\alpha = 1.21$$

$$\alpha \cdot LM71$$

$$p_{v1} = 1.21 \cdot \frac{156}{3.0} = 63 \text{ kN / m}^2 \dots \text{na sirini } b = 3.0 \text{ m / } a = 6.4 \text{ m}$$

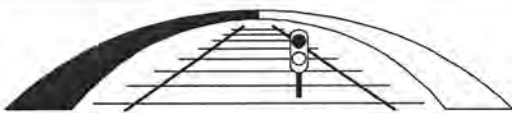
$$p_{v2} = 1.21 \cdot \frac{80}{3.0} = 32 \text{ kN / m}^2 \dots \text{na sirini } b = 3.0 \text{ m}$$

$$\alpha \cdot SW / 0$$

$$p_{v1} = 1.21 \cdot \frac{133}{3.0} = 54 \text{ kN / m}^2 \dots \text{na sirini } b = 3.0 \text{ m / } a = 15 \text{ m , } c = 5.3 \text{ m}$$

$$SW / 2$$

$$p_{v1} = \frac{150}{3.0} = 50 \text{ kN / m}^2 \dots \text{na sirini } b = 3.0 \text{ m / } a = 25 \text{ m , } c = 7.0 \text{ m}$$



2.5.2 Horizontalna

$$p_{v,zg} = 1.21 \cdot 52 = 63 \text{ kN} / \text{m}^2 \dots \text{ na globini } 0.5 \text{ m pod GRP-jem} / b = 2 \cdot 3.0 + 1.0 \text{ m}$$

$$p_{v,sp1} = 1.21 \cdot 28 = 34 \text{ kN} / \text{m}^2 \dots \text{ na globini } 5.0 \text{ m pod GRP-jem} / b = 2 \cdot 5.6 \text{ m}$$

$$p_{v,sp2} = 1.21 \cdot 24 = 29 \text{ kN} / \text{m}^2 \dots \text{ na globini } 6.2 \text{ m pod GRP-jem} / b = 2 \cdot 6.6 \text{ m}$$

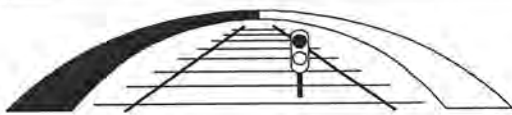
$$p_h = k_m \cdot p_v$$

$$p_{h,zg} = 0.5 \cdot 63 = 32 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ na } b = 2 \cdot 3.0 \text{ m (vmes } 1.0 \text{ m)}$$

$$p_{h,sp1} = 0.5 \cdot 34 = 17 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ na } b = 2 \cdot 5.6 = 11.2 \text{ m}$$

$$p_{h,sp2} = 0.5 \cdot 29 = 15 \text{ kN} / \text{m}^2 \text{ na } b = 2 \cdot 6.6 = 13.2 \text{ m}$$

Horizontalni zemeljski pritisk vsled prometne obtežbe lahko deluje iz leve, iz desne ali iz leve in desne istočasno. Horizontalni zemeljski pritisk vsled prometne obtežbe lahko deluje v kombinaciji z ali brez vertikalne prometne obtežbe.



2.5 KRČENJE BETONA

Krčenje betona je dolgotrajen proces, katerega vpliv zmanjšuje hkratno lezenje le tega.

$$S_{\infty} = S_0 \frac{1 - e^{-\varphi}}{\varphi}, \quad \varphi_{\min} = 1.5 \Rightarrow S_{\infty} = 0.50 S_0 \quad (E_b^{b\epsilon} = 0.50 E_{b0})$$

$$\epsilon_{cd,0} = 0.35 \text{ ‰} \dots \text{krčenje od susenja}$$

$$\epsilon_{cs,\infty} = k_h \cdot \epsilon_{cd,\infty} = 0.7 \cdot 0.35 = 0.25 \text{ ‰}$$

$$h_0 = \frac{2A_c}{u} = \frac{2 \cdot 3.5}{5.5} = 1.27 \text{ m} = 1270 \text{ mm} \rightarrow k = 0.7$$

$$\epsilon_{ca,\infty} = 2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 0.05 \text{ ‰} \dots \text{avtogeno krčenje}$$

$$\epsilon_{cs,\infty} = \epsilon_{cd,\infty} + \epsilon_{ca,\infty} = 0.25 + 0.05 = 0.30 \text{ ‰}$$

Ker je prekladna konstrukcija položena na neoprenska ležišča, se le ta skrči skorajda neovirano. Podkonstrukcija je obremenjena s silo, ki je potrebna za deformacijo neoprenskih ležišč, ki jo upoštevam v polnem iznosu.

$$\epsilon_{cs} = 0.30 \Rightarrow \Delta T = \frac{\epsilon}{\alpha} = \frac{0.30 \times 10^{-3}}{1.0 \times 10^{-5}} = 30^\circ$$

2.6 SILA ZAVIRANJA oz. SPELJEVANJA

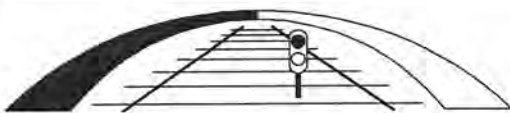
$$F_s = \alpha \cdot 33 \times L \times \xi = 1.21 \cdot 33 \times 35.5 \times 0.60 = 851 \text{ kN / tir} \dots \text{sila speljevanja}$$

$$F_s = \alpha \cdot 20 \times L \times \xi = 1.21 \cdot 20 \times 35.5 \times 0.60 = 515 \text{ kN / tir} \dots \text{sila zaviranja}$$

$$F_s = 35 \times L \times \xi = 35 \times (35.5 - 7.0) \times 0.60 = 599 \text{ kN / tir} \dots \text{sila zaviranja za SW / 2}$$

zaviranje na enem tiru in speljevanje na drugem tiru

$$F = 851 + 599 = 1450 \text{ kN}$$



2.7 TEMPERATURNE SPREMEMBE

enakomerna sprememba temperature

$$[t_0 = 10^\circ, t_{\min} = -17^\circ, t_{\max} = +37^\circ \Rightarrow \Delta t = \pm 27^\circ]$$

Max in min dnevna temperatura zraka v senci s povratno dobo 50 let ($p = 0.02$) je določena na podlagi temperaturne karte, ki je podana v nacionalnem dodatku k SIST EN 1991-1-5:2004/A101 : 2009. Iz te karte za obravnavano lokacijo (Ljubljana) sledi:

$$T_{\min} = -20^\circ \text{ do } -25^\circ, \quad T_{\max} = 38^\circ \text{ do } 40^\circ \quad \dots \text{ dif. temp. zraka na nadmorski višini } 0 \text{ m}$$

Korekcija min in max temperature zraka v senci glede na nadmorsko višino znaša: odšteti je potrebno $0.5^\circ/100 \text{ m}$ od minimalne temperature in odšteti je potrebno $1.0^\circ/100 \text{ m}$ od maksimalne temperature. Nadmorska višina lokacije mostu znaša 300 m (Ljubljana).

$$T_{\min, kor} = (-20^\circ \text{ do } -25^\circ) - 0.5 \cdot \frac{300}{100} = -22^\circ \text{ do } -27^\circ \quad \dots \Delta T \text{ zraka korigirana glede na nadm. višino}$$

$$T_{\max, k} = (38^\circ \text{ do } 40^\circ) - 1.0 \cdot \frac{300}{100} = 35^\circ \text{ do } 37^\circ \quad \dots \Delta T \text{ zraka korigirana glede na nadmorsko višino}$$

Iz podanih isoterm v nacionalnem dodatku (temperaturni karti) dobimo temperaturno območje. Ker je trend v povečevanju temperaturnih razlik, je v nadaljevanju privzeta ekstremna temperatura v tem območju, torej:

$$T_{\min, kor} = -27^\circ \quad \dots \Delta T \text{ zraka korigirana glede na nadmorsko višino}$$

$$T_{\max, k} = 37^\circ \quad \dots \Delta T \text{ zraka korigirana glede na nadmorsko višino}$$

Iz tega sledi temperaturno nihanje konstrukcije (tip kons. 2 – sovprežna kons.):

$$T_{e, \min} = -23^\circ, \quad T_{e, \max} = 41^\circ \quad \dots \text{ dif. temp. konstrukcije}$$

$$T_0 = 10^\circ \quad \dots \text{ zacetna temp.}$$

$$\Delta T_{N, con} = T_0 - T_{e, \min} = 10 - (-23) = -33^\circ \quad \dots \text{ ohlajanje}$$

$$\Delta T_{N, exp} = T_{e, \max} - T_0 = 41 - 10 = 31^\circ \quad \dots \text{ segrevanje}$$

$$\Rightarrow -33^\circ / +31^\circ$$

neenakomerno segrevanje

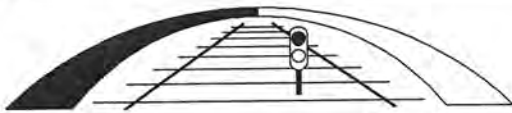
Prekladna plošča je pod vplivom osončenja in za njo velja:

$$\text{dif } T = \Delta T \cdot k_{sur} \rightarrow \text{dif } T_{zg, +} = 15^\circ \cdot 0.6 = 9^\circ, \quad \text{dif } T_{sp, +} = 8^\circ \cdot 1.0 = 8^\circ \quad (\text{poenoteno } \pm 9^\circ)$$

zgoraj topleje 9° - spodaj topleje 9°

Po DIN FB 102, čl. 2.3.2.2(102)P se lahko pri ULS za vsiljene obtežbe od temperature upošteva zmanjšana togost (prehod iz stanja I v stanje II - razpokan prerez) konstrukcije.

To pa ne velja za stanja SLS.



2.8 BOČNI SUNEK

$$F = \alpha \cdot 100 = 1.21 \cdot 100 = 121 \text{ kN / tir}$$

$$\text{dva tira} \Rightarrow F = 2 \cdot 121 = 242 \text{ kN}$$

Bočni sunek se lahko upošteva na dolžini 4.0 m (DIN Hb 1-3, Kap. III, NCI zu 6.5.2).

Bočni sunek se kombinira z vertikalno obtežbo.



2.9 VPLIV NZT NA VZDOLŽNO NEPOMIČNO LEŽIŠČE

NZT vpliva tako na obremenitve v tirnici kot tudi na obremenitve v mostni konstrukciji - interakcija med nepomično tirnico in pomično mostno konstrukcijo. Obremenitve mostne konstrukcije so predvsem v obliki dodatne vzdolžne horizontalne reakcije v vzdolžno nepomičnih ležiščih in s tem dodatnimi obremenitvami podpornega sistema.

Pod določenimi pogoji ni potrebno preverjati dodatnih oz. skupnih napetosti v tirnici - vpliv NZT-ja na tirnico (zadostna togost podkonstrukcije - relativni vzdolžni pomik opornika in konca prekladne plošče zaradi zavornih sil ≤ 5 mm (vzdolžno nepomično ležišče), horizontalni pomik konca plošče zaradi zasuka nad ležiščem prav tako ≤ 5 mm, dilatacijska dolžina prekladne konstrukcije ≤ 40 m). Ker so v tem primeru vse zahteve zadovoljene, analiza napetosti v tirnici vsled vpliva NZT ni potrebna.

Ker je tir zvarjen v NZT, nastopijo dodatne reakcije v vzdolžno nepomičnih podporah.

Pod določenimi pogoji se po EC 1-2 lahko uporabi poenostavljena metoda določanja teh dodatnih obremenitev vzdolžno nepomičnih ležišč (tirnice UIC 60 z $f \geq 900$ N/mm², prema ali $r \geq 1500$ m, $e_{pragi} \leq 65$ cm, $h_{grede} \geq 30$ cm, vzdolžni odpori v predpisanih merah, vertikalna prometna obtežba po EC, zavorna sila po EC, temperaturne obremenitve po EC). Tem pogojem je v tem primeru zadoščeno. Reakcije od vpliva NZT-ja so posledica naslednjih obtežb:

- zavorne sile,
- spremembe temperature in
- deformacije prekladne plošče nad ležiščem.

Vpliv NZT pod obtežbo zavornih sil

Je že upoštevan v tč. 2.6 s koeficientom ξ .

Vpliv NZT pod obtežbo ΔT

$$F_{Tk} = \pm 0.6 \cdot k \cdot L_T$$

$k = 20$ kN / m ... vzdolžni odpor praga po tirni gredi

$$F_{Tk} = 0.6 \cdot 20 \cdot 35.5 = 426 \text{ kN / tir}$$

$$F'_{Tk} = 2 \cdot 426 = 852 \text{ kN / most}$$

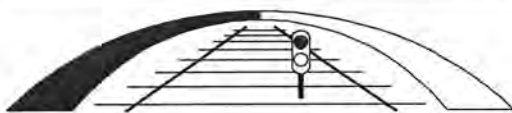
Merodajen je vzdolžni odpor praga po tirni gredi, ker je manjši od vzdolžnega upora tirnice po pragu. Ko pride do zdrsa, se reakcija v nepomičnem ležišču namreč več ne povečuje, temveč je konstantna.

Vpliv NZT zaradi deformacije (zasuk $\rightarrow$ hor. pomik) prekladne plosce nad leziscem

$$F_{Qk} = \pm 20 \cdot L_1 = 20 \cdot 10.5 = 210 \text{ kN / tir}$$

$L_1 = 10.5$ m ... razpon polja ob vzd. nepom. leziscu

$$F'_{Qk} = 2 \cdot F_{Qk} = 420 \text{ kN / tir}$$



2.10 SILA VETRA

(po DIN-EN 1991-1-1-4, Anhang N)

Veterna cona (po nacionalnem dodatku - vetrna karta za Slovenijo) 1 → 10 minutna srednja hitrost vetra znaša: $v_{b,0} = 20 \text{ m/s}$

osnovna hitrost vetra

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 20 = 20 \text{ m/s}$$

$$v_{b,0} = 20 \text{ m/s} \dots \text{temeljna vrednost osnovne hitrosti vetra}$$

$$c_{dir} = 1.0$$

$$c_{season} = 1.0$$

osnovni tlak vetra

$$q_b = \frac{\rho}{2} v_b^2 = \frac{1.25}{2} 20^2 \cdot 10^{-3} = 0.25 \text{ kN/m}^2 \quad \left(\frac{\text{kg m}^2}{\text{m}^3 \text{ s}^2} = \frac{\text{kg}}{\text{m s}^2} = \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$$

$$\left[q_b = \frac{\rho}{2} v_b^2 = \frac{1.25}{2} 25^2 \cdot 10^{-3} = 0.39 \text{ kN/m}^2 \right]$$

$$z_e = 10 \text{ m} < 20 \text{ m}$$

$$F_w = w \cdot A_{ref}$$

→ **veter na obtežen most (vagoni $h = 4.0 \text{ m}$)**

$$b/d = 11.3 / (1.6 + 4.0) \cong 2.0, \quad z_e = 10 < 20 \text{ m}, \quad \text{notranjost}$$

$$w = 1.17 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{w1} = 1.17 \cdot (1.4 + 4.0) = 6.3 \text{ kN/m'}$$

$$m_{w1} = 6.3 \cdot (5.4/2 - 0.55/2) = 6.3 \cdot 2.43 = 15.3 \text{ kNm/m' } \dots \text{torzijski mom.}$$

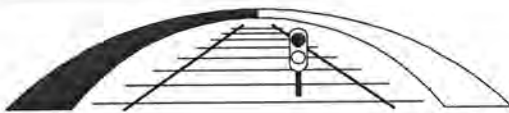
→ **veter na neobtežen most - s PHO (GRT + 2.5 m)**

$$b/d = 11.3 / 3.9 = 2.9, \quad z_e = 10 < 20 \text{ m}, \quad \text{notranje področje}$$

$$w = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

$$f_{w1} = 1.00 \cdot 3.9 = 3.9 \text{ kN/m'}$$

$$m_{w1} = 3.9 \cdot (3.9/2 - 0.55/2) = 3.9 \cdot 1.68 = 6.5 \text{ kNm/m' } \dots \text{torzijski mom. (zanemarljiv)}$$



2.11 NEENAKOMERNO POSEDANJE PODPOR

Objekt bo globoko temeljen na uvrtnih pilotih, ki prenašajo obtežbo preko pete in preko trenja plašča in zemljine. Piloti ne segajo do skalne podlage, temveč se končajo v prodnem sloju.

Predviden posedek pilotov pri njihovi polni obremenitvi znaša 4 cm (iz geotehničnega poročila). Enakomerno posedanje podpor ne povzroči dodatnih obremenitev v konstrukciji, jih pa povzročijo neenakomerni posedki podpor.

Po DIN FB 102 se določijo verjetni in možni neenakomerni posedki podpor.

Verjetni neenakomerni posedki se upoštevajo v stanju SLS in to s polno togostjo konstrukcijskih elementov.

Možni neenakomerni posedki podpor - ki so seveda večji od verjetnih - pa se upoštevajo v stanju ULS, pri čemer pa se lahko upošteva redukcija togosti zaradi prehoda iz stanja I (nerazpokan prerez) v stanje II (razpokan prerez). Ta redukcija znaša po DIN FB 102, čl. 2.3.2.2.(101)P iz 1.0 na 0.6 kratnik togosti konstrukcijskega elementa (redukcija vztrajnostnega momenta J na $0.6 \cdot J$).

Vendar pa gre v tem primeru za sovprežno prekladno konstrukcijo in vpliv razpokanja betonskega dela ni enakovreden kot pri armirano betonski konstrukciji, zato se ta redukcija v tem primeru ne bo upoštevala.

Ker nastopi neenakomerno posedanje temeljev v daljšem časovnem obdobju, pride pri tem tudi do tečenja betona, kar še nadalje zmanjša togost konstrukcijskih elementov in s tem reducira vsiljene obremenitve v konstrukciji.

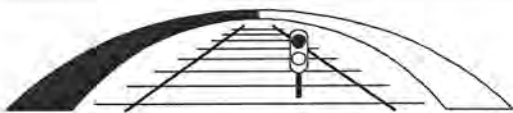
$$t_{obr} = 90 \text{ dni} \Rightarrow \phi = 1.4$$

$$S_{\infty} = S_0 \cdot e^{-\phi} = S_0 \cdot e^{-1.4} = 0.25 \cdot S_0$$

Ker gre v tem primeru za sovprežno konstrukcijo z vbetoniranimi jeklenimi nosilci, je ta redukcija manjša in v tem primeru zanemarljena.

Po EC 1-1-6, Anex A2 so verjetni neenakomerni posedki temeljev 10 mm, kar velja za tehnologijo narivanja prekladne konstrukcije, kar v tem primeru ni uporabljeno.

Ker piloti nosijo po plašču in ne segajo do skalne osnove (zaključeni v enem od slojev gramoza) bo za možne in verjetne posedke temeljev privzeto 60 % enakomernih posedkov iz geotehničnega poročila, torej $0.6 \times 40 \approx 25 \text{ mm}$.



2.12 SEIZMIČNA OBTEŽBA (po EC 8/2)

VZDOLŽNA SEIZMIČNA OBTEŽBA

Samo v podpori »0« sta nameščeni dve vzdolžno nepomični ležišči, na preostalih podporah pa so nameščena vzdolžno pomična ležišča. Zaradi tega niha v vzdolžni smeri skupaj s prekladno konstrukcijo samo opornik v tej osi (v osi »0«).

Ker opornik z vzdolžno nepomičnimi vozlišči, ki niha skupaj s prekladno konstrukcijo, ne predstavlja več kot 20 % skupne efektivne mase, se lahko za vzdolžno smer uporabi metoda ekvivalentnega sistema z eno prostostno stopnjo (EC 8/2, čl.4.2.2.2(1)) – model s togo prekladno konstrukcijo.

$$m_{\text{stebri}} = 0.7 \cdot 2800 = 2000 \text{ kN} \dots \text{teža opornika, ki niha skupaj s PK}$$

$$m_{\text{pk}} = 11350 \text{ kN} \dots \text{prekladna kons. (LT + SK)}$$

$$k = \frac{2000}{11350} \cong 0.18 \Rightarrow 18 \% < 20 \%$$

Po EC 8/2 tc. 4.2.1.2, pa je potrebno upoštevati toliko nihajnih oblik, da je efektivna modalna masa upoštevanih nihajnih oblik vsaj 90 % skupne merodajne mase mostu.

Za vzdolžno smer zadostuje 1. nihajna oblika, saj velja:

$$m_i^* = \frac{\left(\sum_{j=1}^n \Phi_{ij} \cdot m_j \right)^2}{\sum_{j=1}^n \Phi_{ij}^2 \cdot m_j} \dots \text{efektivna modalna masa } i\text{-te nihajne oblike}$$

$$m_1^* = \frac{(1.0 \cdot 13350)^2}{1.0^2 \cdot 13350} = 13350 = 100\% m$$

togost konstrukcije

$$k = \frac{1}{d} = \frac{1}{0.91 \cdot 10^{-5}} = 110000 \text{ kN / m}$$

merodajna masa

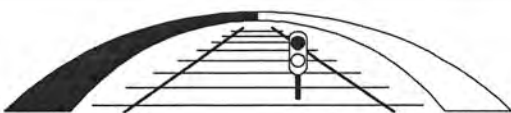
$$G_1 = 2 \cdot (2.55 \cdot 25 + 4.3 \cdot 0.06 \cdot 25 + 1.4 \cdot 0.65 \cdot 25 + 4.3 \cdot 0.60 \cdot 20) \cdot 36.0 = 10400 \text{ kN}$$

$$G_2 = 2 \cdot 8 \cdot 1.71 \cdot 34.9 = 950 \text{ kN}$$

$$G_3 = 25 \cdot (1.7 \cdot 4.7 \cdot 10.6 + 2 \cdot 3.5 \cdot 6.2 \cdot 0.6) = 2800 \text{ kN}$$

$$\Sigma G = 14150 \text{ kN}$$

$$m = \frac{G}{g} = \frac{14150 \cdot 10^3}{9.81} = 1442400 \text{ kg}$$



niha jni čas konstrukcije

$$T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \pi \sqrt{\frac{1442000}{110000 \cdot 10^3}} = 0.72 \text{ s / obr}$$

parametri seizmičnosti območja

KATEGORIJA TAL C $\Rightarrow T_C = 0.60 \text{ s} < T = 0.72 \text{ s} < T_D = 2.0 \text{ s} / S = 1.15$

SEIZMIČNA CONA $\Rightarrow a_g = 0.25 \text{ g}$

elastični spekter odziva $\rightarrow$ z uvedbo faktorja obnašanja $\Rightarrow$ projektni spekter

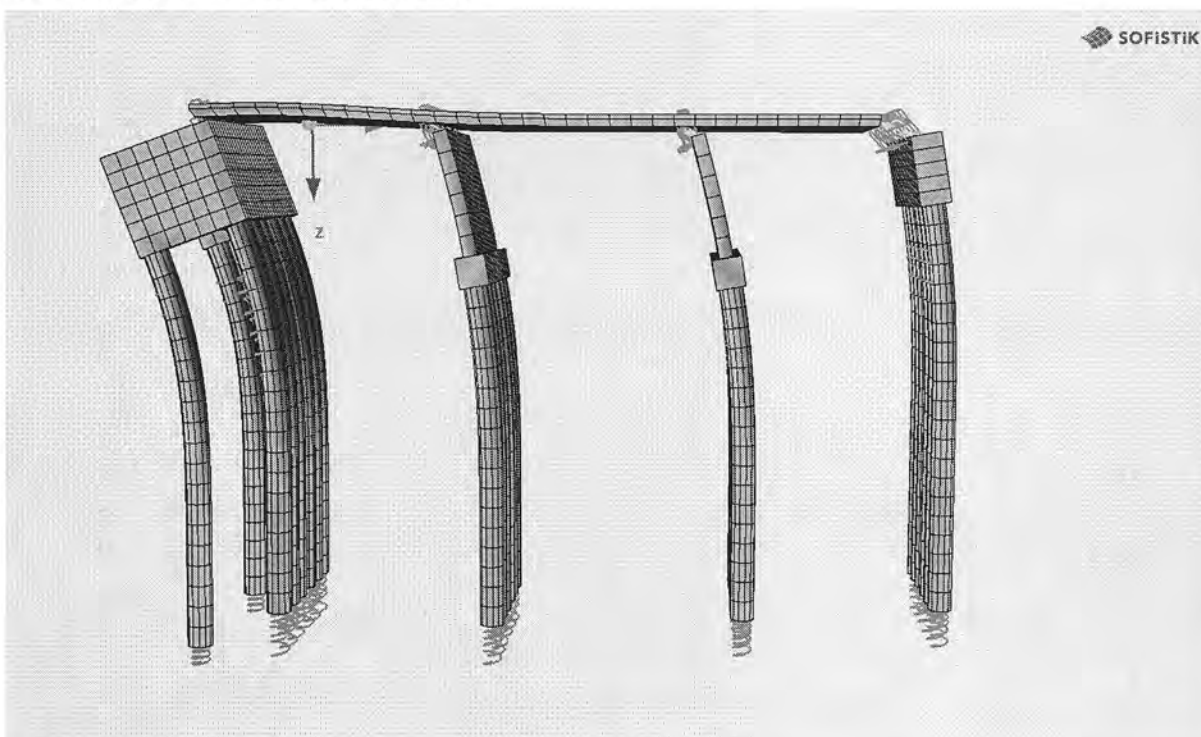
$$R_{T,C} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] = 0.25 \cdot 9.81 \cdot 1.15 \cdot \frac{2.5}{2.1} \cdot \left[\frac{0.60}{0.72} \right] = 2.80 \text{ m / s}^2$$

seizmična obtežba

$$F_{s,pk} = m R_T = 1157000 \cdot 10^{-3} \cdot 2.80 = 3240 \text{ kN (28.0 \% ver. obt.)}$$

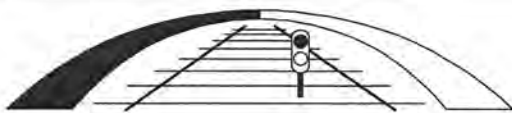
$$F_{s,opornik} = m R_T = 285000 \cdot 10^{-3} \cdot 2.80 = 800 \text{ kN ... deluje na opornik "0"}$$

S programom Sofistik je bil izračunan naslednji nihajni čas (upoštevane je 75 % stalne koristne teže - 55 cm tirne grede):



1. nihajna oblika – 1. horizontalna nihajna oblika $T = 0.64 \text{ s}$

Nihajni čas je krajši, zato je potresna obremenitev v vzdolžni smeri nekoliko večja, kar je upoštevano v nadaljnji analizi.



parametri seizmičnosti območja

KATEGORIJA TAL C $\Rightarrow T_C = 0.60 \text{ s} < T = 0.72 \text{ s} < T_D = 2.0 \text{ s} / S = 1.15$
 SEIZMIČNA CONA $\Rightarrow a_g = 0.25 \text{ g}$

elastični spekter odziva $\rightarrow$ z uvedbo faktorja obnašanja $\Rightarrow$ projektni spekter

$$R_{T,C} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] = 0.25 \cdot 9.81 \cdot 1.15 \cdot \frac{2.5}{2.1} \cdot \left[\frac{0.60}{0.64} \right] = 3.15 \text{ m/s}^2 \dots \text{duktilno obnašanje}$$

$$R_{T,C} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right] = 0.25 \cdot 9.81 \cdot 1.15 \cdot \frac{2.5}{1.5} \cdot \left[\frac{0.60}{0.64} \right] = 4.41 \text{ m/s}^2 \dots \text{delno duktilno obnašanje}$$

seizmična obtežba

duktilno obnašanje konstrukcije:

$$F_{s,pk} = m R_T = 1157000 \cdot 10^{-3} \cdot 3.15 = 3650 \text{ kN (32 \% ver. obt.)}$$

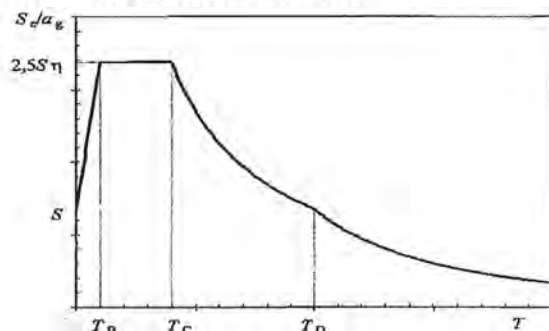
$$F_{s,opornik} = m R_T = 285000 \cdot 10^{-3} \cdot 3.15 = 900 \text{ kN} \dots \text{deluje na opornik "0"}$$

delno duktilno obnašanje konstrukcije (po EC 8-2, cl.6.7.3(4)):

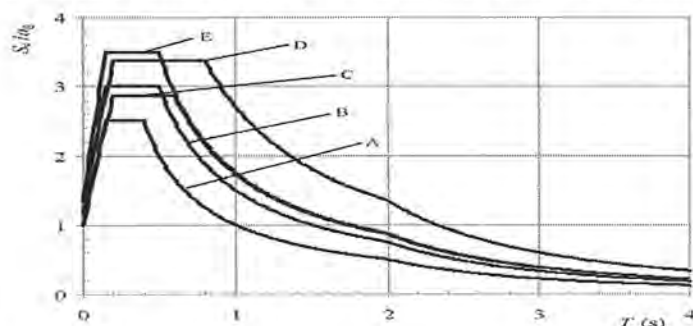
$$F_{s,pk} = m R_T = 1157000 \cdot 10^{-3} \cdot 4.41 = 5100 \text{ kN (44 \% ver. obt.)}$$

$$F_{s,opornik} = m R_T = 285000 \cdot 10^{-3} \cdot 4.41 = 1260 \text{ kN} \dots \text{deluje na opornik "0"}$$

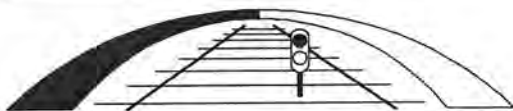
Elastični spekter odziva:



Elastični spekter odziva za različne kategorije terena:



elastični spekter odziva $\rightarrow$ z uvedbo faktorja obnašanja $\Rightarrow$ projektni spekter

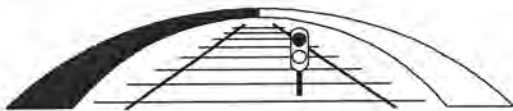


Eigenfrequencies / Using Lanczos Method / Iterationsvectors 100

No.	LC	Eigenvalue [1/Sec ²]	Relative frequency error	Period [Hertz]	modal sec]	damping
1	501	9.70743E+01	2.01E-19	1.568	0.637717	0.00000
2	502	1.80373E+02	2.23E-19	2.137	0.467837	0.00000
3	503	3.06877E+02	6.02E-19	2.788	0.358672	0.00000
4	504	4.32380E+02	5.19E-19	3.309	0.302167	0.00000
5	505	5.15867E+02	5.63E-19	3.615	0.276637	0.00000
6	506	5.26032E+02	7.93E-19	3.650	0.273952	0.00000
7	507	5.77687E+02	9.94E-20	3.825	0.261417	0.00000
8	508	7.15370E+02	6.50E-19	4.257	0.234917	0.00000
9	509	8.08316E+02	2.86E-18	4.525	0.220998	0.00000
10	510	8.14231E+02	3.19E-19	4.541	0.220194	0.00000
11	511	8.60811E+02	3.29E-19	4.670	0.214154	0.00000
12	512	9.24612E+02	2.29E-18	4.839	0.206633	0.00000
13	513	1.04884E+03	2.82E-18	5.154	0.194011	0.00000
14	514	1.73546E+03	2.13E-18	6.630	0.150825	0.00000
15	515	2.00578E+03	4.83E-18	7.128	0.140294	0.00000
16	516	2.02247E+03	2.08E-18	7.157	0.139714	0.00000
17	517	2.11225E+03	7.18E-18	7.315	0.136712	0.00000
18	518	2.29288E+03	4.25E-19	7.621	0.131217	0.00000
19	519	2.35404E+03	2.87E-18	7.722	0.129501	0.00000
20	520	2.39659E+03	2.56E-18	7.791	0.128346	0.00000
21	521	3.24360E+03	1.45E-17	9.064	0.110323	0.00000
22	522	3.75987E+03	4.36E-18	9.759	0.102469	0.00000
23	523	4.11803E+03	0.00E+00	10.213	0.097912	0.00000
24	524	4.65041E+03	0.00E+00	10.853	0.092137	0.00000
25	525	4.82357E+03	0.00E+00	11.054	0.090468	0.00000

Modal masses - activated mass

No.	LC	frequency [Hertz]	effective modal Mass X[t] Y[t] Z[t]	factor X[%] Y[%] Z[%]	activated mass [%]*
1	501	1.568	1408 18	1 47.38 0.61 0.04	37.33033
2	502	2.137	12 1361	0 0.41 45.80 0.00	35.11177
3	503	2.788	1 4	0 0.04 0.12 0.00	16.64569
4	504	3.309	0 0 1461	0.00 0.00 49.15	15.41314
5	505	3.615	1 0 23	0.04 0.00 0.76	25.20665
6	506	3.650	0 0 1	0.00 0.00 0.04	12.85984
7	507	3.825	2 0 1421	0.06 0.00 47.80	29.75328
8	508	4.257	0 0 12	0.00 0.00 0.39	56.74001
9	509	4.525	38 1 0	1.29 0.02 0.00	4.05577
10	510	4.541	11 0 0	0.36 0.00 0.01	2.95211
11	511	4.670	70 1 0	2.36 0.03 0.00	9.30874
12	512	4.839	100 1 0	3.36 0.02 0.01	3.50529
13	513	5.154	4 0 32	0.13 0.00 1.09	15.40759
14	514	6.630	0 3 0	0.00 0.10 0.00	7.60167
15	515	7.128	0 0 0	0.01 0.00 0.00	2.40679
16	516	7.157	2 2 0	0.05 0.08 0.00	5.88067
17	517	7.315	0 0 0	0.00 0.00 0.00	3.27154
18	518	7.621	0 40 0	0.00 1.34 0.00	4.84945
19	519	7.722	12 124 0	0.39 4.17 0.00	7.20315
20	520	7.791	2 30 0	0.08 1.00 0.00	4.41010
21	521	9.064	2 110 0	0.08 3.70 0.00	8.17182
22	522	9.759	6 0 20	0.19 0.00 0.67	7.78217
23	523	10.213	1 27 0	0.04 0.91 0.00	3.00634
24	524	10.853	2 55 0	0.07 1.84 0.00	7.26057
25	525	11.054	0 7 0	0.00 0.24 0.00	9.69450



PREČNA SEIZMIČNA OBTEŽBA

Na vsaki podpori prekladne konstrukcije je po eno prečno nepomično ležišče. Tako v prečni smeri nihajo skupaj s prekladno konstrukcijo tudi vse štiri podpore.

V prečni smeri se lahko uporabi metoda z ekvivalentnim sistemom z eno prostostno stopnjo, če je konstrukcijski sistem približno simetričen glede na središče prekladne konstrukcije (ekscentričnost med središčem togosti in mas mora biti manjše od 5-tih % dolžine prekl. kons.). V konkretnem primeru znaša ta ekscentriciteta 1.6 %, kar pomeni, da se lahko tudi v prečni smeri upošteva sistem z eno prostostno stopnjo.

Ker je izpolnjen eden od spodnjih dveh pogojev, se lahko uporabi model s togo prekladno konstrukcijo.

$$L / B = 35.5 / (0.5 \cdot 10.3) = 6.9 < 4.0$$

$$\frac{\Delta d}{d_a} = \frac{(37.1 - 32.4)}{(33.9 + 37.1 + 36.6 + 32.4) / 4} = \frac{4.7}{35.0} = 0.13 < 0.2 \Rightarrow \text{model s togo prekladno kons.}$$

Δd ... max. razlika pomikov vrhov stebrov pri prečni obt.

d_a ... povprečni premiki vrhov stebrov

Diskretni dinamični model

koncentrirane mase po vozliščih

$$m_1 = 10400 \cdot \frac{0.75 + 0.5 \cdot 10.5}{35.5} + 25 \cdot (1.7 \cdot 3.5 \cdot 10.3 + 2 \cdot 0.6 \cdot 3.5 \cdot 5.0) = 1750 + 1500 + 2 \cdot 250 = 3750 \text{ kN}$$

$$m_2 = 10400 \cdot \frac{0.5 \cdot 10.5 + 0.5 \cdot 13.0}{35.5} + 25 \cdot (0.75 \cdot 3.5 \cdot 9.0) = 3450 + 600 = 4050 \text{ kN}$$

$$m_3 = 10400 \cdot \frac{0.5 \cdot 10.5 + 0.5 \cdot 13.0}{35.5} + 25 \cdot (0.75 \cdot 3.5 \cdot 9.0) = 3450 + 600 = 4050 \text{ kN}$$

$$m_4 = 10400 \cdot \frac{0.75 + 0.5 \cdot 10.5}{35.5} + 25 \cdot (1.6 \cdot 3.5 \cdot 10.3 + 2 \cdot 0.6 \cdot 2.5 \cdot 2.5) = 1750 + 2 \cdot 100 = 1950 \text{ kN}$$

$$\Sigma m = 13800 \text{ kN}$$

$$m_1 = \frac{G}{g} = \frac{13800 \cdot 10^3}{9.81} = 1407000 \text{ kg}$$

$$u = \frac{5.58}{4} \times \frac{1}{4 \times 100} \times 10^{-3} = 0.35 \times 10^{-5} \text{ m} \dots \text{za } F = 10 \text{ kN}$$

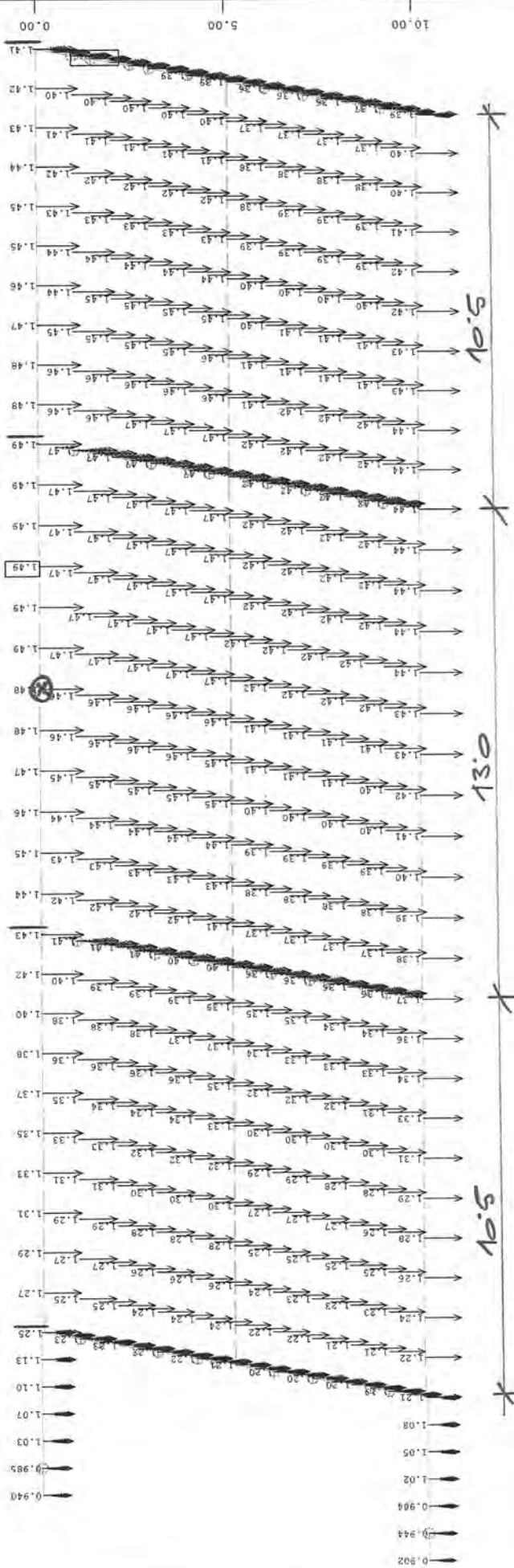
$$F = 10 \text{ kN}$$

$q = 14$

$q = 14$

$q = 18$

$q = 18$



$$m_4 = 125 \times 170 + 143.65 - 149.65 - 141 \times 170 = -3.11 \quad \Sigma U = 5.58$$

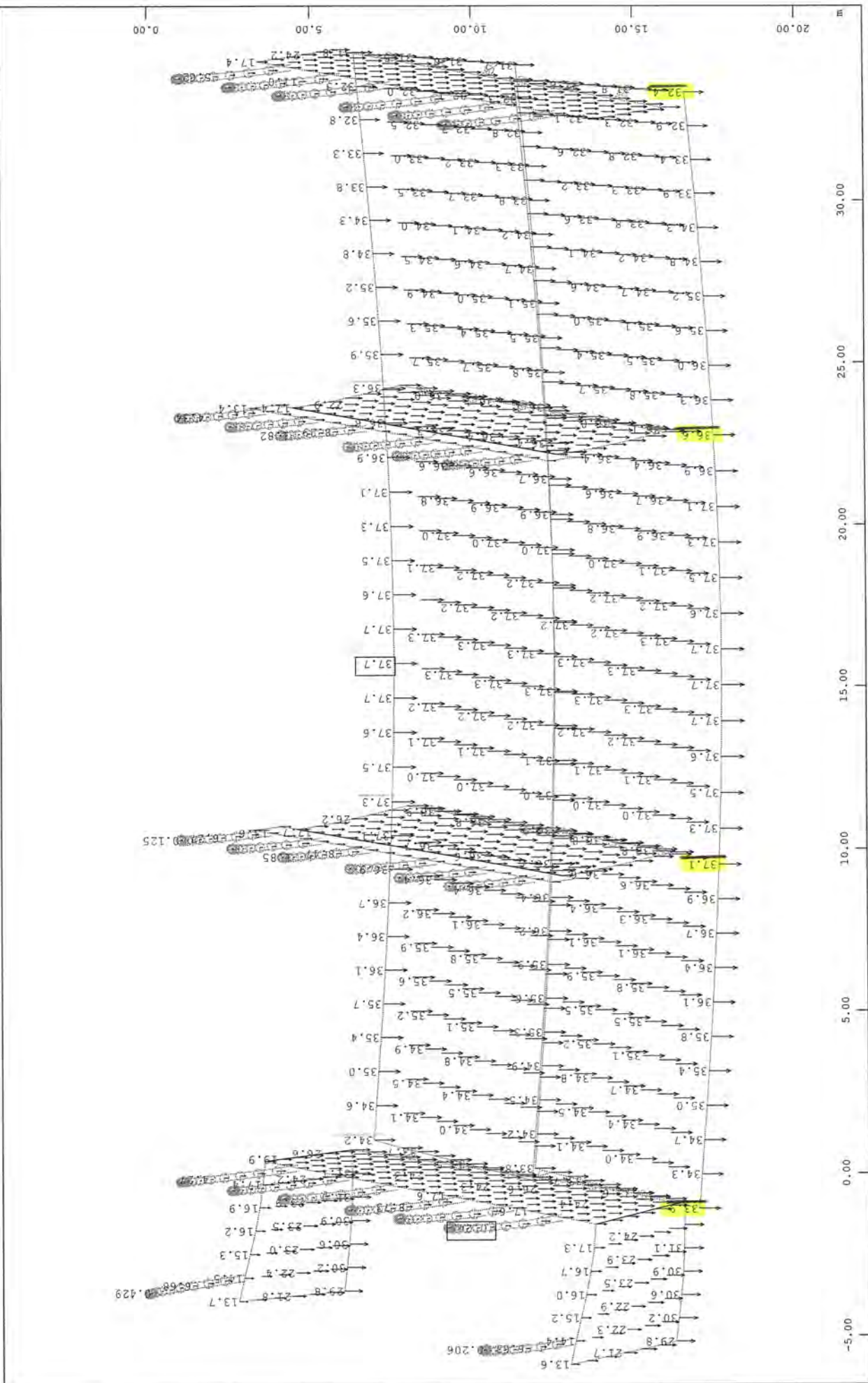
$$e_0 = \frac{3.11}{5.58} = 0.56 \text{ m} < 5\% L_0 = 0.05 \times 340 = 1.7 \text{ m} \Rightarrow \text{model z eno prast. stopnje}$$

M 1 : 161

(Min=-0.0530) (Max=1.49)

Nodal displacement in global Y, Loadcase 3 HOR. TOGOST PRE. , 1 cm 3D = 2.05 mm

x y

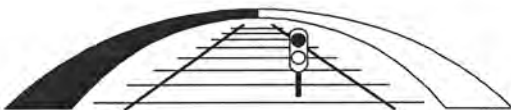


Deformed Structure from LC 3 HOR. TOGOST PRE. Enlarged by 200.0
Nodal displacement in global Y, Loadcase 3 HOR. TOGOST PRE. , 1 cm 3D = 86.6 mm

Min=-0.245 (Max=37.7)

M 1 : 163

DEFOR. KONS. POD CT V PREČNI SMERI



togost konstrukcije

$$k = \frac{1}{d} = \frac{1}{0.35 \cdot 10^{-5}} = 286000 \text{ kN / m}$$

nihajni čas konstrukcije

$$T = 2 \Pi \sqrt{\frac{m}{k}} = 2 \Pi \sqrt{\frac{1407000}{286000 \cdot 10^3}} = 0.44 \text{ s / obr}$$

parametri seizmičnosti območja

KATEGORIJA TAL C $\Rightarrow T_B = 0.20 \text{ s} < T = 0.44 \text{ s} < T_D = 0.6 \text{ s} / S = 1.15$
SEIZMIČNA CONA $\Rightarrow a_g = 0.25 \text{ g}$

elastični spekter odziva $\rightarrow$ z uvedbo faktorja obnašanja $\Rightarrow$ projektni spekter

$$R_{T,C} = a_g \cdot S \cdot \frac{2.5}{q} = 0.25 \cdot 9.81 \cdot 1.15 \cdot \frac{2.5}{2.1} = 3.36 \text{ m / s}^2$$

seizmična obtežba

$$F_{s,pk} = m R_T$$

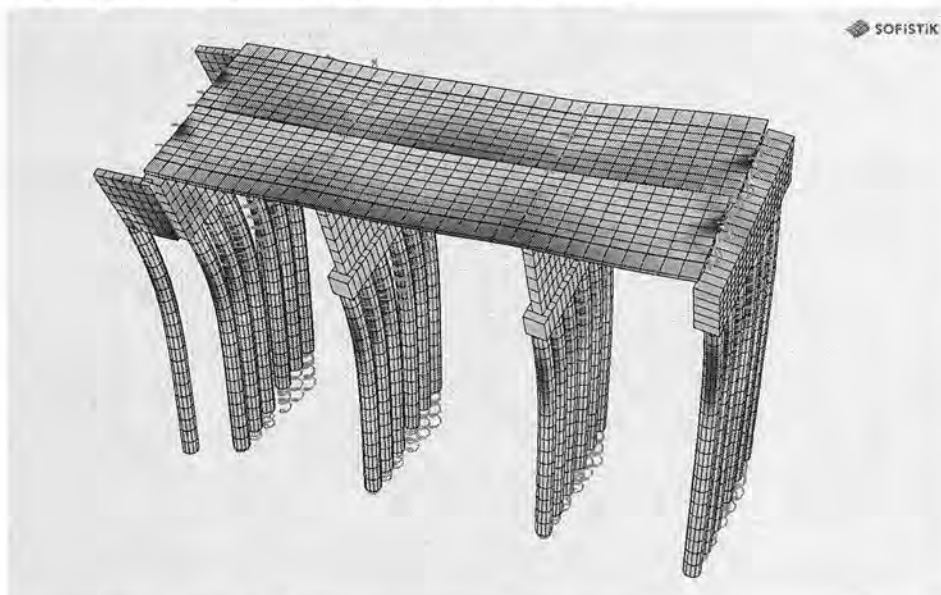
$$F_{s,pr,1} = 3750 \cdot 0.336 = 1260 \text{ kN} \dots \text{ deluje na podporo 1}$$

$$F_{s,pr,2} = 4050 \cdot 0.336 = 1360 \text{ kN} \dots \text{ deluje na podporo 2}$$

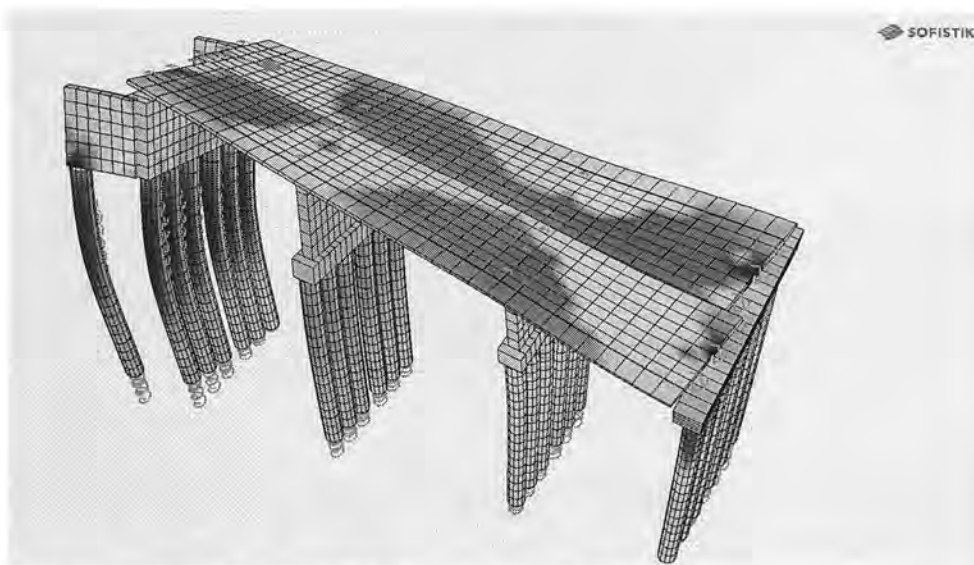
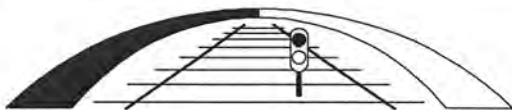
$$F_{s,pr,3} = 4050 \cdot 0.336 = 1360 \text{ kN} \dots \text{ deluje na podporo 3}$$

$$F_{s,pr,4} = 1950 \cdot 0.336 = 660 \text{ kN} \dots \text{ deluje na podporo 4}$$

Iz programa Sofistik sledi za prečno smer:



2. nihajna oblika – 1. v prečni smeri $T = 0.47 \text{ s}$



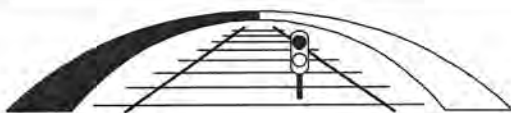
3. nihajna oblika – 2. v prečni smeri $T = 0.36$ s

Nihajni čas 1. nihajne oblike po Sofistiku znaša: $T = 0.47$ s, kar daje enako prečno seizmično obtežbo, kot je bila že izračunana zgoraj.

Ker je konstrukcija zelo toga v prečni smeri, je lahko smiselno tudi upoštevati samo delno duktilno obnašanje konstrukcije s faktorjem obnašanja q 0 1.5 (Po EC 8-2, čl. 6.7.3(4), V tem primeru je projektna seizmična obtežba povečana v skladu z razmerjem med upoštevanimi faktorjema obnašanja konstrukcije:

$$k = \frac{2.1}{1.5} = 1.4$$

Podobno velja tudi za vzdolžno smer. Ker je prekladna konstrukcija toga povezana z masivnim opornikom v osi podpore 1, je faktor obnašanja konstrukcije tudi v tej smeri 1.5, kar je v analizi tudi upoštevano.



VERTIKALNA SMER

masa prekladne konstrukcije

$$m = \frac{10400}{35.5} \cdot \frac{10^3}{9.81} = 29900 \text{ kg / m'}$$

nihajni čas konstrukcije

(glej izpisek iz programa Sofistik)

$T = 0.30 ; 0.21 ; 0.19 \text{ s / obr. ... nihajni casi nihanja kons. v ver. smeri}$

seizmični parametri temeljnih tal za vertikalno smer

KATEGORIJA TAL C $\Rightarrow T_B = 0.15 \text{ s} < T = 0.19; 0.21; 0.30 \text{ s} < T_C = 1.0 \text{ s}, S = 1.0$
SEIZMIČNA CONA $\Rightarrow a_g = 0.25 \text{ g}$

projektni spekter odziva temeljnih tal za vertikalno smer (EC8-1, 3.2.2.5)

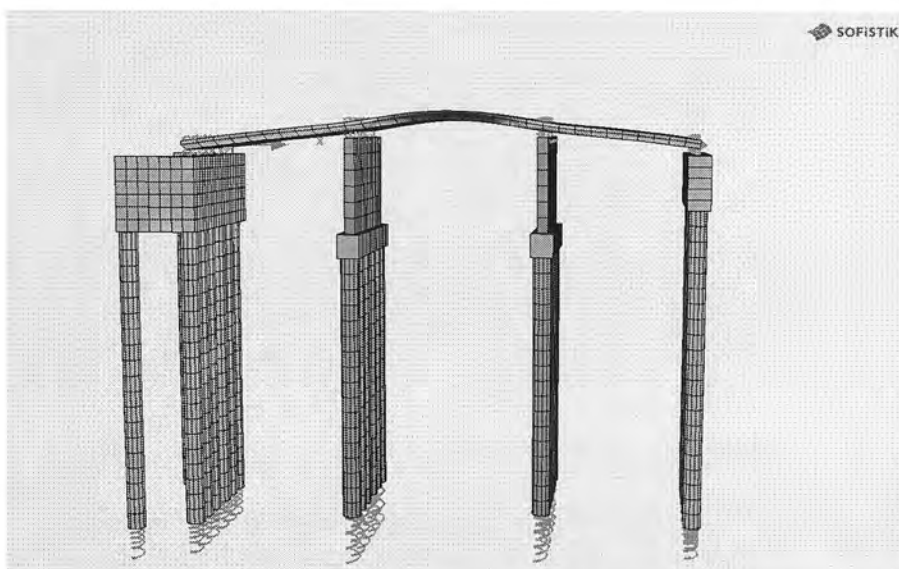
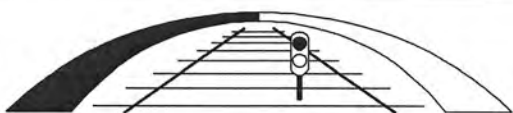
$q = 1.5 \text{ ... faktor obnašanja konstrukcije v vertikalni smeri mora biti } \leq 1.0$

$$R_T = a_{vg} \cdot \frac{1}{q_v} \cdot S \cdot 2.5 = (0.9 \cdot 0.25 \cdot 9.81) \times \frac{2.5}{1.0} \times 1.0 = 5.52 \text{ m / s}^2$$

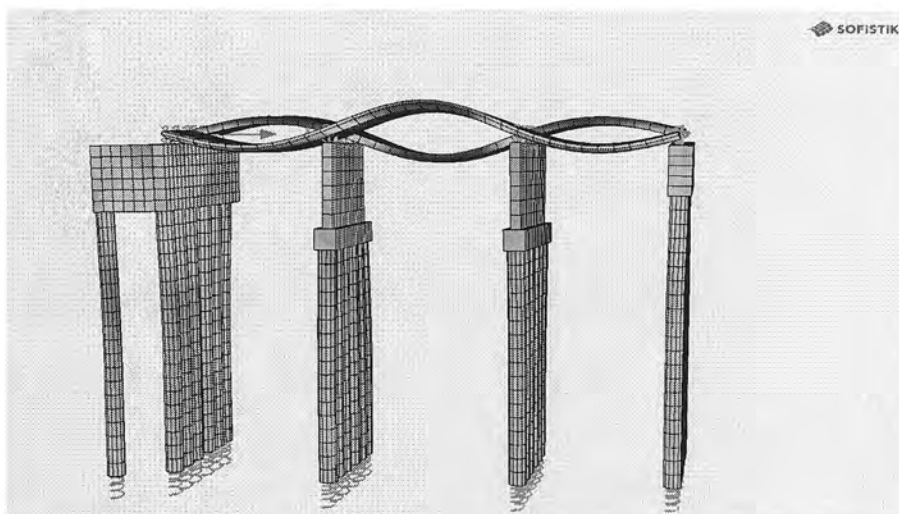
$$R_T = \frac{5.52}{9.81} \cdot g = 0.56 \cdot g \text{ ... proj. spekter v vert. smeri}$$

seizmična sila

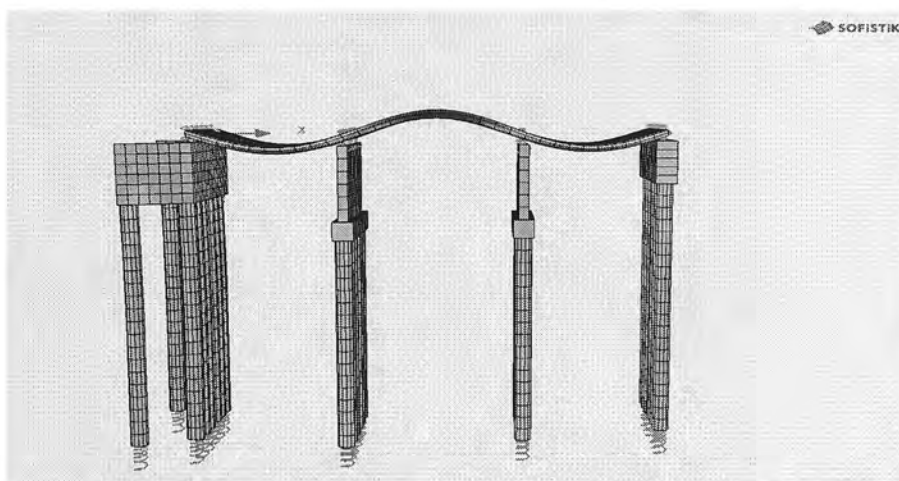
$$F_s = m \times R_T = 29900 \times 10^{-3} \times 5.52 = 165 \text{ kN/m' ... (55 \% vertikalne obt.)}$$



4. nihajna oblika – 1. v vertikalni smeri (če se upošteva istočasno vertikalno nihanje podpor)

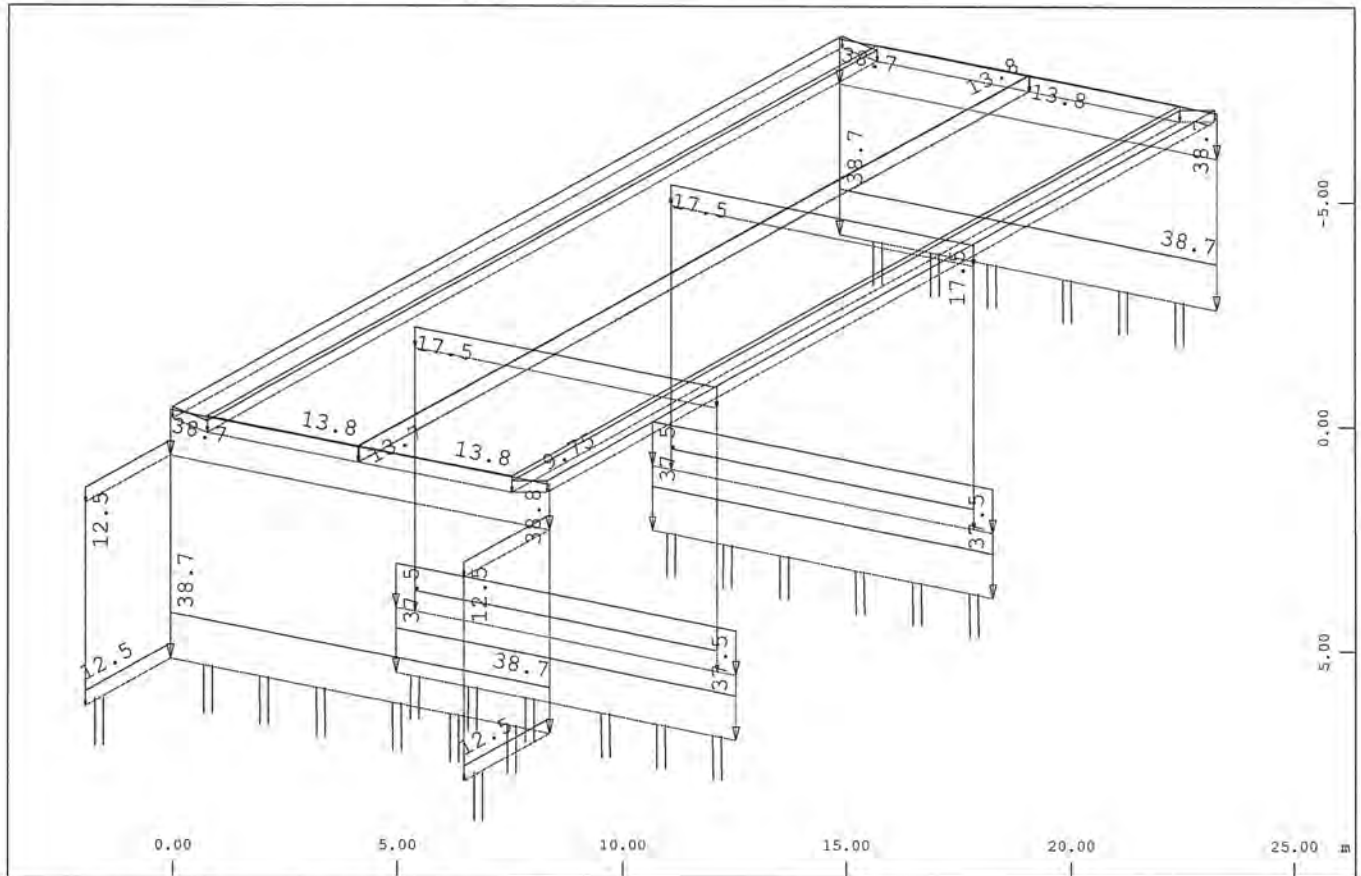


11. nihajna oblika – 1. v vertikalni smeri (brez istočasnega vertikalnega nihanja podpor)



13. nihajna oblika – 2. v vertikalni smeri (brez istočasnega vertikalnega nihanja podpor)

SCHEME OBTEŽB



Sector of system Quadrilateral Elements

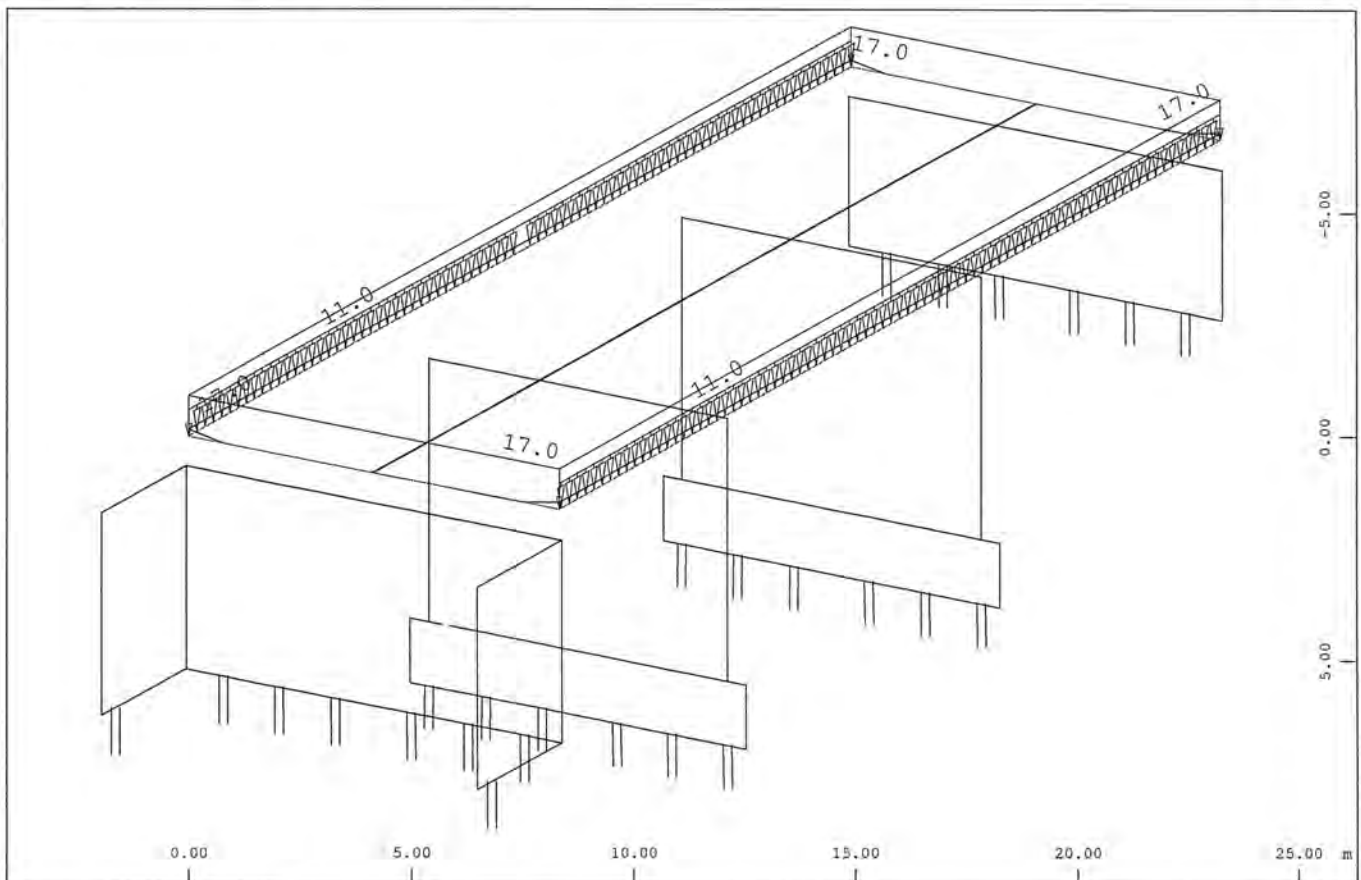
All loads, Loadcase 1 LASTNA TEZA, (1 cm 3D = unit) QUAD-Area dead load in global Z in
Element (Unit=61.6 kN/m² (Max=38.8)

M 1 : 168

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements

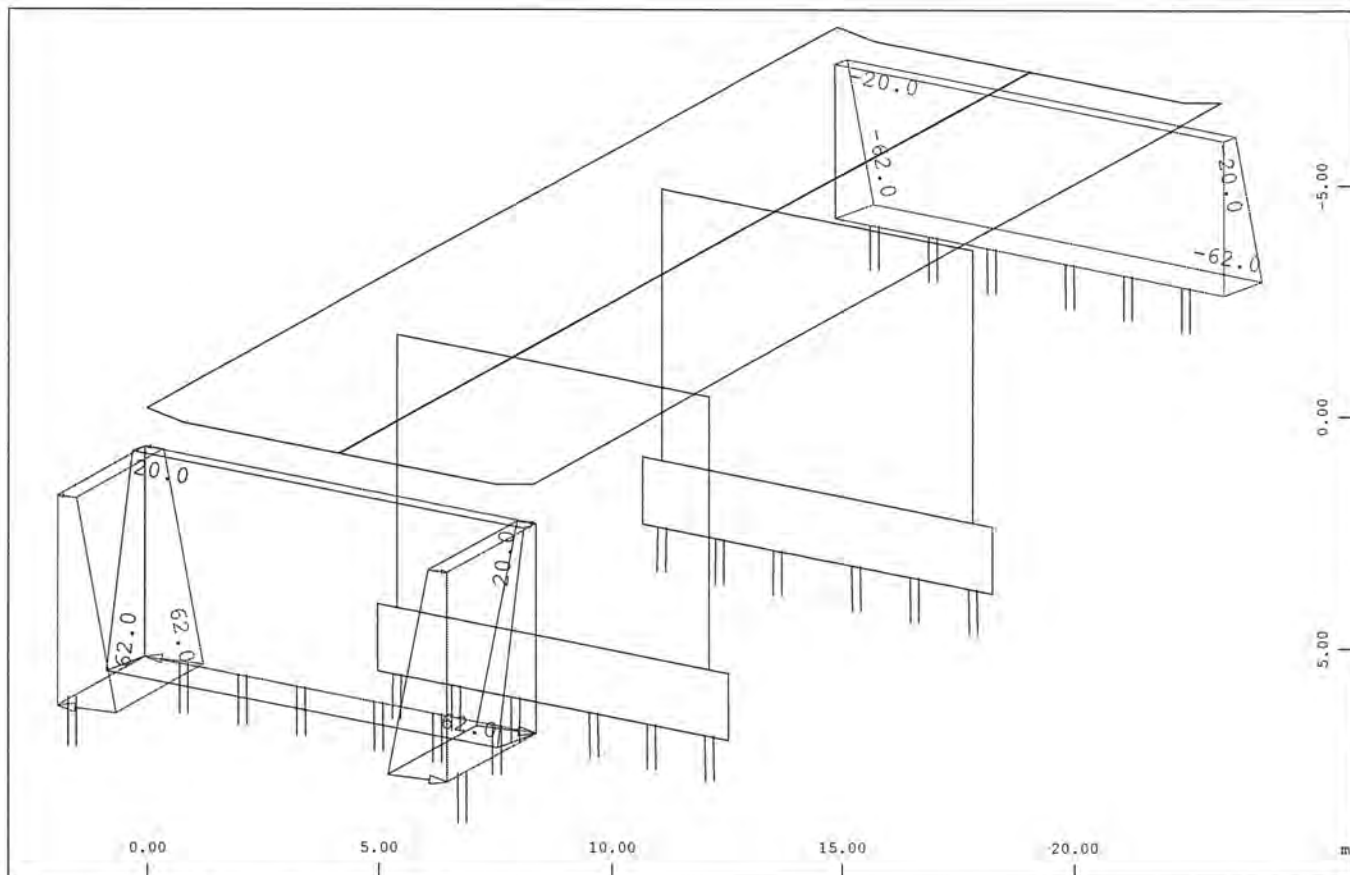
All loads, Loadcase 2 STALNA KOR., (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global Z
(Unit=30.8 kN/m, Max=11.0 , Free area load (force) in global Z (Unit=30.8

M 1 : 170

X * 0.502

Y * 0.906

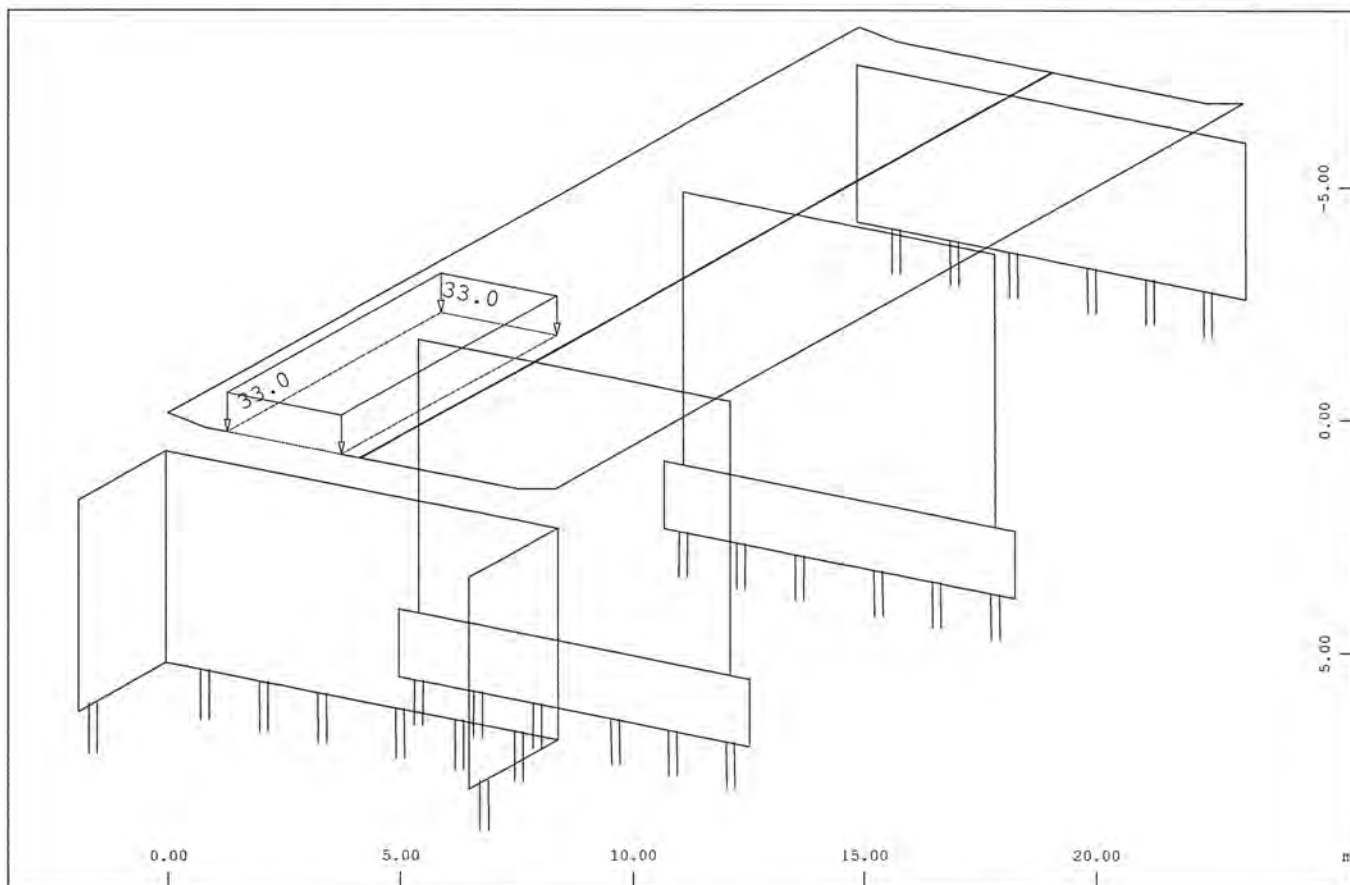
Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 3 MIR.ZEM.PRITISK , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in local z (Unit=71.5 kN/m2, Min=-62.0 Max=62.0), Free area load (force) in global Y (Unit=71.5

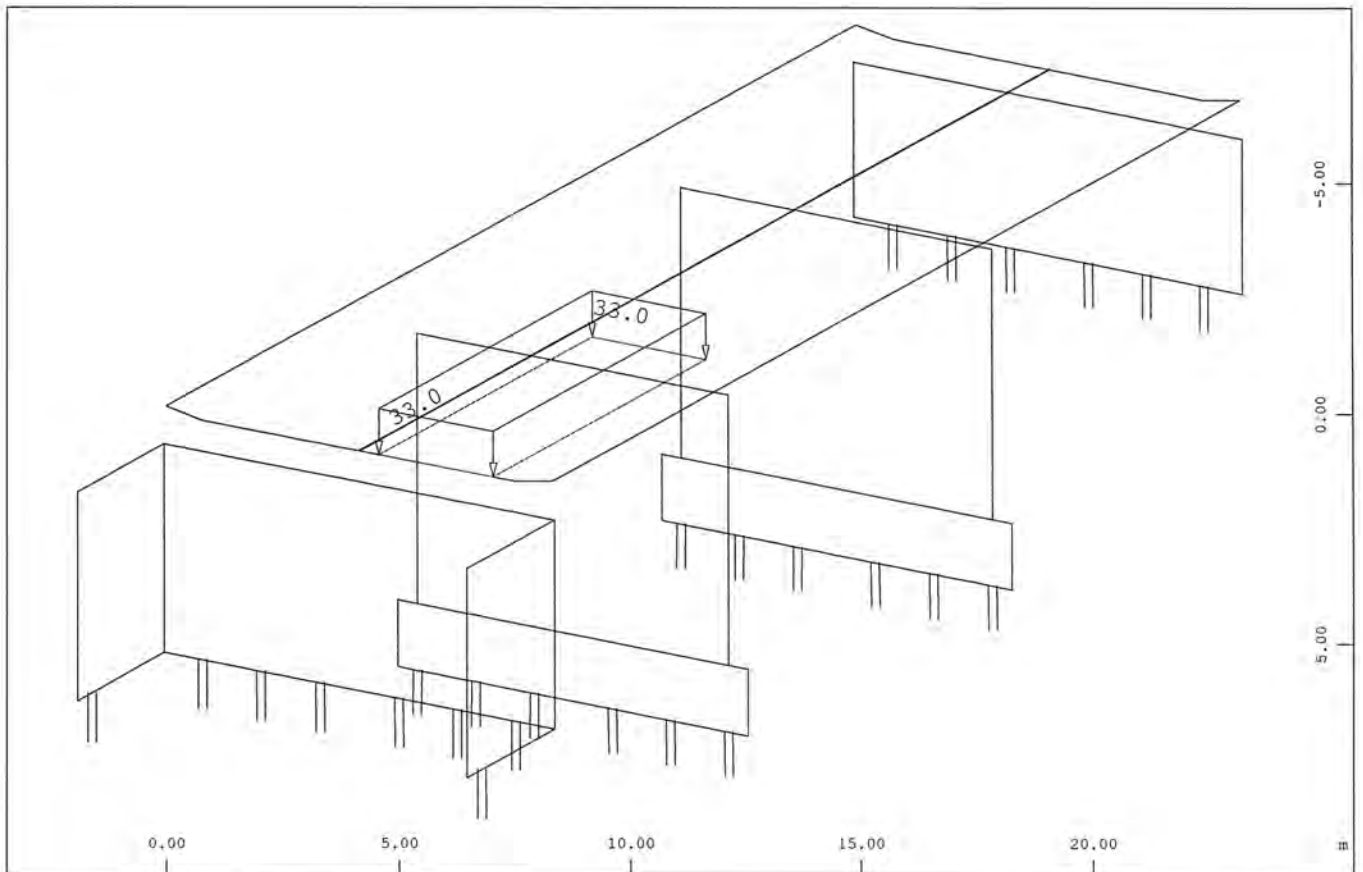
M 1 : 163
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 4 LM71-80-lp-L , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z (Unit=61.6 kN/m2 ∇ (Max=33.0)

M 1 : 163
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

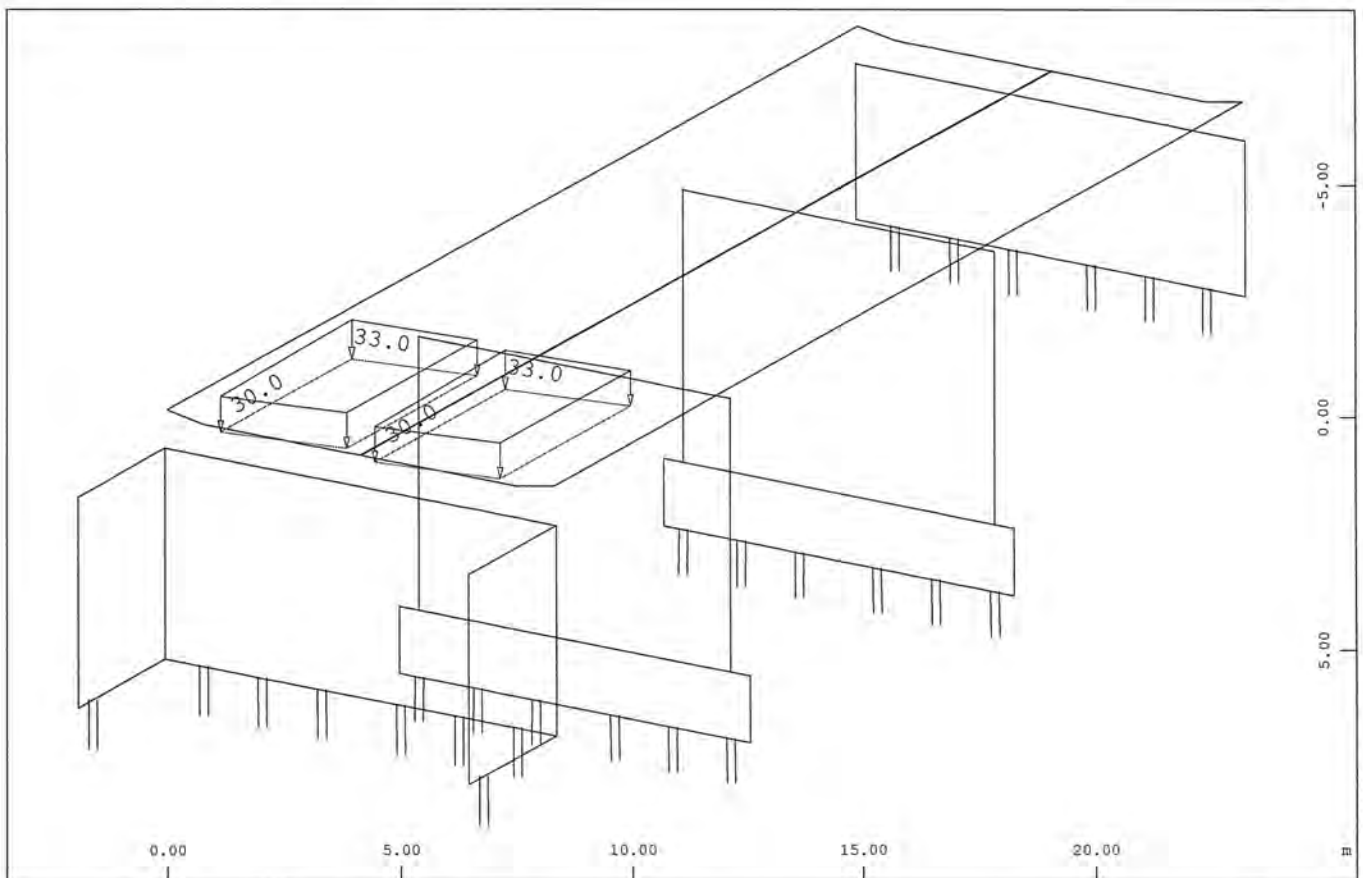


Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 7 LM71-80-1p-D , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z
(Unit=52.0 kN/m2  (Max=33.0))

M 1 : 163

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

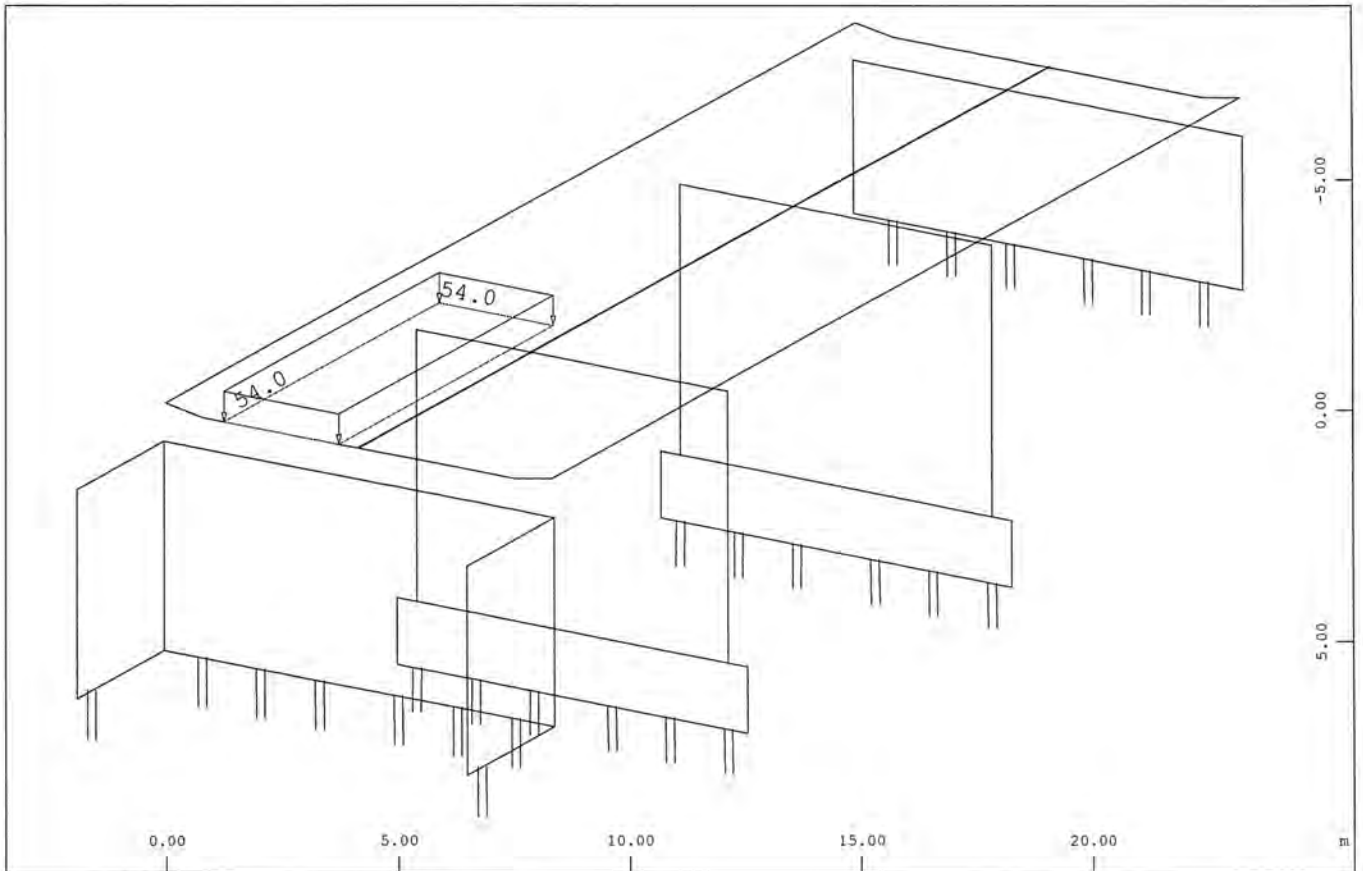


Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 10 LM71-250-1-L , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z
(Unit=61.6 kN/m2  (Max=33.0))

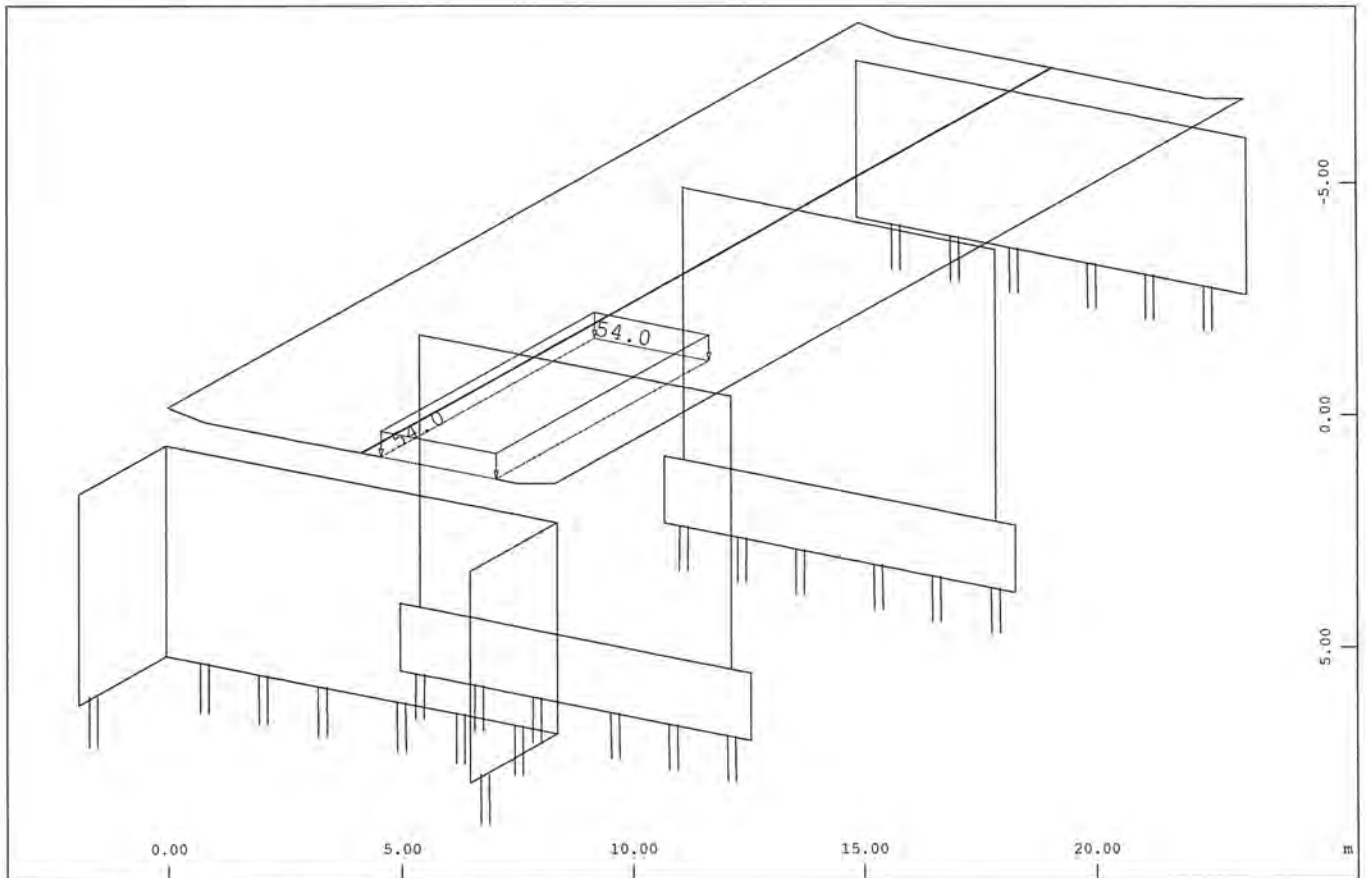
M 1 : 163

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



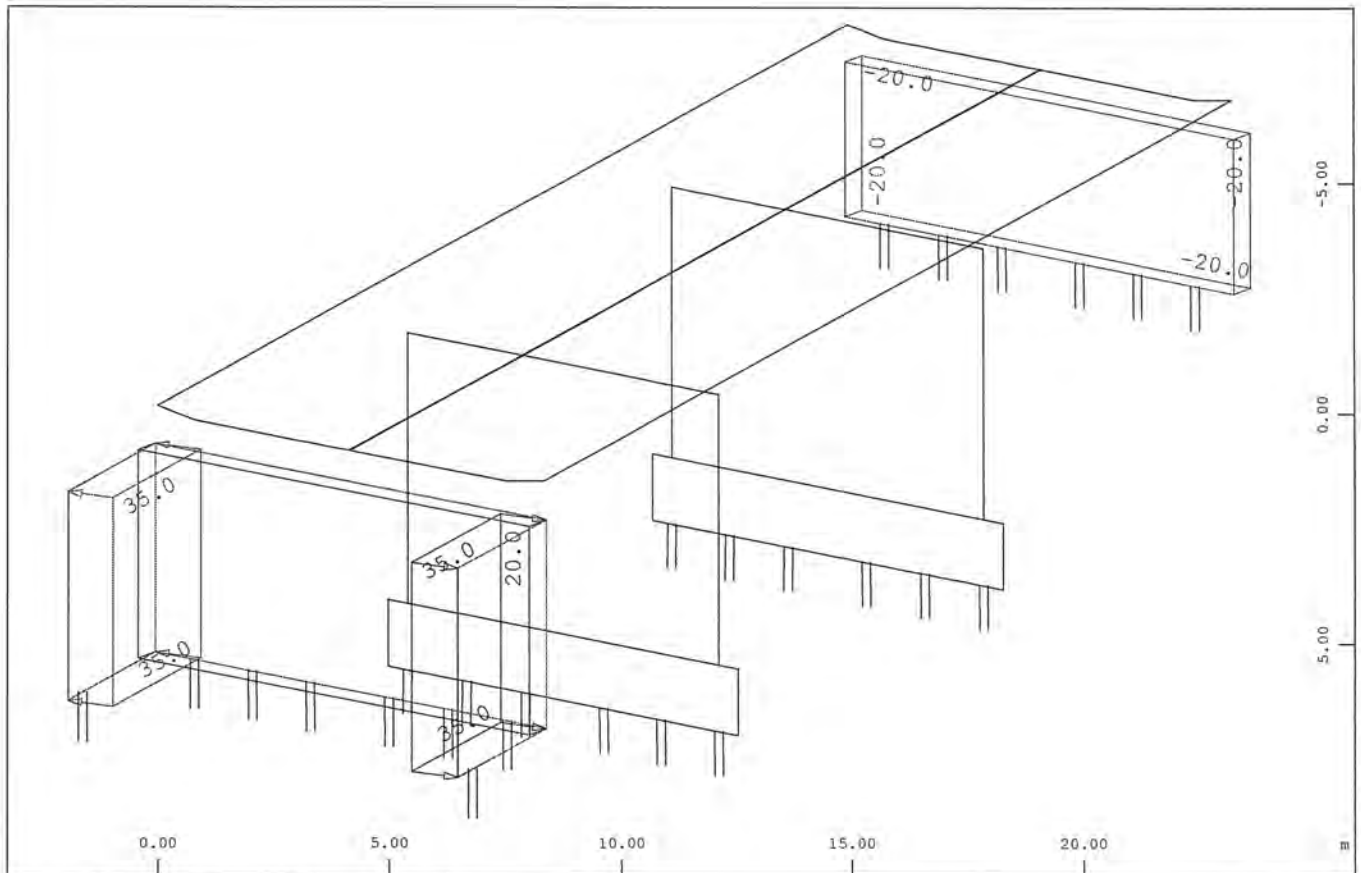
Sector of system Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 39 SW2-1p-L , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z
 (Unit=130.1 kN/m2 $\rightarrow$) (Max=54.0)

M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 42 SW2-1p-D , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z
 (Unit=153.9 kN/m2 $\rightarrow$) (Max=54.0)

M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



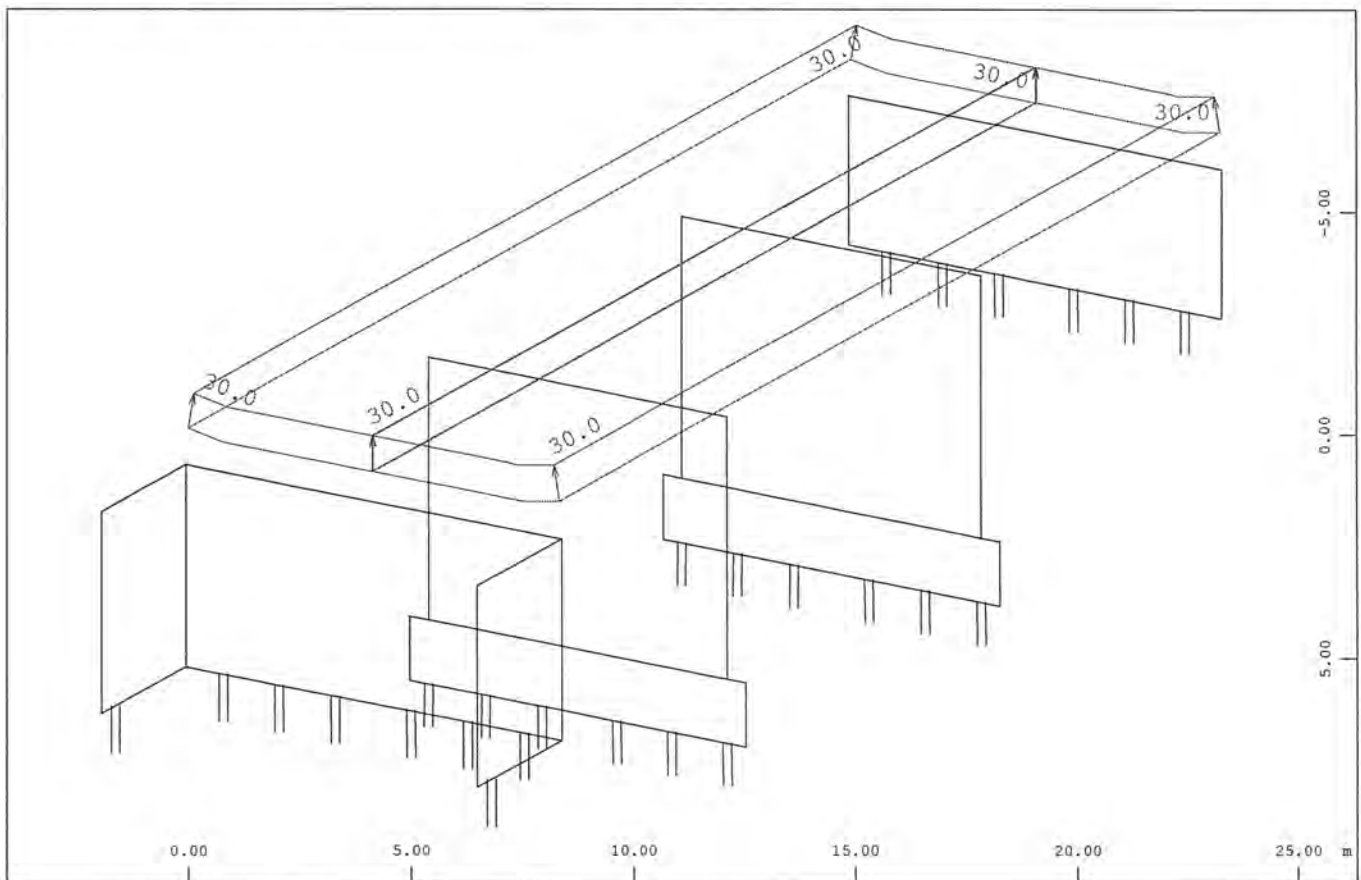
X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 45 HOR.PR.PROM. , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in local z
(Unit=52.0 kN/m2, Min=-20.0 Max=20.0), Free area load (force) in global Y (Unit=52.0

M 1 : 163

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



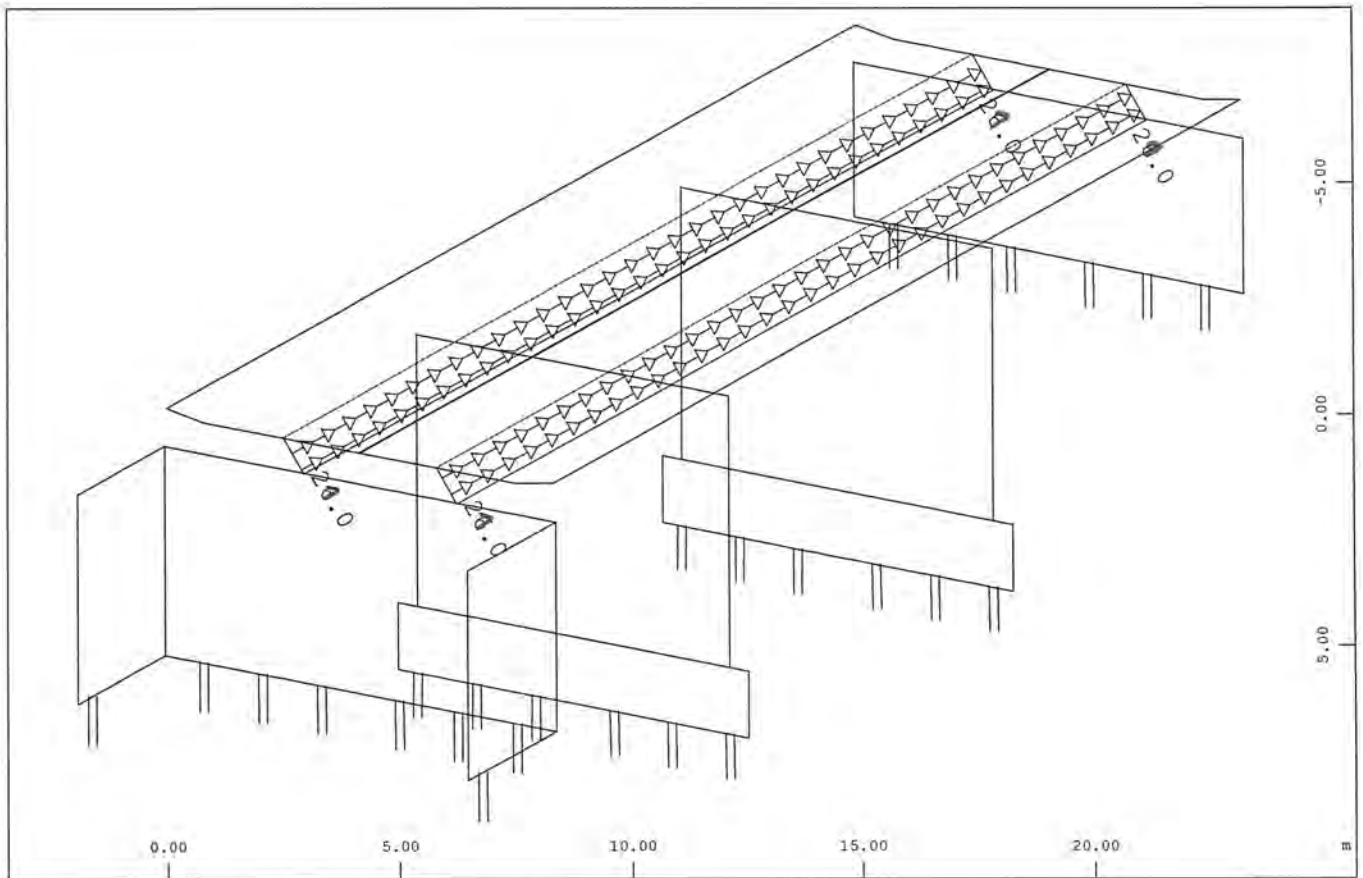
X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 46 KRC.BET.-30 , (1 cm 3D = unit) Area element load (uniform
temperature change) (Unit=61.6 °C) (Min=-30.0) (Max=-30.0)

M 1 : 170

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

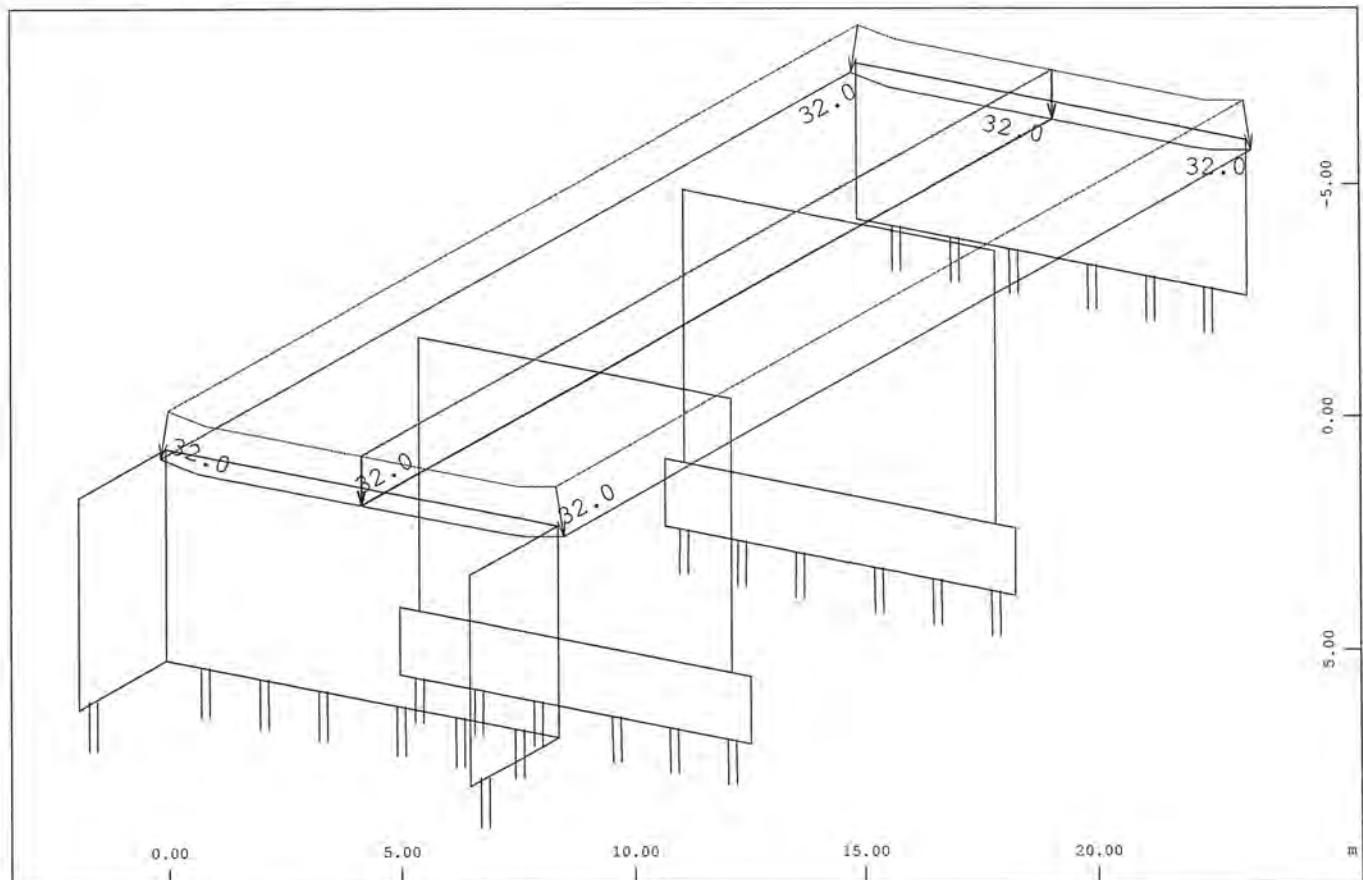


Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 47 ZAV.SILA + , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in global X
(Unit=47.2 kN/m  (Max=26.0)

M 1 : 163

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

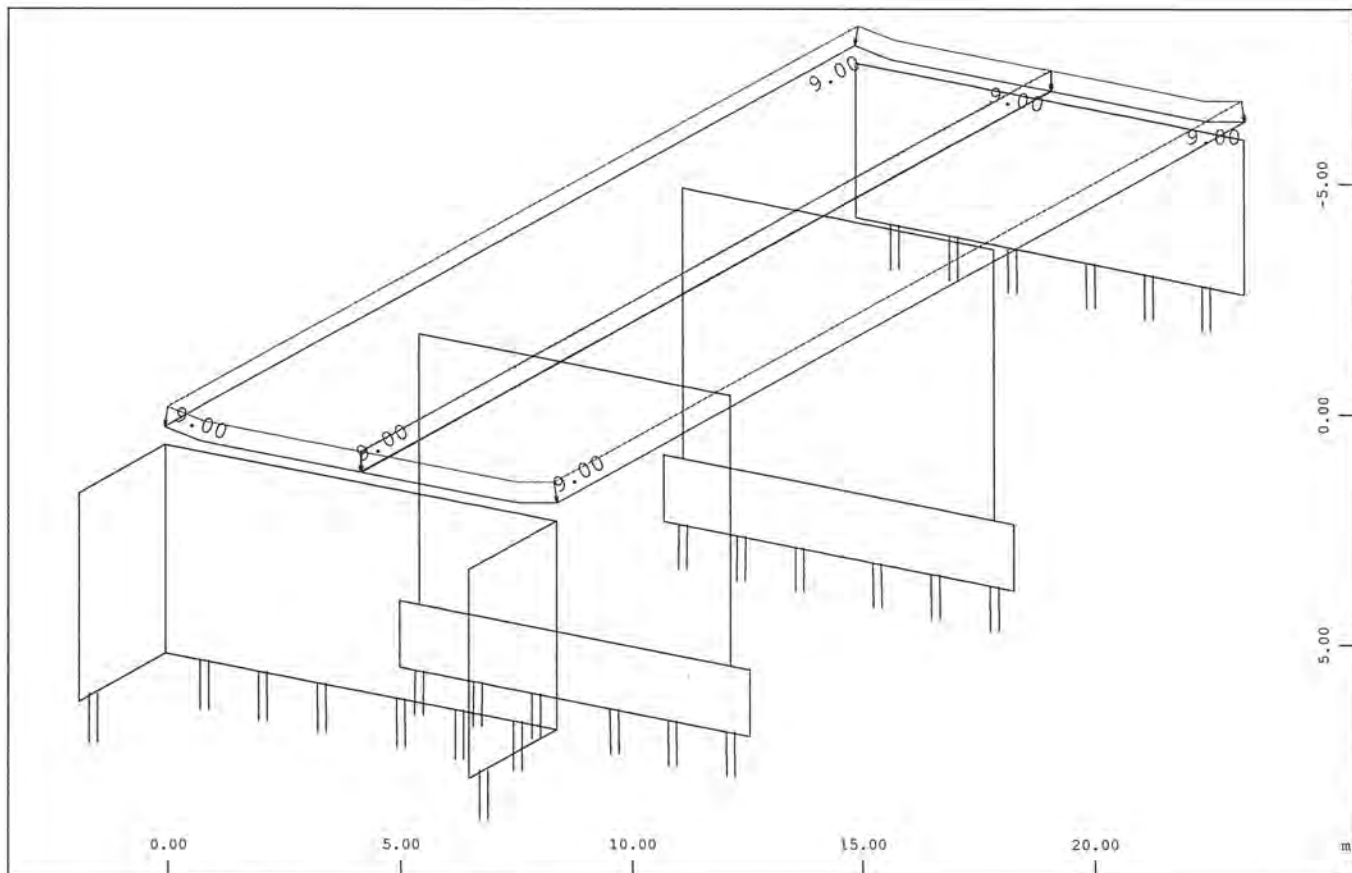


Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 48 ENAK.TEMP.+32 , (1 cm 3D = unit) Area element load (uniform temperature change) (Unit=47.2 °C  (Max=32.0)

M 1 : 163

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

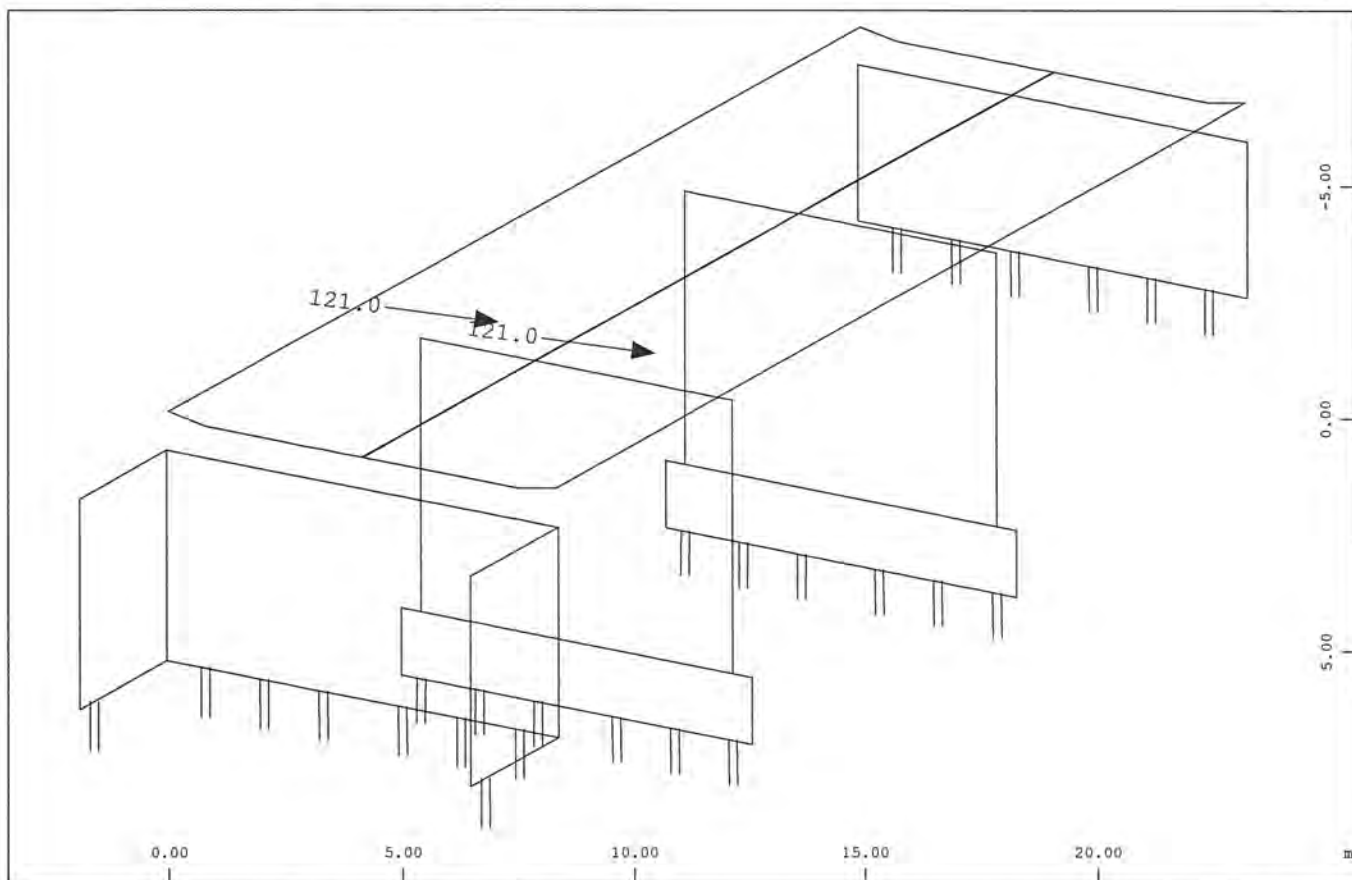
All loads, Loadcase 49 DIF.TEMP ZG.+9 , (1 cm 3D = unit) Area element load (temperature increase) (Unit=31.6 °C $\rightarrow$) (Max=9.00)

M 1 : 163

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

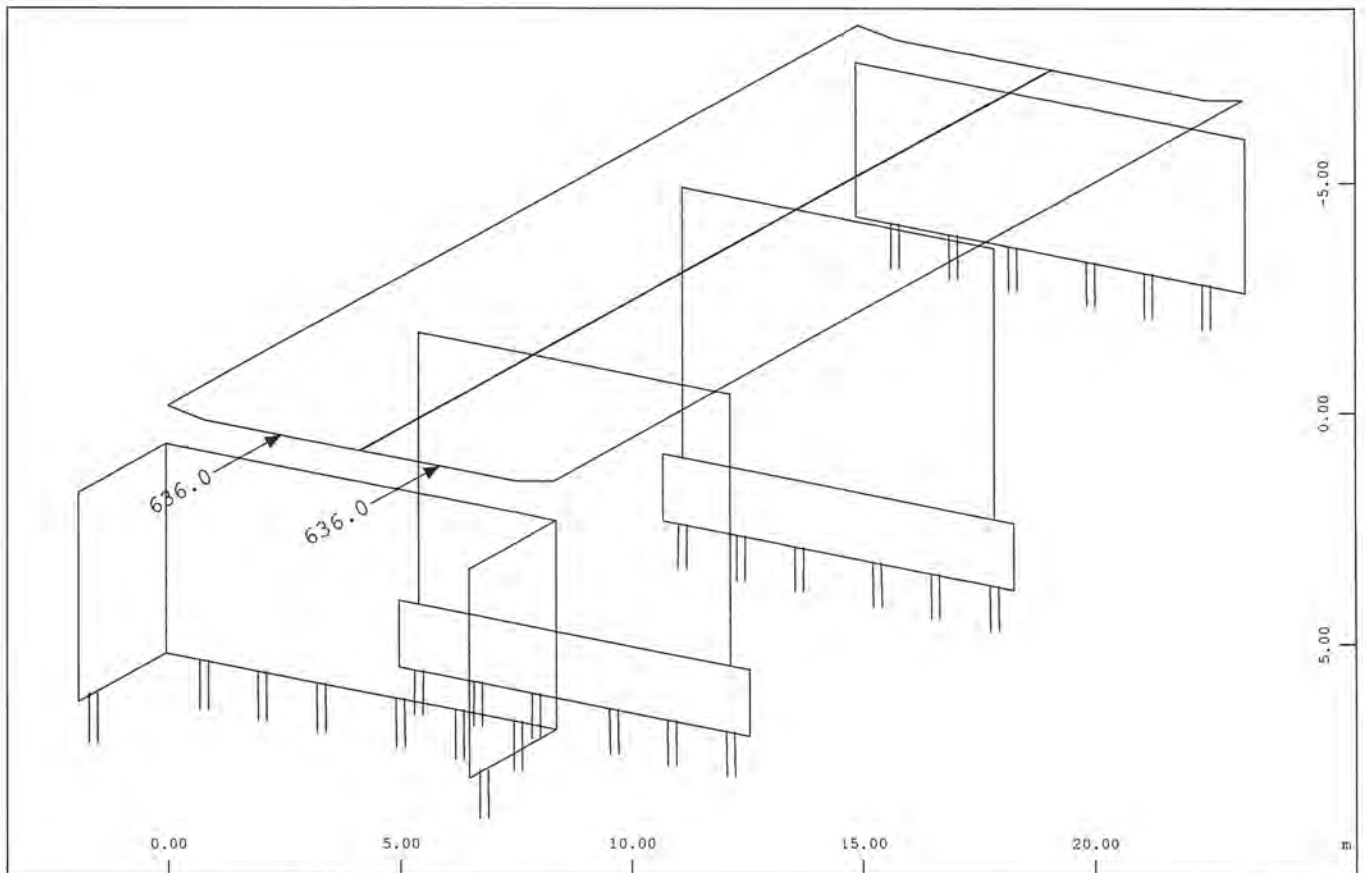
All loads, Loadcase 51 BOC.SUNEK 2 , (1 cm 3D = unit) Free single load (force) in global Y (Unit=72.7 kN $\rightarrow$) (Max=121.0)

M 1 : 163

X * 0.502

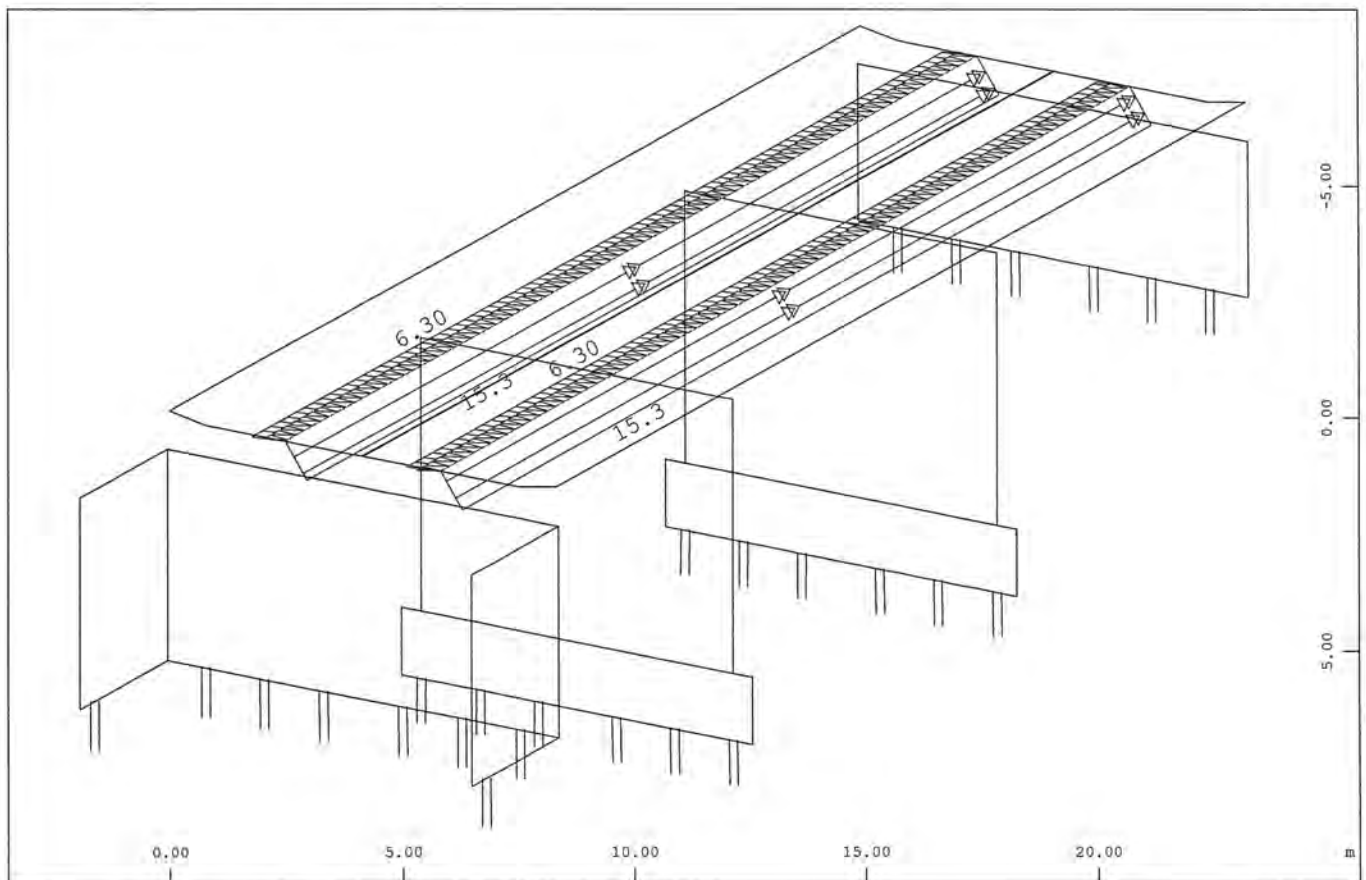
Y * 0.906

Z * 0.962



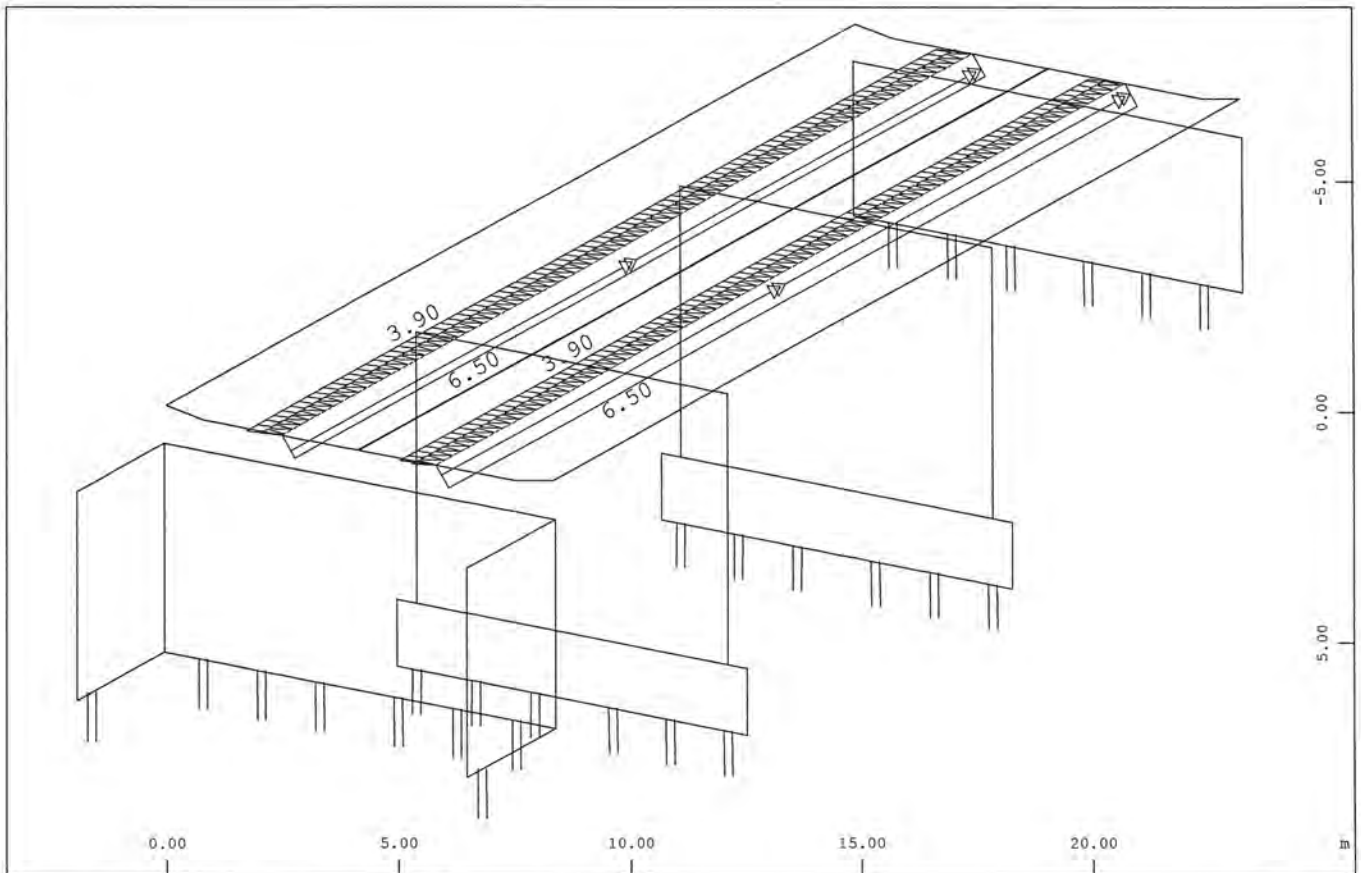
Sector of system Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 54 NZT , (1 cm 3D = unit) Free single load (force) in global X
 (Unit=312.5 kN $\blacktriangleright$) (Max=636.0)

M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



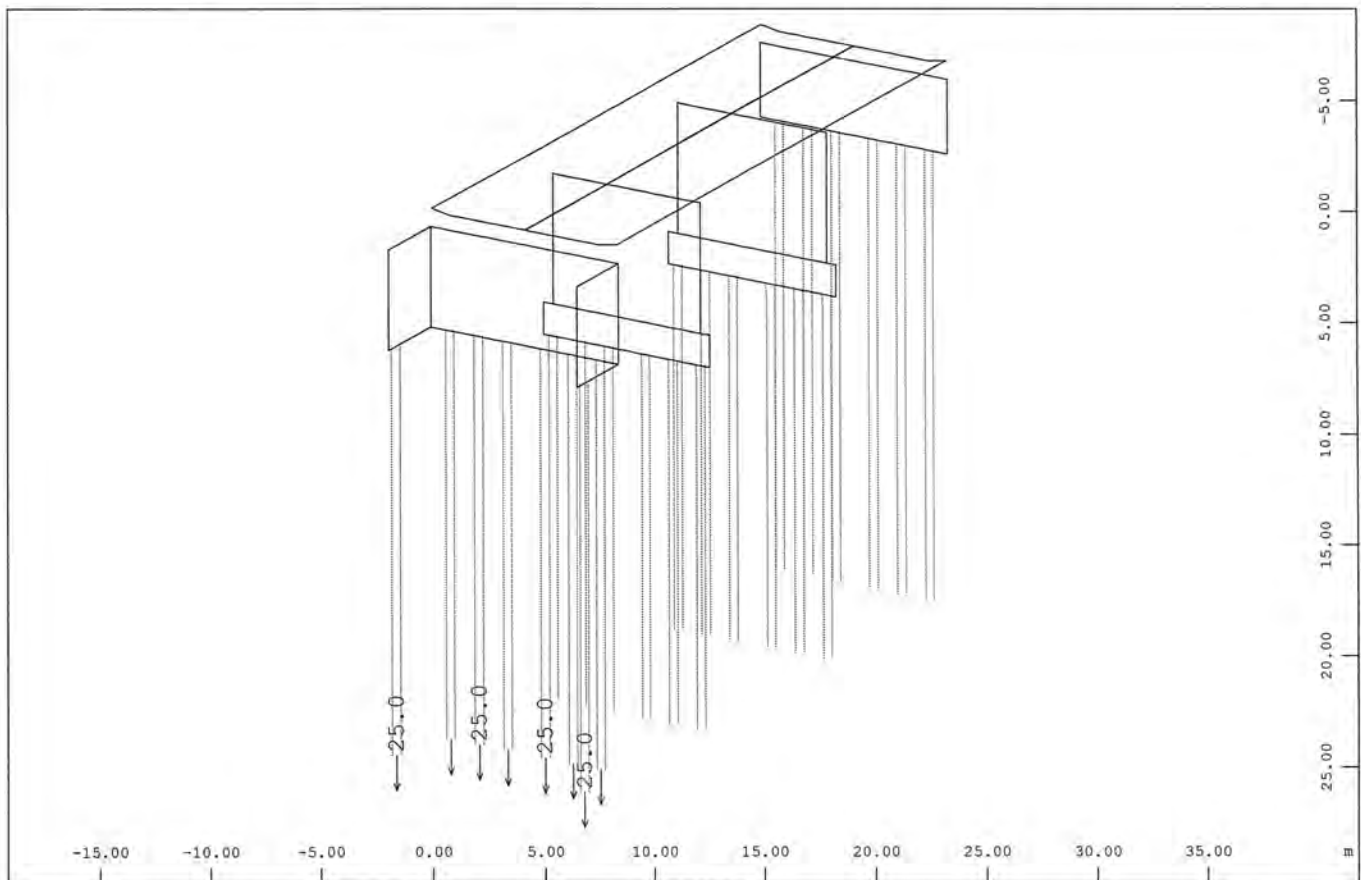
Sector of system Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 55 VETER-OBT.MOST , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in
 global Y (Unit=13.0 kN/m, Max=6.30 $\blacktriangleright$), Free line load (moment) about global X (Unit=26.0

M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



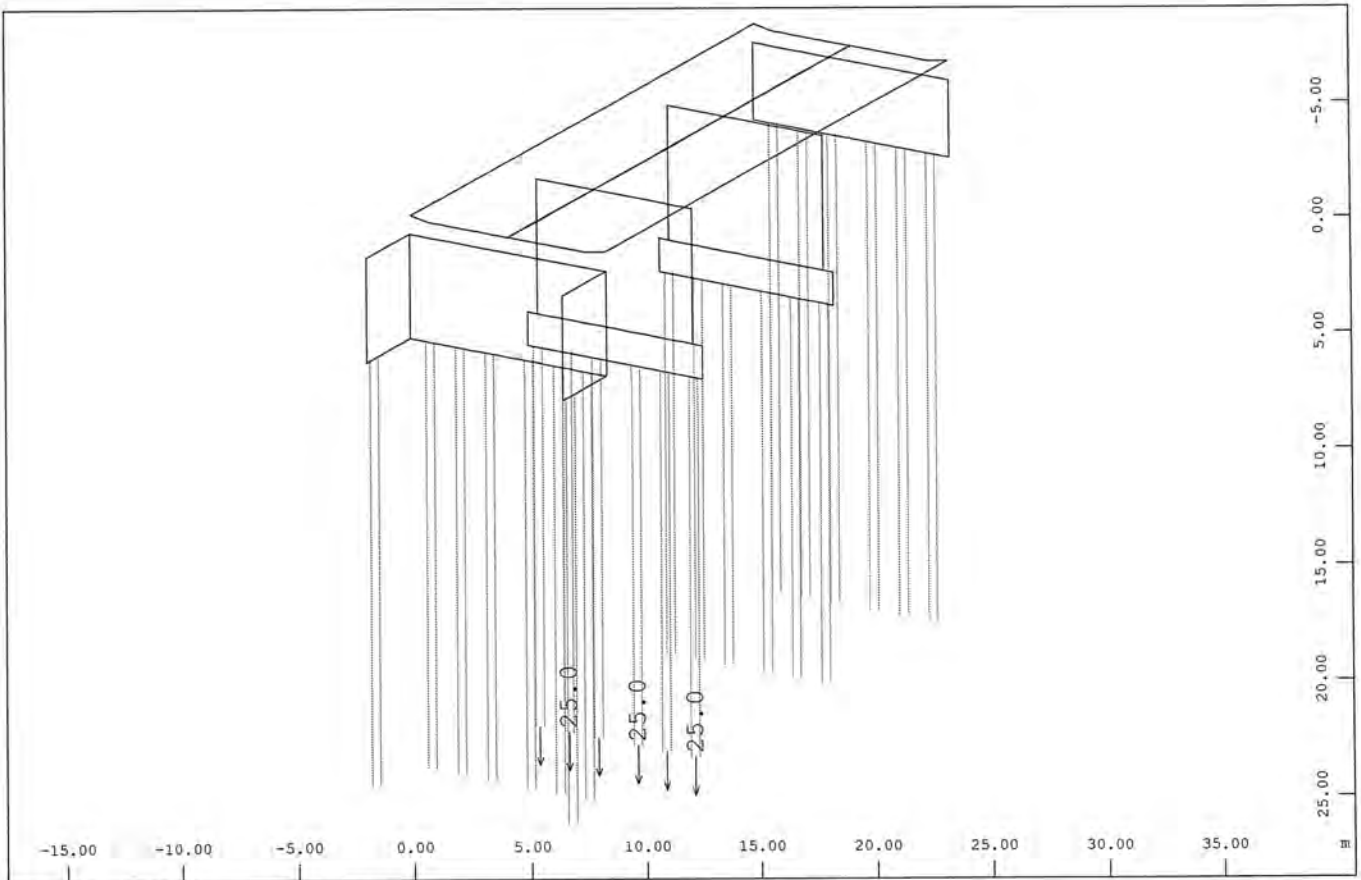
Sector of system Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 56 VETER-NEOBT.MOST , (1 cm 3D = unit) Free line load (force) in
 global Y (Unit=7.47 kN/m, Max=3.90 $\Rightarrow$), Free line load (moment) about global X (Unit=18.7

M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



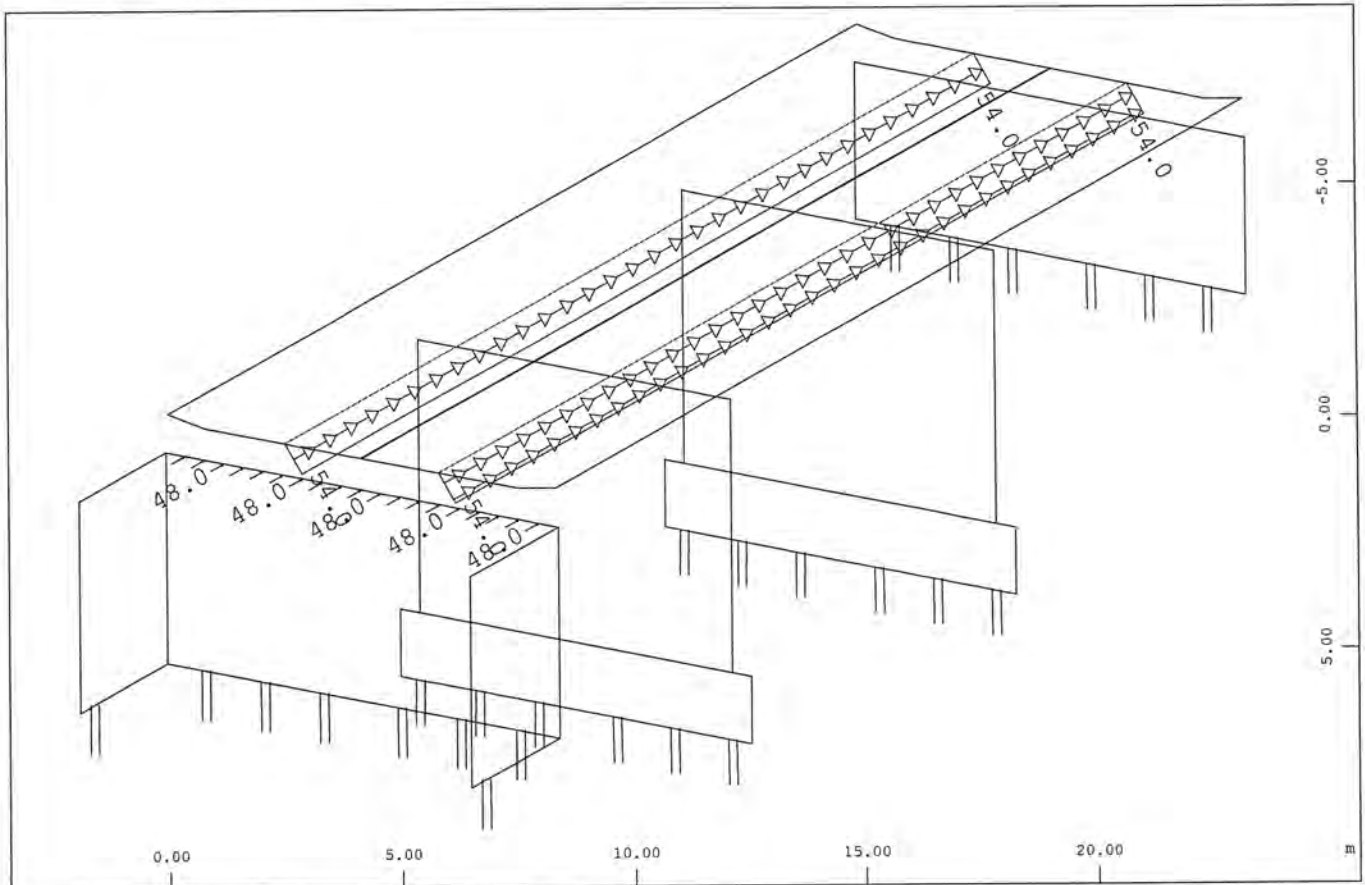
Sector of system Beam Elements, Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 57 POSED.POD.1 , (1 cm 3D = unit) Support displacement vector
 (Unit=52.0 mm $\Rightarrow$) (Max=25.0)

M 1 : 341
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



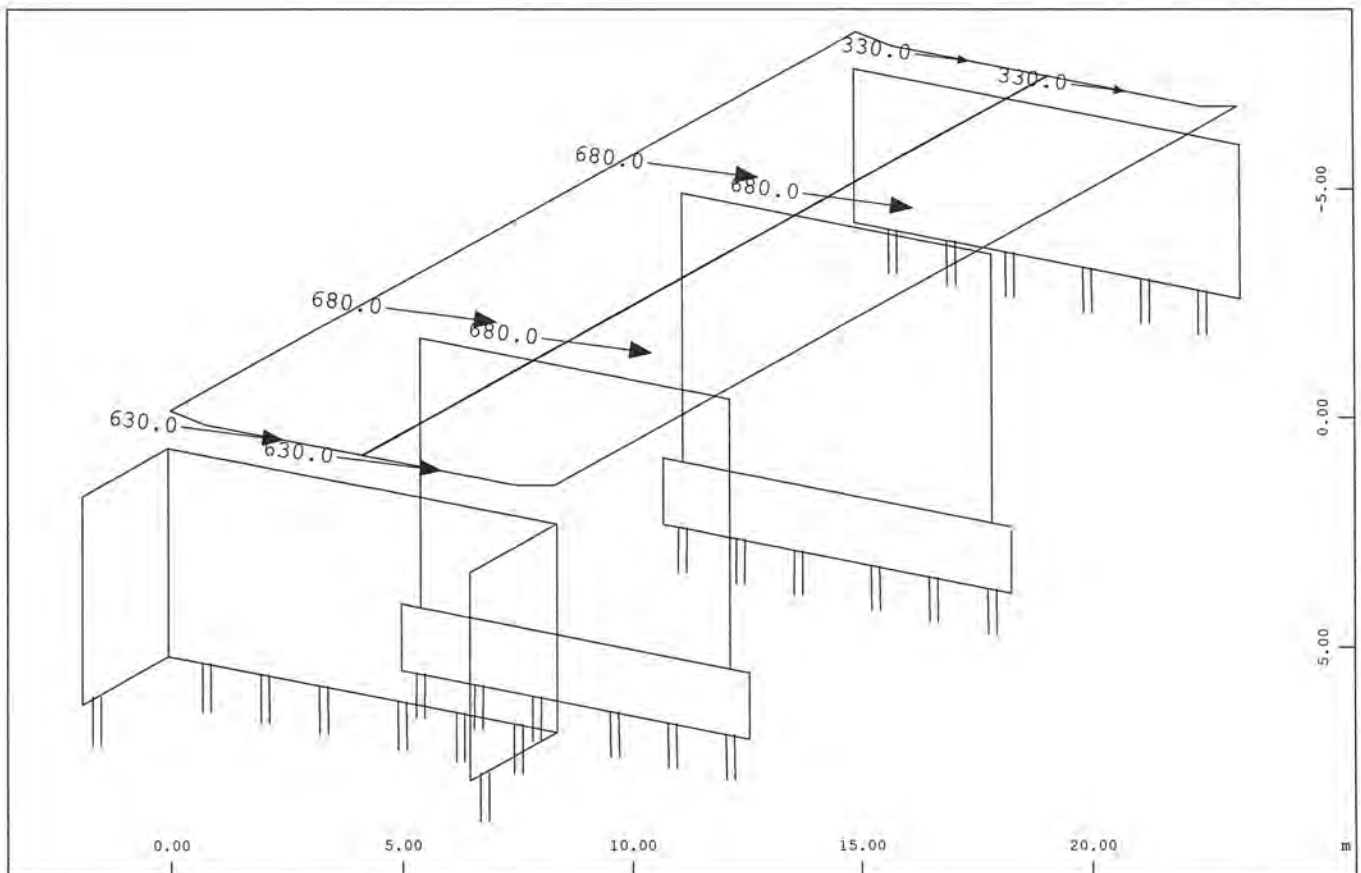
Sector of system Beam Elements, Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 58 POSED.POD.2 , (1 cm 3D = unit) Support displacement vector
 (Unit=47.2 mm $\Rightarrow$) (Max=25.0)

M 1 : 326
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements
 All loads, Loadcase 61 SEIZ.VZD , (1 cm 3D = unit) Nodal load (force) vector (Unit=118.0
 kN, Max=48.0 $\blacktriangleright$), Free line load (force) in global X (Unit=118.0 kN/m, Max=54.0 $\blacktriangleright$)

M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements

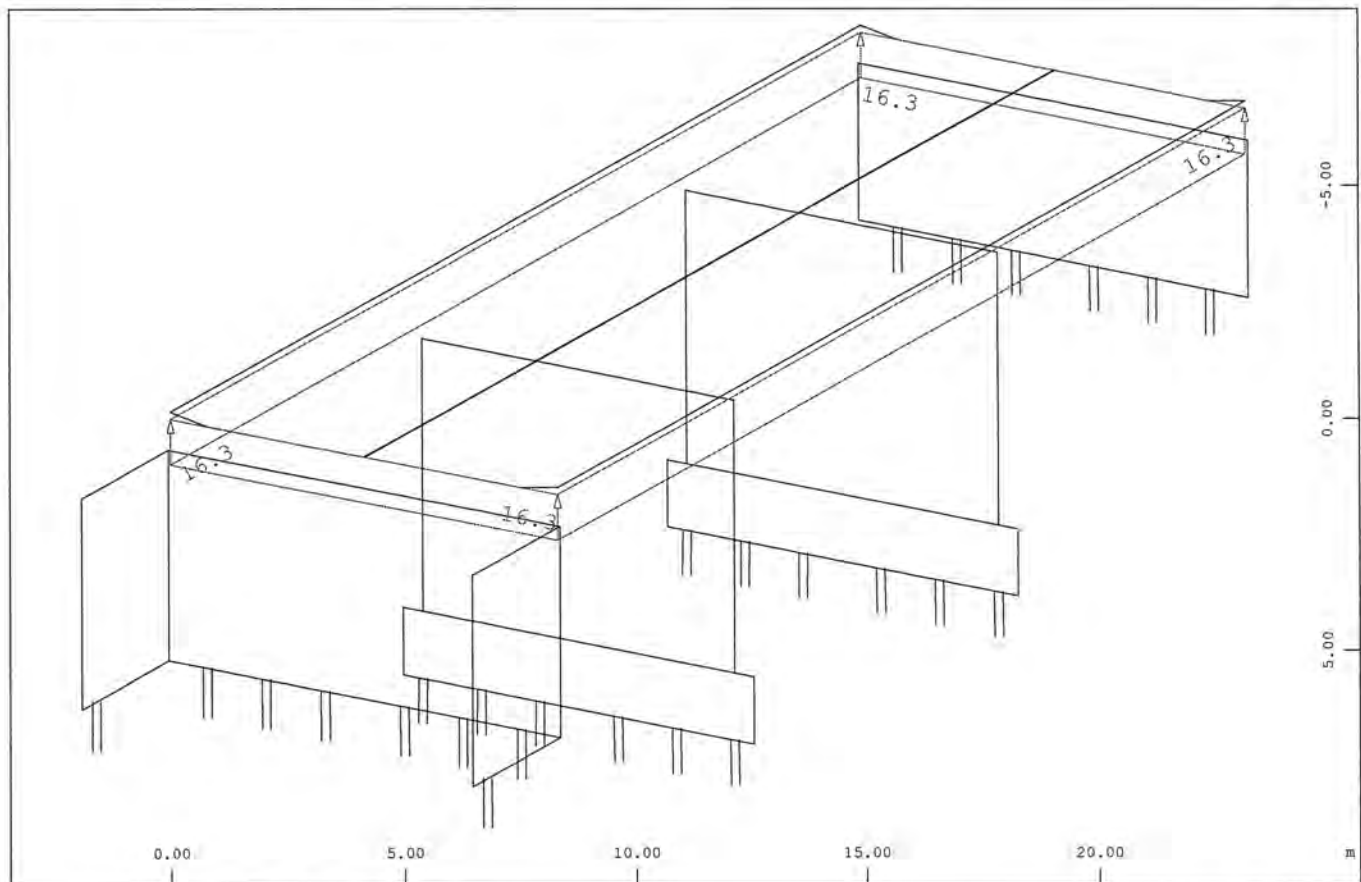
All loads, Loadcase 62 SEIZ.PRE. , (1 cm 3D = unit) Free single load (force) in global Y
(Unit=418.0 kN ) (Max=680.0)

M 1 : 164

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements

All loads, Loadcase 63 SEIZ.VER. , (1 cm 3D = unit) Free area load (force) in global Z
(Unit=26.0 kN/m2 ) (Min=-16.3) (Max=-16.3)

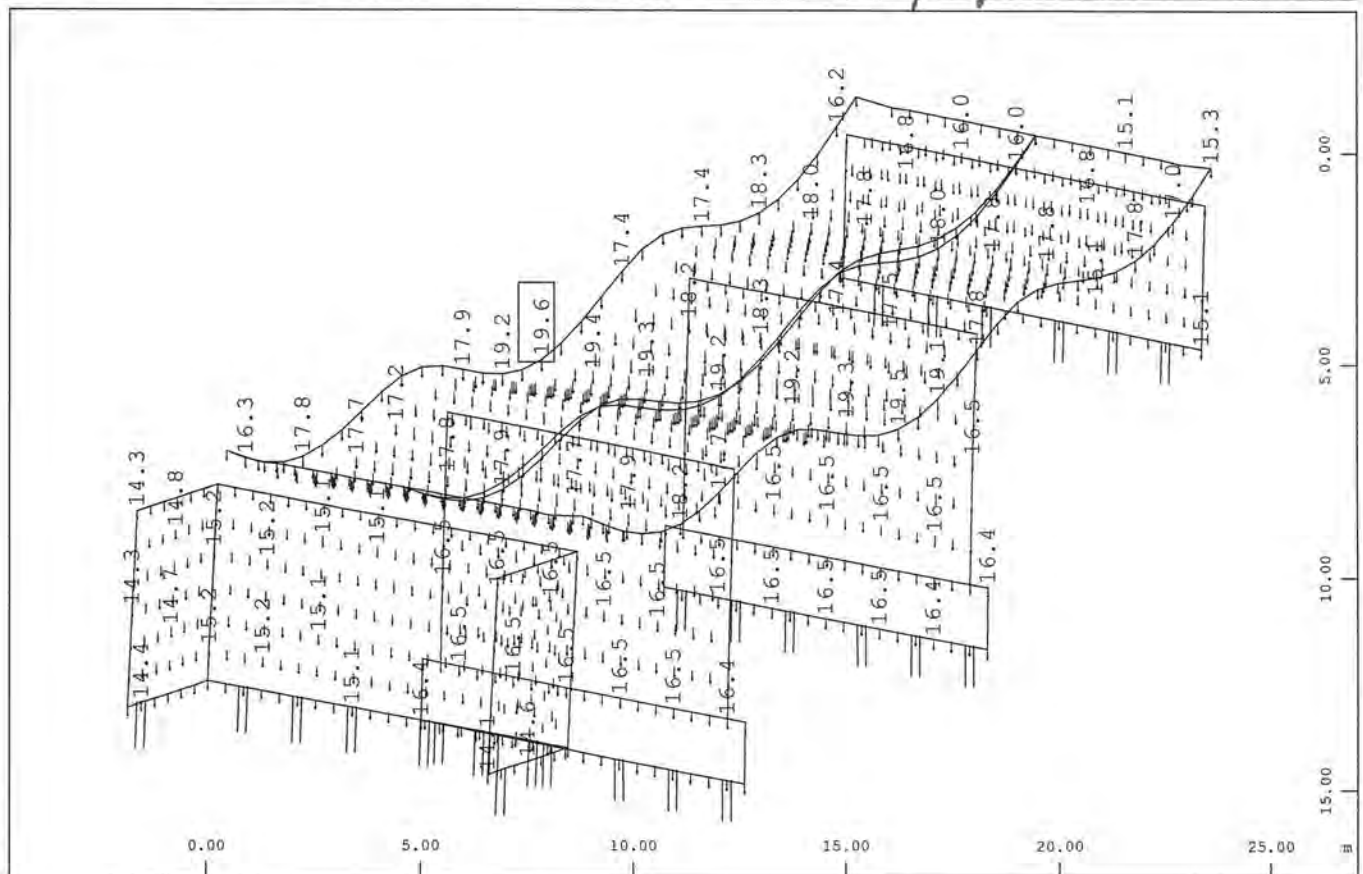
M 1 : 163

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962

3. MAX. DEFORMACIJE KOUS. po posameznih obl.



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 1 LASTNA TEZA Enlarged by 500.0

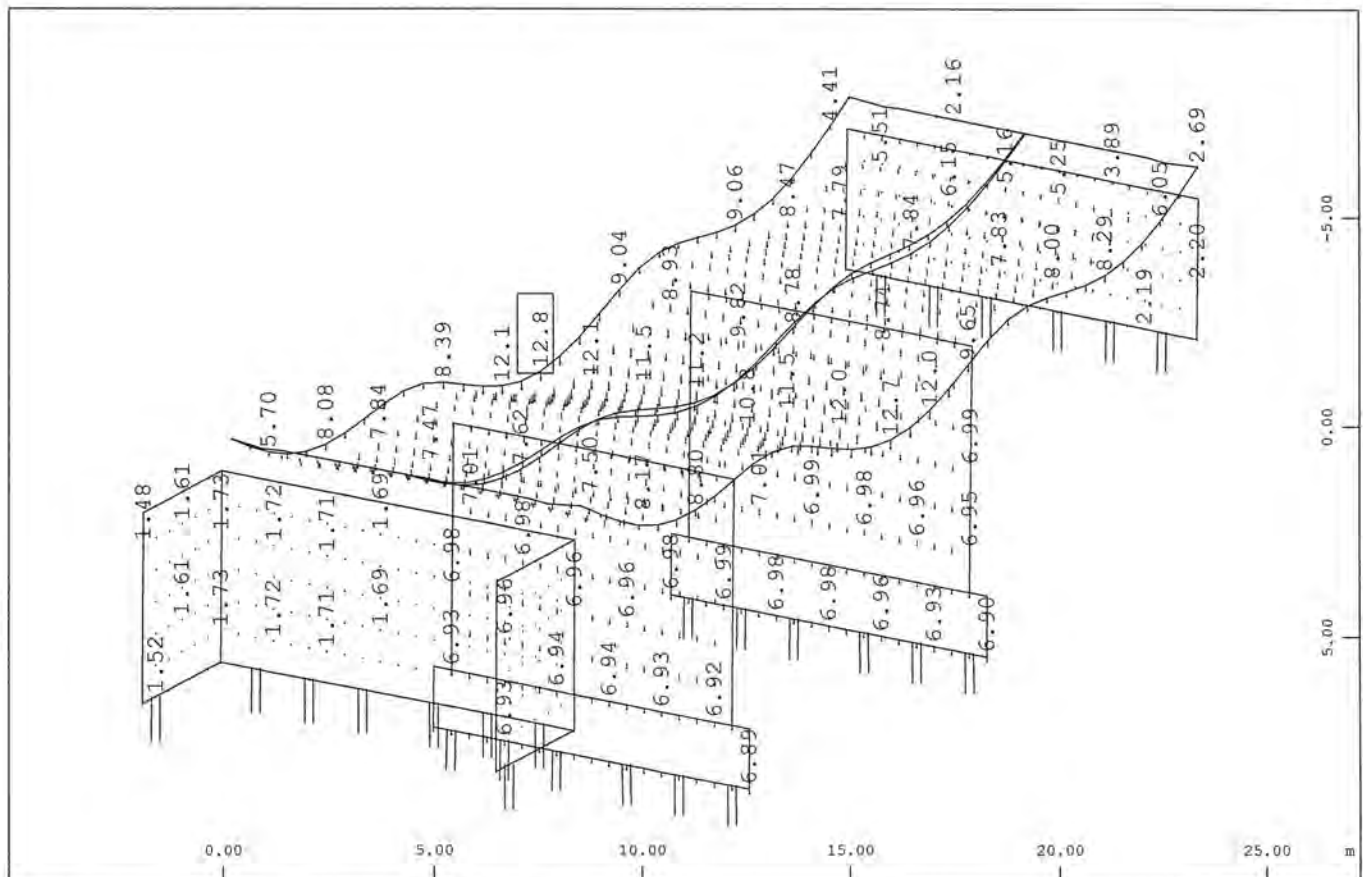
Nodal displacement in global Z, Loadcase 1 LASTNA TEZA , 1 cm 3D = 114.3 mm

M 1 : 177

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 2 STALNA KOR. Enlarged by 250.0

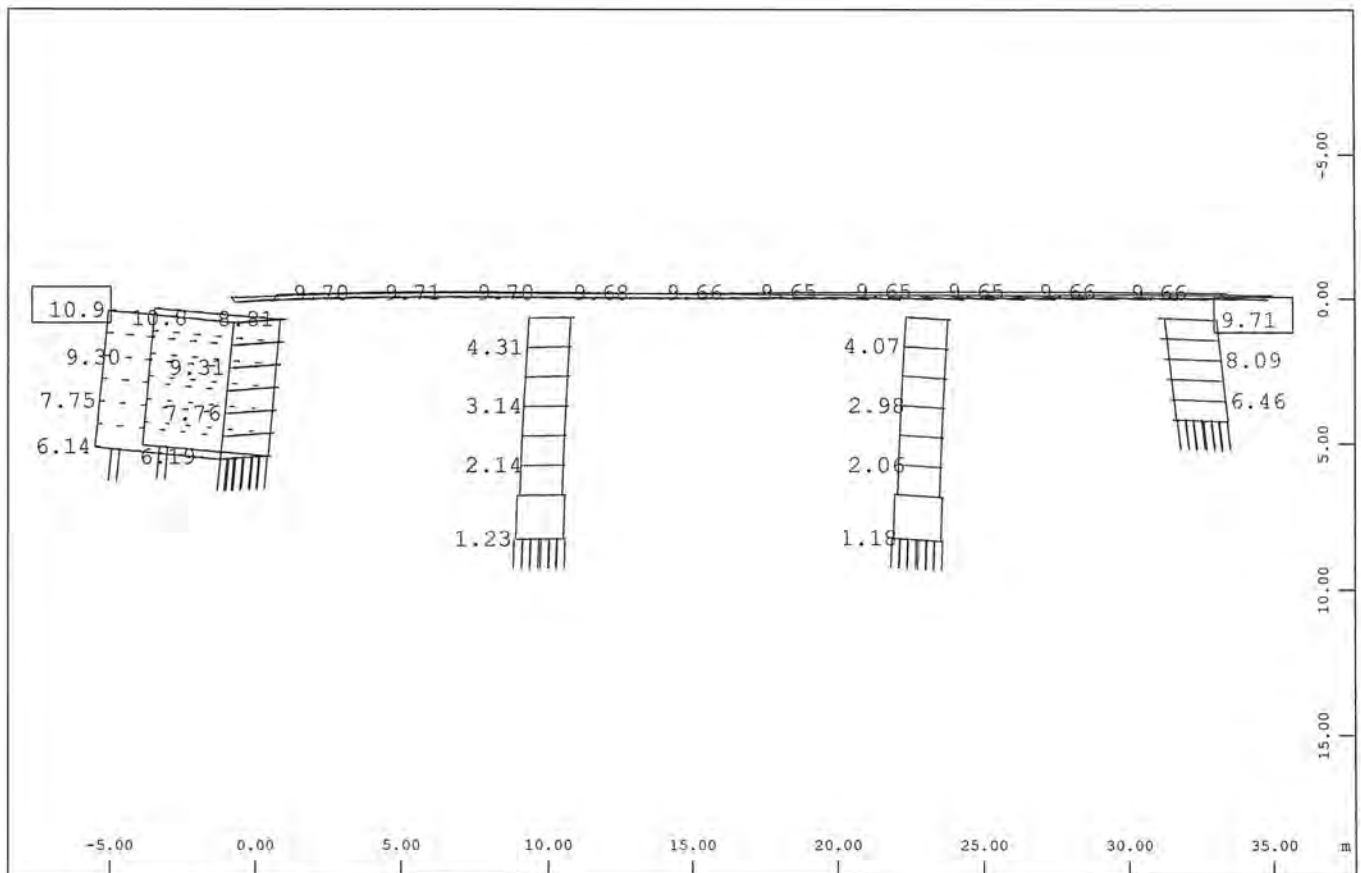
Nodal displacement in global Z, Loadcase 2 STALNA KOR. , 1 cm 3D = 95.2 mm

M 1 : 181

X * 0.502

Y * 0.906

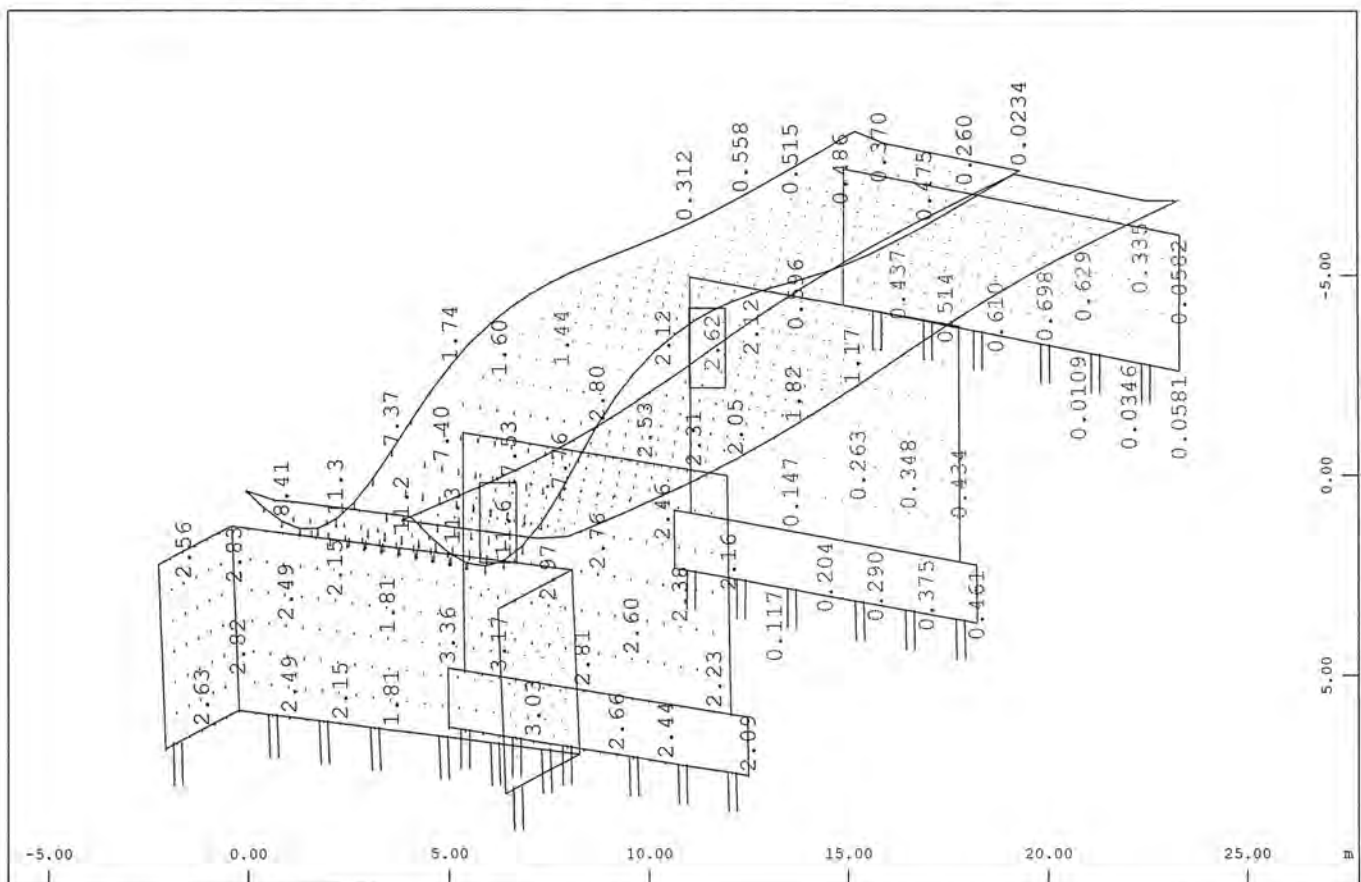
Z * 0.962



Y
X
Z

Sector of system Quadrilateral Elements
Deformed Structure from LC 3 MIR.ZEM.PRITISK Enlarged by 100.0
Nodal displacement in global X, Loadcase 3 MIR.ZEM.PRITISK , 1 cm 3D = 114.3 mm

M 1 : 259



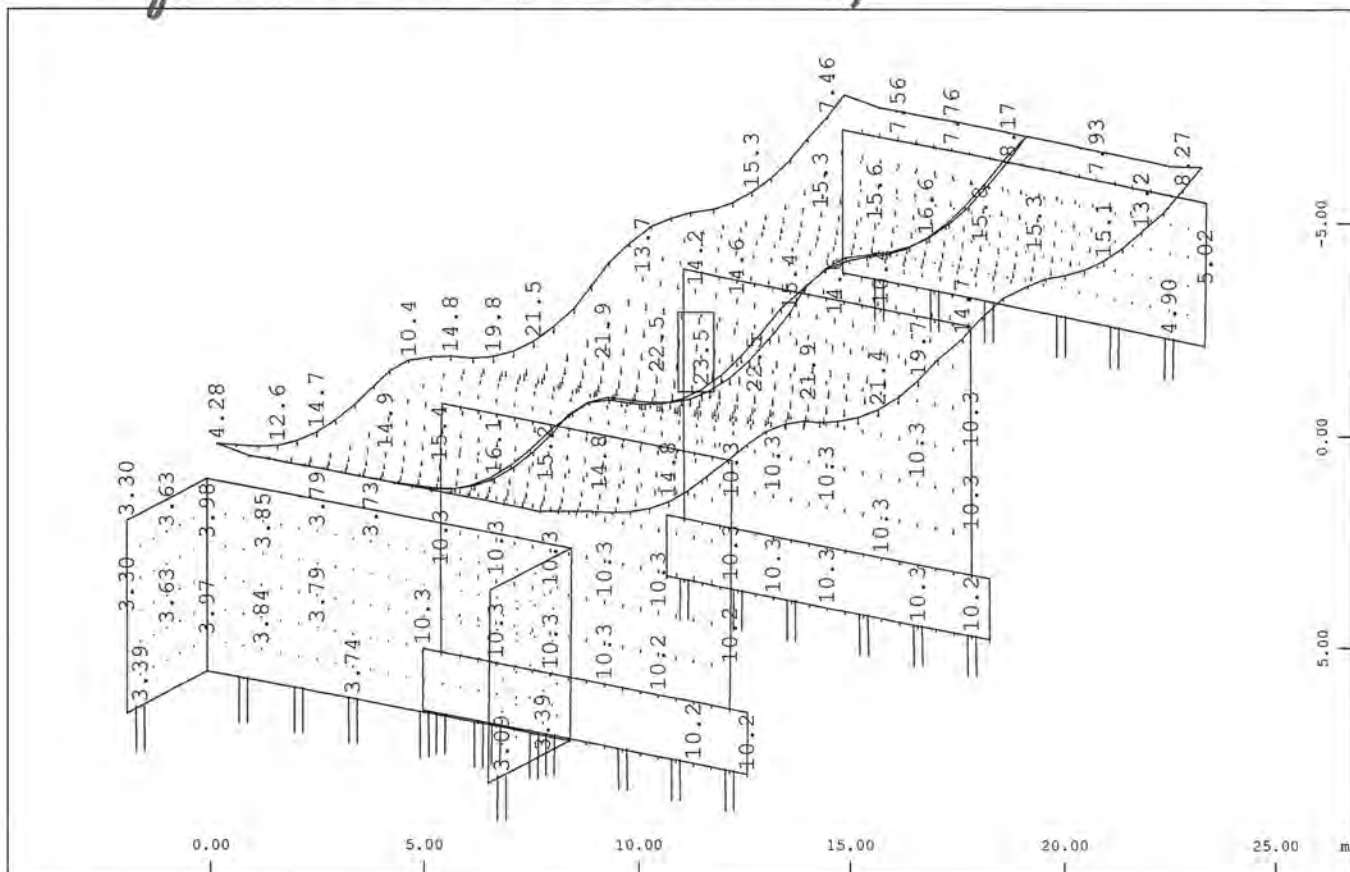
X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements
Deformed Structure from LC 39 SW2-1p-L Enlarged by 250.0
Nodal displacement in global Z, Loadcase 39 SW2-1p-L , 1 cm 3D = 95.2 mm

M 1 : 189

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

ovojnica det. od prom. obt. LM71



Z
X
Y

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 550 MAX-UZ NODE Enlarged by 100.0

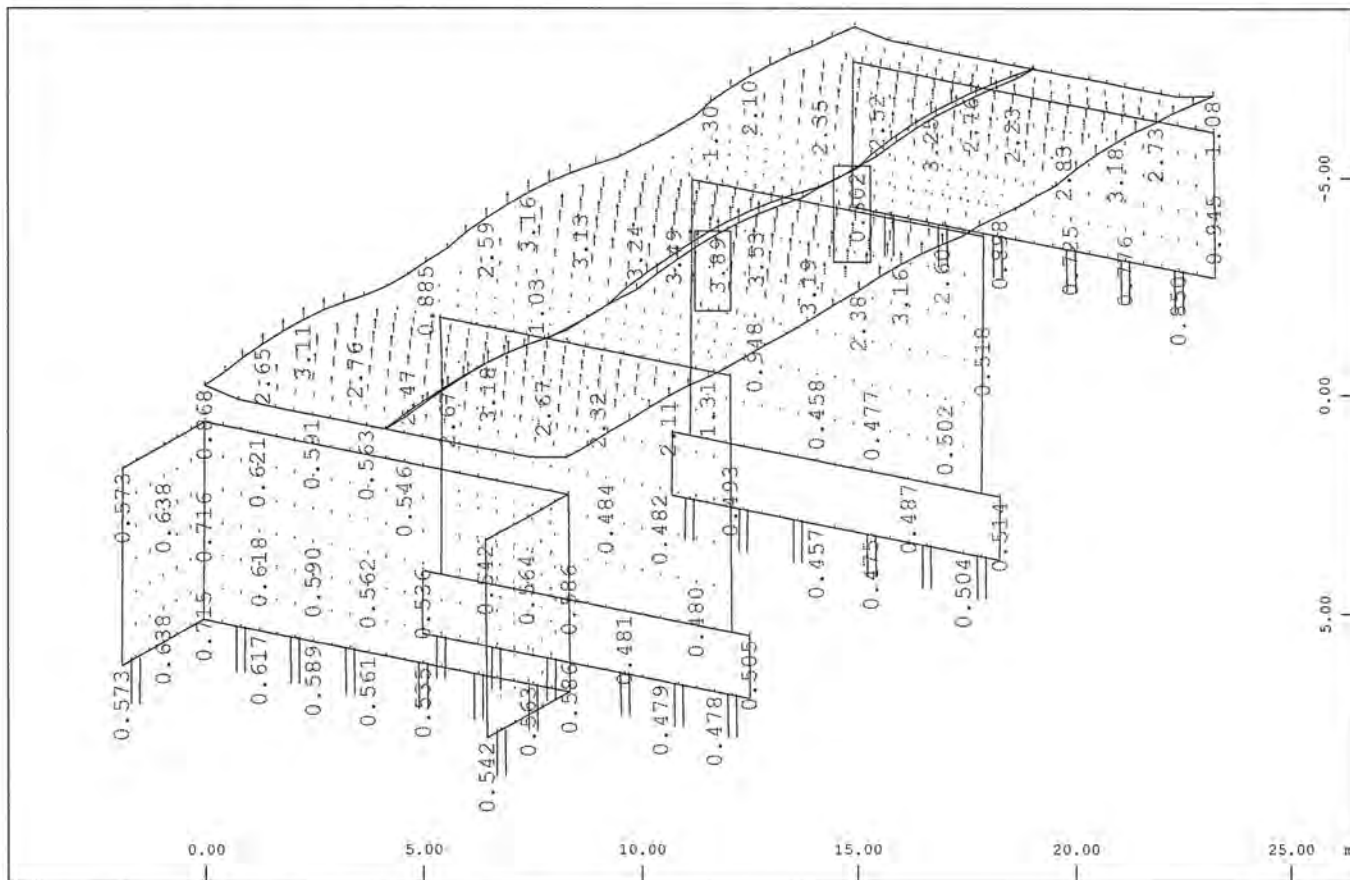
Nodal displacement in global Z, Loadcase 550 MAX-UZ NODE , 1 cm 3D = 228.6 mm

M 1 : 177

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



Z
X
Y

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 551 MIN-UZ NODE Enlarged by 100.0

Nodal displacement in global Z, Loadcase 551 MIN-UZ NODE , 1 cm 3D = 19.0 mm

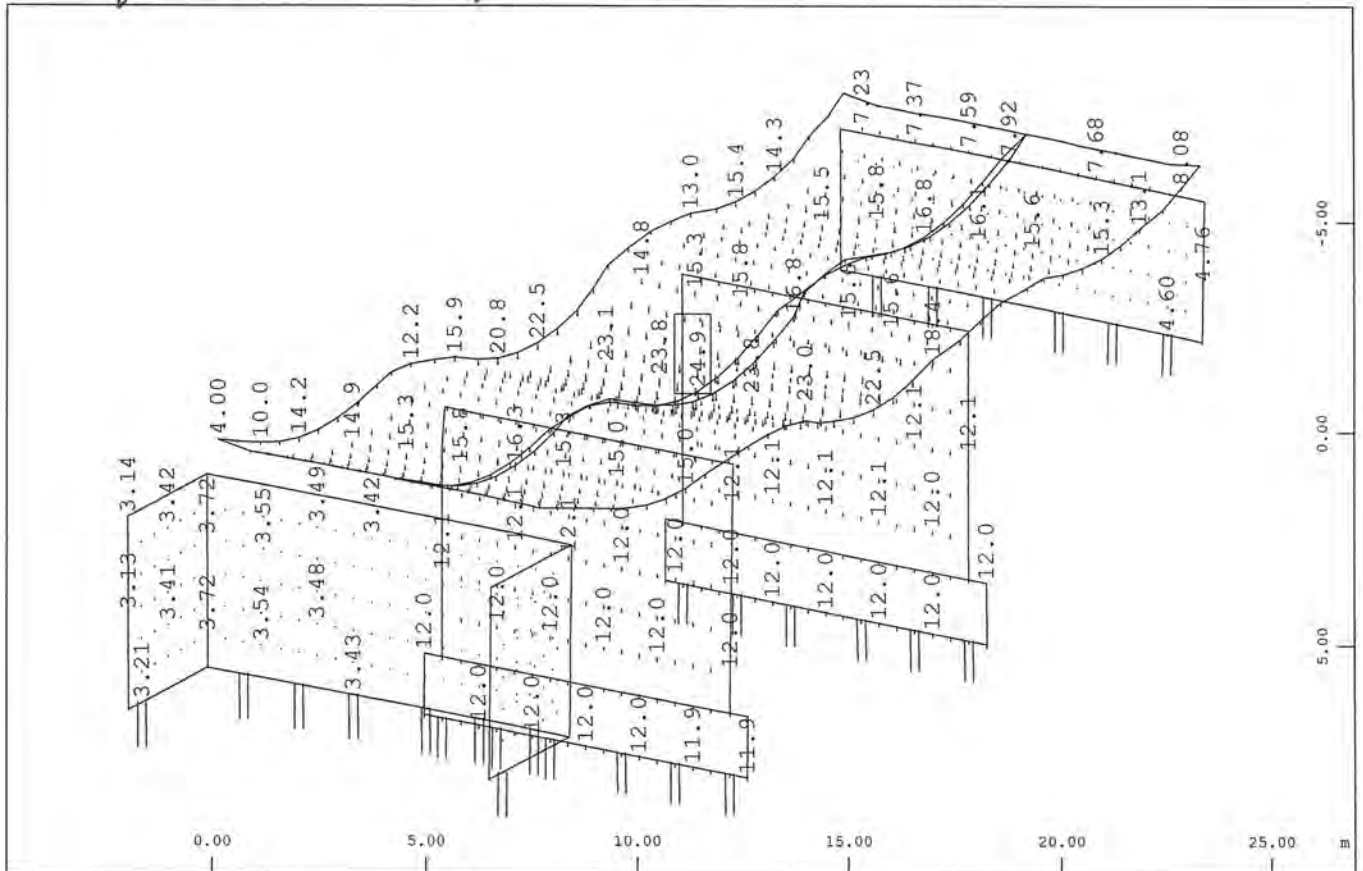
M 1 : 174

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962

ovojnica def. od prom. obt. SW/2



Z
X
Y

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 550 MAX-UZ NODE Enlarged by 100.0

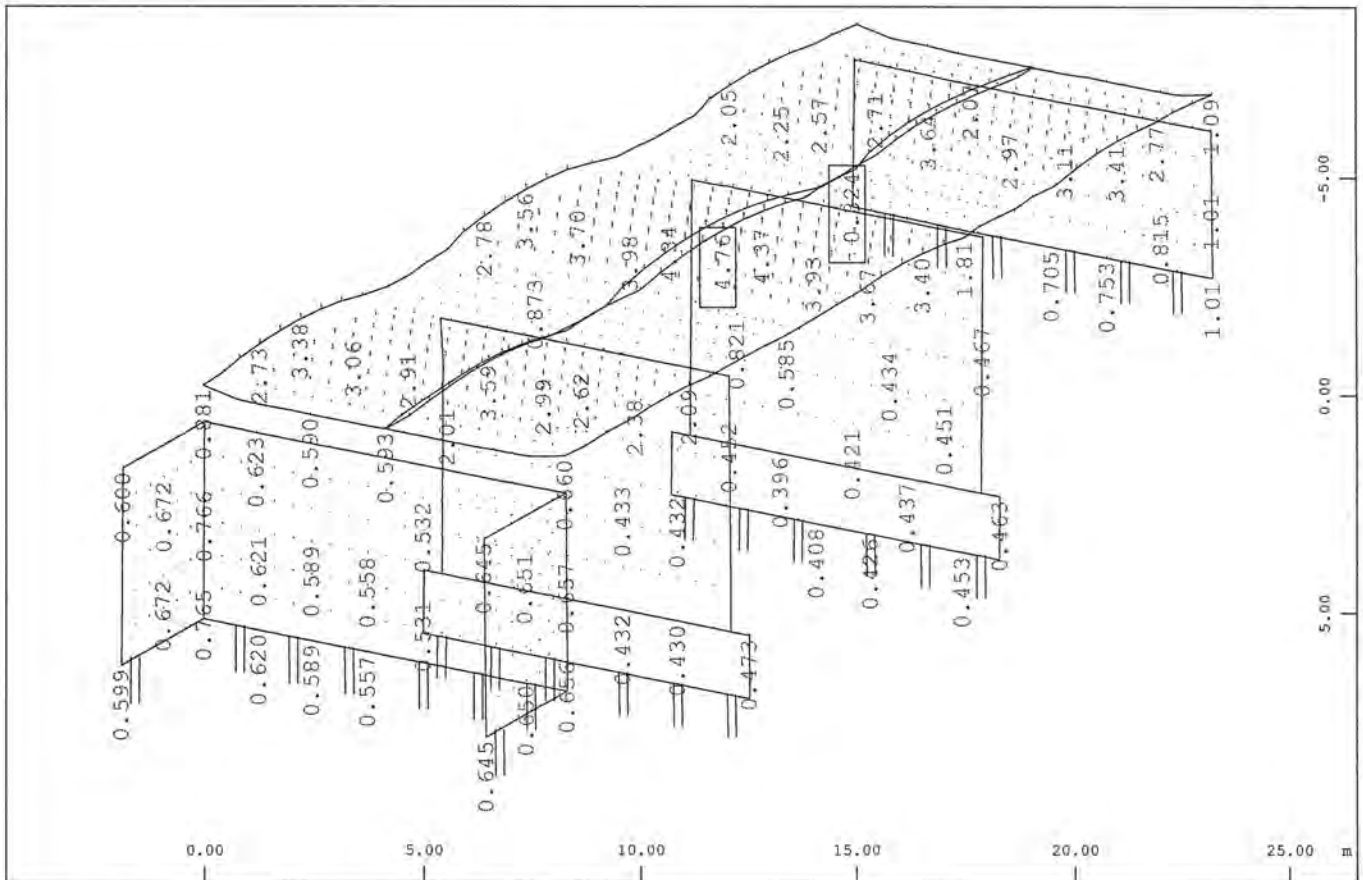
Nodal displacement in global Z, Loadcase 550 MAX-UZ NODE , 1 cm 3D = 228.6 mm

M 1 : 178

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



Z
X
Y

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 551 MIN-UZ NODE Enlarged by 100.0

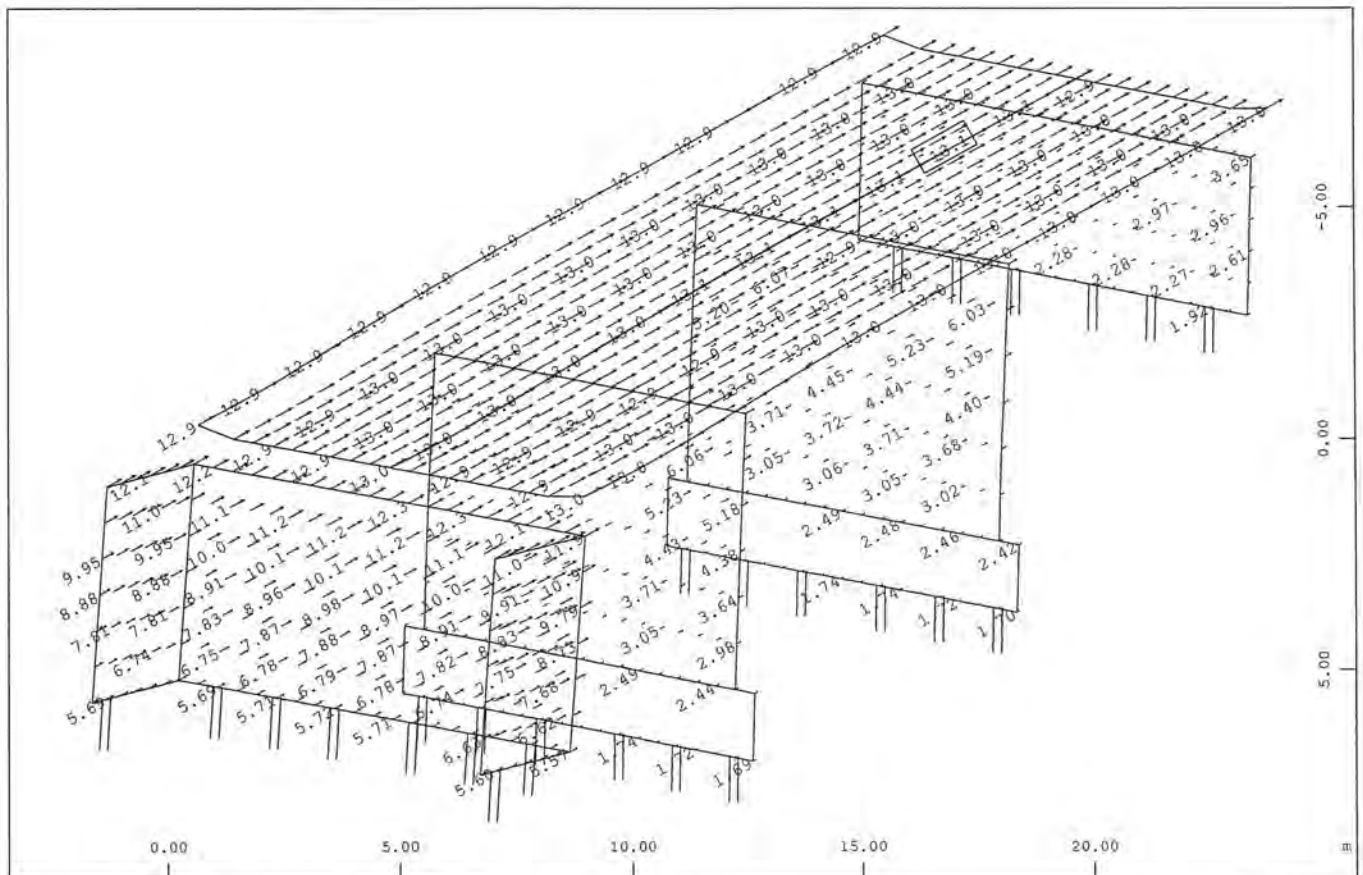
Nodal displacement in global Z, Loadcase 551 MIN-UZ NODE , 1 cm 3D = 47.6 mm

M 1 : 174

X * 0.502

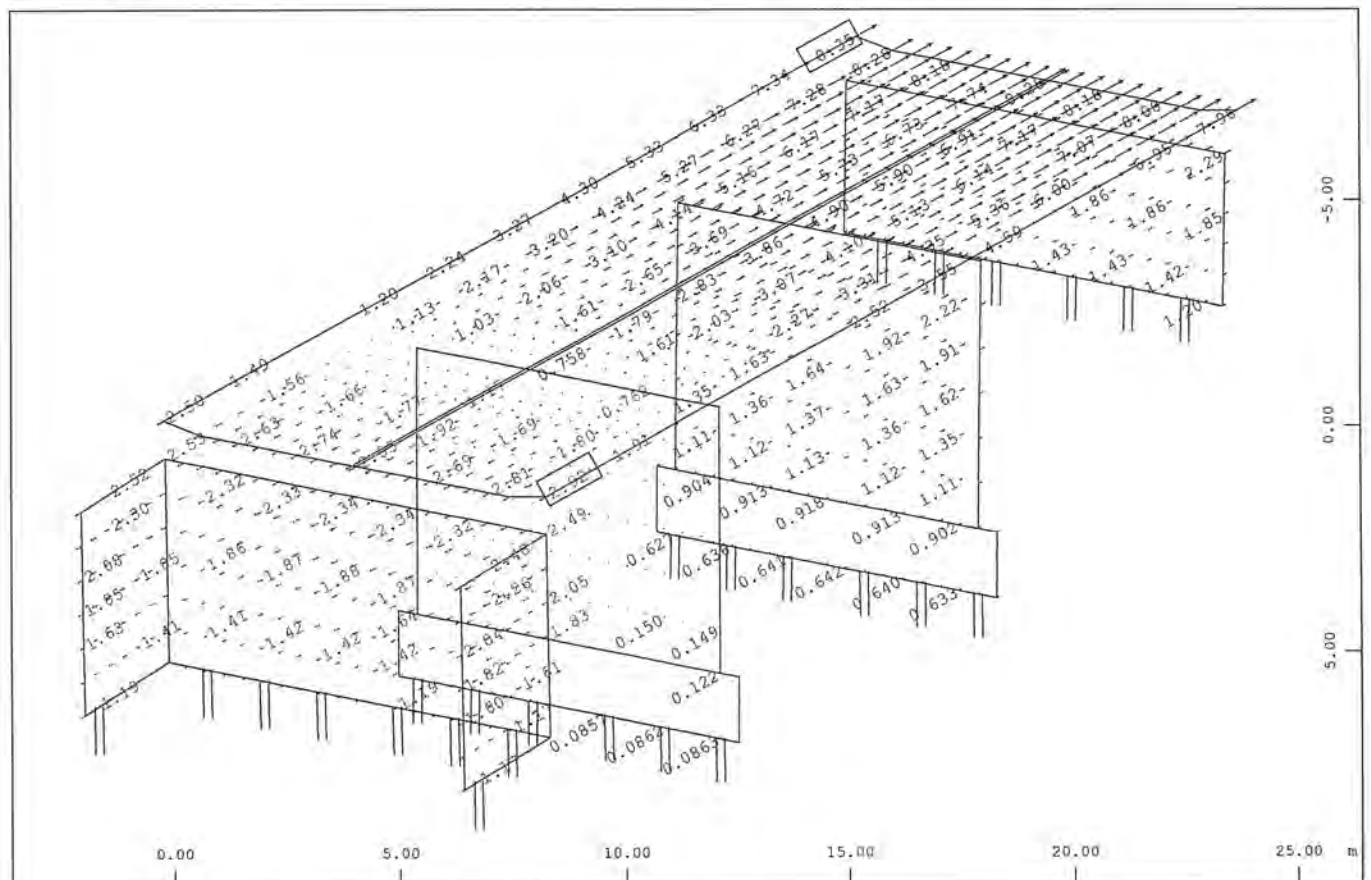
Y * 0.906

Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements
 Deformed Structure from LC 47 ZAV.SILA + Enlarged by 100.0
 Nodal displacement in global X, Loadcase 47 ZAV.SILA + , 1 cm 3D = 27.5 mm

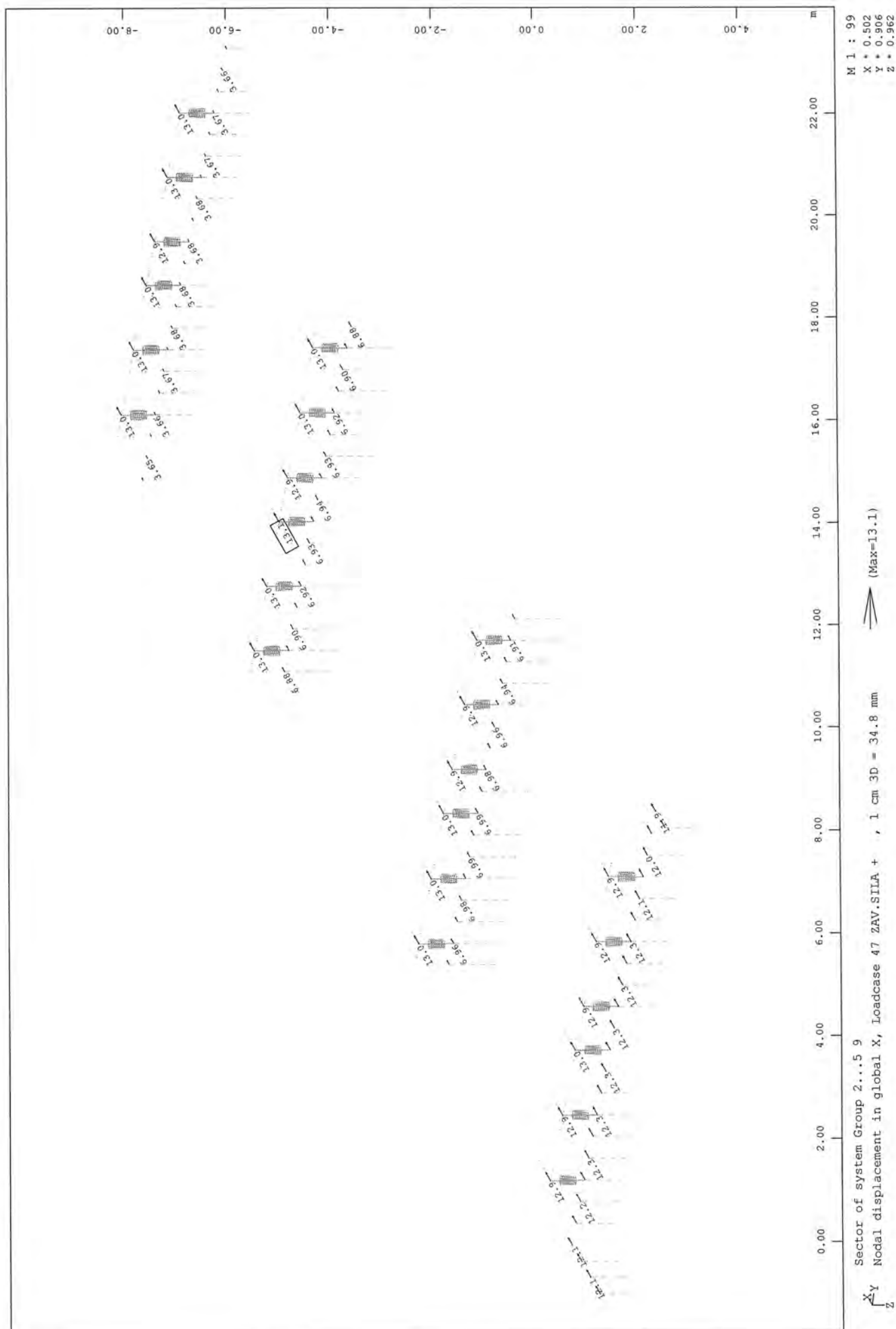
M 1 : 163
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

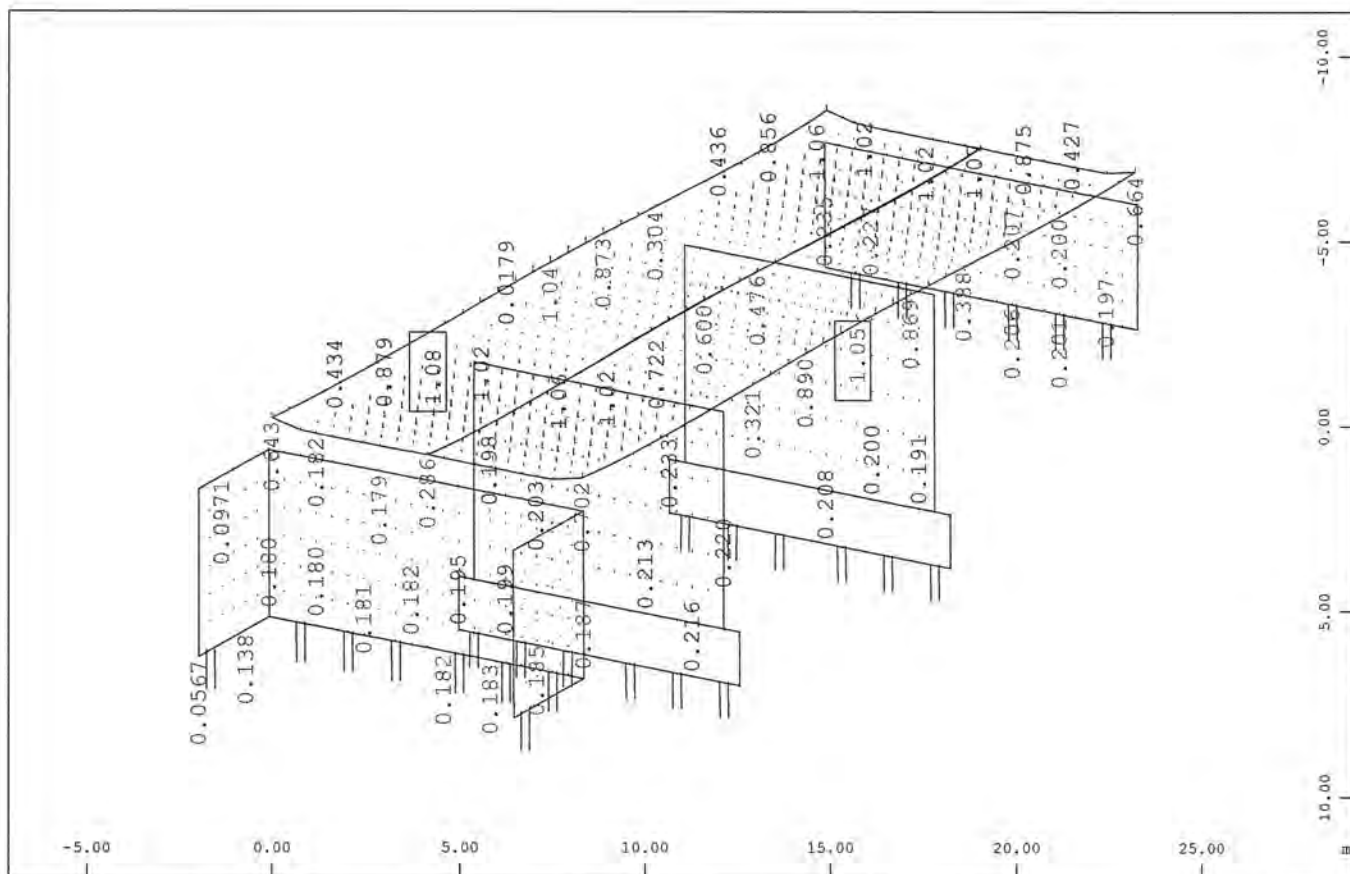


Sector of system Quadrilateral Elements
 Deformed Structure from LC 48 ENAK.TEMP.+32 Enlarged by 100.0
 Nodal displacement in global X, Loadcase 48 ENAK.TEMP.+32 , 1 cm 3D = 13.8 mm

M 1 : 168
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

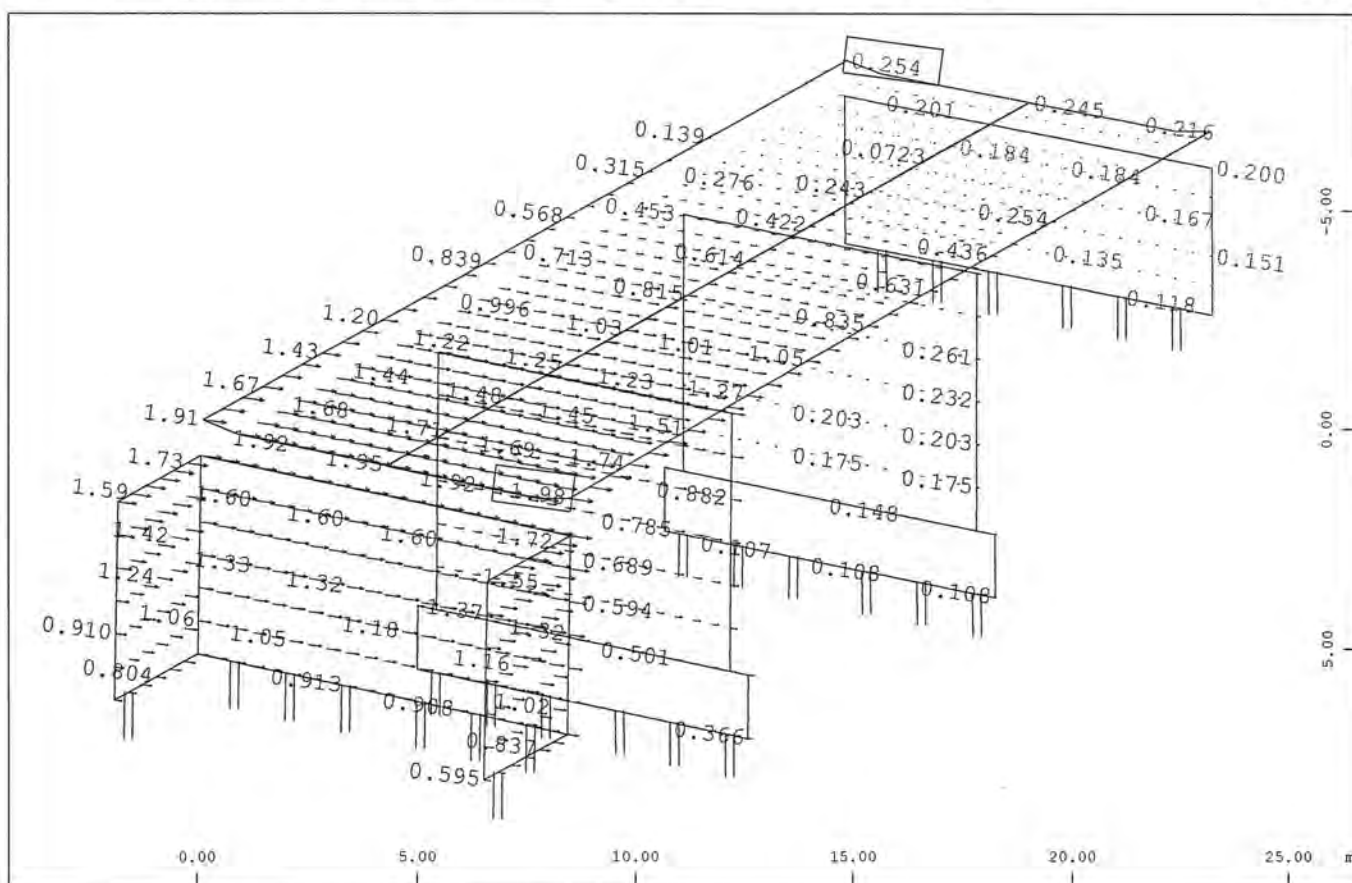






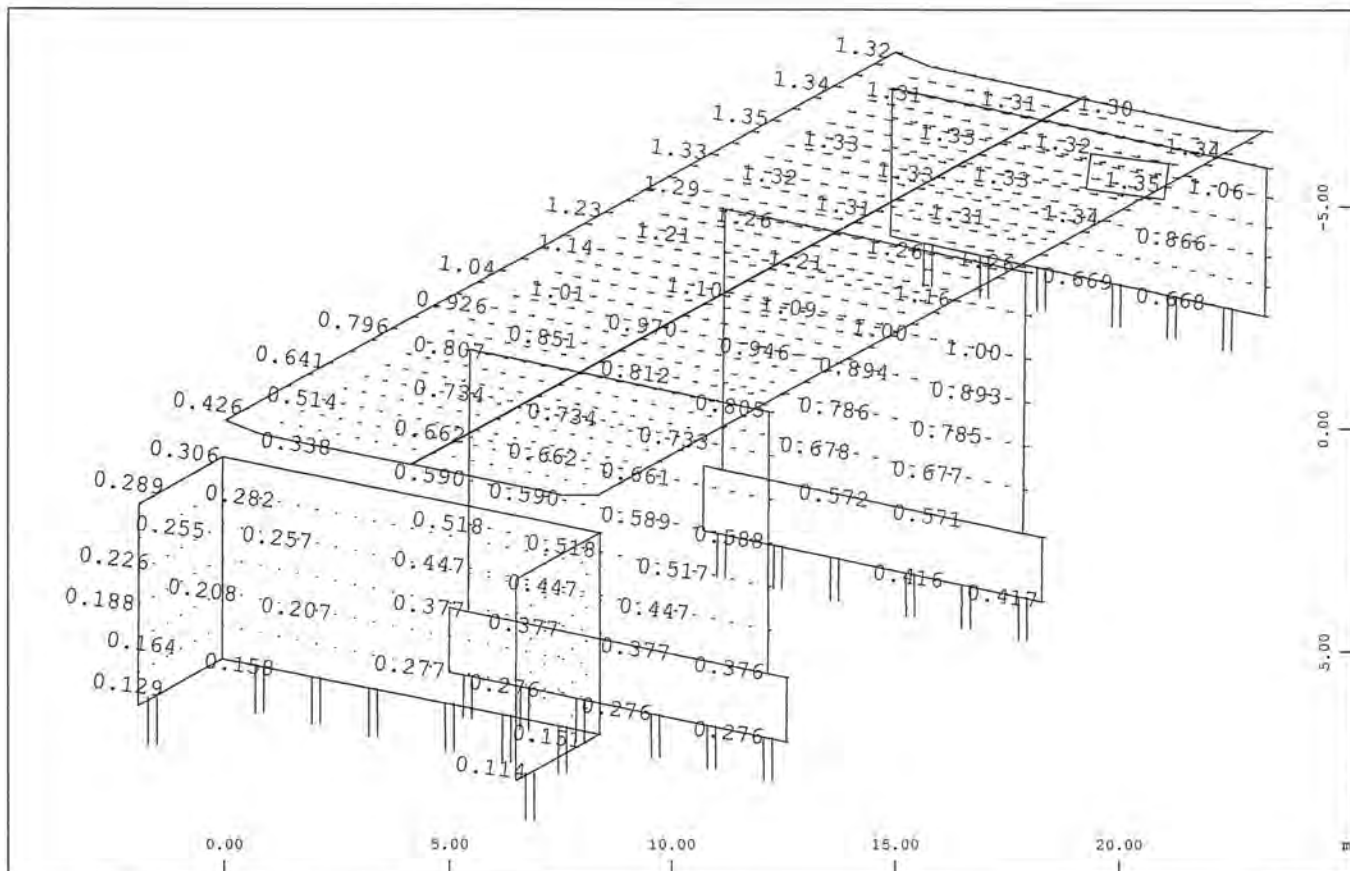
Sector of system Quadrilateral Elements
 Deformed Structure from LC 49 DIF.TEMP ZG.+9 Enlarged by 100.0
 Nodal displacement in global Z, Loadcase 49 DIF.TEMP ZG.+9 , 1 cm 3D = 11.4 mm

M 1 : 203
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements
 Deformed Structure from LC 50 BOC.SUNEK 1 Enlarged by 100.0
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 50 BOC.SUNEK 1 , 1 cm 3D = 5.67 mm

M 1 : 173
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 52 BOC.SUNEX 3 Enlarged by 100.0

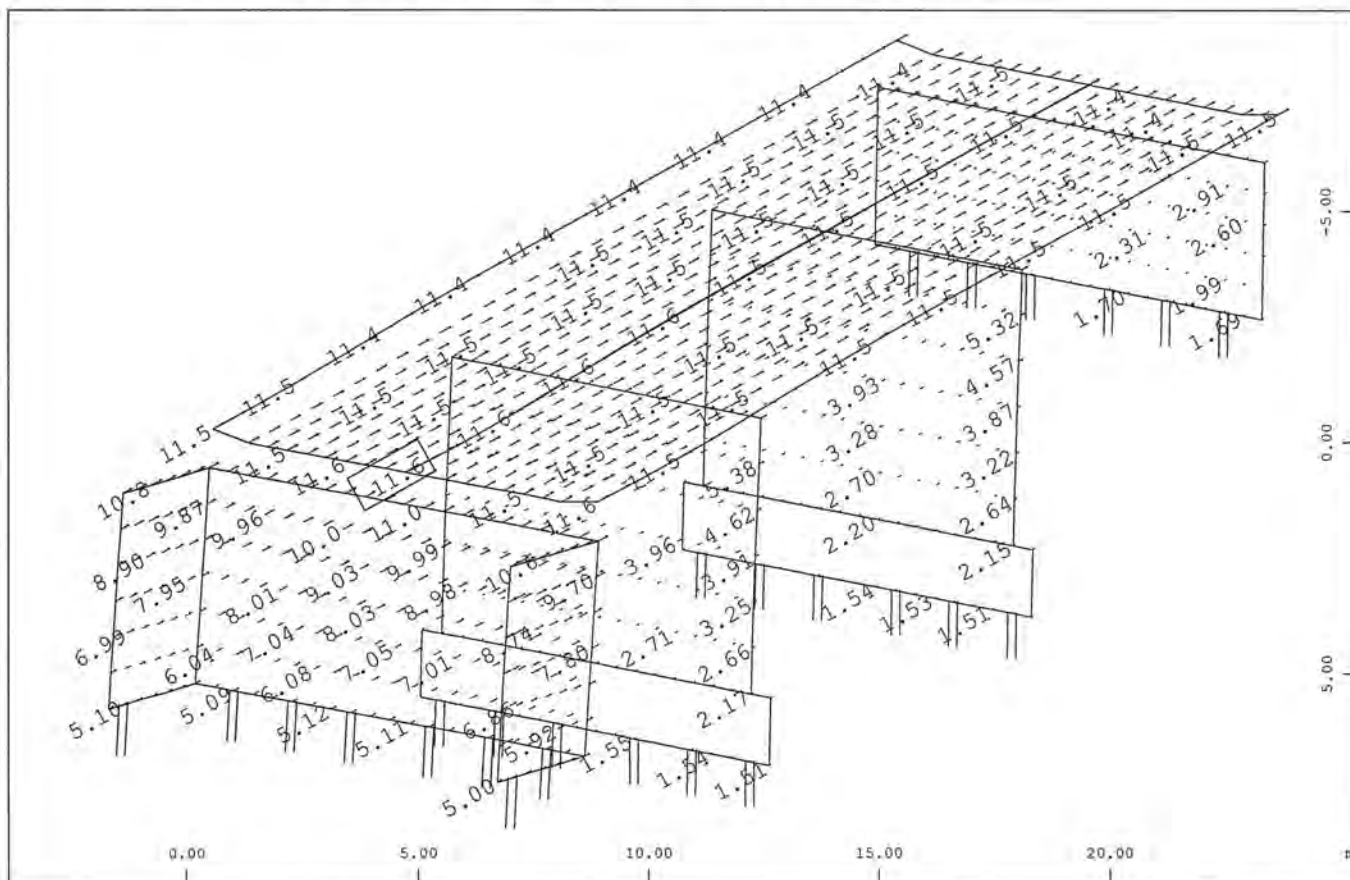
Nodal displacement in global Y, Loadcase 52 BOC.SUNEX 3 , 1 cm 3D = 11.4 mm

M 1 : 169

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 54 NZT Enlarged by 100.0

Nodal displacement in global X, Loadcase 54 NZT , 1 cm 3D = 37.3 mm

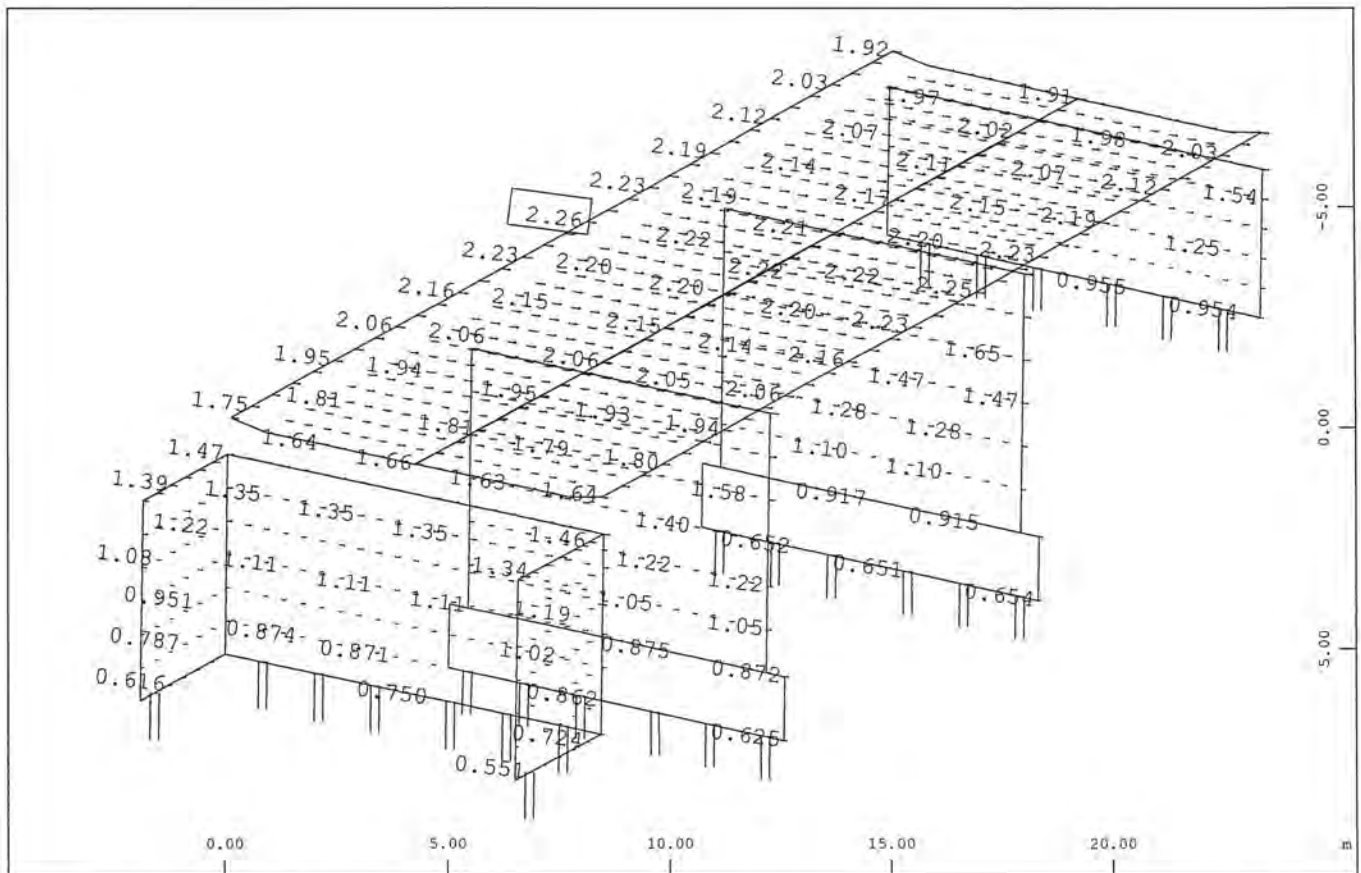
M 1 : 164

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962

(Max=11.6)



Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 55 VETER-OBT.MOST Enlarged by 100.0

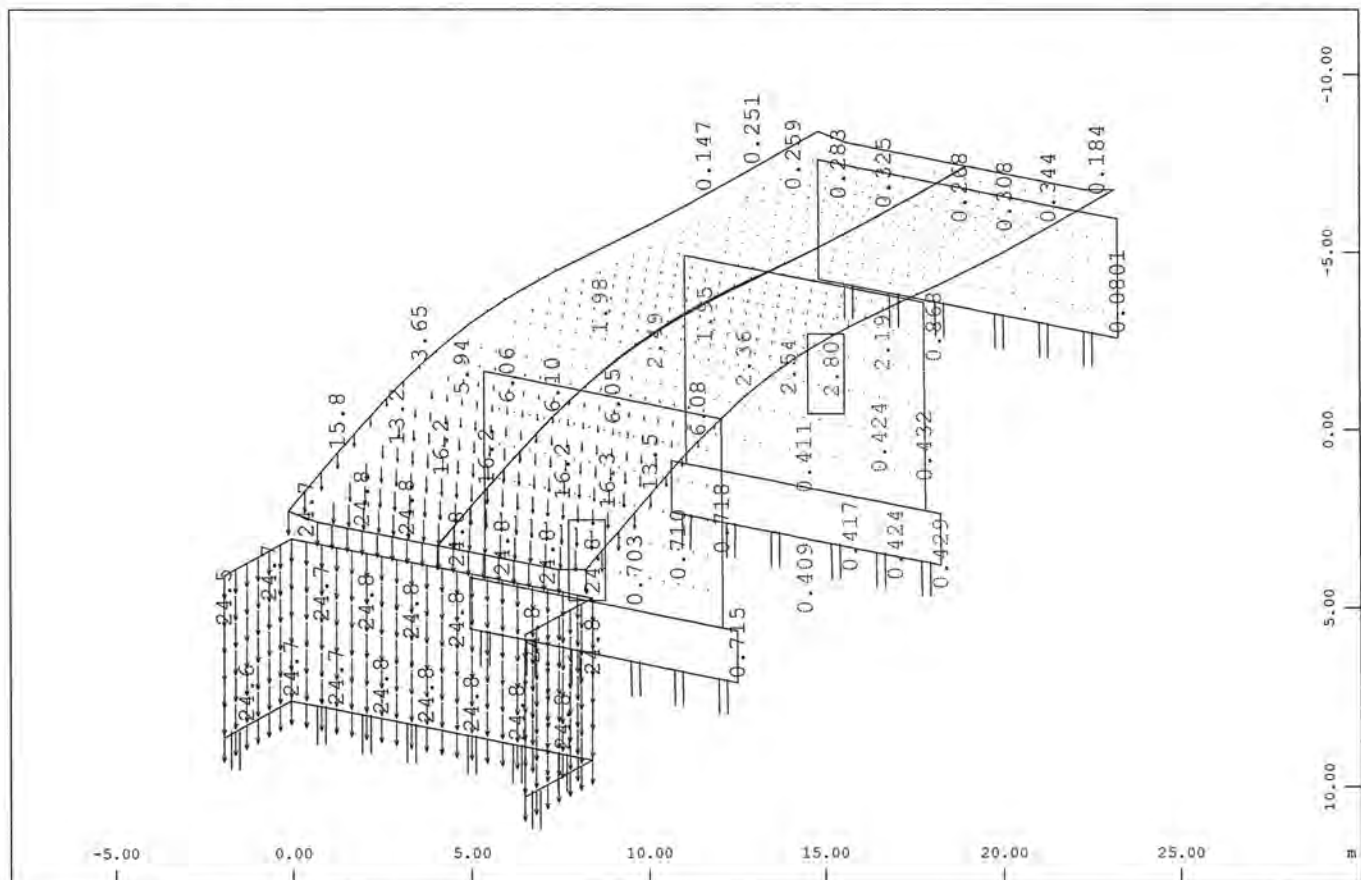
Nodal displacement in global Y, Loadcase 55 VETER-OBT.MOST , 1 cm 3D = 16.3 mm

M 1 : 170

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 57 POSED.POD.1 Enlarged by 100.0

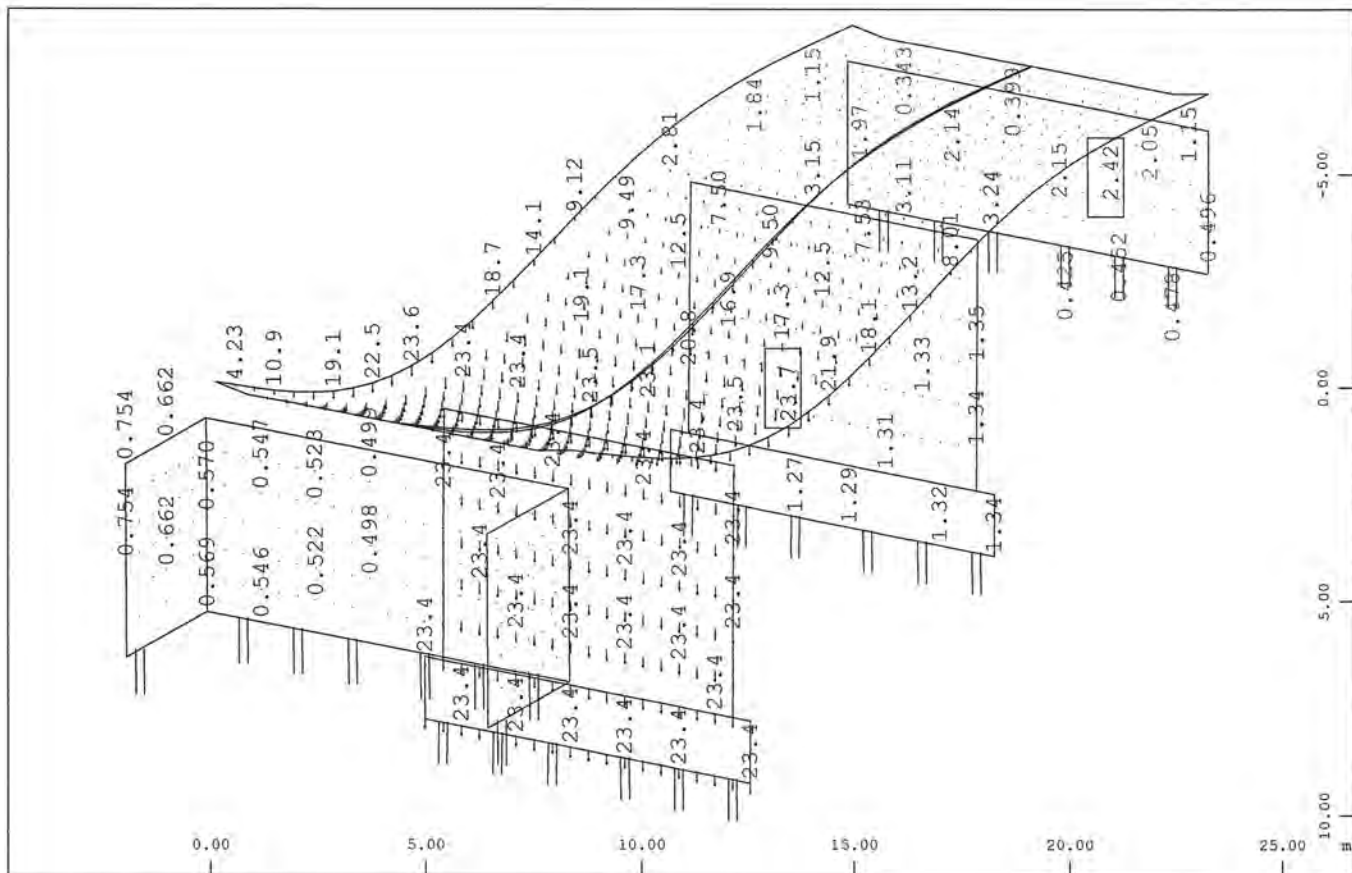
Nodal displacement in global Z, Loadcase 57 POSED.POD.1 , 1 cm 3D = 74.7 mm

M 1 : 213

X * 0.502

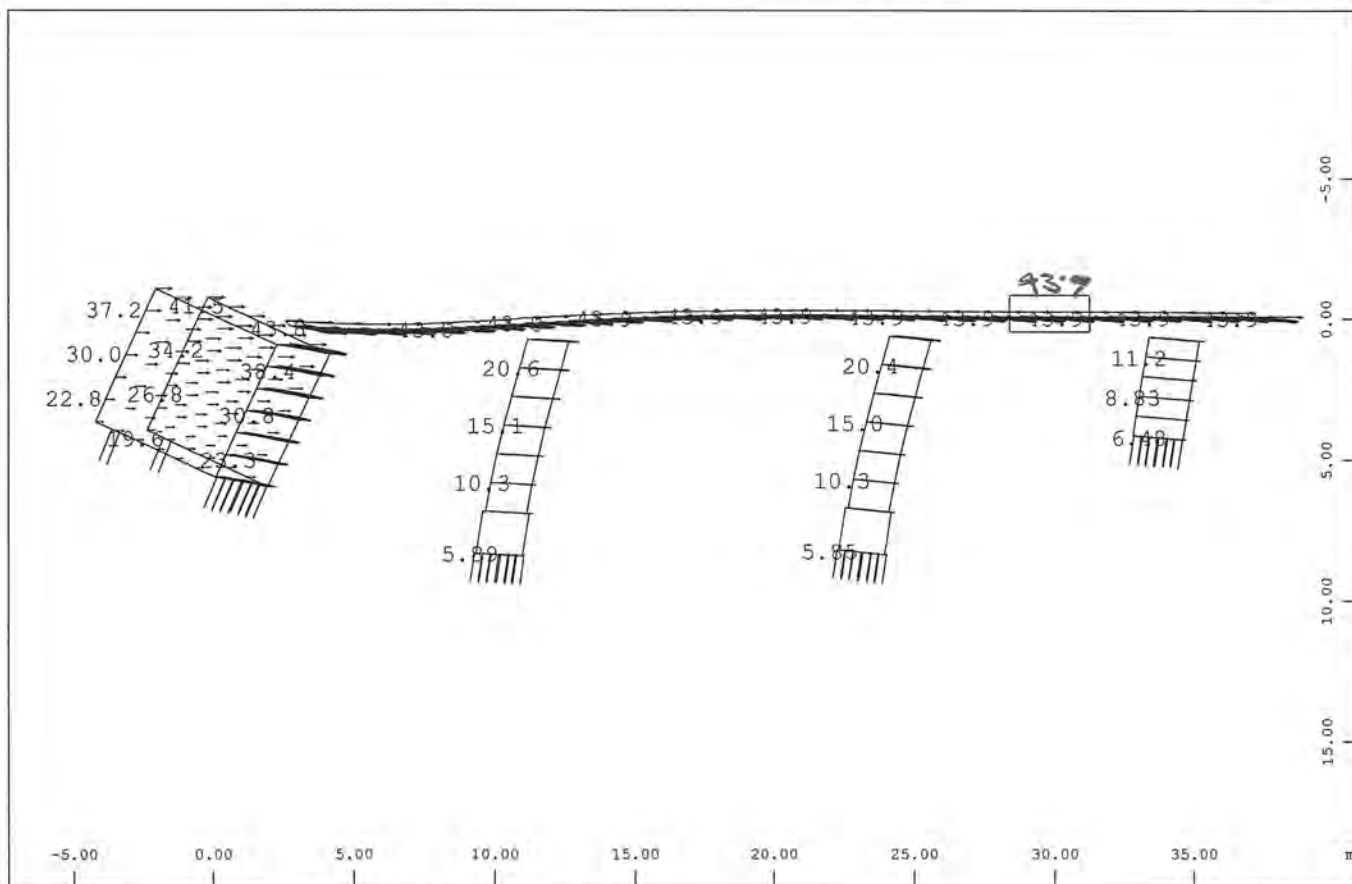
Y * 0.906

Z * 0.962



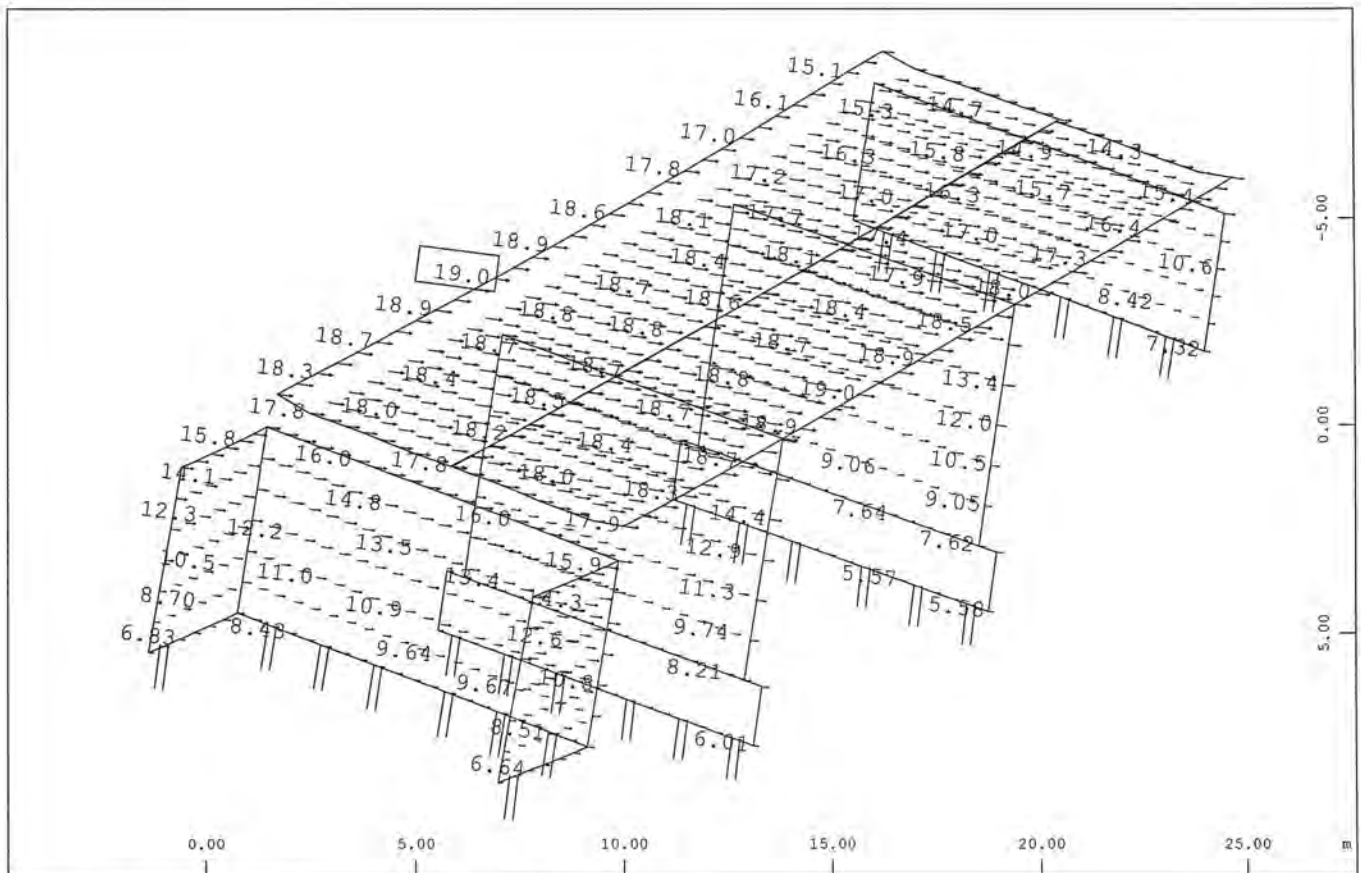
Sector of system Quadrilateral Elements
 Deformed Structure from LC 58 POSED.POD.2 Enlarged by 100.0
 Nodal displacement in global Z, Loadcase 58 POSED.POD.2 , 1 cm 3D = 162.8 mm

M 1 : 176
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Quadrilateral Elements
 Deformed Structure from LC 61 SEIZ.VZD Enlarged by 100.0
 Nodal displacement in global X, Loadcase 61 SEIZ.VZD , 1 cm 3D = 186.7 mm

M 1 : 270



X
Y
Z

Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 62 SEIZ.PRE. Enlarged by 100.0

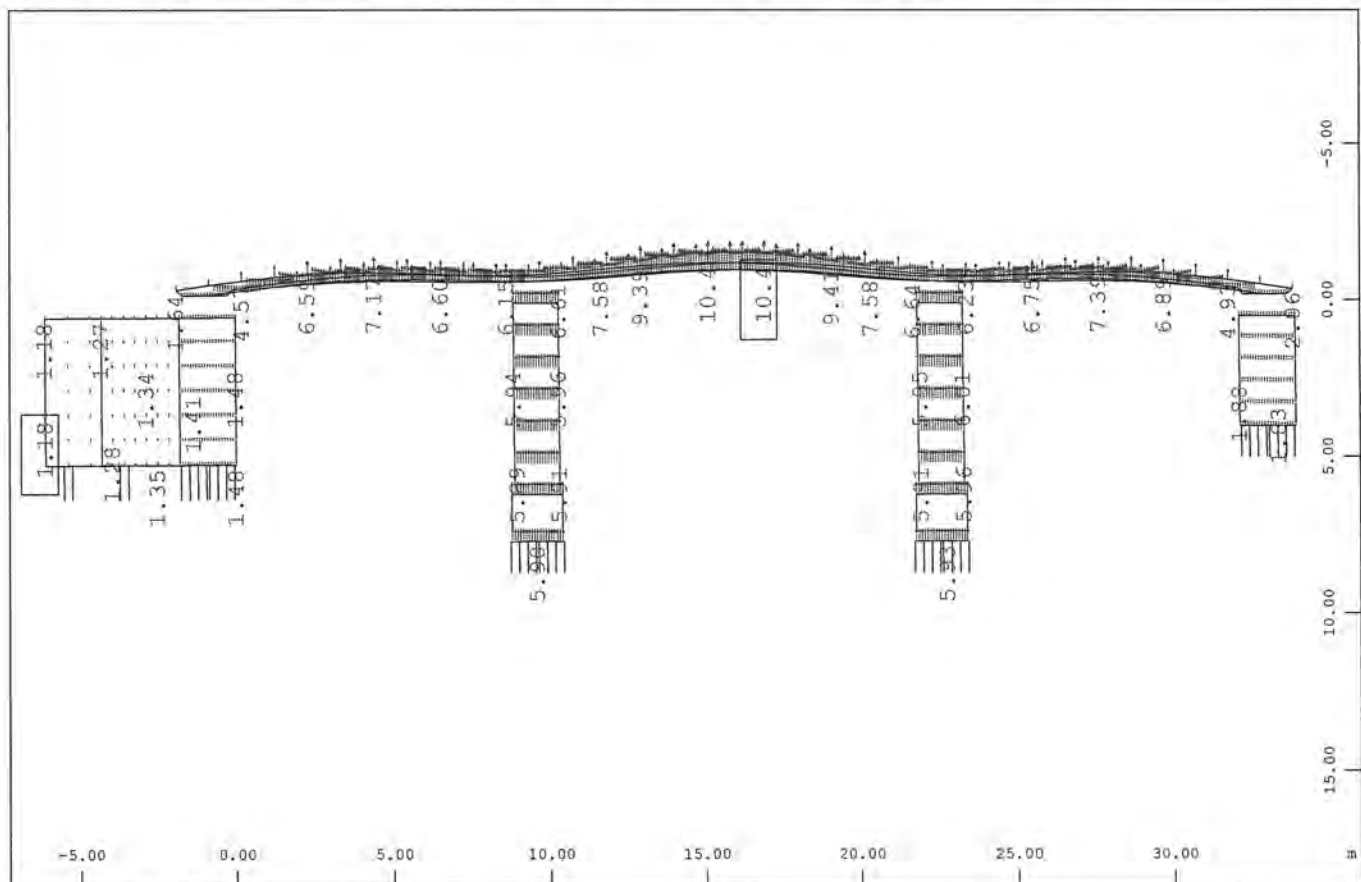
Nodal displacement in global Y, Loadcase 62 SEIZ.PRE. , 1 cm 3D = 81.4 mm

M 1 : 181

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



X
Y
Z

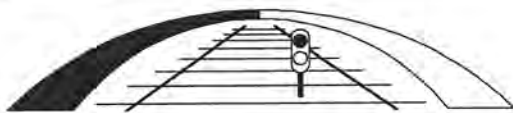
Sector of system Quadrilateral Elements

Deformed Structure from LC 63 SEIZ.VER. Enlarged by 100.0

Nodal displacement in global Z, Loadcase 63 SEIZ.VER. , 1 cm 3D = 37.3 mm

M 1 : 242





4 PREKLADNA KONSTRUKCIJA

Prekladna plošča je v prečnem prerezu sestavljena iz vbetoniranih jeklenih nosilcev.

Plošča iz vbetoniranih jeklenih nosilcev je izračunana po EC 4-2, nemških predpisih za železniške mostove DS 804 in UIC Code 773.

Pri prenosu prometne obtežbe sodelujejo vsi vbetonirani nosilci. Velja predpostavka, da so vsi nosilci od prometne obtežbe enakomerno obremenjeni.

4.1 ULS – MEJNO STANJE NOSILNOSTI

4.1.1 MERODAJNE OBREMENITVE PREKLADNE PLOŠČE - M_{Ed}

→ parcialni faktorji povečanja obtežbe

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot (M_{LT} + M_{SK}) + 1.45 \times \phi_d \cdot (\alpha \cdot M_{pr(LM71, SW/0)})$$

$$M_{Ed} = 1.35 \cdot (M_{LT} + M_{SK}) + 1.20 \times \phi_d \cdot (M_{pr(SW/2)})$$

UPOŠTEVANE KOMBINACIJE (po EC 0)

P/T ; stalna in prehodna

dominantna je prom. obt.

$$S_{u1} = 1.35 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.45 (1.0 \times S_{prom.} + 1.0 \times zav.) + 1.5 (0.6 \times T + 1.0 S_{veter}) \dots \text{gr. 1}$$

→ za LM71 in SW / 0 velja: $\gamma = 1.45$; $\alpha = 1.21$; $\phi_{din} = 1.41$

→ za SW / 2 velja: $\gamma = 1.20$; $\phi_{din} = 1.41$

dominanten je T

$$S_{u3} = 1.35 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.5 \times T + 1.45 \times [0.8 \times (1.0 \times S_{prom.} + 1.0 \times zav.)] + 1.5 (1.0 S_{veter}) \dots \text{gr. 2}$$

A ; nezgodna

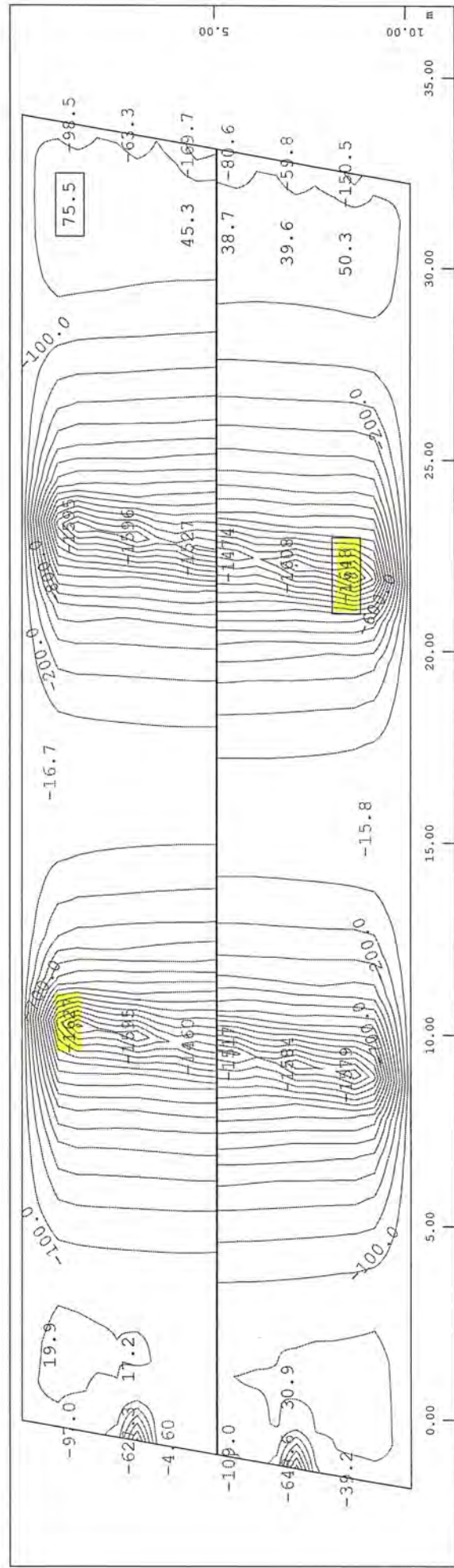
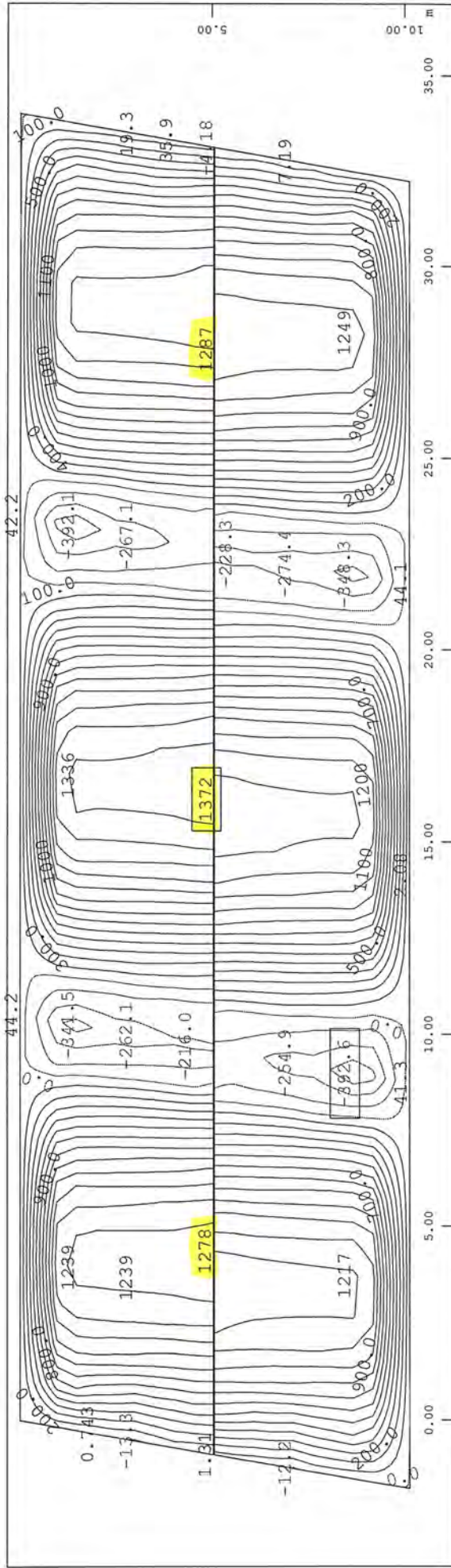
$$S_{u1} = 1.0 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.0 (0.8 \cdot S_{prom.}) + 1.0 (0.5 \times T) + 1.0 A_k$$

$$S_{u2} = 1.0 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.0 (0.6 \times T) + 1.0 A_k$$

S ; seizmična (po EC 8/2)

$$S_u = 1.0 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_{p\infty} + 1.0 (0.0 \div 0.2 \times S_{prom.}) + 1.0 E$$

$$V_p = 0, A_k = 0$$



ULS-P/T; (M71)
 $\gamma_c (K \times P_d \times (M71))$
 1.45 1.21 1.41



C 30/37 , S 235 , B 500 S (B) , a = 4,0 cm

$$T/P \text{ in } S \Rightarrow \gamma_c = 1.5 \quad , \quad \gamma_s = 1.15 \quad , \quad f_{cd} = \frac{0.85 \cdot 30}{1.5} = 17 \text{ MPa} \quad , \quad f_{sd} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa}$$

$$A \Rightarrow \gamma_c = 1.3 \quad , \quad \gamma_s = 1.0 \quad , \quad f_{cd} = \frac{30}{1.3} = 23 \text{ MPa} \quad , \quad f_{sd} = 500 \text{ MPa}$$

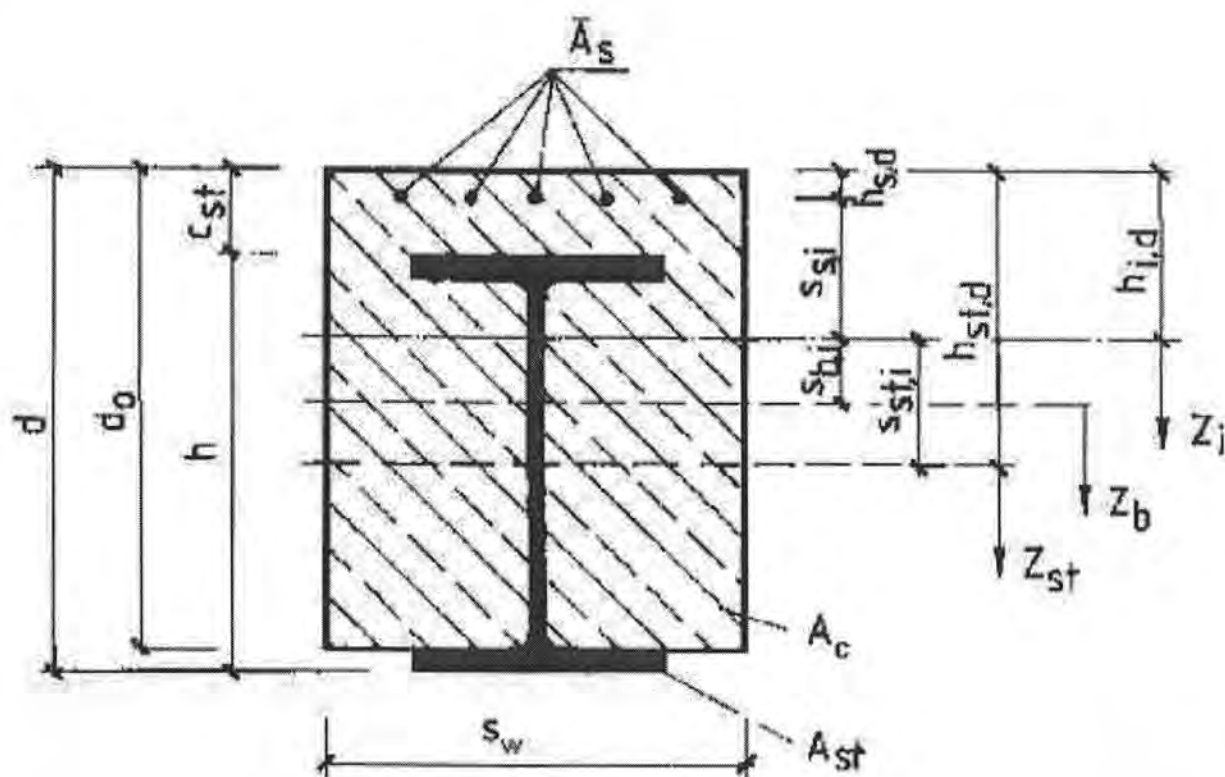
 $\gamma_c = 1.50 \dots \text{za beton}$
$$\gamma_a = 1.0 \text{ (1.1) ... za konstrukcijsko jeklo}$$
 $\gamma_s = 1.15 \dots \text{ za armaturo}$

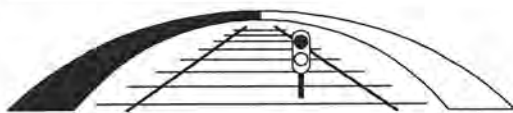
$$f_{ck} = 3.0 \text{ kN/cm}^2, f_y = 23.5 \text{ kN/cm}^2$$

lastnosti sovprežnega prečnega prereza prekl. plošče

$$A_{st} = 218 \text{ cm}^2, s = 1.4 \text{ cm}, t = 2.6 \text{ cm}, b = 30 \text{ cm} \dots [\text{HE-B 450}]$$

$$c_{st}=10\text{ cm} \text{ , } s_{st}=51\text{ cm} \text{ , } d=55\text{ cm} \text{ , } d_0=52.4\text{ cm} \text{ , } h_{st}=45\text{ cm}$$





SREDINA RAZPONOV - POZITIVNI MOMENT

izpolnjen mora biti pogoj

$$M_{Ed} < M_{pl,Rd}$$

$$M_{Ed} = 1372 \text{ kNm} / m' < M_{pl,Rd} = 2026 \text{ kNm} / m' \Rightarrow O.K.$$

Izpolnjen mora biti (in tudi je) pogoj, da je nevtralna os v stojini vbetoniranega nosilca.

$$M_{pl} = Z_{st} \left(d - \frac{h_{st}}{2} - h_{id} \right) + D_b \times \frac{h_{id}}{2} + D_{st,flan} \left(\frac{t}{2} + a_{steg} \right) + D_{st,steg} \times \frac{a_{steg}}{2}$$

$$h_{id} = \frac{A_{st} + 2[s(c_{st} + t) - b t] + \alpha b t}{2 s + \alpha s_{st}} \geq c_{st} + t$$

$$\alpha = \frac{f_{cd}}{f_y / \gamma_a}, \quad a_{steg} = h_{id} - t - c_{st}$$

NAD VMESNO PODPORO - NEGATIVNI MOMENT

Vgradimo vzdolžno armaturo v zgornjo cono Ø18/10 cm.

izpolnjen mora biti pogoj

$$M_{Ed} < M_{pl,Rd}$$

$$M_{Ed} = 1819 \text{ kNm} / m' < M_{pl,Rd} = 2192 \text{ kNm} / m' \Rightarrow O.K.$$

VBETONIRANI JEKL. NOSILCI (po RIL 804.4302, EC 4-2 in UIC Code 773)

ULS - POZITIVNI MEJNI MOM. PLASTICNOSTI PREREZA

jezl.profil HE

Ast ... prerez jezl.pr. (cm ²)	218
s ... deb.stojine (cm)	1,4
t ... deb.pasnic (cm)	2,6
b ... sirina pasnice (cm)	30
hst ... visina jezl.prof (cm)	45

SOVPR.PREREZ

Cst ... deb.bet.nad pasnico (cm)	10
Sst ... razd.med nosilci (cm)	51
d ... skupna max. visina (cm)	55
do ... skupna visina betona (cm)	52,4

MATERIAL

fck ... tl.trdnost bet.cil. (kN/cm ²)	3	C 30/37
γ_c	1,5	0.85 je upostevano v enacbi
f _y ... meja elast. jekla (kN/cm ²)	23,5	S 235
γ_a	1,1	

	α	0,093617021	
plast.prereza ... hid		13,80719101	lega nevtr.osi (od zg. dol)
Cst + t <= hid		12,6	nev.os je v stojini - OK
	a _{steg}	1,207191011	

Z _{st}	4657,272727	
D _c	1197,083461	
D _{st,flan}	3176,727273	
D _{st,steg}	72,2119714	
M _{pl} (kNm/nos.)	1033,299384	1033
M _{pl} (kNm/b=1.0m)	2026,077223	2026

VBETONIRANI JEKL. NOSILCI

NEGATIVNI MEJNI MOM. PLASTICNOSTI PREREZA

jezl.profil HE-B	450
Ast ... prerez jezl.pr. (cm ²)	218
s ... deb.stojine (cm)	1,4
t ... deb.pasnic (cm)	2,6
b ... sirina pasnice (cm)	30
hst ... visina jezl.prof (cm)	45

SOVPR.PREREZ

cst ... deb.bet.nad pasnico (cm)	10	
sst ... razd.med nosilci (cm)	51	
d ... skupna max. visina (cm)	55	
do ... skupna visina betona (cm)	52,4	
Asprerez arm.na nos. (cm ² /nos)	13	Φ 18 / 10 cm x sst
Φ ... premer arm.palic (mm)	18	

MATERIAL

fck ... tl.trdnost bet.cil. (kN/cm ²)	3	C 30/37
γ_c	1,5	0.85 je upostevano v enacbi
f _{y,m} ... meja elast.kon. jekla (kN/cm ²)	23,5	S 235
γ_a	1,1	
f _{y,s} ... meja tecenja arm. (kN/cm ²)	50	S 500
γ_s	1,15	za armaturo

	α	0,093617021	
	β	2,035152636	
plast.prerez ... hid		11,67830972	lega nevtr.osi (od spodaj gor)
hst - 2*t >= hid		39,8	nev.os je v stojini O.K.
a ... zascitni sloj arm.		4	
h _{sd} ... a + Φ /2		4,9	

Z _{st}	4657,272727	
D _c	1012,509453	
D _{st,flan}	3332,727273	
D _{st,steg}	698,5752543	
Z _s	565,2173913	
M _{pl} (kNm/nos.)	1117,821516	1118
M _{pl} (kNm/b=1.0m)	2191,806894	2192

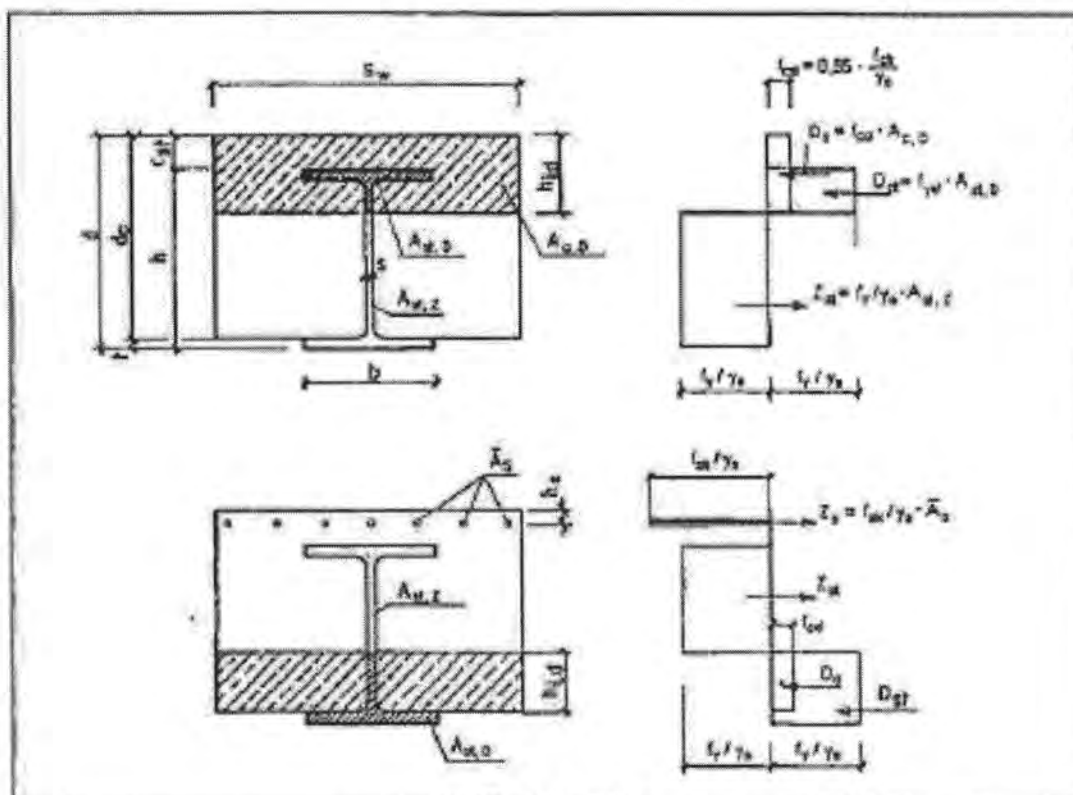
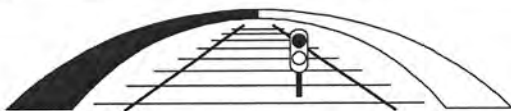


Bild 1-1:

Spannungsverteilung unter der rechnerischen Grenztragfähigkeit mit A_s = Bewehrungsanteil pro Trägerabschnitt s_w

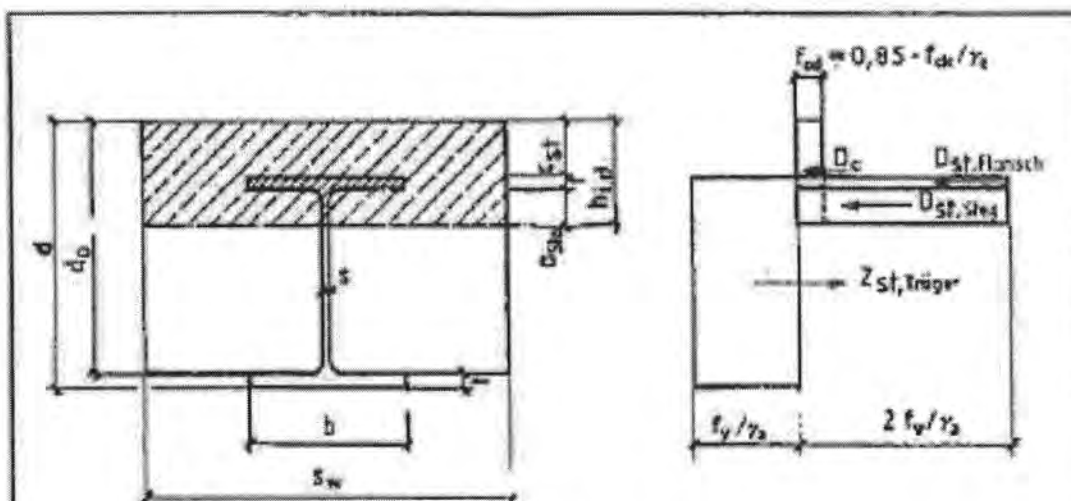


Bild 1-2:

Spannungsverteilung zur Ermittlung der Grenzmomente $M_{pl, Rd}$

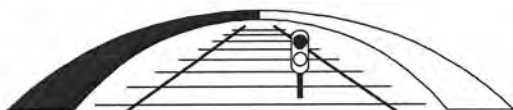
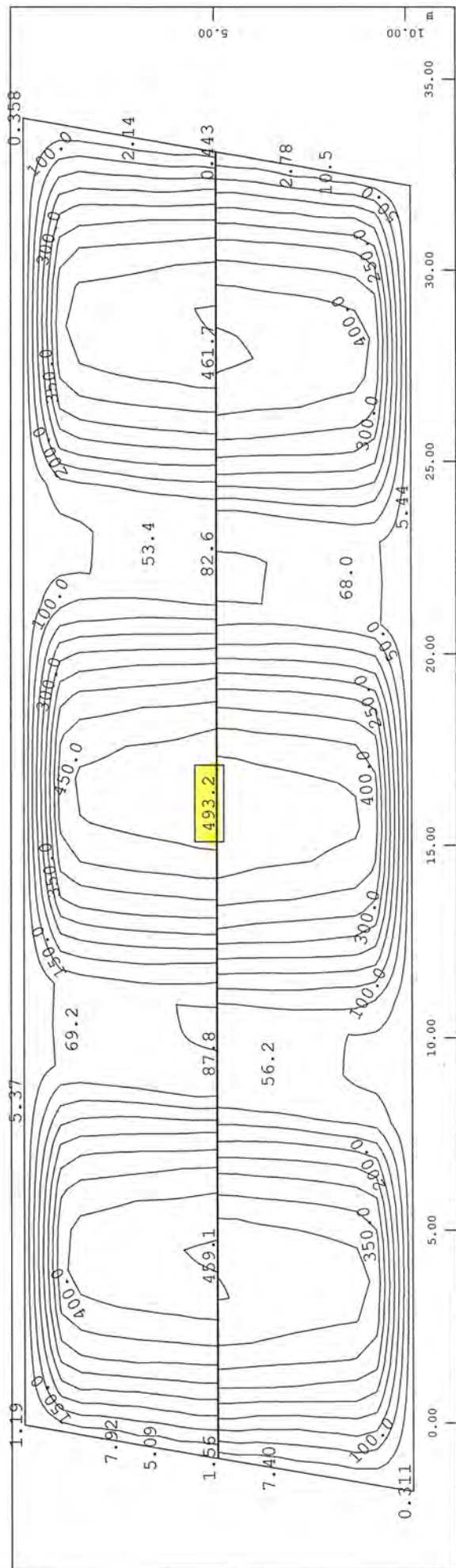


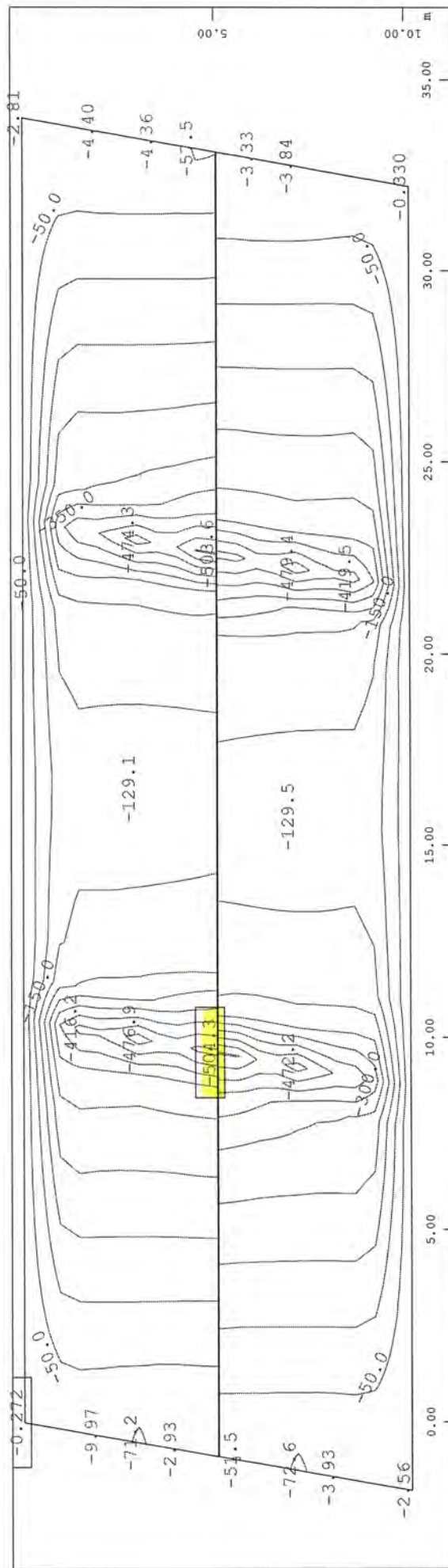
Tabelle 2: Formeln zur Bestimmung von $M_{pl, Rd}$ (vgl. Bild 1-2)

$M_{pl, Rd}$ für positiven Momentenverlauf	$M_{pl, Rd}$ für negativen Momentenverlauf
$D_c = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot s_w \cdot h_{l,d}$	$D_c = 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \cdot s_w \cdot h_{l,d}$
$D_{st, Flan} = \left(\frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 - 0,85 \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \right) \cdot t \cdot b$	$D_{st, Flan} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot t \cdot b$
$D_{st, Steg} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot s \cdot (h_{l,d} - c_{st} - t)$	$D_{st, Steg} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot 2 \cdot s \cdot h_{l,d}$
$Z_{st, Träger} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot A_{st}$	$Z_{st, Träger} = \frac{f_y}{\gamma_a} \cdot A_{st}$
$\alpha = \frac{f_{cd}}{(f_y / \gamma_a)}$	$\beta = \frac{(f_{sk} / \gamma_s)}{(f_y / \gamma_a)}$
$7 \text{ cm} \leq c_{st} \leq h_{l,d} - t \quad (1)$ $c_{st} \leq h/2 \leq 30 \text{ cm} \quad (2)$	$7 \text{ cm} \leq c_{st} \leq h_{l,d} - t \quad (1)$ $c_{st} \leq h/2 \leq 30 \text{ cm} \quad (2)$
$h_{l,d} = \frac{A_{st} + 2[s \cdot (c_{st} + t) - b \cdot t] + \alpha \cdot b \cdot t}{2 \cdot s + \alpha \cdot s_w}$ $\geq c_{st} + t$	$h_{l,d} = \frac{A_{st} + \bar{A}_s \cdot \beta - 2 \cdot b \cdot t}{2 \cdot s + \alpha \cdot s_w}$
$a_{Steg} = h_{l,d} - t - c_{st}$	$Z_s = \frac{f_{sk}}{\gamma_s} \cdot \bar{A}_s$
$M_{pl, Rd} = Z_{st, Träger} \left(d - \frac{h}{2} - h_{l,d} \right)$ $+ D_c \cdot \frac{h_{l,d}}{2}$ $+ D_{st, Flan} \left(\frac{t}{2} + a_{Steg} \right)$ $+ D_{st, Steg} \cdot \frac{a_{Steg}}{2}$	$M_{pl, Rd} = Z_{st, Träger} \left(\frac{h}{2} - t - h_{l,d} \right)$ $+ D_c \cdot \frac{h_{l,d}}{2}$ $+ Z_s (d_0 - h_{l,d} - h_{sd})$ $+ D_{st, Flan} \left(h_{l,d} + \frac{t}{2} \right)$ $+ D_{st, Steg} \cdot \frac{h_{l,d}}{2}$
Bei der Ermittlung der Betondruckkraft wird der Flächenanteil des Stahlträgerflansches abgezogen. Der Einfluss des Stegflächenanteils ist unbedeutend.	
(1) Damit wird erreicht, dass die Nulllinie des Verbundquerschnittes in den Stegbereich des Walzträgers fällt.	
(2) Dadurch sollen die Schubkräfte zwischen Beton und Stahlträgerflansch in vertretbaren Grenzen bleiben.	



M 1 : 156

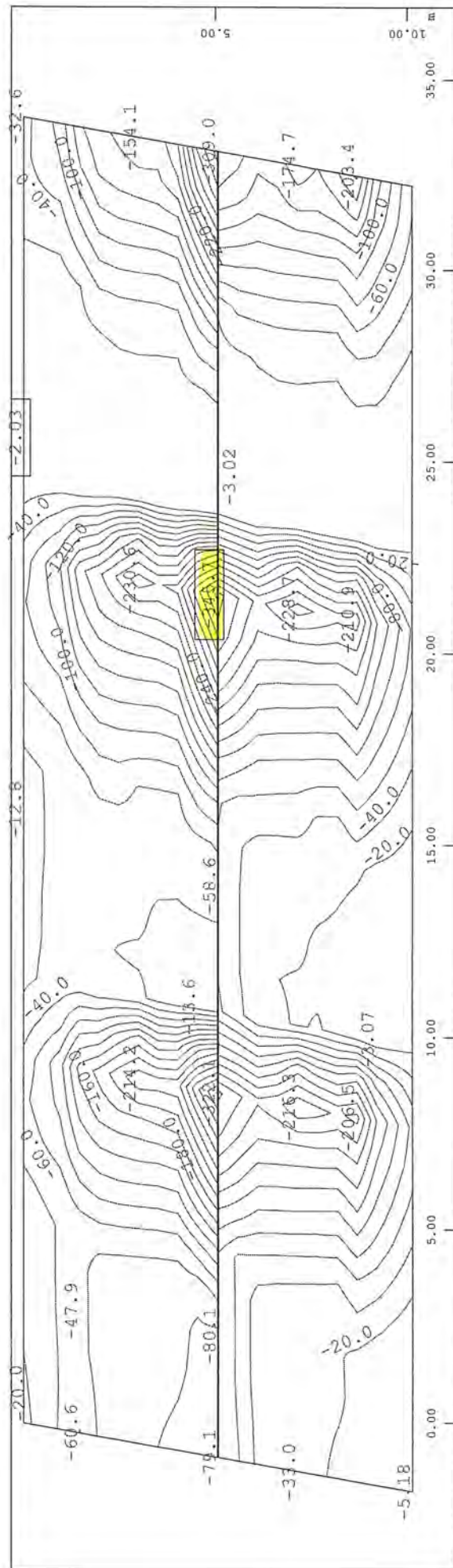
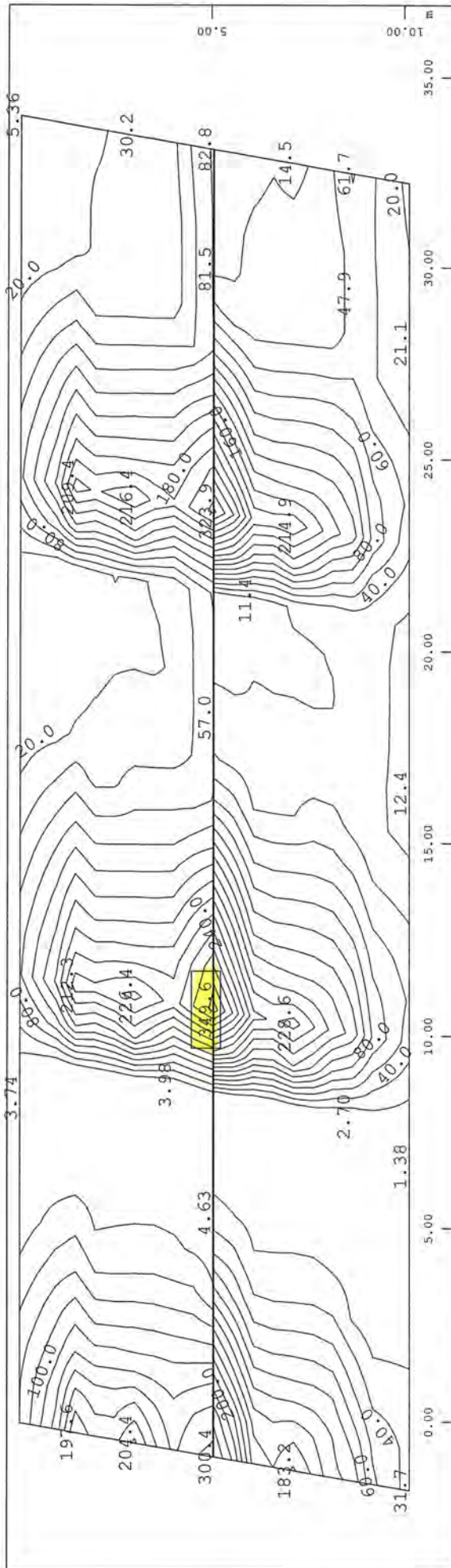
7-X
Sector of system Group 1
Bending moment m-xx in local x in Node
↔, Loadcase 500 MAX-MX QUAD , from 0.311 to 493.2 step 50.0 kNm/m



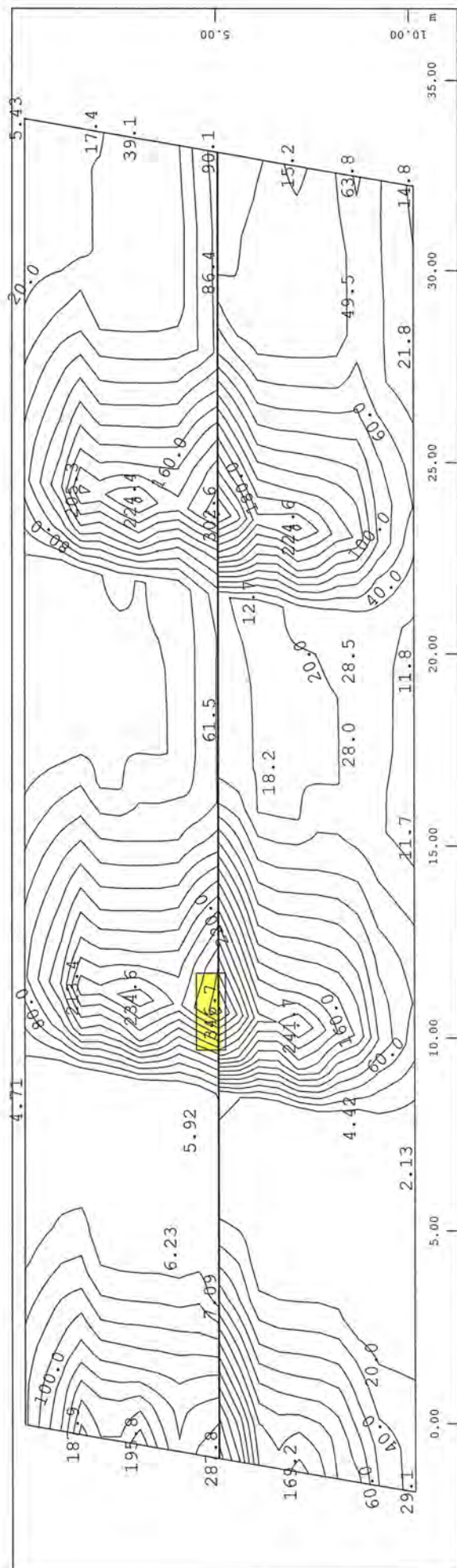
M 1 : 156

7-X Sector of system Group 1
Bending moment m-xx in local x in Node $\leftrightarrow$, Loadcase 501 MIN-MX QUAD , from -504.3 to -0.272 step 50.0 kNm/m

OVERNICA CM71 → Mx

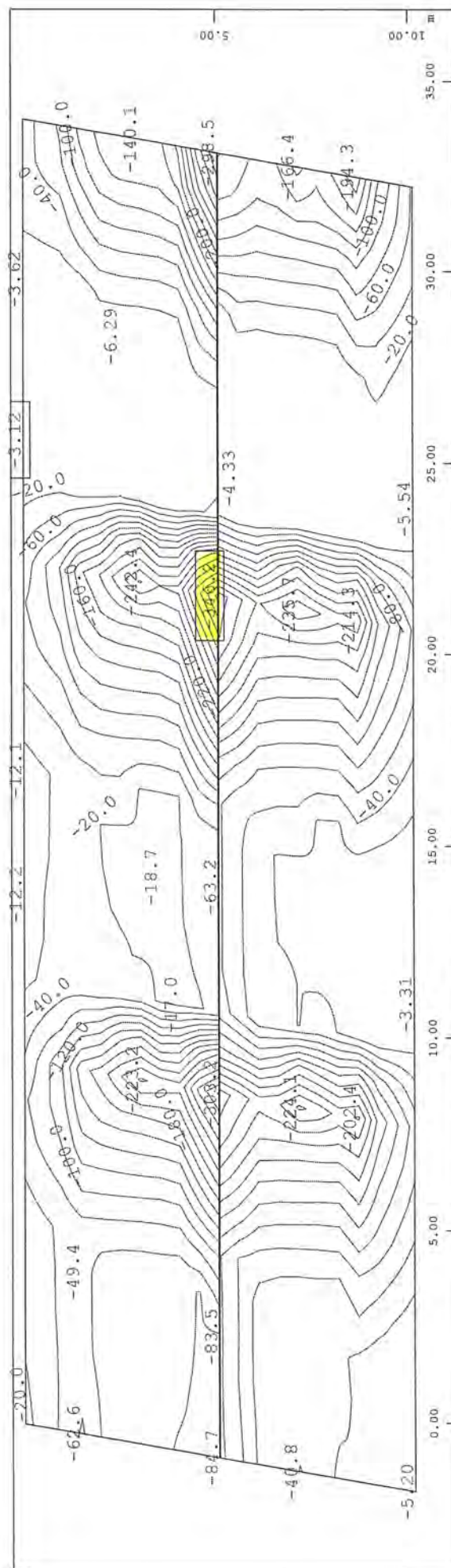


OVOTNICA CM 71 → vx



M 1 : 156

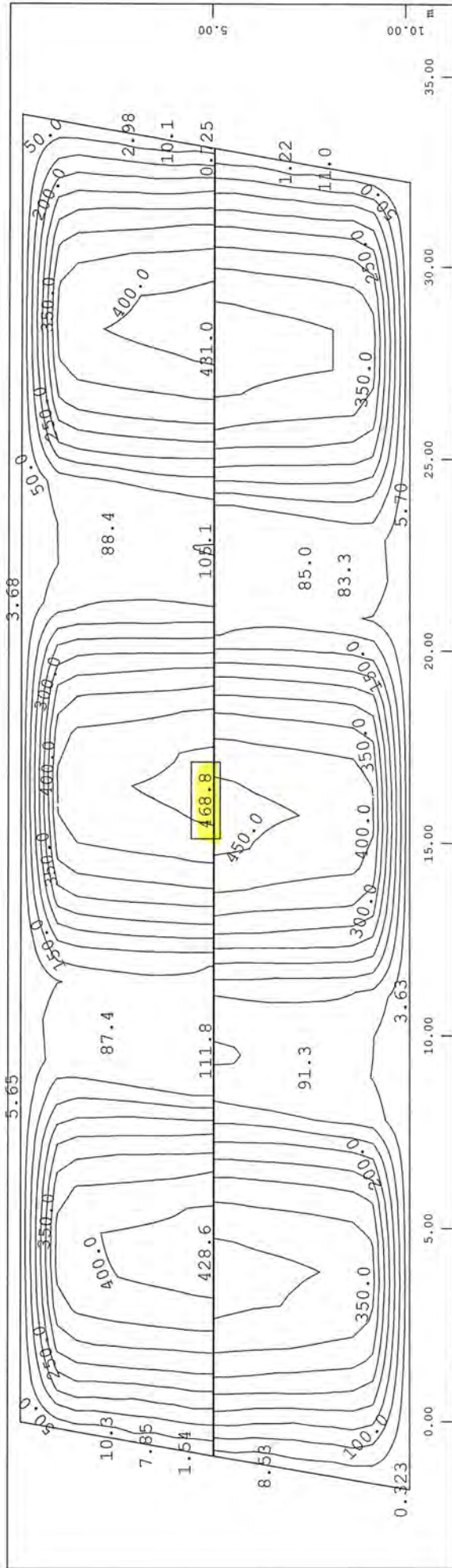
Sector of system Group 1
 $y-x$ Shear force $|v-x|$ in Node $\leftrightarrow$, Loadcase 506 MAX-VX QUAD, from 2.13 to 346.7 step 20.0 kN/m



M 1 : 156

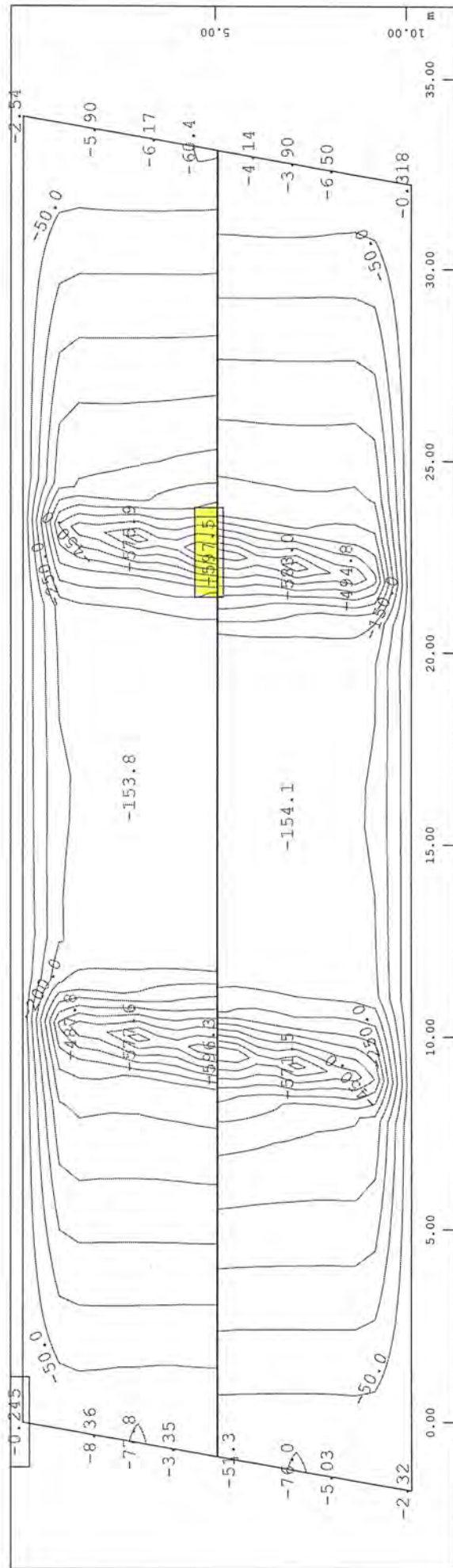
7-X Sector of system Group 1
Shear force $|v-x|$ in Node $\leftrightarrow$, Loadcase 507 MIN-VX QUAD, from -346.2 to -3.12 step 20.0 kN/m

OVERONICA SW/2 $\rightarrow V_x$



M 1 : 156

7-X
Y
Sector of system Group 1
Bending moment m_{xx} in local x in Node $\leftrightarrow$, Loadcase 500 MAX-MX QUAD, from 0.323 to 468.8 step 50.0 kNm/m



M 1 : 156

7-X
Y
Sector of system Group 1
Bending moment m_{xx} in local x in Node $\leftrightarrow$, Loadcase 501 MIN-MX QUAD, from -597.5 to -0.245 step 50.0 kNm/m

OVOTUICA SW/2 → MX



4.2 SLS - MEJNO STANJE UPORABNOSTI

4.2.1 KONTROLA DEFORMACIJE (POVES) SOVPREŽNE PREKLADNE PLOŠČE

$$w = \frac{M \cdot l^2}{9.6 \cdot EJ}$$

Obremenitev od lastne teže plošče in nosilcev (g_1) deluje samo na jekleni nosilec (ob betoniranju).

Obremenitev od stalne koristne obtežbe (g_2 - tirna greda, hidroizolacija in njena zaščita) delujeta na sovprežnem prerezu z razmerjem modulov elastičnosti jekla in betona:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 18$$

Obremenitev od prometa (kratkotrajne koristne obtežbe) delujejo na sovprežni prerezu z razmerjem modulov elastičnosti jekla in betona:

$$n = \frac{E_s}{E_c} = 6$$

V obeh primerih sovprežnega prereza se izračunajo geometrijske karakteristike (vztrajnostni moment) za razpokan in nerazpokan prerezu ter ustrezni povesi. Merodajna je povprečna vrednost med enim in drugim (razpokanim in nerazpokanim prerezom).

$$J = \frac{J_I + J_{II}}{2}$$

Težišče sovprežnega prereza (razpokanega in nerazpokanega) se določi po naslednji enačbi:

$$h_{id} = \frac{(n-1) \cdot (A_{st} \cdot h_{st,d} + \bar{A}_s \cdot h_{s,d}) + A_c \cdot d_0 / 2}{(n-1) \cdot (A_{st} + \bar{A}_s \cdot h_{s,d}) + A_c}$$

Vztrajnostni moment sovprežnega prereza (razpokanega in nerazpokanega) se določi po naslednji enačbi:

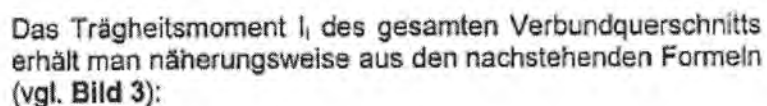
$$J_I = (n-1) \cdot (J_{st} + A_{st} \cdot s_{st,i}^2 + \bar{A}_s \cdot s_{s,i}^2) + A_c \cdot s_{b,i}^2 + \frac{s_w \cdot d_0^3}{12}$$

$$s_{st,i} = \frac{h}{2} + c_{st} - h_{i,d} \quad , \quad s_{s,i} = h_{id} - h_{s,d} \quad , \quad s_{b,i} = 0.5 \cdot d_0 - h_{i,d} \quad , \quad A_c = s_w \cdot d_0 \quad , \quad n = \frac{E_s}{E_c}$$

Predpisan je dopustni poves od prometne obtežbe (pomnožene z dinamičnim faktorjem), ki mora biti manjši od:

$$w_{dop,2} = L / (0.9 \cdot 800) = L / 720$$

$$w_{dop,2} = \frac{1300}{0.9 \cdot 800} = 1.81 \text{ cm} > w_{prom,2} = 1.03 \text{ cm} \rightarrow OK$$



Ermittlung des Trägheitsmomentes I_1

$$I_1 = (n-1)(I_{st} + A_{st} \cdot s_{st,i}^2 + \bar{A} \cdot s_{s,i}^2) + A_c \cdot s_{b,i}^2 + \frac{s_w \cdot d_0^3}{12}$$

$$s_{st,l} = \frac{h}{2} + c_{st} - h_{l,d}$$

$$s_{s,l} = h_{i,d} - h_{s,d}$$

$$s_{b,j} = 0,5 \cdot d_0 - h_{l,d}$$

$$A_c = s_w \cdot d_o$$

(Betonfläche im Zustand I)



VMESNO POLJE

SLS - DEFORMACIJA

HE-B 450 ... J _{st} (cm ⁴)	79890
n (t=00)	18
n (t=0)	6
A _s + z _g ... kons.arm.zg.	3,9
h _{sd} =a+f _i /2 . zasc.sloj bet.nad arm.zg.	4
A _b ... bruto prerez bet.	2672,4
L ... razpon (cm)	1300

		nevtralna os je v teziscu nerazpokanega prereza ($x = h_{id}$)	
	nerazpokan prerez	razpokan prerez	
t=00			hid,raz - tez. raz. prer.
stanje elastičnosti - $h_{id,t=00}$	29,59440781	27,08335316	
$S_{st,i}$	2,905592192	5,416646842	
$S_{s,i}$	25,59440781	23,08335316	
$S_{b,i}$	-3,394407808	-14,7972039	
$J_{i,t=00}$	2075121,322	1942825,521	
$A_{c,raz}$	-	1509,314798	
t=0			hid,raz - tez. raz. prer.
stanje elastičnosti - $h_{id,t=0}$	27,90128771	22,08504353	
$S_{st,i}$	4,598712287	10,41495647	
$S_{s,i}$	23,90128771	18,08504353	
$S_{b,i}$	-1,701287713	-13,95064386	
$J_{i,t=0}$	1052856,977	910117,8713	
$E_{st,ekv}$	21000		

I (prenasa jekl.nos.sam)

M_{g1} ... mom.od LT pri
bet.(kNm/sst)

153

w_{g1} ... povs od LT pri bet. (cm)

0,321088819

0,32

4049

II (prenasa sovp.pr. z n=18)

M_{g2} ... mom.od stal.kor. (kNm/sst)

219

nerazpokan
prerez

razpokan prerez

$J_{mer} =$
 $(J_{hom} + J_{raz})/2$

w_{g1} ... povs od stal.kor. (cm)

0,318492566

0,340180169

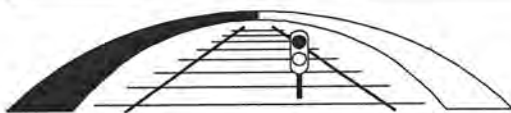
0,33

u/L

4082

3822

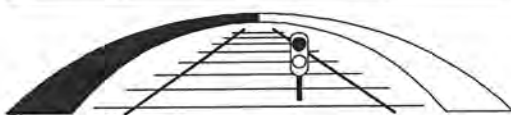
3939



III (prenasa sovp.pr. z n=6)	nerazpokan	razpokan	
M _p ... mom.od prom. (kNm/sst) x	prerez	prerez	
φd	300		
W _{g1} ... poves od prom. (cm)	0,955450173	1,105299009	1,03
	u/L	1361	1176
			1262
W _{dop} ... okvirni dop.poves L/800			
(cm)	1,625	O.K. - w(prom)<w(dop)	
od prom. obt.			
W _{nad} ... potrebno nadvisanje (cm)	0,91		

SLS - napetosti v betonu in konstrukcijskem jeklu

W _{nosilca} ... odpor.mom. (W=J/y) (cm ³)	3551	
W _{sovp,razpokan,sp} za n = 18 (t=00)	3866	na jeklo
W _{sovp,razpokan,sp} za n = 6 (t=0)	4608	na jeklo
W _{sovp,razpokan,zg} za n = 18 (t=00)	71735	na beton
W _{sovp,razpokan,zg} za n = 6 (t=0)	41210	na beton
fy ... meja tec.kons.jekla (MPa)	235	S
fs,dop = fy/1.15 ... dop.nap.v jeklu	204	235
f _{ck} ... tlačna trdnost betona (Mpa)	30	C
fc,dop = 0.6 f _{ck} .. dop.nap.v bet.Mpa	18	30/37
NAP. V JEKLU (spodaj) MPa	165	OK
NAP. V BETONU (zgoraj) MPa	10,3	OK
NAP. v jeklu ob betoniranju (Mpa)	43	OK



KRAJNO POLJE

SLS - DEFORMACIJA

HE-B 450 ... J_{st} (cm⁴) 79890

n (t=00) 18
 n (t=0) 6

A_{s+} zg ... kons.arm.zg. 3,9 (cm²)
 $h_{sd}=a+f_i/2$. zasc.sloj bet.nad arm.zg. 4 (cm)

A_b ... bruto prerez bet. 2672,4 (cm²)

L ... razpon (cm) 1050

	nevtralna os je v teziscu nerazpokanega prereza ($x = h_{id}$)		
	nerazpokan prerez	razpokan prerez	
$t=00$			
stanje elastičnosti - $h_{id,t=00}$	29,59440781	27,08335316	$h_{id,raz} - \text{tez. raz.}$ prer.
$S_{st,i}$	2,905592192	5,416646842	
$S_{s,i}$	25,59440781	23,08335316	
$S_{b,i}$	-3,394407808	-14,7972039	
$J_{i,t=00}$	2075121,322	1942825,521	
$A_{c,raz}$	-	1509,314798	
$t=0$			
stanje elastičnosti - $h_{id,t=0}$	27,90128771	22,08504353	$h_{id,raz} - \text{tez. raz.}$ prer.
$S_{st,i}$	4,598712287	10,41495647	
$S_{s,i}$	23,90128771	18,08504353	
$S_{b,i}$	-1,701287713	-13,95064386	
$J_{i,t=0}$	1052856,977	910117,8713	
$E_{st,ekv}$	21000		

I (prenasa jekl.nos.sam)

M_{g1} ... mom.od LT pri
bet.(kNm/sst) 105

w_{g1} ... povs od LT pri bet. (cm) 0,287504694

0,29
3652

II (prenasa sovp.pr. z $n=18$)

M_{g2} ... mom.od stal.kor. (kNm/sst) 150

w_{g1} ... povs od stal.kor. (cm) 0,284621913

u/L 3689

nerazpokan
prerez

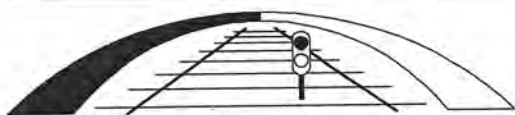
razpokan prerez

$J_{mer} =$
 $(J_{hom} + J_{raz})/2$

0,30400311

3454

0,29
3621



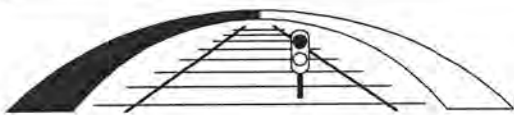
III (prenasa sovp.pr. z n=6) Mp ... mom.od prom. (kNm/sst) x φd	nerazpokan prerez	razpokan prerez	
	260		
Wg1 ... poves od prom. (cm)	0,540196829	0,624919055	0,58
u/L	1944	1680	1810

Wdop ... okvirni dop.poves L/800 (cm)	1,3125	O.K. - w(prom)<w(dop)
od prom. obt.		
Wnad ... potrebno nadvisanje (cm)	0,73	

IV ZASUK NA KONCU PL. (od prom.)	0,002209524	max.dop.zasuk 0,0065 rd	OK
-------------------------------------	-------------	----------------------------	----

SLS - napetosti v betonu in konstrukcijskem jeklu

Wnosilca ... odpor.mom. (W=J/y) (cm ³)	3551	
Wsovp,razpokan,sp za n = 18 (t=00)	3866	na jeklo
Wsovp,razpokan,sp za n = 6 (t=0)	4608	na jeklo
Wsovp,razpokan,zg za n = 18 (t=00)	71735	na beton
Wsovp,razpokan,zg za n = 6 (t=0)	41210	na beton
fy ... meja tec.kons.jekla (MPa)	235	S 235
fs,dop = fy/1.15 ... dop.nap.v jeklu	204	
fck ... tlačna trdnost betona (Mpa)	30	C 30/37
fc,dop = 0.6 fck .. dop.nap.v bet.Mpa	18	
NAP. V JEKLU (spodaj) MPa	125	OK
NAP. V BETONU (zgoraj) MPa	8,4	OK
NAP. v jeklu ob betoniranju (Mpa)	30	OK



AB prerez (za primerjavo)

$$t = 0$$

$$E_{c0} = 31.5 \cdot 10^6 \text{ kN} / \text{m}^2$$

$$t = \infty$$

$$E_{c\infty} = 12.6 \cdot 10^6 \text{ kN} / \text{m}^2$$

Pri preverjanju deformacij je potrebno upoštevati obtežno shemo UIC71 pomnoženo z dinamičnim faktorjem in $\alpha = 1.0$. Upošteva se prometna obtežba samo na enem tiru (E_c 1/3 tc. 6.9.1(5) in (6)).

tabelaričen pregled deformacij prekladne plošče (mm)

	Krajno polje	Vmesno polje
LT (prenaša HE-B 450)	2.9	3.2
SK (n=18)	2.9	3.3
Promet (n=6)	5.8	10.3

poves prekladne konstrukcije od prometa

$$w_{pr}^{dop} = \frac{l}{0.9 \cdot 800} = \frac{10500}{720} = 14.6 \text{ mm} > w_{pr} = 6 \text{ mm} \dots \text{prvo polje}$$

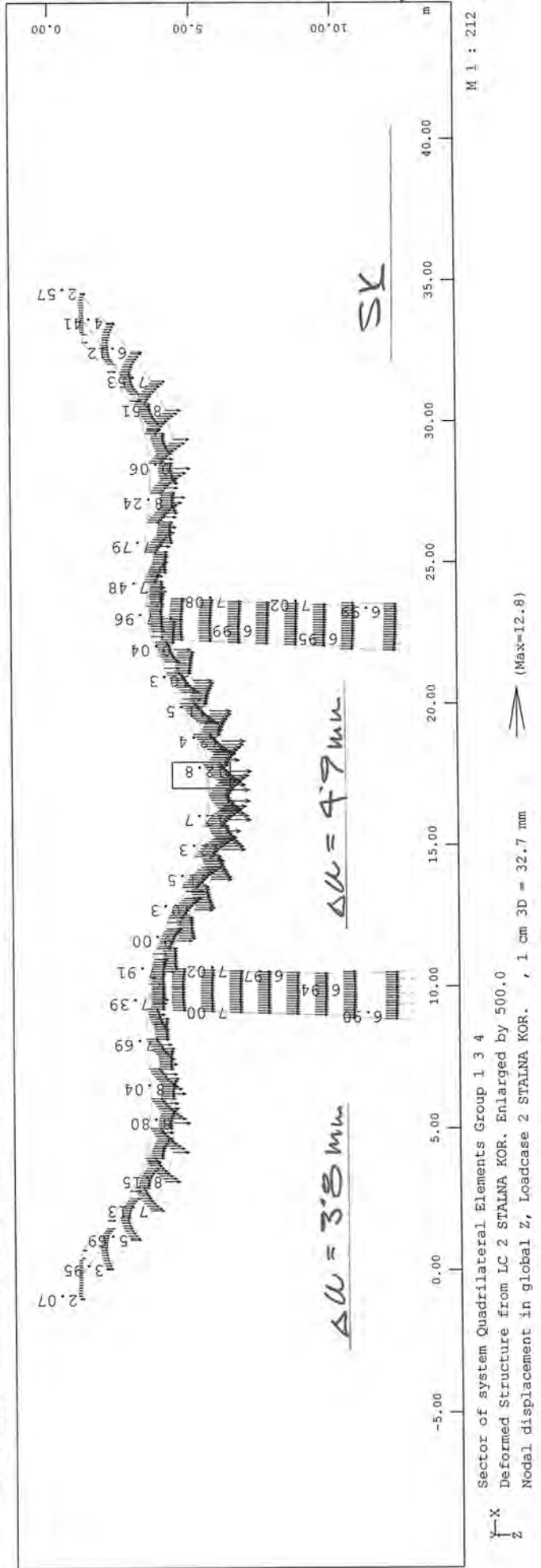
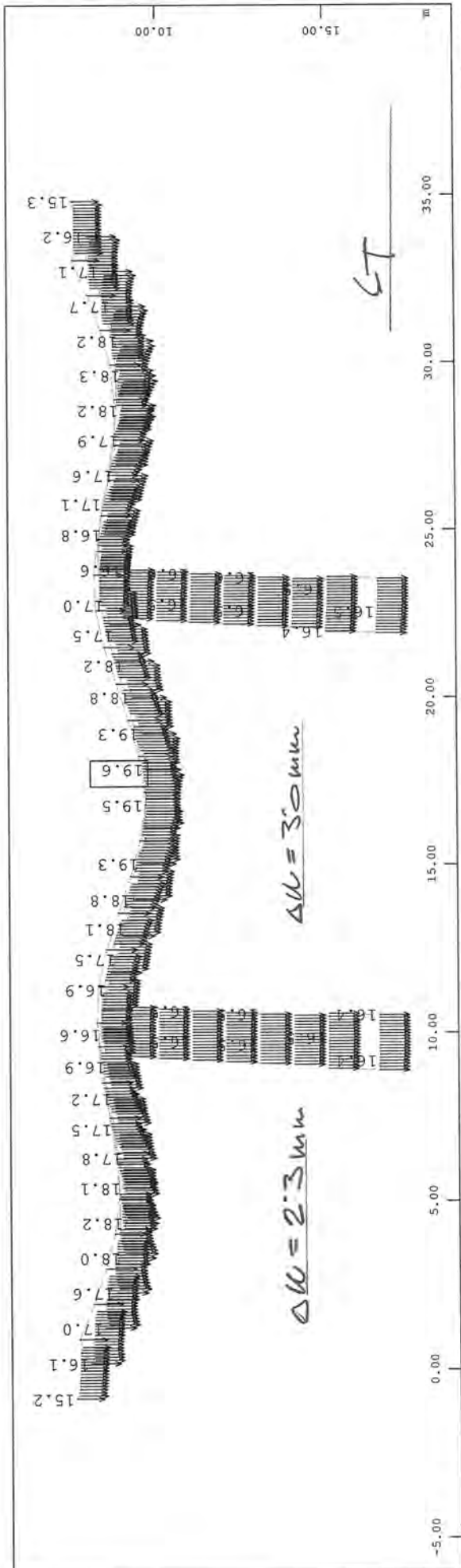
$$w_{pr}^{dop} = \frac{l}{0.9 \cdot 800} = \frac{13000}{720} = 18.0 \text{ mm} > w_{pr} = 10 \text{ mm} \dots \text{drugo polje}$$

nadvišanje konstrukcije

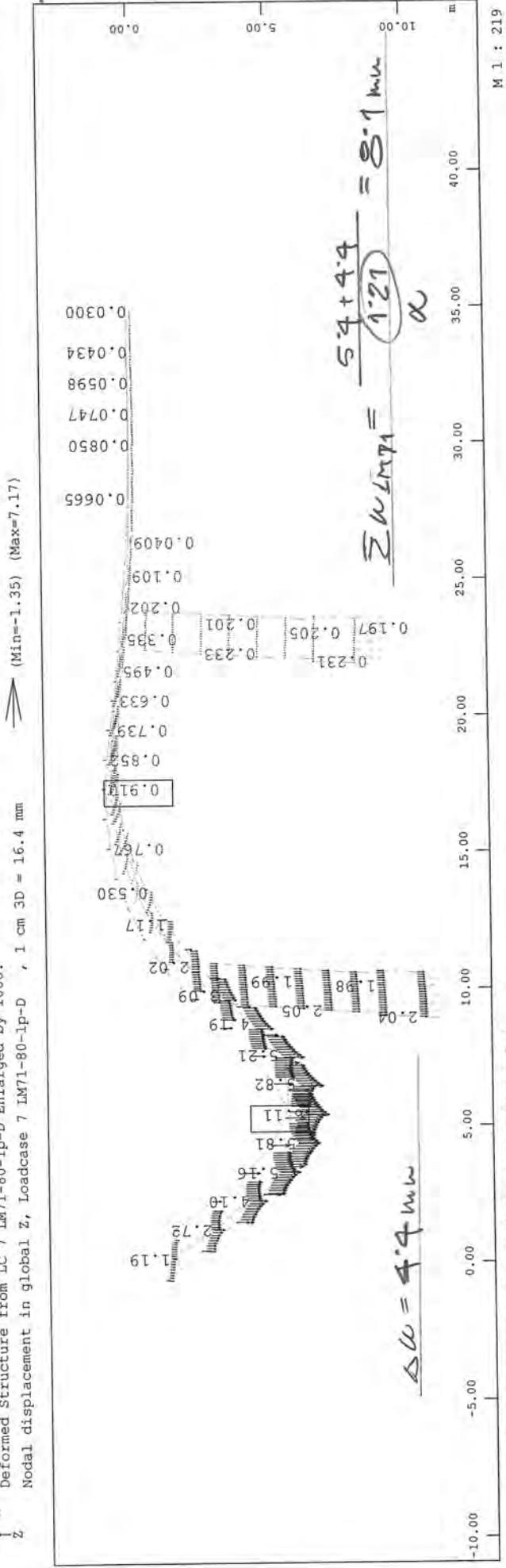
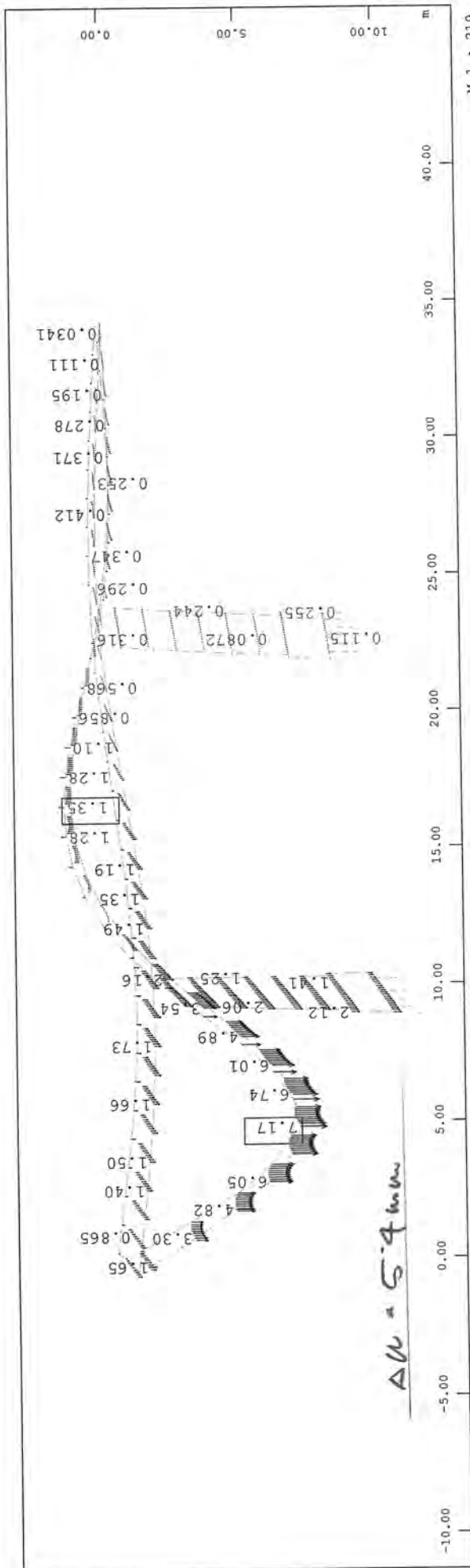
$$w_{nad} = 2.9 + 2.9 + 0.5 \cdot 5.8 = 9.7 \text{ mm} \Rightarrow h_{nad} = 10 \text{ mm} \dots \text{prvo polje}$$

$$w_{nad} = 3.2 + 3.3 + 0.5 \cdot 10.3 = 11.7 \text{ mm} \Rightarrow h_{nad} = 12 \text{ mm} \dots \text{drugo polje}$$

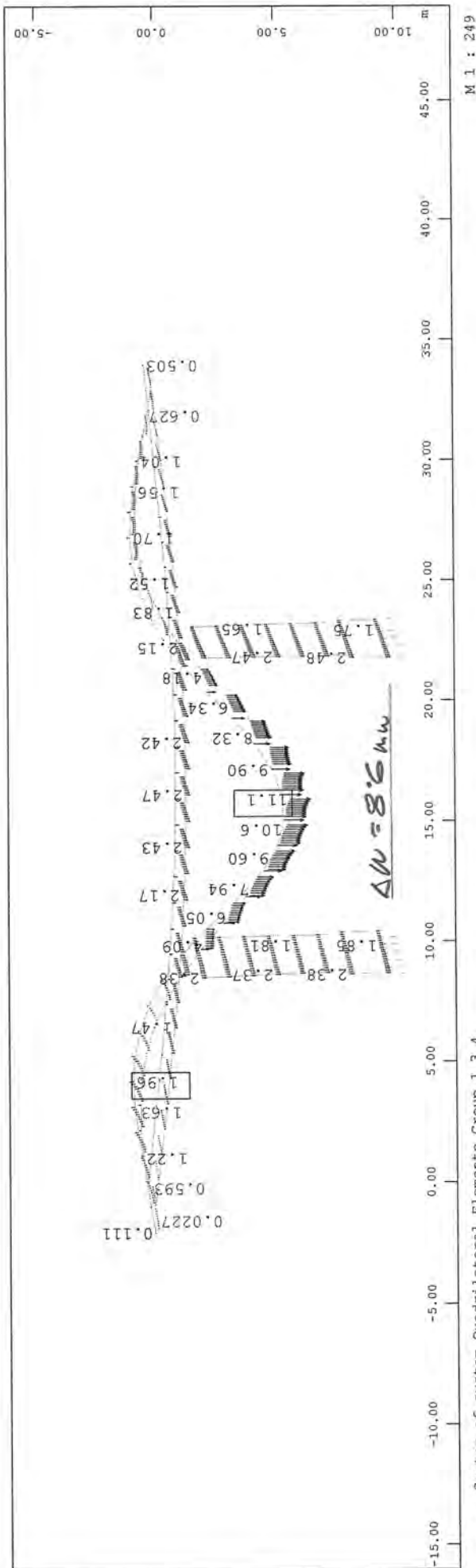
DEF. HOMOGENEGA BET. PREPERA (za primerjavo)



KRAJNO TOČE (za primerjavo)



VRESNO POLJE (2. primjerak)

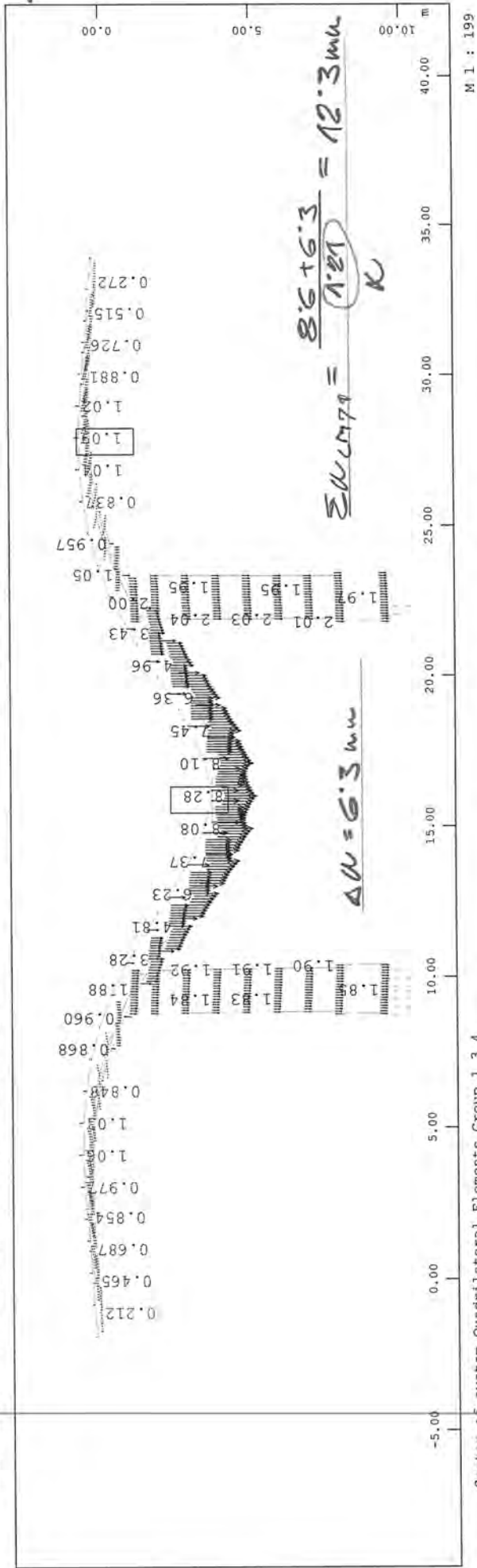


(Min=-1.96) (Max=11.1)

(Min=-1.96) (Max=11.1)

Y-X
Z

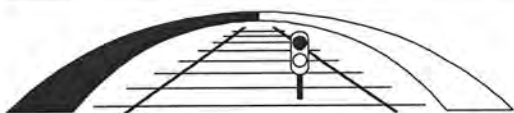
88



(Min=-1.09) (Max=8.28)

(Min=-1.09) (Max=8.28)

Y-X
Z



4.2.2 ZASUK NAD PODPORO

Zasuk od prometne obtežbe mora biti nad podporo manjši od 6.5×10^{-3} rd.

$$\theta_{pr} = 3.3 \cdot 10^{-3} \text{ rd} < \theta_{pr, \max} = 6.5 \cdot 10^{-3} \text{ rd}$$

4.2.3 NAPETOSTI V BETONU IN KONSTRUKCIJSKEM JEKLU

Napetost v jeklu (SLS) spodaj ne sme preseči vrednosti $f_y/1.15$:

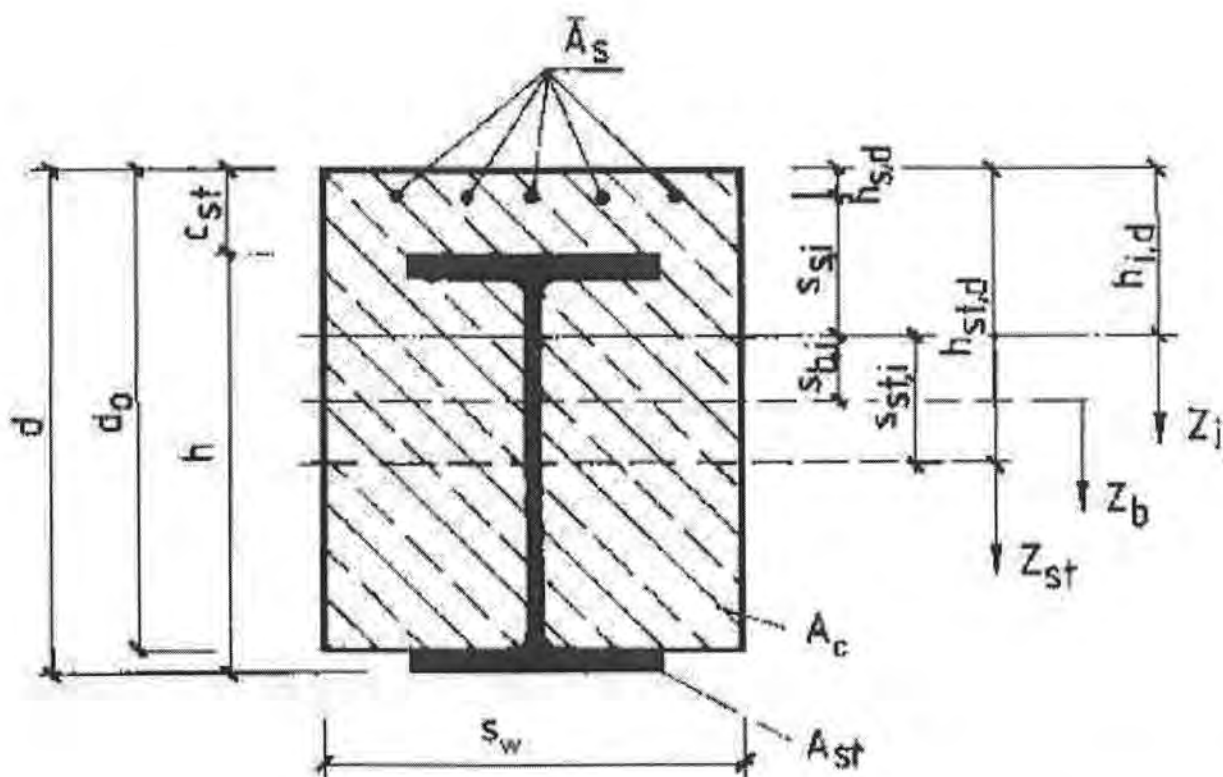
$$\sigma_s = \frac{M_{g1}}{W_{jekl.nos}} + \frac{M_{g2}}{W_{s,t=\infty}} + \frac{M_{pr}}{W_{s,t=0}} = 165 \text{ MPa} < \frac{235}{1.1} = 215 \text{ MPa} \rightarrow OK$$

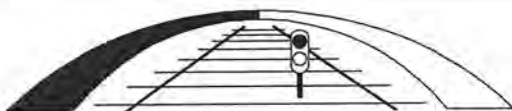
Napetost v betonu zgoraj (SLS) ne sme preseči vrednosti $0.6 f_{ck}$:

$$\sigma_c = \frac{M_{g2}}{W_{c,t=\infty}} + \frac{M_{pr}}{W_{c,t=0}} = 10.3 \text{ MPa} < f_{c,dop} = 0.6 \cdot f_{ck} = 0.6 \cdot 30 = 18 \text{ MPa}$$

Napetost v jeklu ob betoniranju znaša:

$$\sigma_{s,nos} = \frac{M_{g1}}{W_{jekl.nos.}} = \frac{110 \cdot 10^{-3}}{3550 \cdot 10^{-6}} = 31 \text{ MPa} < \frac{235}{1.1} = 215 \text{ MPa}$$





4.2.4 KONTROLA VITOPERJENJA PREKLADNE PLOŠČE

Vsled vertikalne prometne obtežbe in centrifugalne sile (tukaj je ni - tir v premi) vitoperjenje ne sme biti prekoračeno.

V prečnem prerezu na mestu največjega vitoperjenja (neposredno za poševno podporo) znaša diferenčni poves med levo in desno tirnico:

$$t_1 = 0.5 + 0.5 = 1.0 \text{ mm} \dots \text{dif. poves med levo in desno tirnico neposredno za podporo}$$

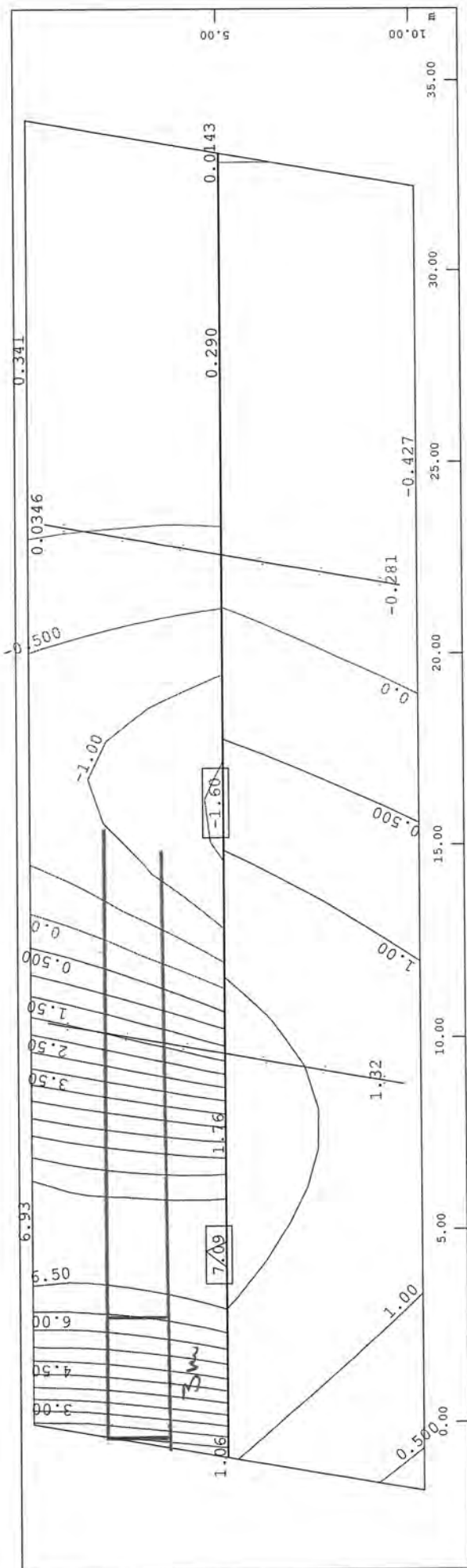
V prečnem prerezu 3.0 m naprej od zgornjega prereza znaša prečni diferenčni poves med levo in desno tirnico:

$$t_{1+3.0m} = 0.1 + 0.25 = 0.35 \text{ mm} \dots \text{dif. poves med levo in desno tirnico 3.0 m naprej}$$

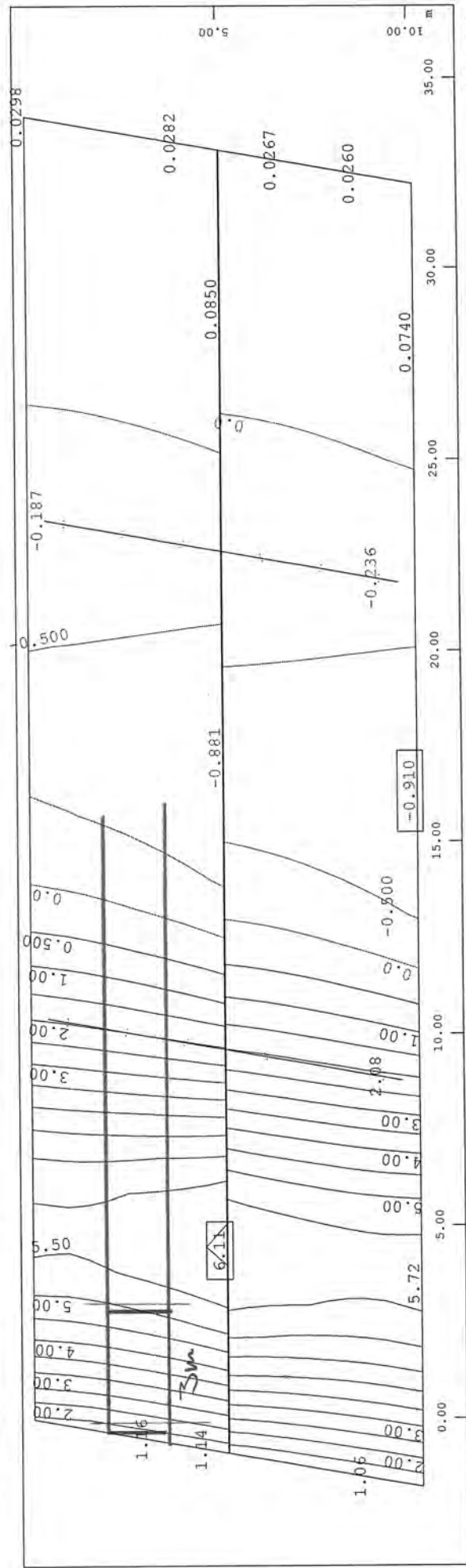
Diferenčni poves med prerezom 1 in 1+3.0 m znaša:

$$t_1 - t_{1+3.0m} = 1.0 - 0.35 = 0.65 \text{ mm} \ll t_{dop} = 3.0 \text{ mm}$$

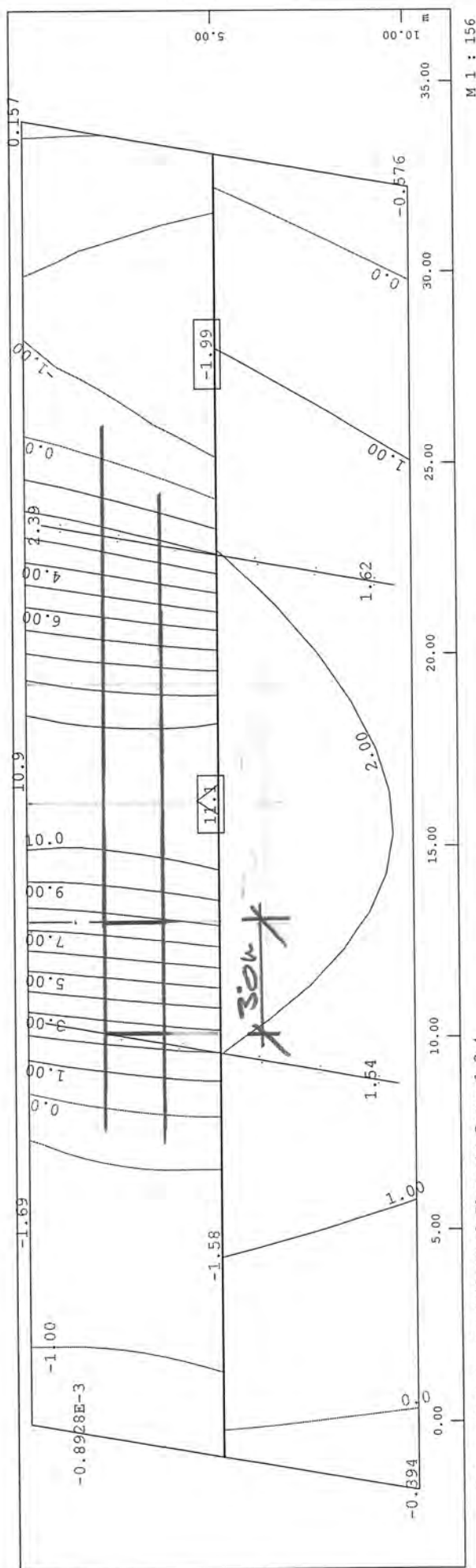
Vitoprjenje se je merodajno takrat, kadar so izohipse povesov v enem prerezu poševne glede na smer tirnic, v prerezu 3.0 m naprej (ali nazaj) pa je ta poševnost manjša ali pa je izohipsa morda celo že pravokotna na tir.



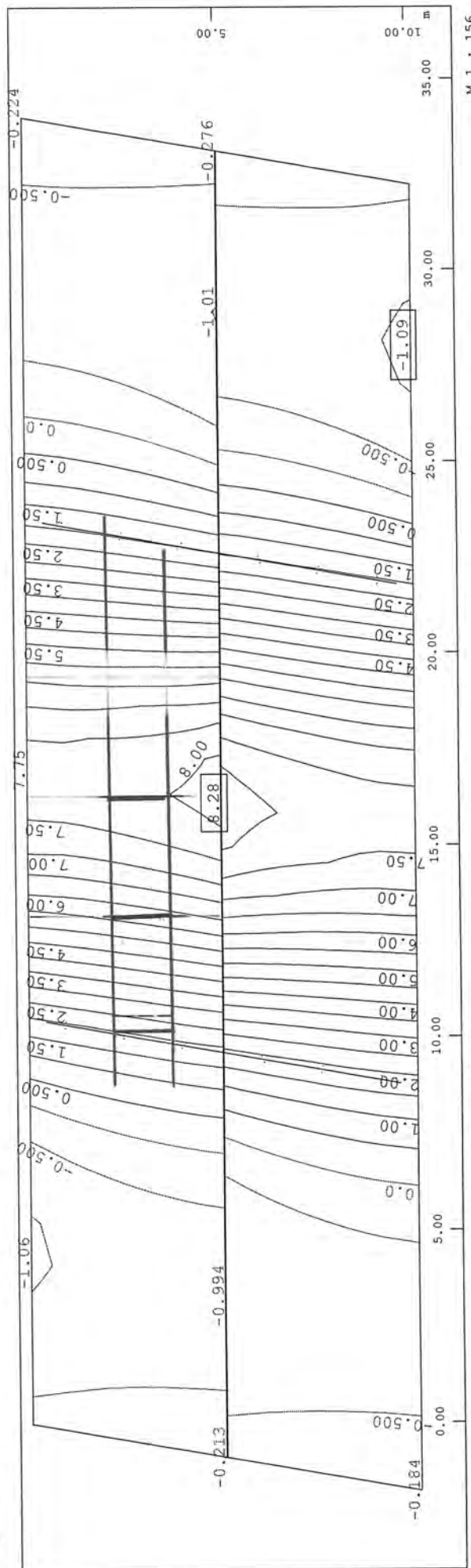
83



LM71 v krajnem polju

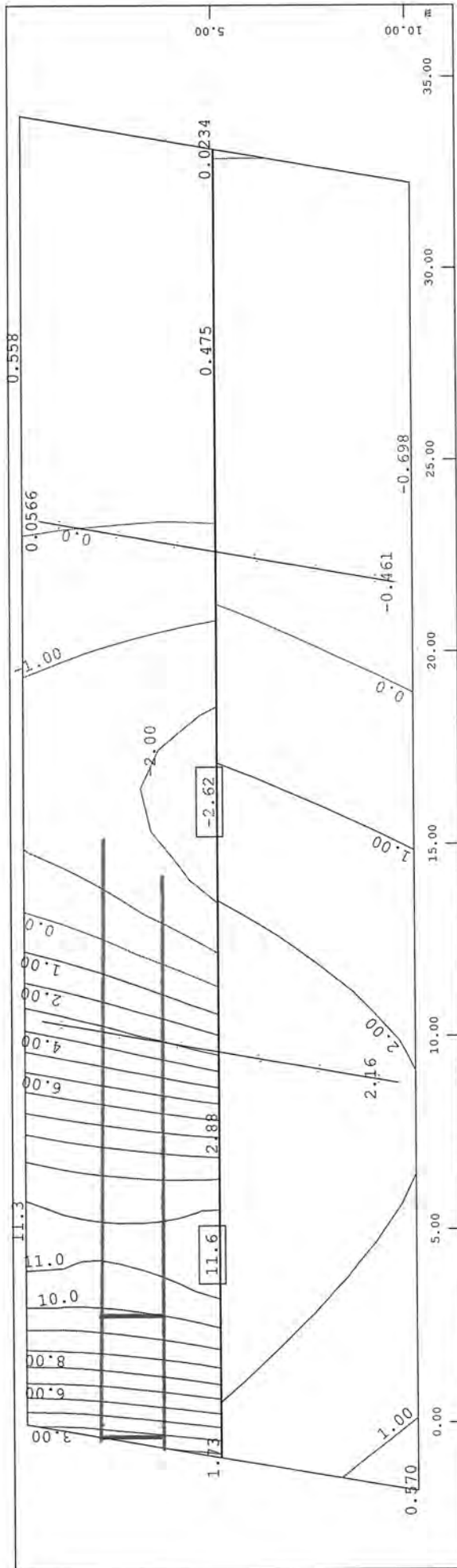


7-X Sector of system Quadrilateral Elements Group 1 3 4
 ○, Loadcase 5 LM71-80-2p-L, from -1.99 to 11.1 step 1.00 mm

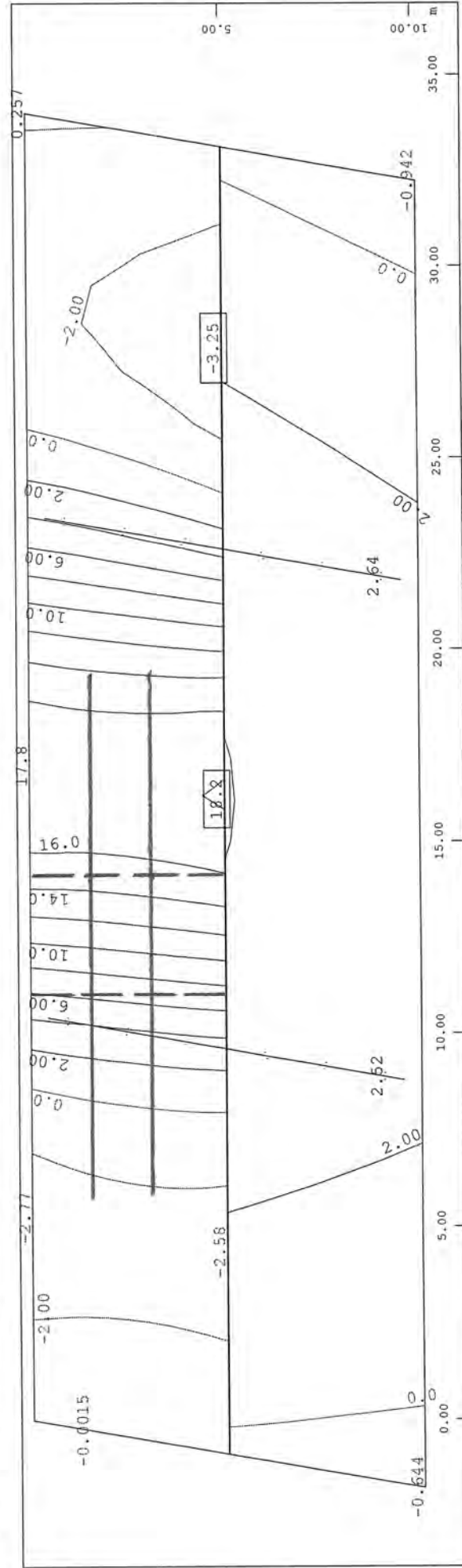


7-X Sector of system Quadrilateral Elements Group 1 3 4
 ○, Loadcase 24 LM71-250-2-L, from -1.09 to 8.28 step 0.500 mm
 ○, Nodal displacement in global Z in Node

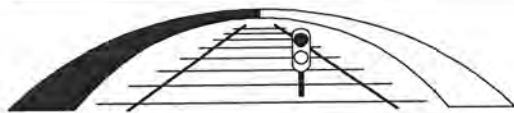
LM71 x srednjem polju



87A



SW/2 v kvajnen in srednjem
polju



4.3 ULS - KONTROLA STRIGA V PREKLADNI PLOŠČI

Predpostavljeno je, da bodo strig prenašali jekleni nosilci sami.

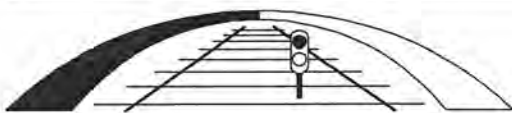
$$\left[V_d \cong \frac{1}{8} \cdot (1.35 \cdot (0.6 \cdot 25 \cdot 5.5 \cdot 6.5 + 17.0 \cdot 5.5 \cdot 6.5) + 1.45 \cdot 1.41 \cdot 150 \cdot 6.5) = 360 \text{ kN / nos} \right]$$

$$V_d = 750 \cdot 0.51 = 382 \text{ kN / nos}$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{80 \cdot (23.5 / \sqrt{3})}{1.0} = 1085 \text{ kN / nos}$$

$$A_v = 218 - 2 \cdot 30 \cdot 2.6 + 2.6 \cdot (1.4 + 2 \cdot 2.7) = 80 \text{ cm}^2 / \text{nos}$$

$$V_{pl,Rd} > V_{Ed} \rightarrow OK$$



4.4 PREČNIK NAD LEŽIŠČI

Nad vmesno podporo

$$b/h = 115/75 \text{ cm}$$

$$V_1 = 2400 \text{ kN} / \text{ležišče}$$

$$q = \frac{3 \cdot 2400}{3.1} = 2322 \text{ kN} / \text{m}$$

$$M_{D,\min} = 1.5 \cdot \frac{2322 \cdot 1.55^2}{8} = -1046 \text{ kNm}$$

$$M_{D,\max} = 1.5 \cdot \frac{2322 \cdot 1.55^2}{14} = +598 \text{ kNm}$$

min. moment - arm. zgoraj

$$k_h = \frac{M_u}{f_{cd} \times b \times h^2} = \frac{1046}{17000 \times 1.15 \times 0.69^2} = 0.11$$

$$A_s = k_s \times \frac{M_u}{\sigma_s \times h} = 1.07 \times \frac{1046 \times 10^2}{43.5 \times 69} = 37.2 \text{ cm}^2 / \text{prečnik} \dots 12 \text{ kom } \varnothing 20$$

max. moment - arm. spodaj

$$k_h = \frac{M_u}{f_{cd} \times b \times h^2} = \frac{598}{17000 \times 1.15 \times 0.69^2} = 0.06$$

$$A_s = k_s \times \frac{M_u}{\sigma_s \times h} = 1.05 \times \frac{598 \times 10^2}{43.5 \times 69} = 20.9 \text{ cm}^2 / \text{prečnik} \dots 12 \text{ kom } \varnothing 16$$

→ uposteva se prerezporazporeditev momenta iz vmesne podpore v polje
do velikosti, ko se moment nad podporo in v polju izenacita

$$A'_s = \frac{37.2 + 20.9}{2} = 29.1 \text{ cm}^2 \dots \text{v zgornji in spodnji coni}$$

$$A'_{s1} = \frac{29.1}{12} = 2.43 \text{ cm}^2 \rightarrow 12 \text{ kom } \varnothing 18 \text{ (} e = 9.5 \text{ cm)}$$

$$A_{s,\min} = 115 \cdot 70 \cdot \frac{0.15}{100} = 12.1 \text{ cm}^2$$

Nad krajno podporo je potrebno vgraditi 70 % upogibne armature vmesne podpore.

Strižna armatura:

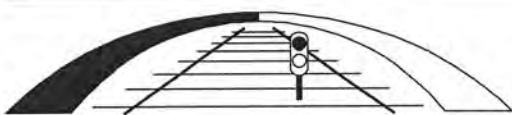
$$V_d = 0.625 \cdot 2322 \cdot 1.55 = 2249 \text{ kN}$$

Statični razpon znaša 1.55m, svetli med robom ležišča (neoprena) pa samo 1.1 m.

Konstruktivska višina znaša 75 cm, kar pomeni, da se prečna sila prenaša direktno v ležišče in se vgradi samo konstrukcijska strižna armatura

stremena $\varnothing 14$, $n = 4$

$e = 10 \text{ cm}$... dve vrsti med pasnicama sosednjih jebl. nosilcev



5. LEŽIŠČA

Uporabljena so neoprenska ležišča. Tip gume CR (chloroprene rubber).

5.1 VERTIKALNE REAKCIJE LEŽIŠČ

So izračunane s programom Sofistik.

Merodajna kombinacija SLS-CR.

Os podpore 1 in 4 - krajne podpore

$$R_{ver,max}^{SLS} = 1100 \text{ kN} \Rightarrow \text{dim. } 250 \times 400 \rightarrow V_{dop}^{SLS} = 1300 \text{ kN}$$

Os podpore 2 in 3 - vmesne podpore

$$R_{ver,max}^{SLS} = 2300 \text{ kN} \Rightarrow \text{dim. } 350 \times 450 \rightarrow V_{dop}^{SLS} = 2400 \text{ kN}$$

5.2 TIP LEŽIŠČA

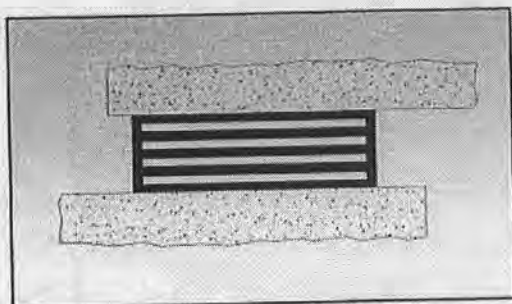
Za tip ležišča B (jeklne plošče so v celoti vgrajene v neopren, ki je tako na vseh zunanjih površinah ležišča) morajo biti minimalni pritiski pod ležiščem 250×400 večji od 3 N/mm^2 , za ležišča velikosti 350×450 pa minimalno 5 N/mm^2 .

Minimalna reakcija bi morala biti za tip ležišča B večja od spodaj izračunane. V kolikor je leta večja, je potrebno vgraditi tip ležišča C (sidrano ležišče z jekleno ploščo na zgornji in spodnji površini).

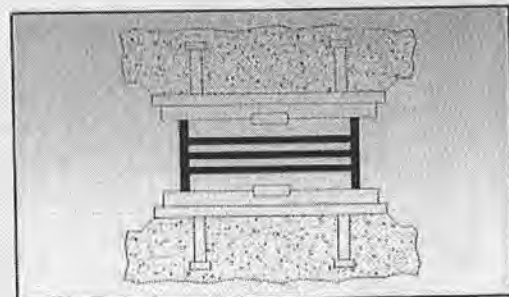
$$V_{min}^{SLS} = 250 \cdot 400 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 300 \text{ kN} > R_{min}^{SLS} = 100 \text{ kN} \Rightarrow \text{ležišče tip C (sidrano)}$$

$$V_{min}^{SLS} = 350 \cdot 450 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 790 \text{ kN} > R_{min}^{SLS} = 250 \text{ kN} \Rightarrow \text{ležišče tip C (sidrano)}$$

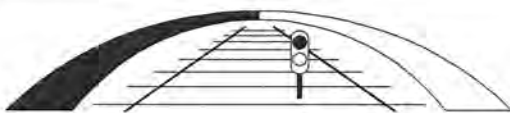
Vsa ležišča morajo biti tipa C - sidrana ležišča.



Unanchored elastomeric bearing



Anchored elastomeric bearing



5.3 MAKSIMALNI VZDOLŽNI POMIKI LEŽIŠČ

$$\left[u = e_m + e_{hor.pr.prom.} - \varepsilon_c \pm F_{zav} \pm \Delta T \right] \dots \text{komb. SLS - CR}$$

$$u_1 = 0$$

$$u_2 = (9.5 - 5.0) + (5.0 - 2.5) - (0.7 - 0.3) \pm (13 - 7.0) \pm 1.35 \cdot (0.8 - 0.3)$$

$$u_2 = 4.5 + 2.5 - 0.4 \pm 6.0 \pm 0.7$$

$$u_2^+ = +14 \text{ mm} / u_2^- = -7 \text{ mm}$$

$$u_3 = (9.5 - 4.5) + (5.0 - 2.5) - (4.5 - 2.4) \pm (13 - 7.0) \pm 1.35 \cdot (4.9 - 2.6)$$

$$u_3 = 5.0 + 2.5 - 2.1 \pm 6.0 \pm 3.1$$

$$u_3^+ = +17 \text{ mm} / u_3^- = -10 \text{ mm}$$

$$u_4 = (8.0 + 9.5) + (4.5 + 5.0) - (7.5 - 2.2) \pm (13 - 3.7) \pm 1.35 \cdot (8.2 - 2.3)$$

$$u_4 = 17.5 + 9.5 - 5.3 \pm 9.3 \pm 8.0$$

$$u_4^+ = +44 \text{ mm} / u_4^- = -22 \text{ mm}$$

komb. ULS - S (seizmicna)

$$u_1 = 0$$

$$u_2 = (41 - 22) \rightarrow u_2 = q \cdot u = 2.1 \cdot 19 = \pm 40 \text{ mm}$$

$$u_3 = (41 - 22) \rightarrow u_3 = q \cdot u = 2.1 \cdot 19 = \pm 40 \text{ mm}$$

$$u_4 = (41 - 12) \rightarrow u_4 = q \cdot u = 2.1 \cdot 29 = \pm 61 \text{ mm}$$

Iz prikazanega sledijo naslednja ležišča:

neoprenska ležišča tipa C (sidrana):

$$Os 1; 250 * 400 * 82(40) \rightarrow V_{dop}^{SLS} = 1300 \text{ kN}, u_{dop} = 28 \text{ mm}$$

$$Os 2; 350 * 450 * 96(44) \rightarrow V_{dop}^{SLS} = 2400 \text{ kN}, u_{dop} = 31 \text{ mm}$$

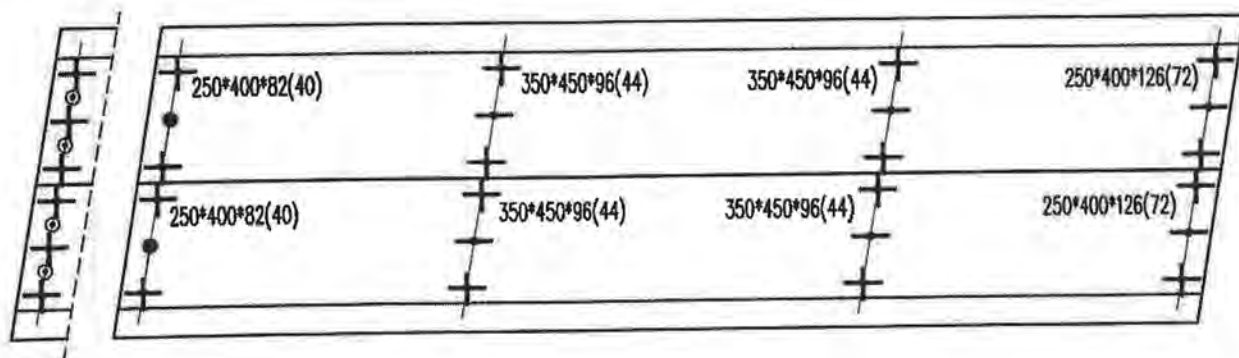
$$Os 3; 350 * 450 * 96(44) \rightarrow V_{dop}^{SLS} = 2400 \text{ kN}, u_{dop} = 31 \text{ mm}$$

$$Os 4; 250 * 400 * 126(72) \rightarrow V_{dop}^{SLS} = 1300 \text{ kN}, u_{dop} = 44 \text{ mm}$$



5.4 PRIDRŽALNE KONSTRUKCIJE LEŽIŠČ

Ležišča, ki se bodo vgradila v ta most, so horizontalno pomična v obeh smereh, fiksirana samo v eni smeri (vzdolžno pomična) in fiksna v obeh smereh. Shema je prikazana na spodnji sliki.



- LEGENDA:
- ⊕ vsestransko pomično ležišče
 - ⊕ enostransko (vzdolžno) pomično ležišče
 - v obeh smereh blokirano (nepomično) ležišče
 - ⊙ ležišče za prevzem horizontalnih sil v obeh smereh

ZASUKI LEŽIŠČ

$$\alpha = \varphi_c \cdot (\alpha_{LT} + \alpha_{LT}) + \alpha_{prom} + \alpha_{difT}$$

$$\alpha_{vzd} = 2.0 \cdot (1.3 + 1.8) + (1.7 + 1.5) + 0.6 = 10 \text{ mrd} \leq 10 \text{ (13) mrd} \dots \text{ v vzdolžni smeri}$$

$$\alpha_{pre} = 2.0 \cdot (0.2 + 0.4) + 0.3 + 0.2 = 2 \text{ mrd} < 13 \text{ mrd} \dots \text{ v prečni smeri}$$

Zaradi tečenja betona pride do dodatnega zasuka od stalnih obtežb. Ker pa so vgrajeni jekleni valjani nosilci, je ta časovna deformacija omejena.

VZDOLŽNE REAKCIJE V VZDOLŽNO NEPOMIČNIH LEŽIŠČIH

Komb. SLS-CR:

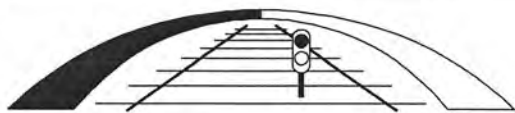
$$F_{hor} = 1500 \text{ kN / lezisce} \dots \text{ ce je samo po eno vzd. nepom. lezisce na tir}$$

$$F_{hor,1} = \frac{1500}{2} = 750 \text{ kN / lezisce} \dots \text{ ce sta po dve lezisci na tir za prevzem hor. reak.}$$

ULS-Seizmicna: z upoštevanim delno duktilnim obnašanje konstrukcije ($q = 1.5$):

$$F_{hor} = 1990 \text{ kN / lezisce} \dots \text{ ce je samo po eno vzd. nepom. lezisce na tir}$$

$$F_{hor,1} = \frac{1990}{2} = 1000 \text{ kN / lezisce} \dots \text{ ce sta po dve lezisci na tir za prevzem hor. reak.}$$

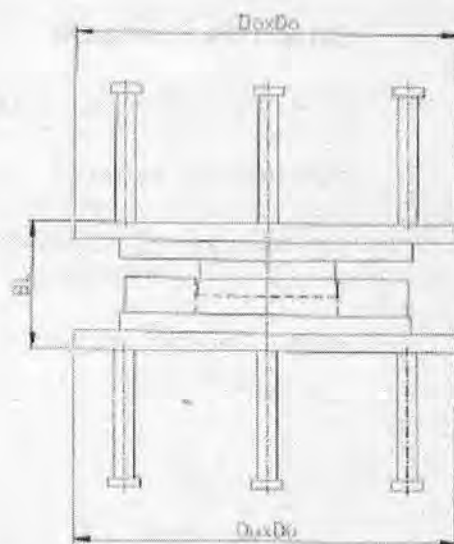


Vzdolžna reakcija je relativno velika zaradi tega, ker je vzdolžno nepomično ležišče locirano na kraju, torej izven centra krčenja prekladne konstrukcije in zaradi vpliva poševnosti. Zaradi tega se pojavi horizontalna reakcija tudi od vertikalnih obtežb.

Ker je horizontalna reakcija relativno velika, se pod vsakim tirom predvidita po dve dodatni ležišči za prevzem samo horizontalnih reakcij - skupaj torej 4 kom na oporniku v osi 1.

Standardised Fixed Bearing

Type	max. horizontal load longitudinal $F_{x,d}$	max. horizontal load Transversal $F_{x,d}$	dimension bottom $D_{ux}D_u$	dimension top $D_{ox}D_o$	height BL
	[kN]	[kN]	[mm]	[mm]	[mm]
FEd200/A	175	97	320x320	320x320	130
FEd500/A	400	300	430x430	430x430	140
FEd800/A	700	388	540x540	540x540	140



Guided Bearings and Restraints are available also for higher loads and higher movement capacity to meet individual customer requirements.

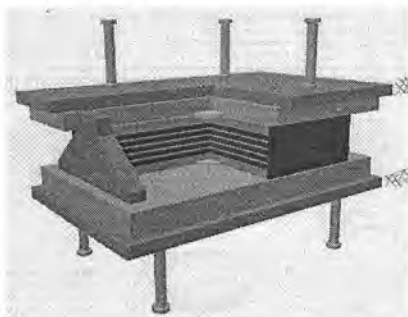
PREČNA REAKCIJA V PREČNO NEPOMIČNIH LEŽIŠČIH

$$F_{prečno} = 500 \text{ kN} / \text{ležišče} \dots \text{os podpore 2 in 3 (komb. SLS - CR)}$$

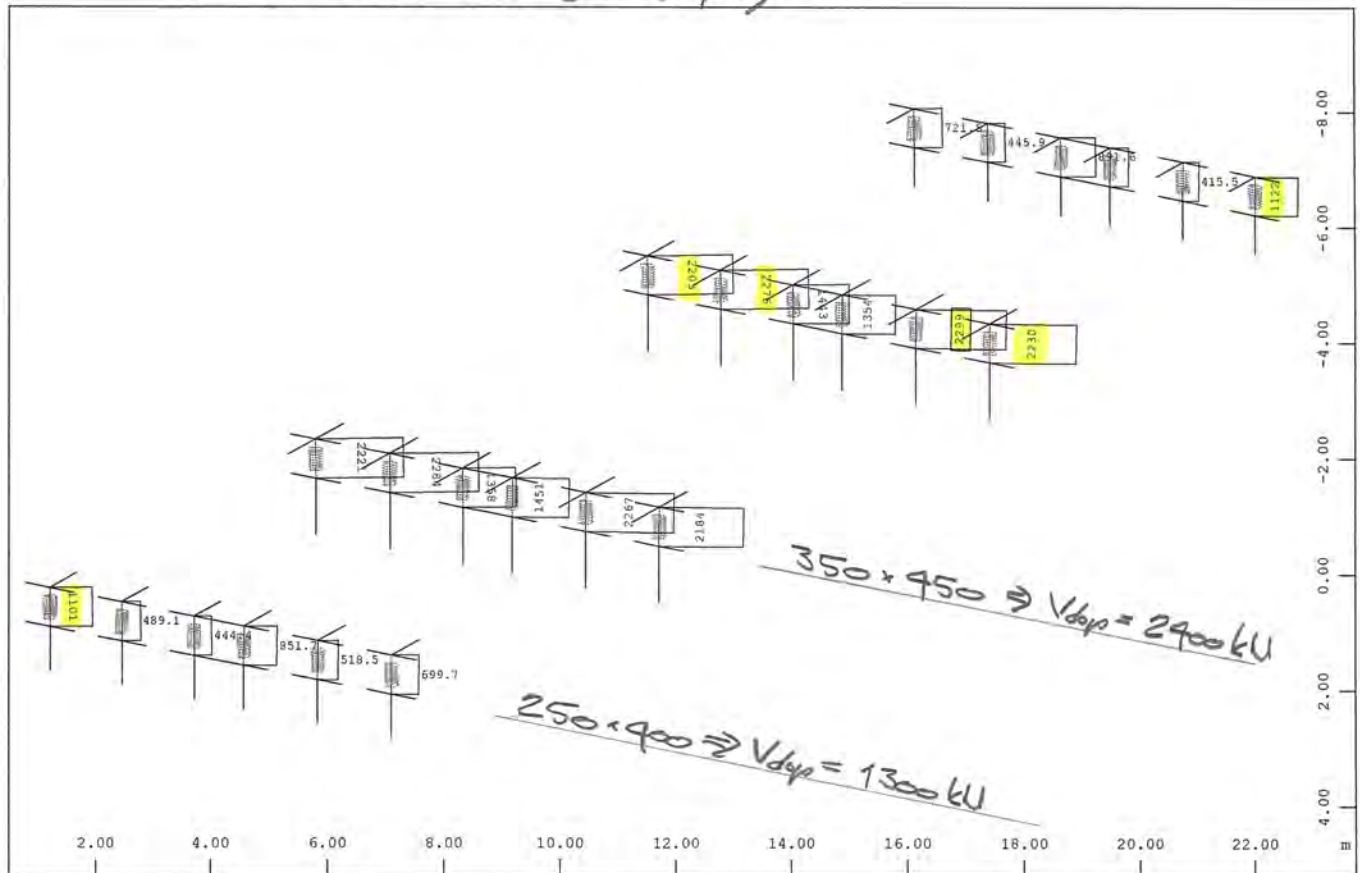
$$F_{prečno} = 400 \text{ kN} / \text{ležišče} \dots \text{os podpore 1 in 2 (komb. SLS - CR)}$$

Na posameznem ležišču pod tirom se v osi 2, 3 in 4 namesti vzdolžno pomično in prečno nepomično ležišče. Prečna nepomičnost - pridrževalna konstrukcija - mora prenesti prečno horizontalno silo velikosti 500 kN (stanje SLS).

Iz seizmične kombinacije sledi prečna reakcija v osi podpore 2 in 3 v velikosti 600 kN (ULS-S). V osi podpore 1 in 4 pa je prečna seizmična reakcija prevzeta s bočnimi pridržali krajnih opornikov.

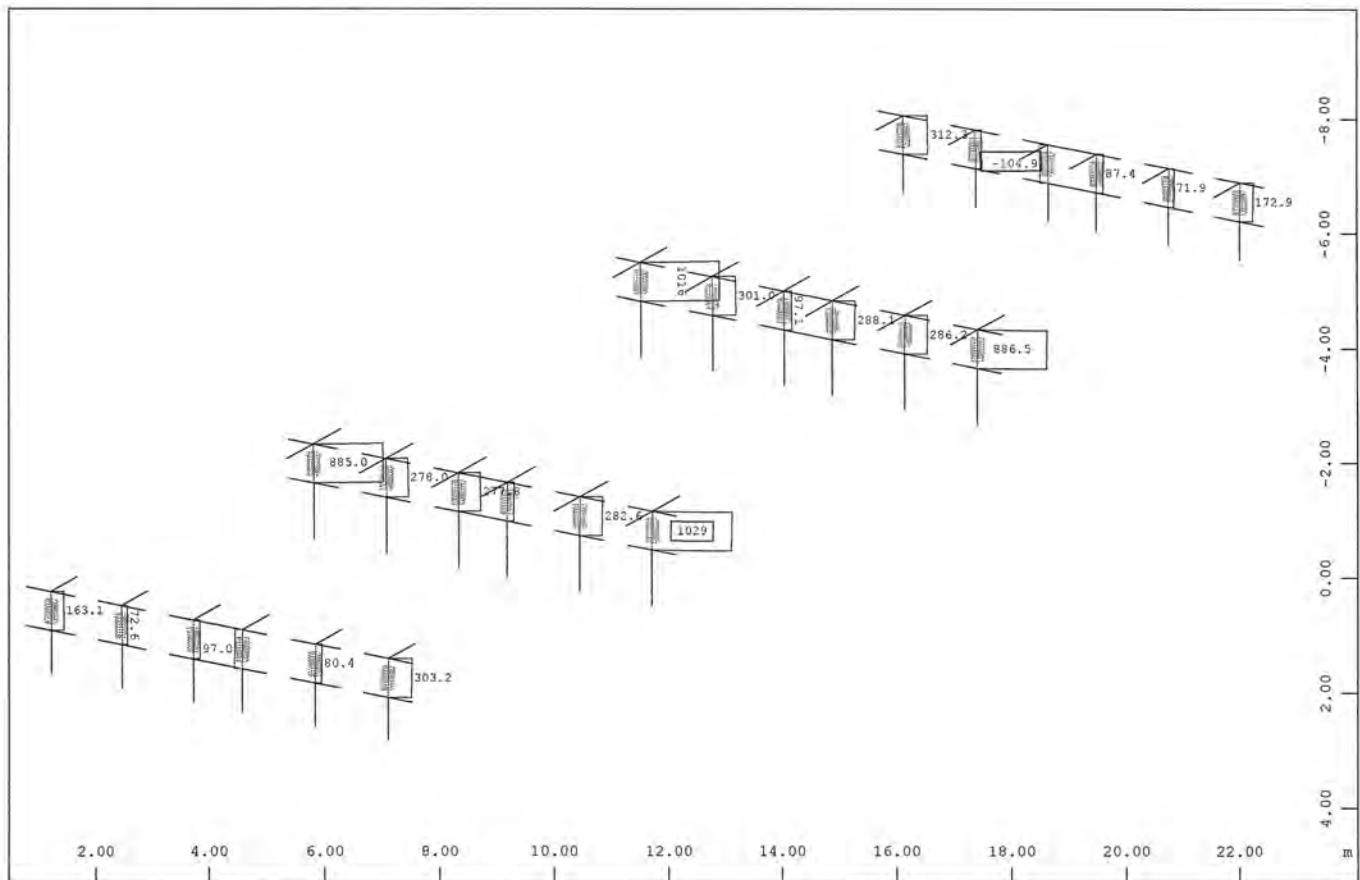


comb. SLS-CR (2 SW/2)



Sector of system Group 9
Spring force in global Z, Loadcase 901 MAX-P SPRI , 1 cm 3D = 1938. kN (Max=2299.)
(total: 31744.)

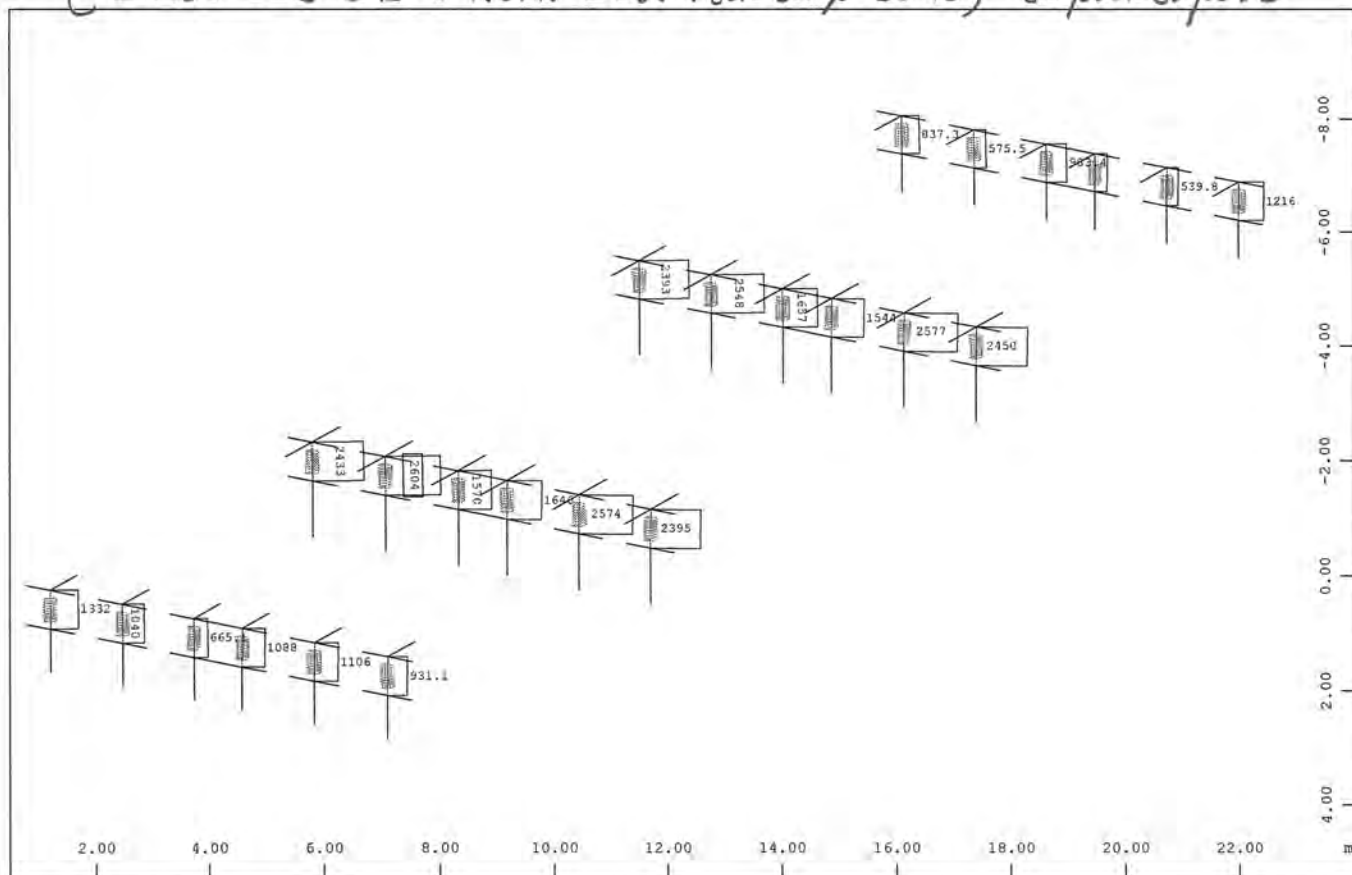
M 1 : 130
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Group 9
Spring force in global Z, Loadcase 902 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 968.8 kN (Min=-104.9)
(Max=1029.) (total: 6934.)

M 1 : 132
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

(komb. SLS-CR z vsemi obt. vzd. in preono) za primerjavo



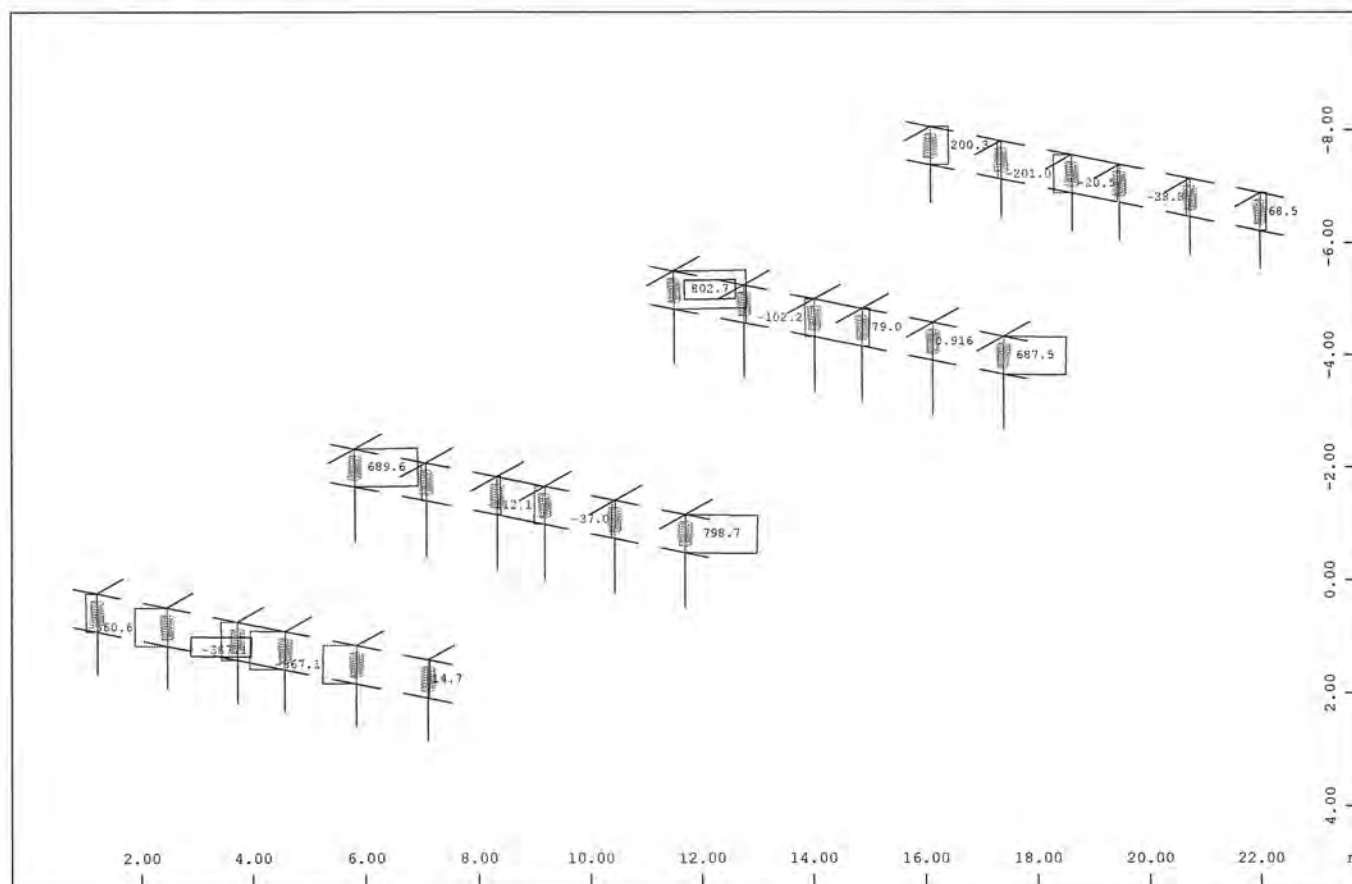
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Spring force in global Z, Loadcase 2201 MAX-P SPRI , 1 cm 3D = 3609. kN (Max=2604.)
(total: 37292.)

M 1 : 132

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



X
Y
Z

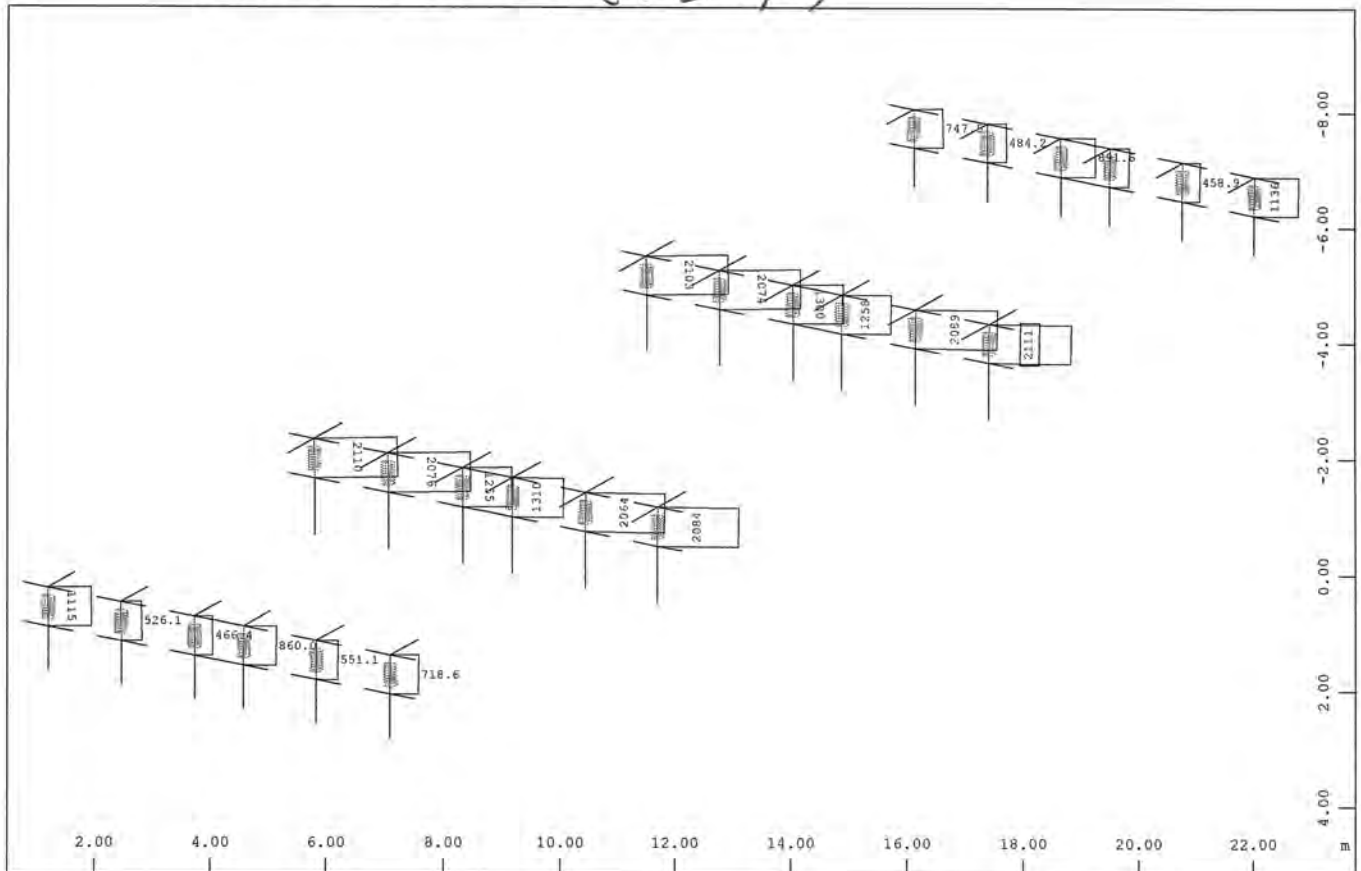
Sector of system Group 9

Spring force in global Z, Loadcase 2202 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 832.0 kN (Min=-387.1)
(Max=802.7) (total: 1386.)

M 1 : 135

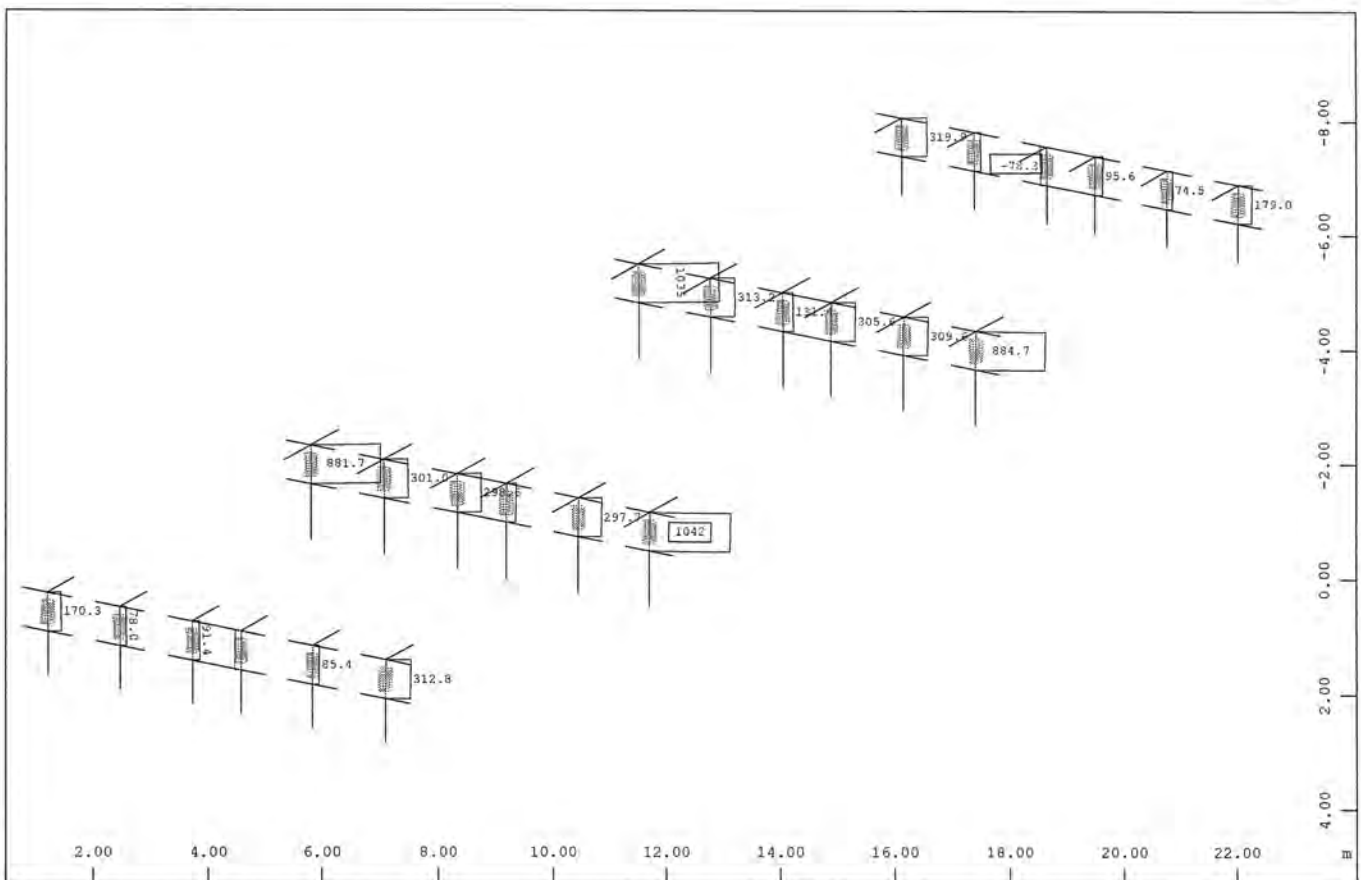
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

komb. SLS-CR (2 (M71)



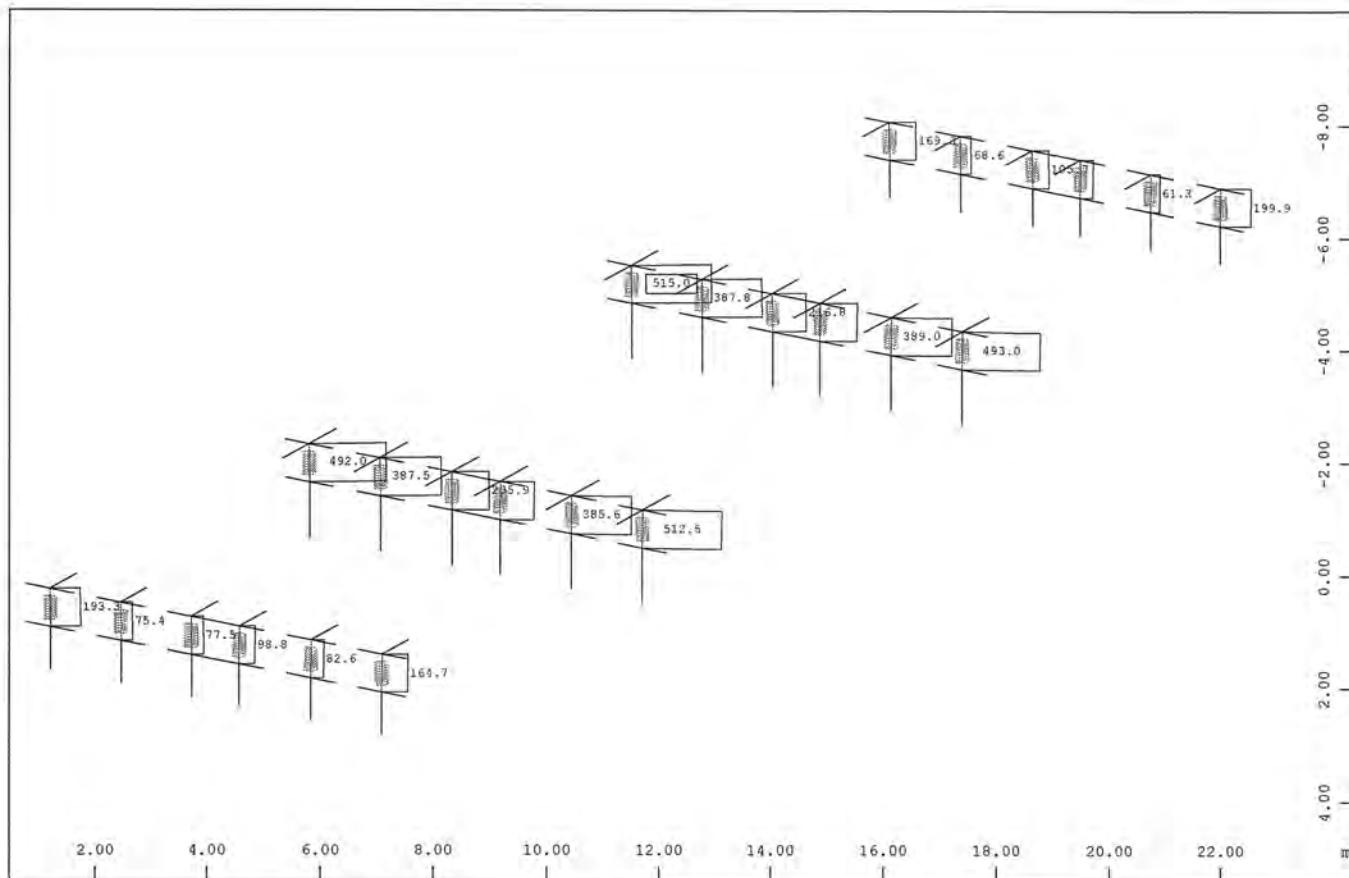
Sector of system Group 9
Spring force in global Z, Loadcase 901 MAX-P SPRI , 1 cm 3D = 1938. kN (Max=2111.)
(total: 30286.)

M 1 : 130
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



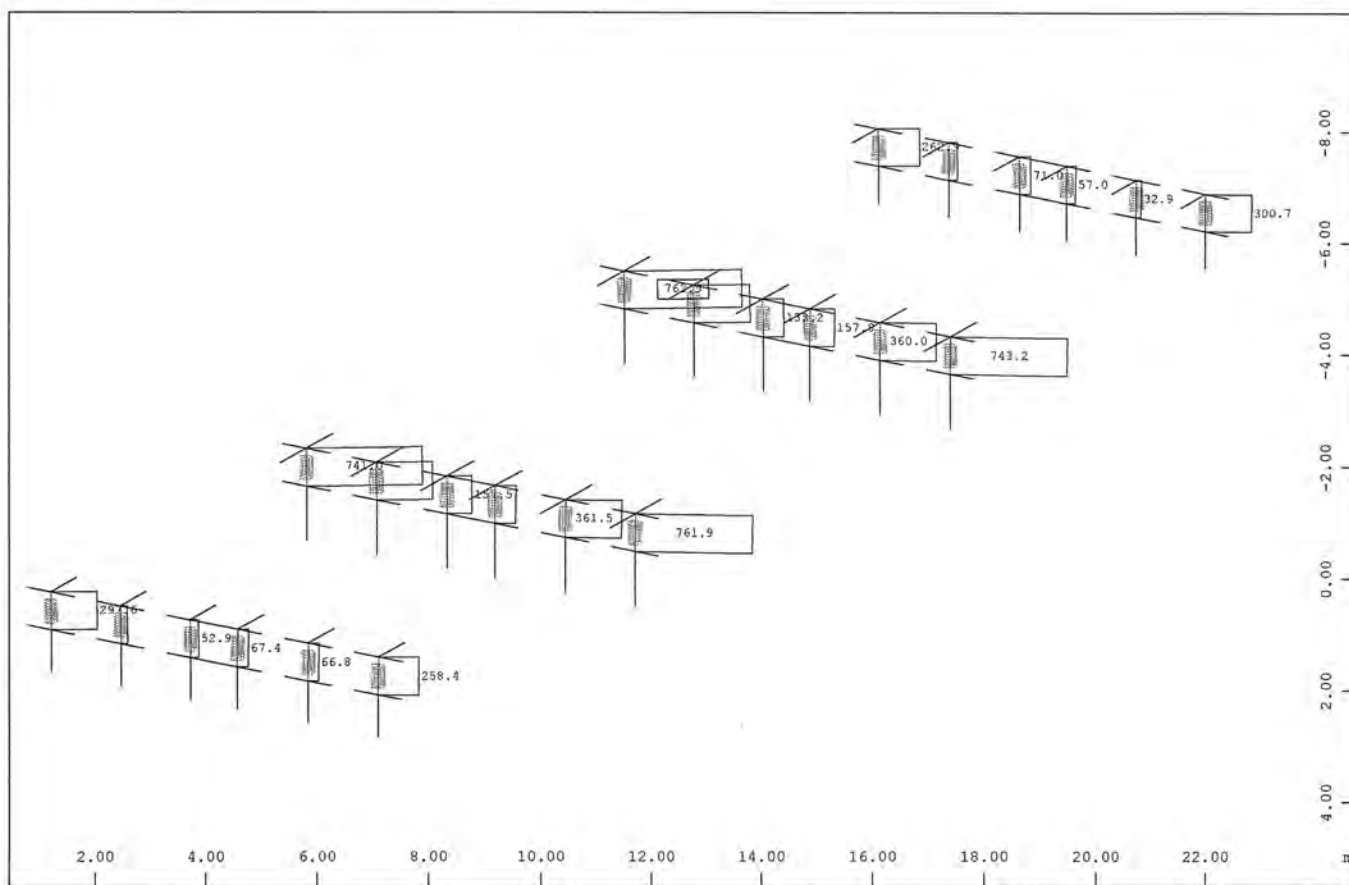
Sector of system Group 9
Spring force in global Z, Loadcase 902 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 968.8 kN (Min=-78.3)
(Max=1042.) (total: 7256.)

M 1 : 132
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Spring force in global Z, Loadcase 1 LASTNA TEZA , 1 cm 3D = 484.4 kN (Max=515.0)
 (total: 5849.)

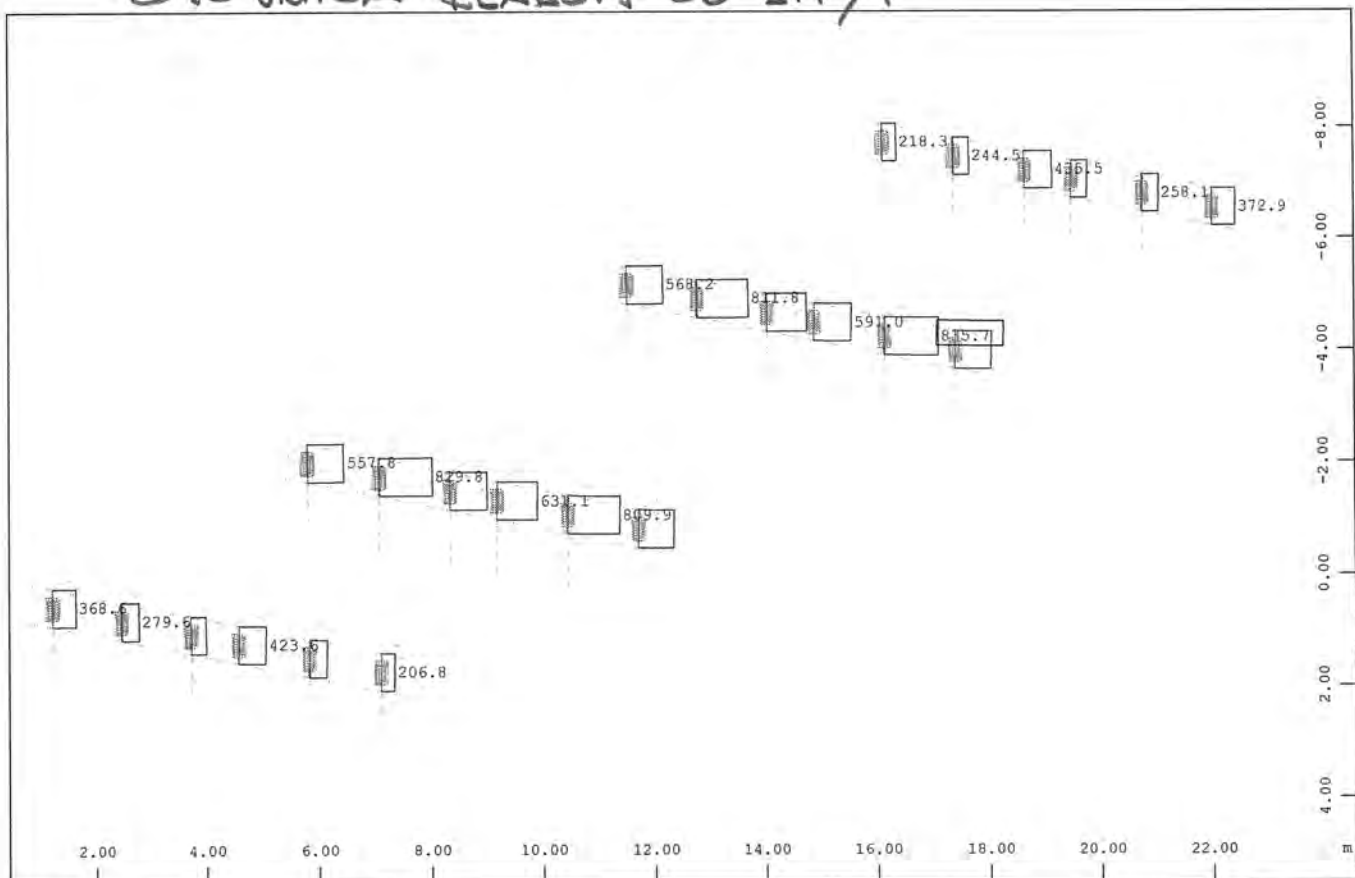
M 1 : 134
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Spring force in global Z, Loadcase 2 STALNA KOR. , 1 cm 3D = 484.4 kN (Max=762.9)
 (total: 6601.)

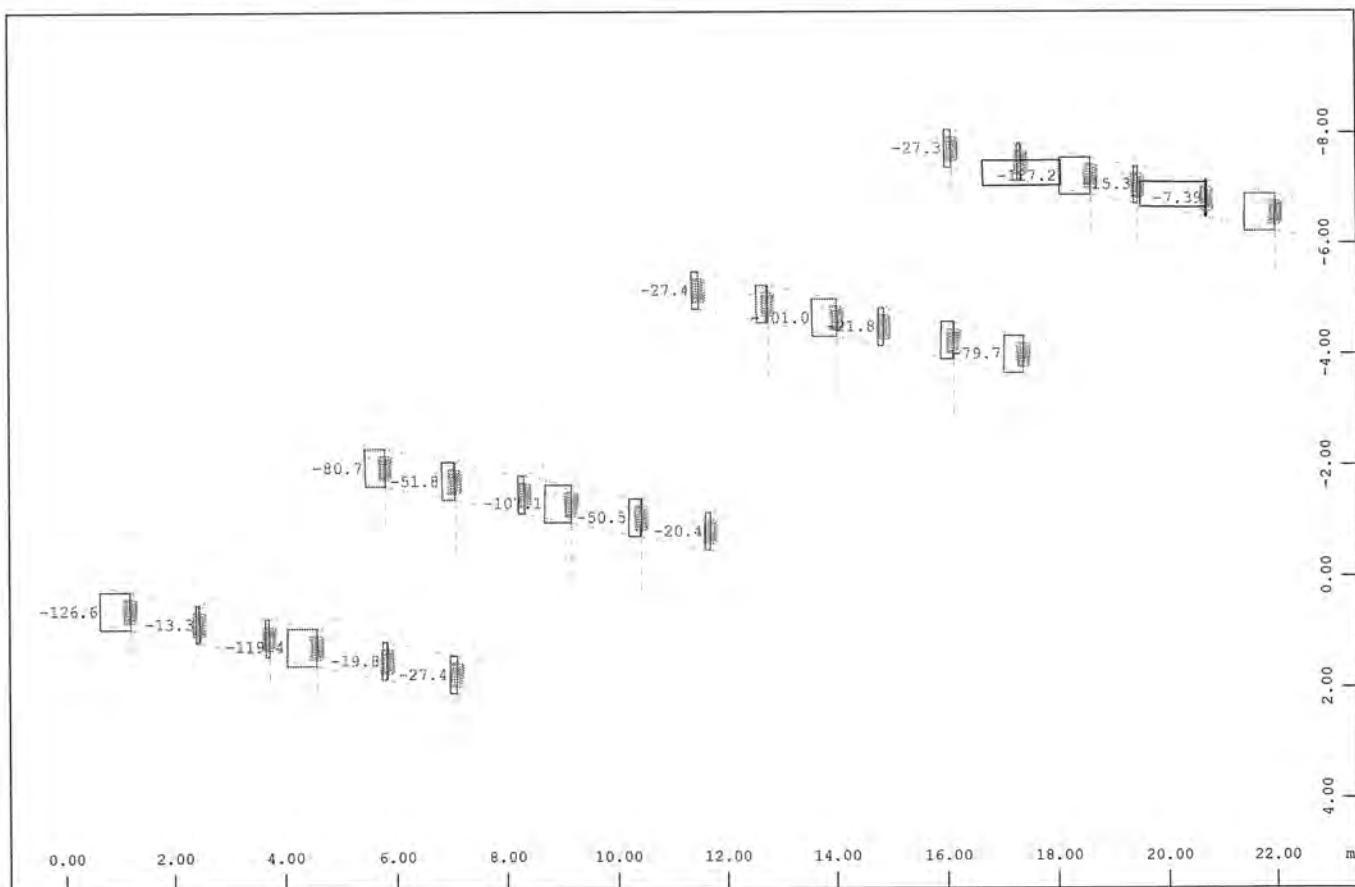
M 1 : 136
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

OVOTJICA REAKCIJA OD LM71



Sector of system Group 9
 Spring force in global Z, Loadcase 601 MAX-P SPRI , 1 cm 3D = 1180. kN (Max=835.7)
 (total: 11511.)

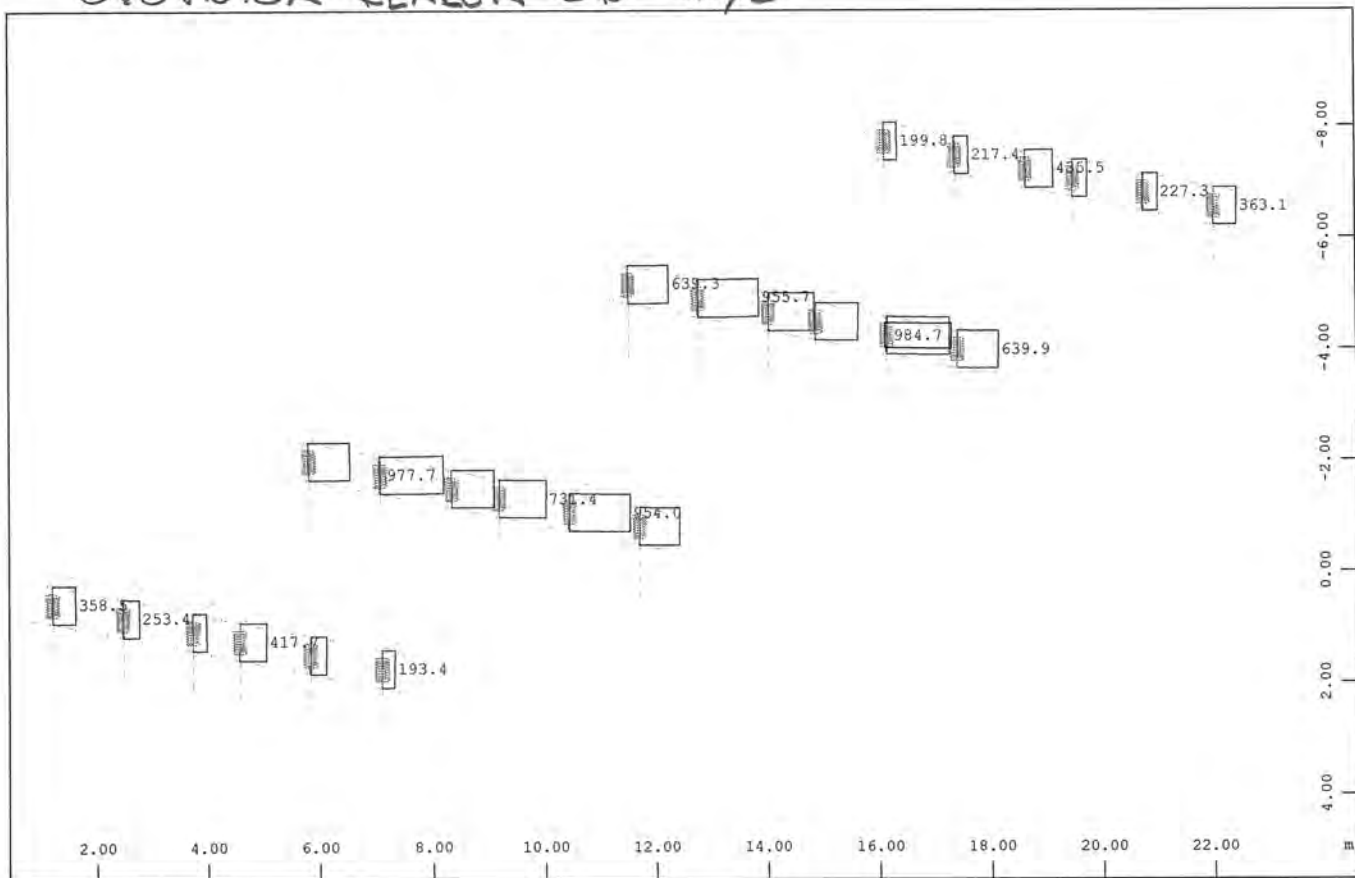
M 1 : 135
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Spring force in global Z, Loadcase 602 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 307.8 kN (Min=-127.2)
 (Max=-7.39) (total: -1302.)

M 1 : 137
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

OVOTNICA REAKCIJA OD SW/2



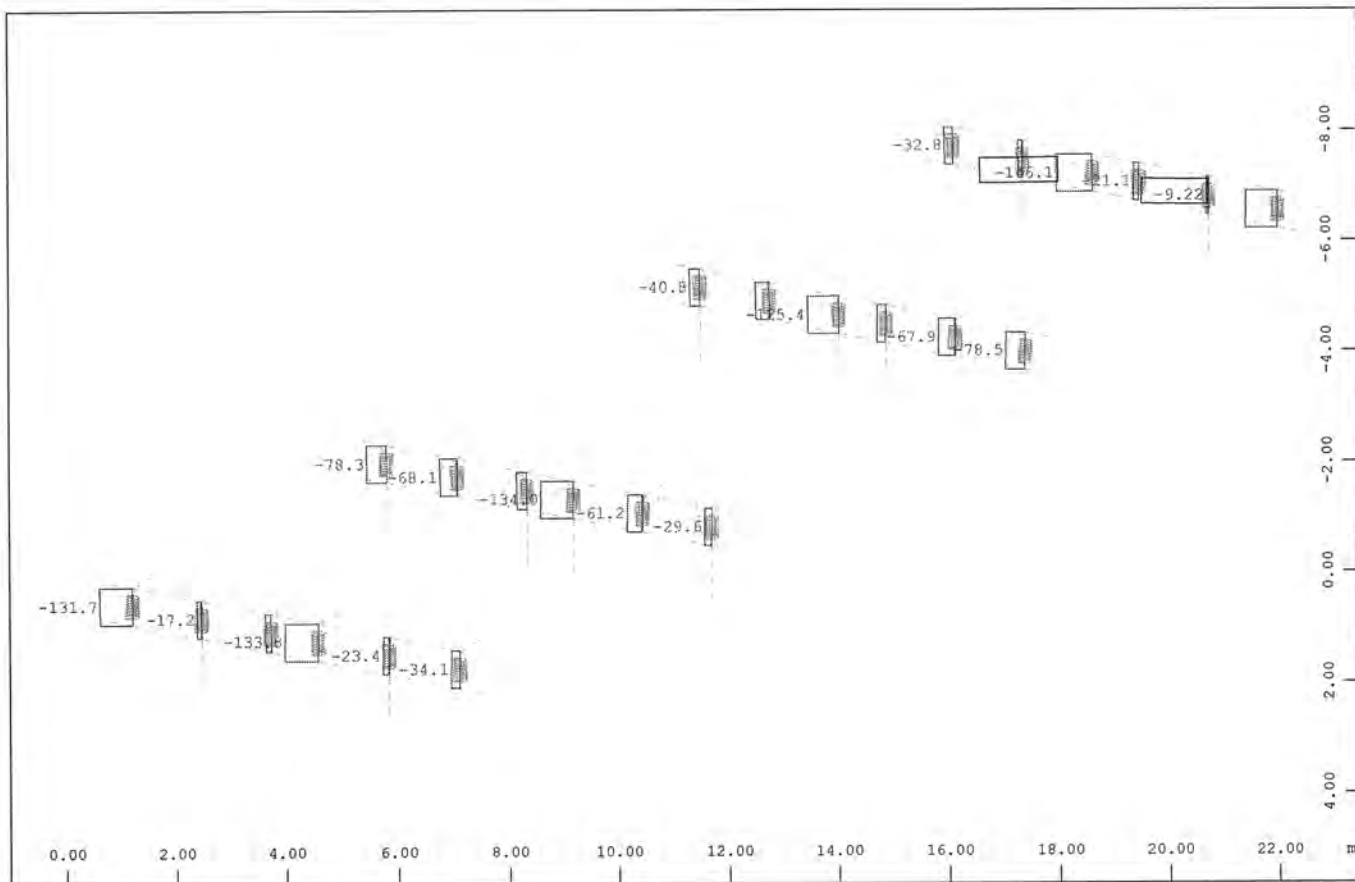
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Spring force in global Z, Loadcase 601 MAX-P SPRI , 1 cm 3D = 1180. kN (Max=984.7)
(total: 12545.)

M 1 : 135

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Group 9

Spring force in global Z, Loadcase 602 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 307.8 kN (Min=-146.1)
(Max=-9.22) (total: -1531.)

M 1 : 137

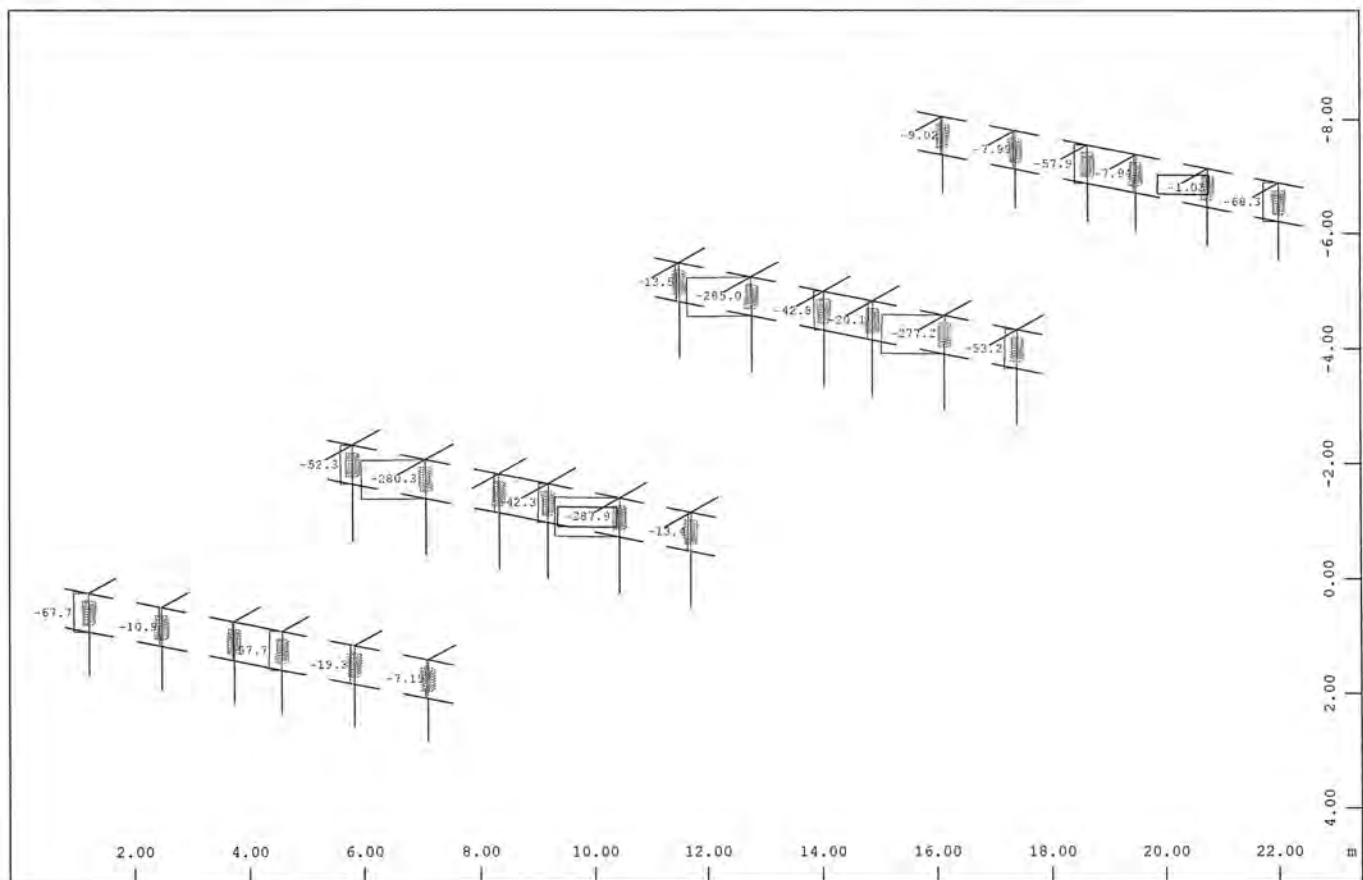
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

ovojnica POSEDANJE PODPOR (25mm)



Sector of system Group 9
 Spring force in global Z, Loadcase 601 MAX-P SPRI , 1 cm 3D = 180.5 kN (Max=174.7)
 (total: 1606.)

M 1 : 136
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

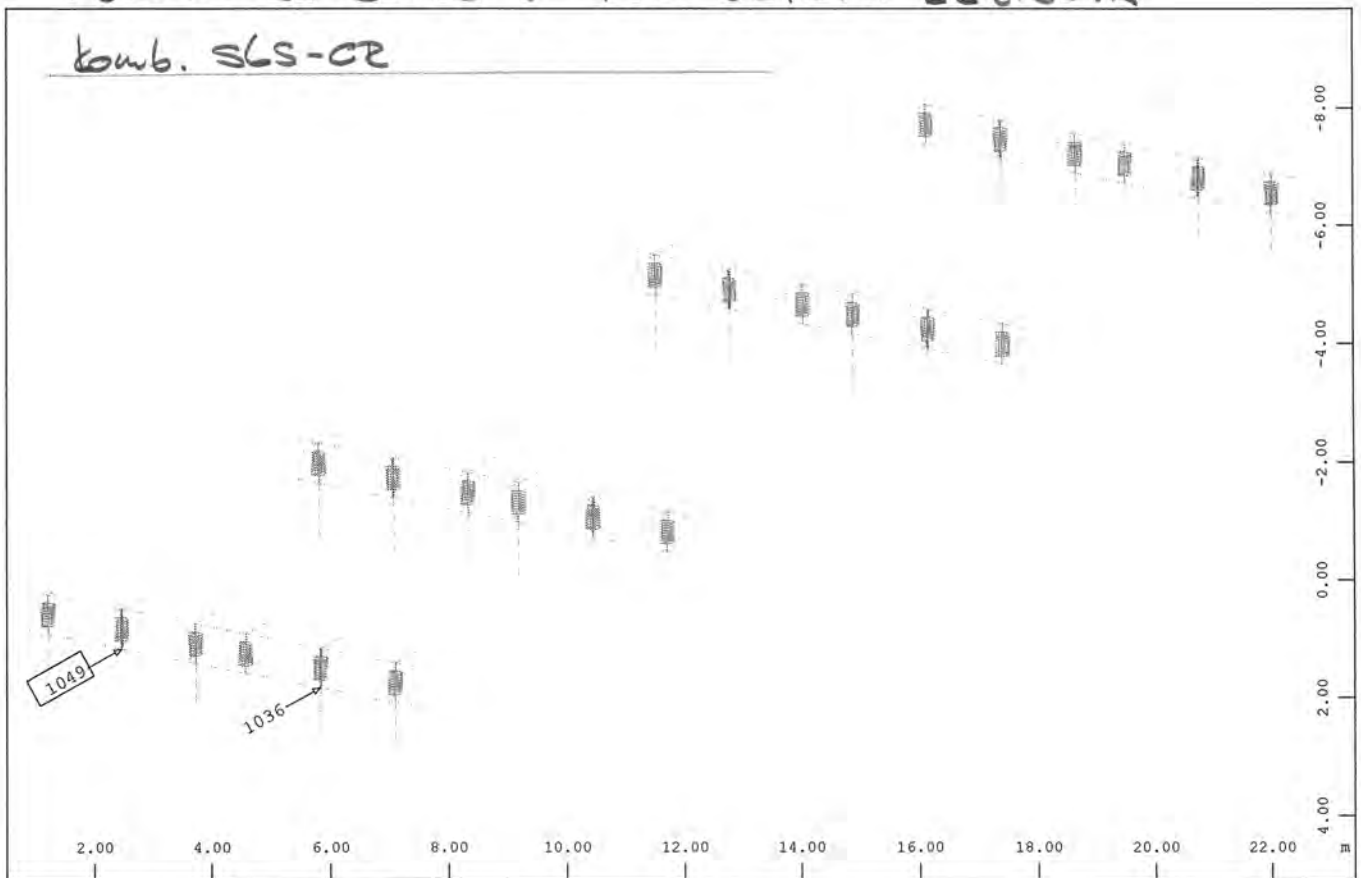


Sector of system Group 9
 Spring force in global Z, Loadcase 602 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 332.8 kN (Min=-287.9)
 (Max=-1.03) (total: -1707.)

M 1 : 132
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

VĚDOČ. REAKCIE V VĚD. NEPOM. LEŽISČI

komb. SLS-CR



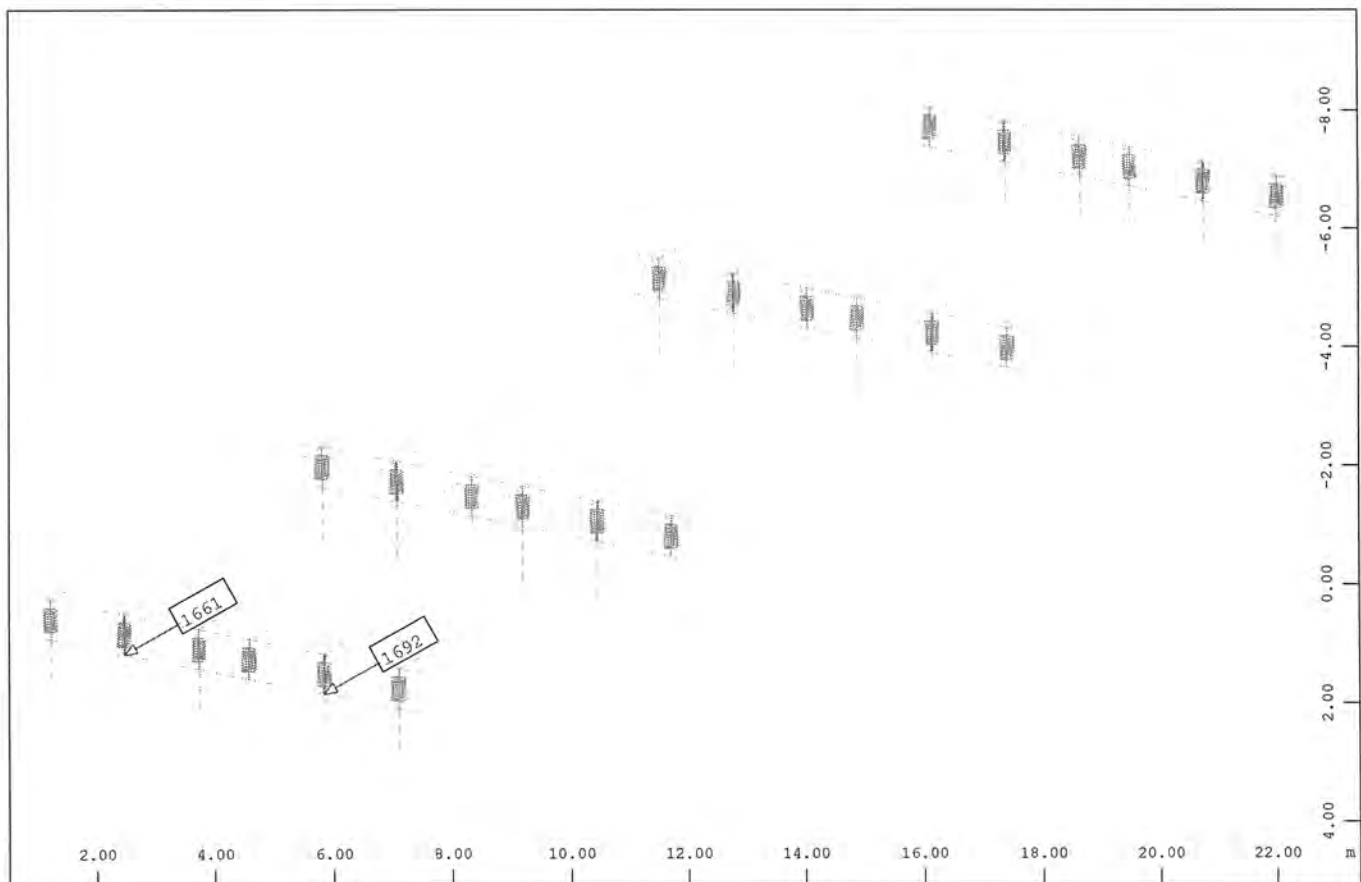
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Constraining force in global X, Loadcase 2301 MAX-PX KINE , 1 cm 3D = 1000. kN
(Max=1049.) (total: 2085.)

M 1 : 128

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Group 9

Constraining force in global X, Loadcase 2302 MIN-PX KINE , 1 cm 3D = 1000. kN
(Min=-1692.) (Max=0) (total: -3353.)

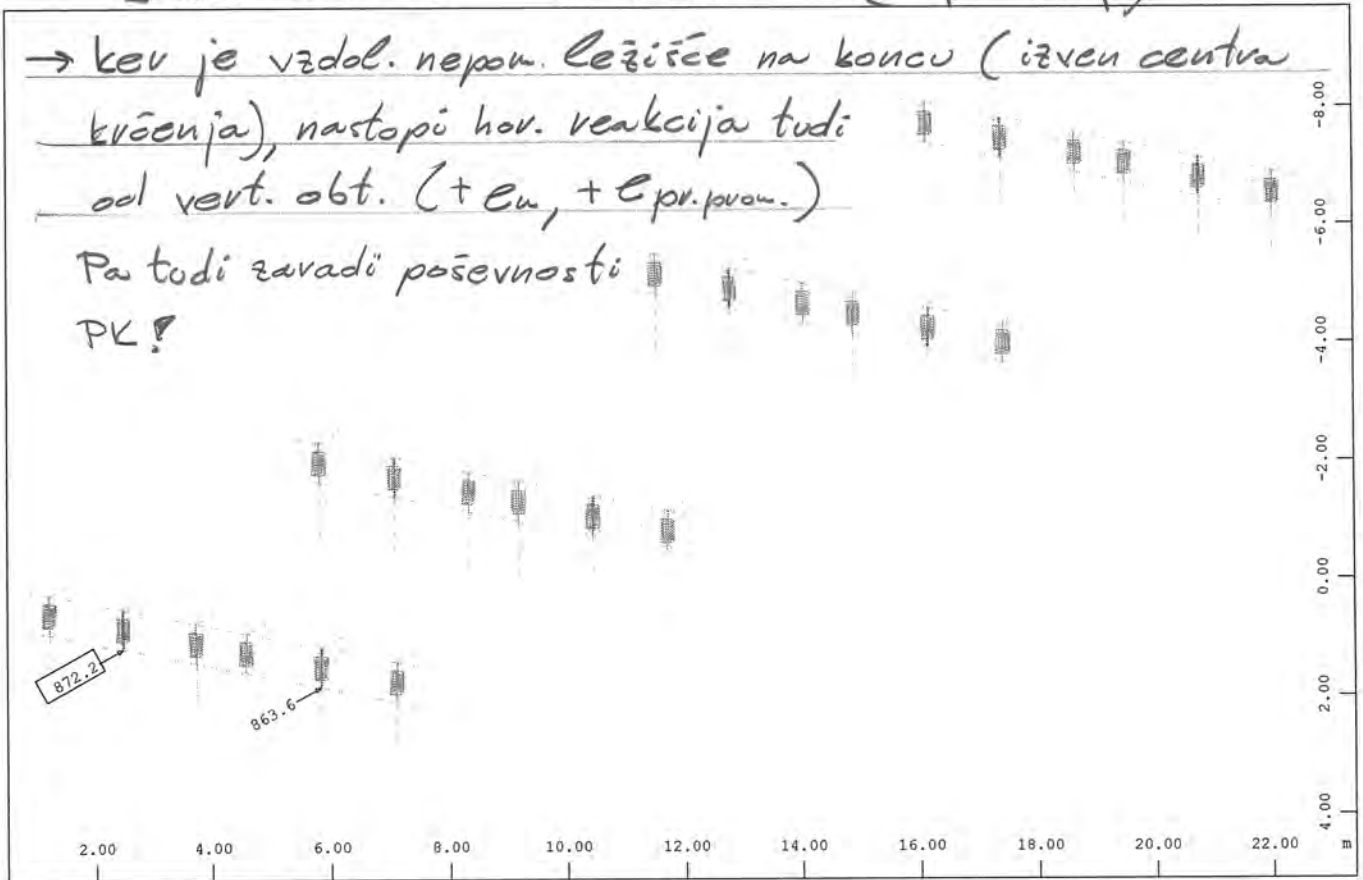
M 1 : 128

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

komb. SLS-CR $1.0 F_{zav} + 0.6 (AT + NZT)$

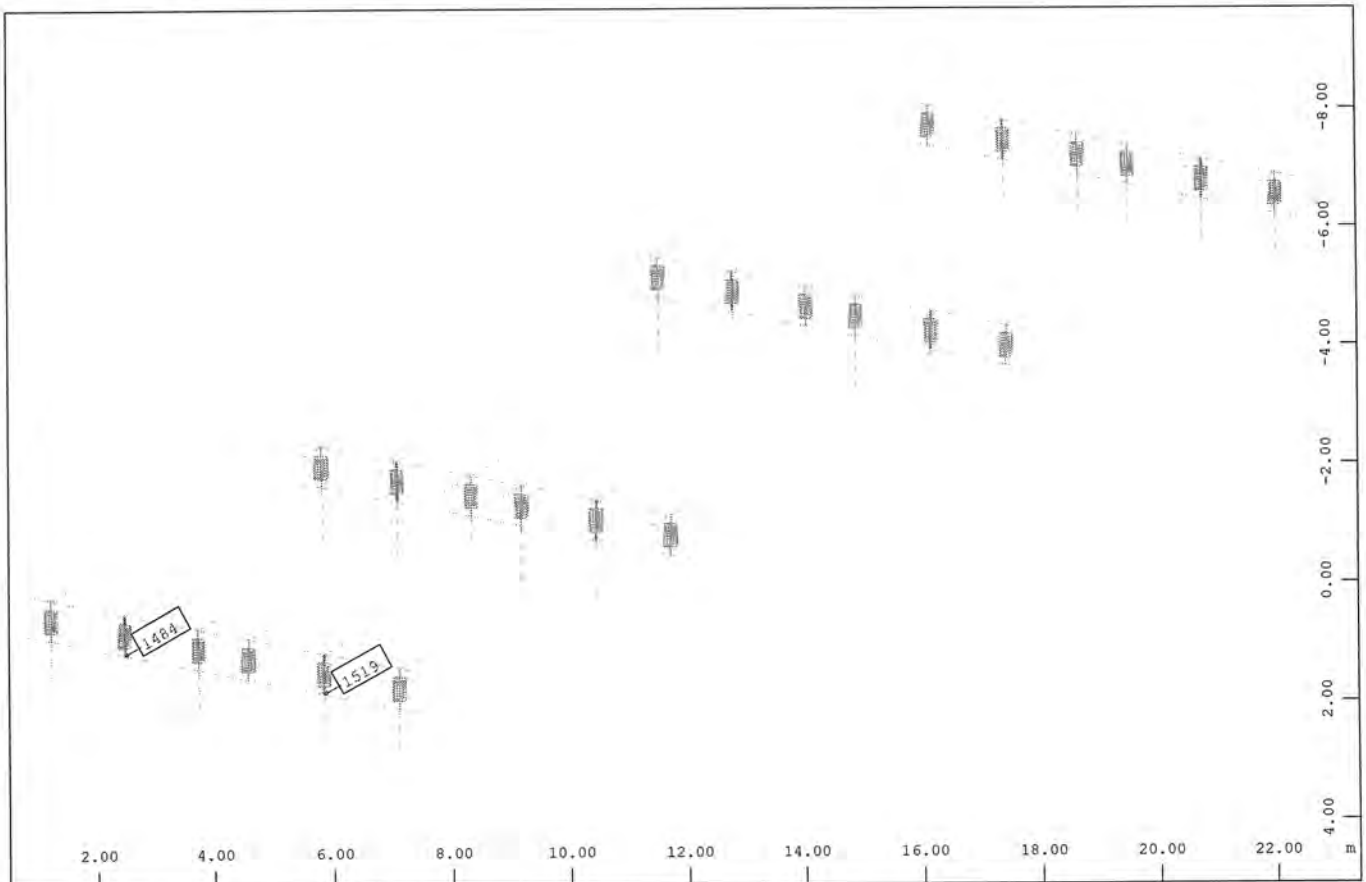
→ ker je vzdol. nepov. ležišče na koncu (izven centra krčenja), nastopi hor. reakcija tudi od vert. obt. (+ e_w , + $e_{pr.pov.}$)

Pa tudi zaradi poševnosti PK!



Sector of system Group 9
Constraining force in global X, Loadcase 2301 MAX-PX KINE , 1 cm 3D = 1180. kN
(Max=872.2) (total: 1736.)

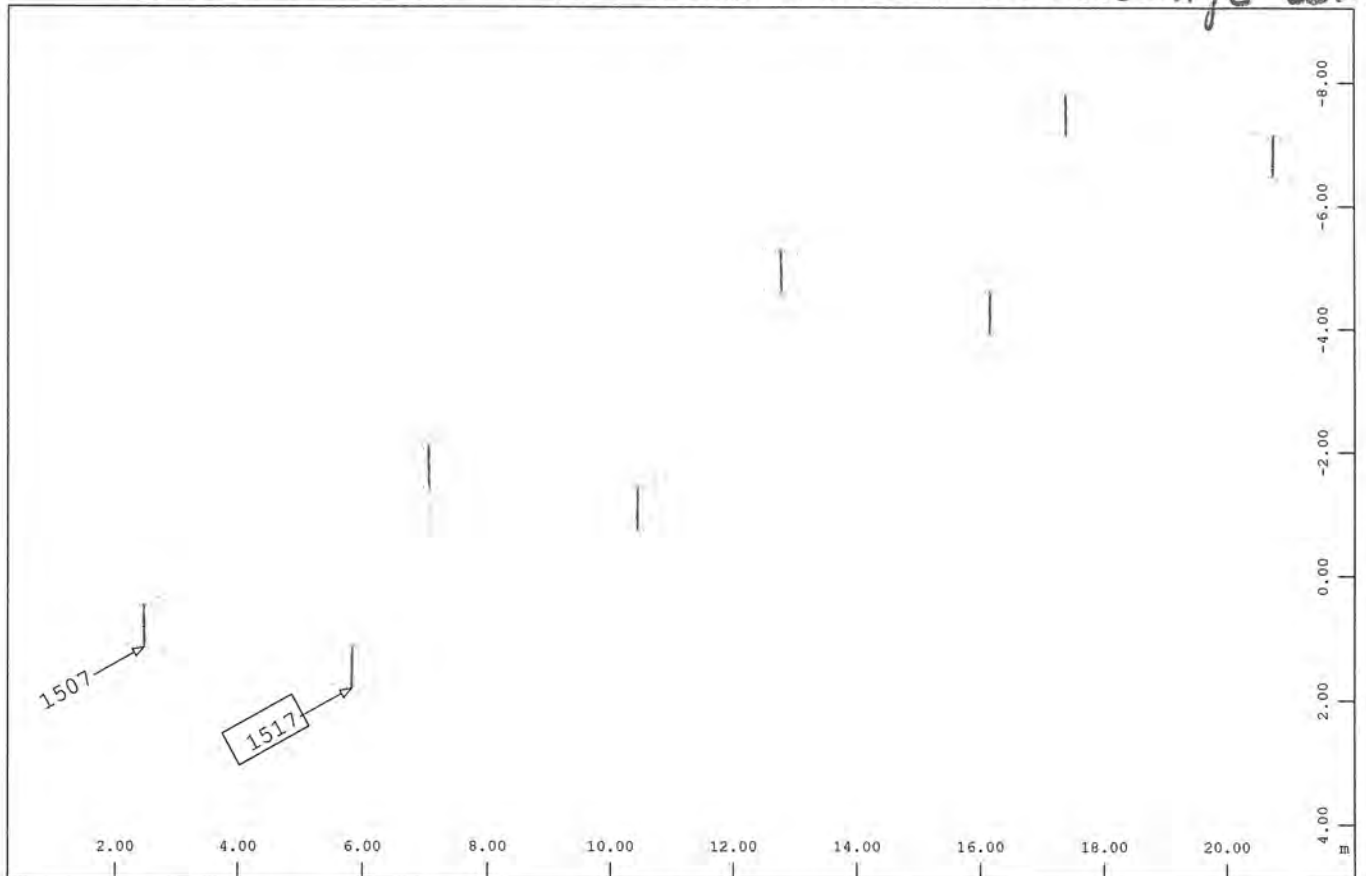
M 1 : 128
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Group 9
Constraining force in global X, Loadcase 2302 MIN-PX KINE , 1 cm 3D = 3078. kN
(Min=-1519.) (Max=0) (total: -3004.)

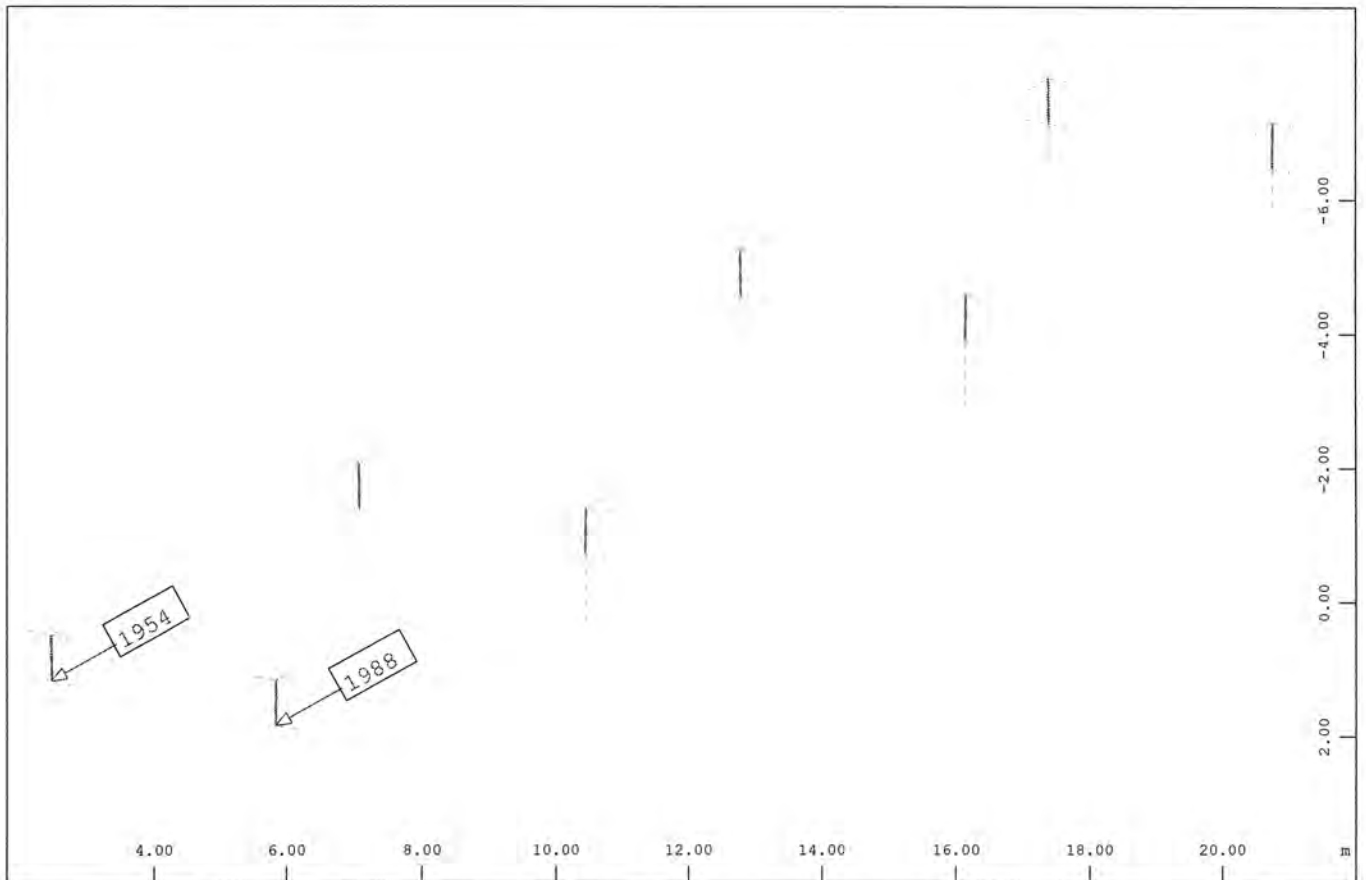
M 1 : 128
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

SEIZ. KOMB → delno duktilno obnašanje kons.



Sector of system Nodes 4526 4533 4722 4801 4900 4995 5110 5189 5284 5292 5828
 Constraining force in global X, Loadcase 5201 MAX-PX KINE , 1 cm 3D = 1000. kN
 (Max=1517.) (total: 3024.)

M 1 : 122
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



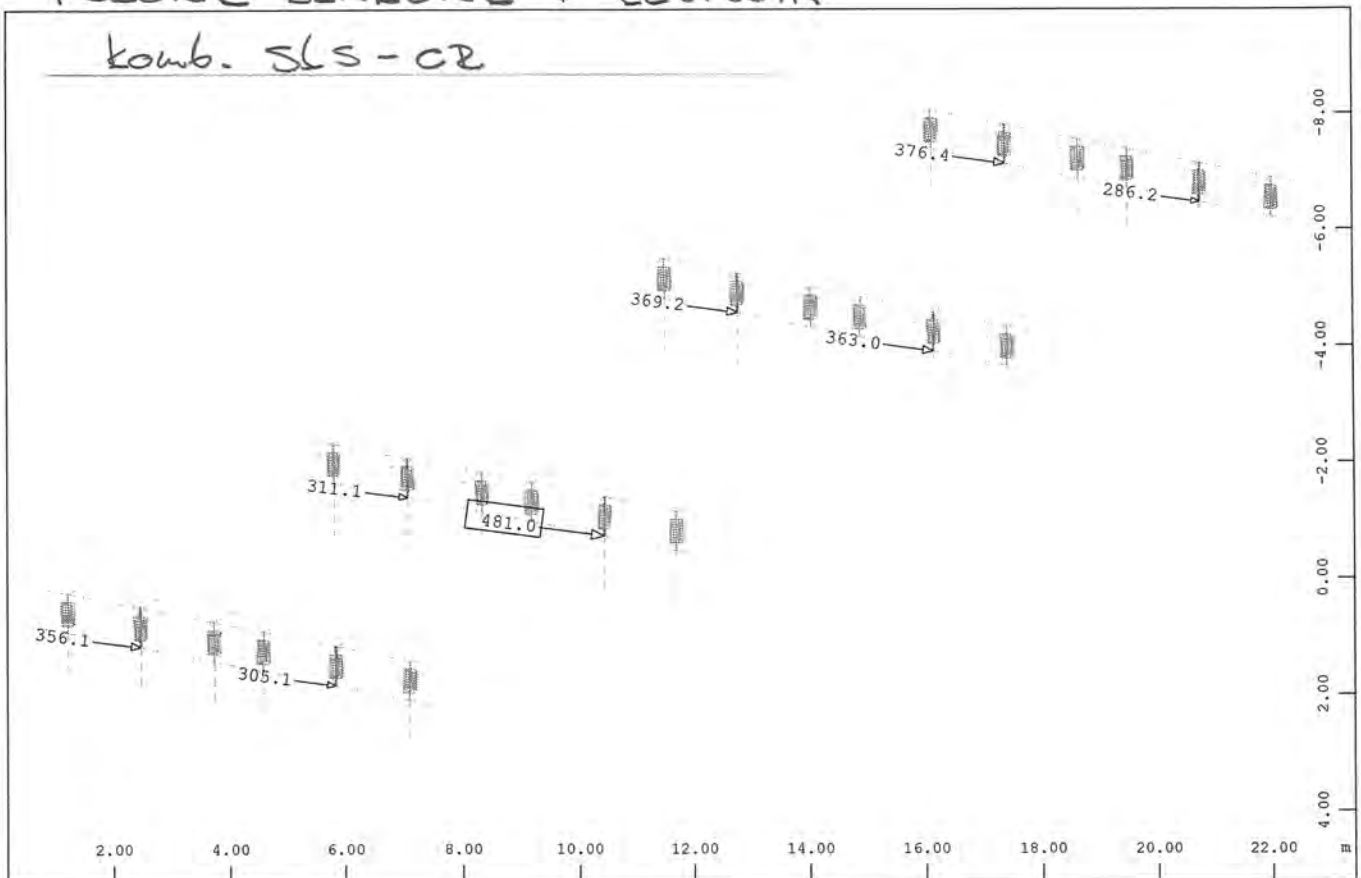
Sector of system Nodes 4526 4533 4722 4801 4900 4995 5110 5189 5284 5292 5828
 Constraining force in global X, Loadcase 5202 MIN-PX KINE , 1 cm 3D = 1000. kN
 (Min=-1988.) (Max=0) (total: -3941.)

M 1 : 113
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

99A

PREČNE REAKCIJE V LEŽIŠČIH

komb. SLS - CR

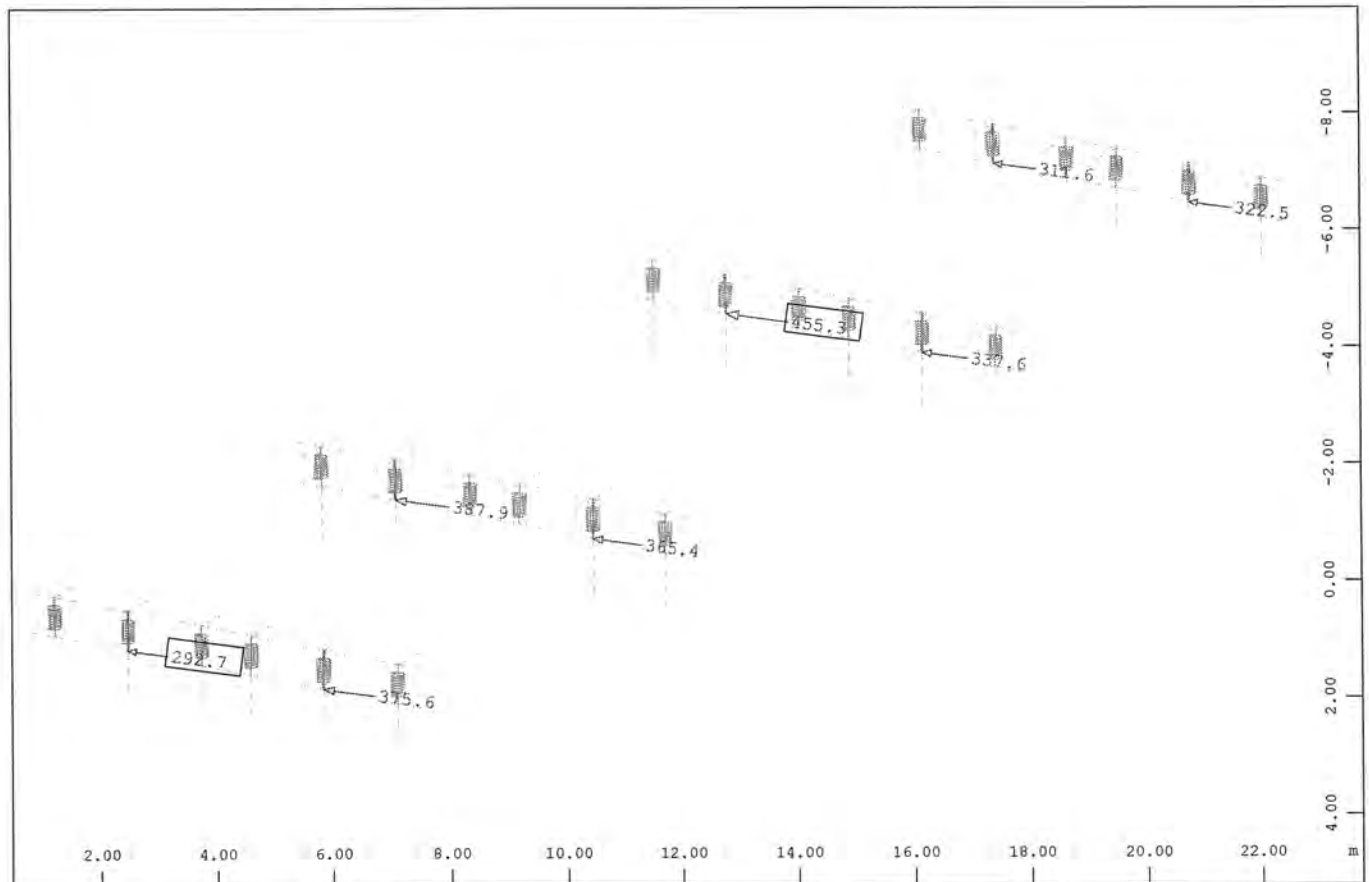


Sector of system Group 9

Constraining force in global Y, Loadcase 2303 MAX-PY KINE , 1 cm 3D = 500.0 kN
(Max=481.0) (total: 2848.)

M 1 : 130

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



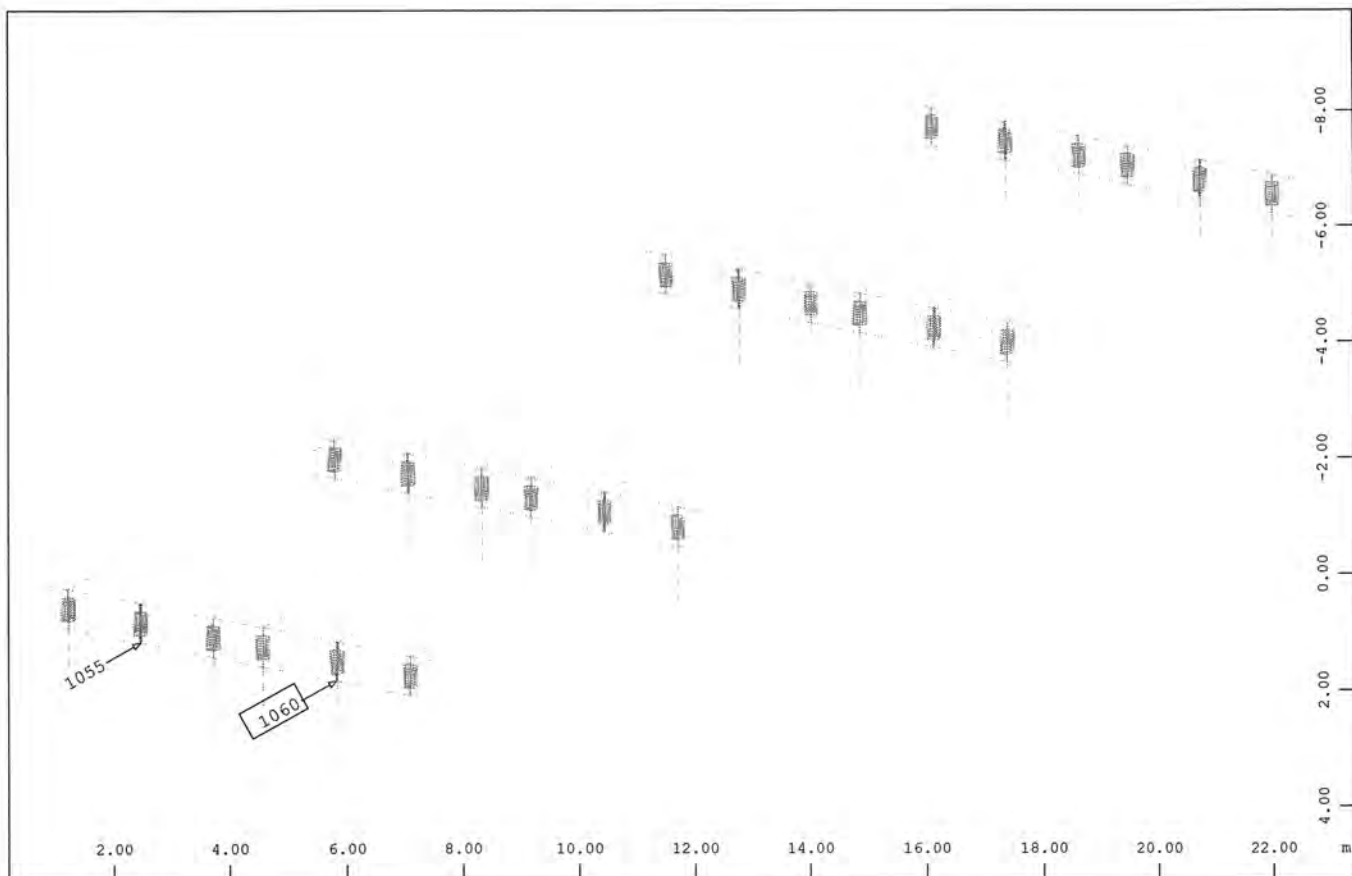
Sector of system Group 9

Constraining force in global Y, Loadcase 2304 MIN-PY KINE , 1 cm 3D = 500.0 kN
(Min=-455.3) (Max=-292.7) (total: -2849.)

M 1 : 130

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

100



Sector of system Group 9
 Constraining force in global X, Loadcase 61 SEIZ.VZD , 1 cm 3D = 1000. kN
 (Max=1060.) (total: 2115.)

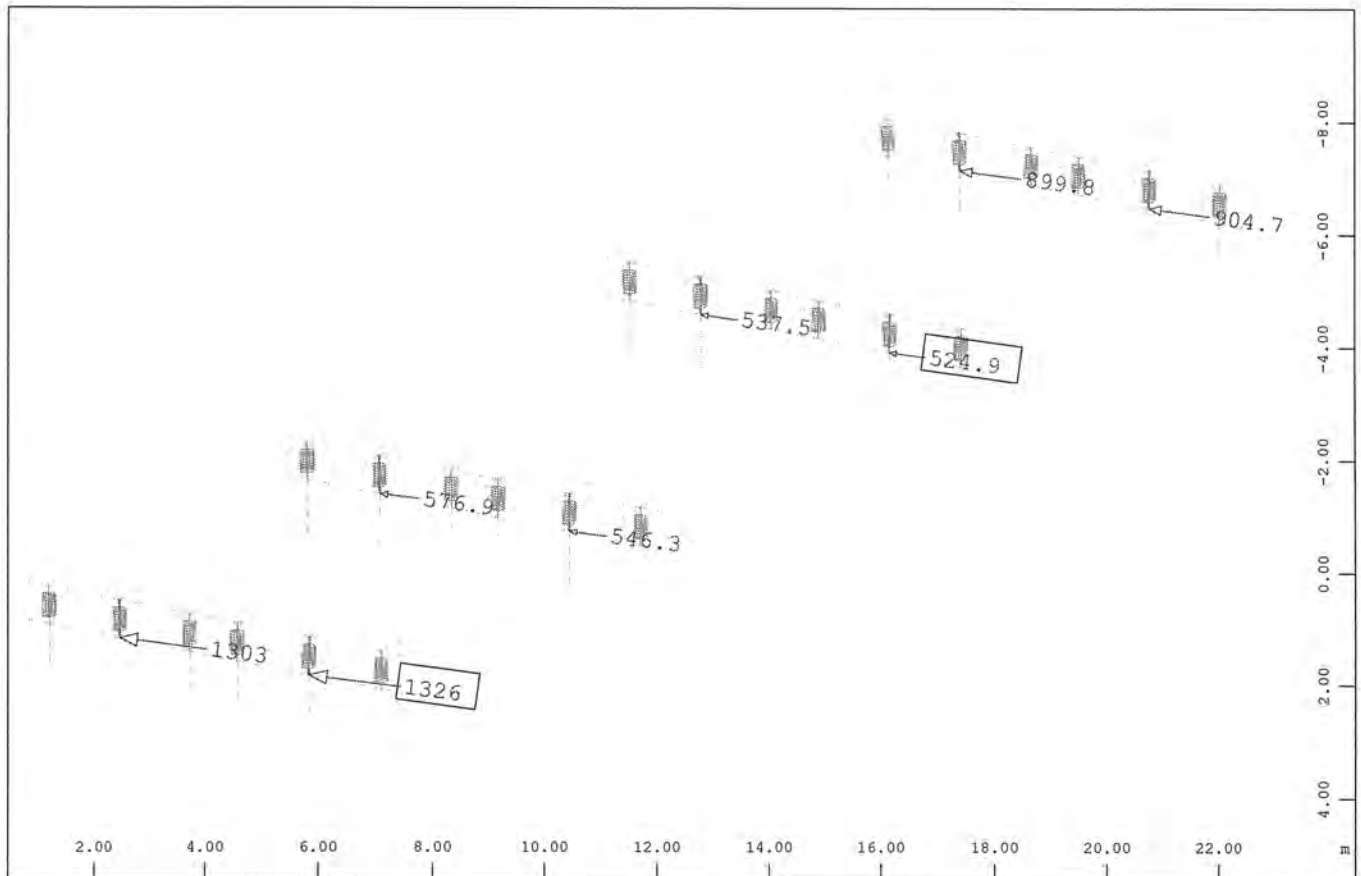
M 1 : 130
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



V TET REAKCiji JE ZAJETA ŠE MASA MERODAJNEGA
 DELA OROBNIKA, ZATO JE REAKCIJA SOBAZ. MANTJA
 ⇒ približno enaka kot v osi X

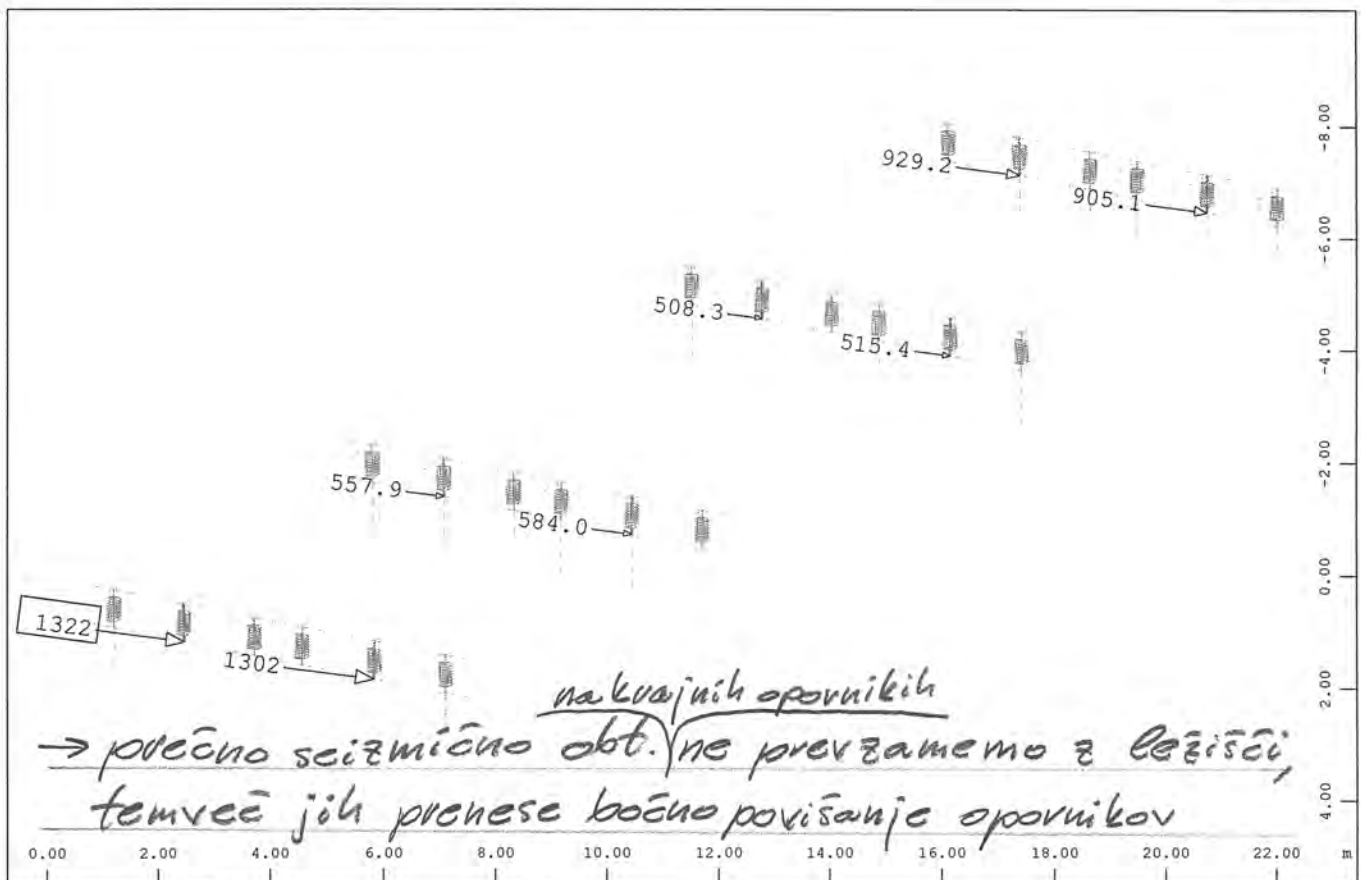
Sector of system Group 9
 Constraining force in global Y, Loadcase 62 SEIZ.PRE. , 1 cm 3D = 769.5 kN
 (Max=924.2) (total: 4615.)

M 1 : 137
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Constraining force in global Y, Loadcase 5204 MIN-PY KINE , 1 cm 3D = 1000. kN
 (Min=-1326.) (Max=-524.9) (total: -6619.)

M 1 : 134
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

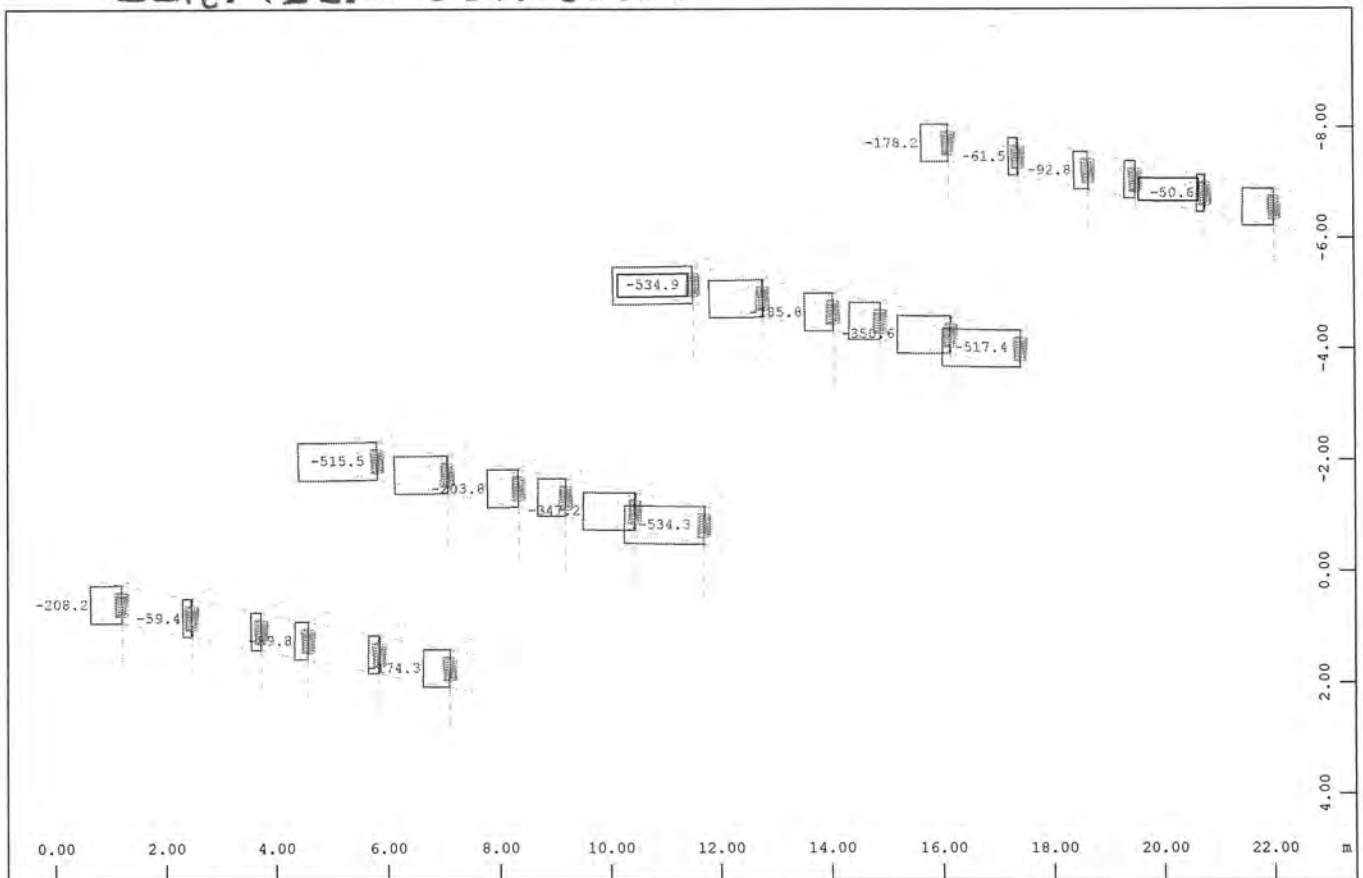


na kvadratnih opornikih
 → *prečno seizmično opt. ne prevzamemo z ležišči,*
temveč jih prenese bočno povišanje opornikov

Sector of system Group 9
 Constraining force in global Y, Loadcase 5203 MAX-PY KINE , 1 cm 3D = 1000. kN
 (Max=1322.) (total: 6623.)

M 1 : 135
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

SEIZ. VER. - obt. leišė



X
Y
Z

Sector of system Group 9

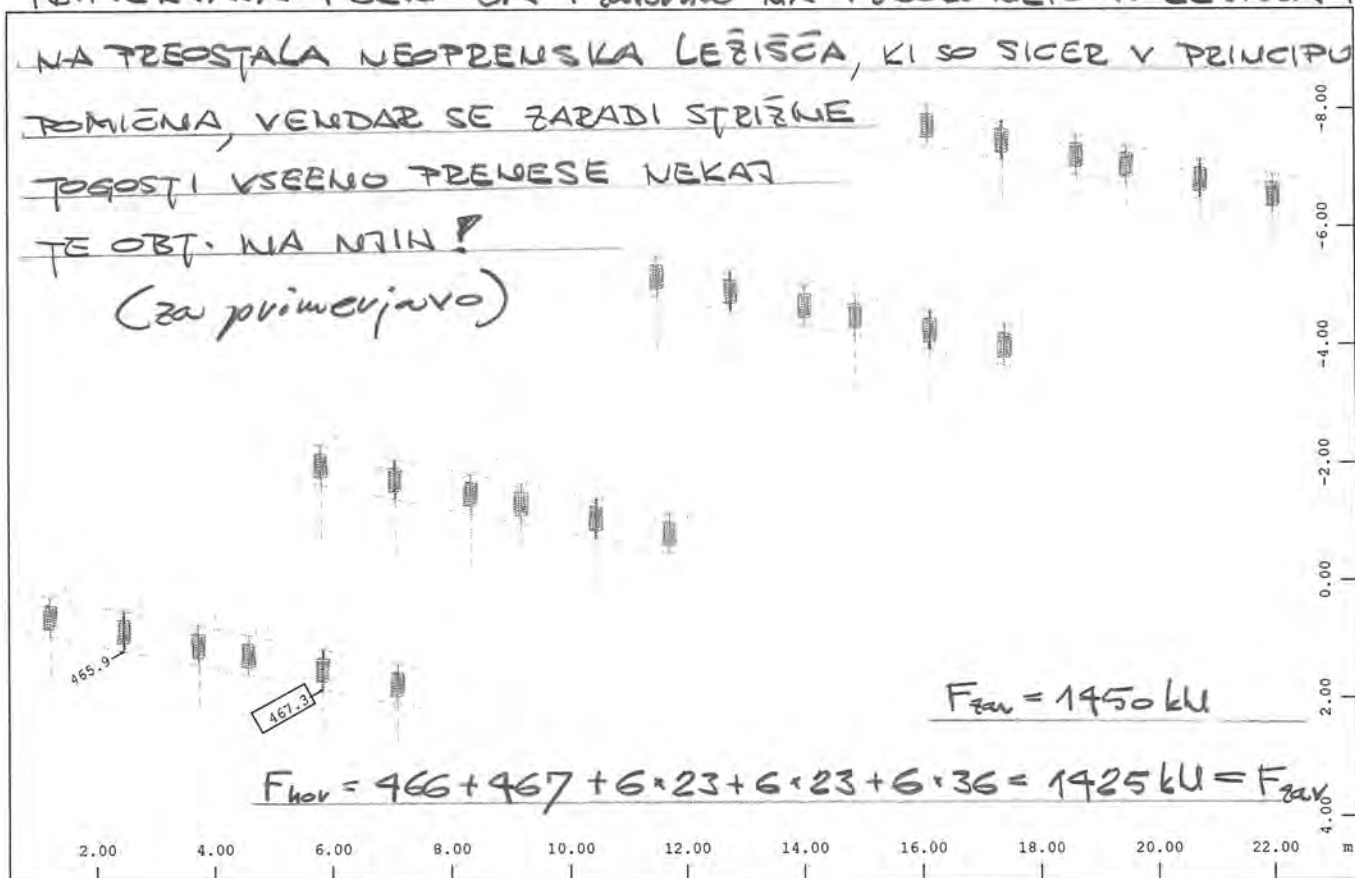
Spring force in global Z, Loadcase 63 SEIZ.VER. , 1 cm 3D = 500.0 kN (Min=-534.9)
(Max=-50.6) (total: -5612.)

M 1 : 136

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

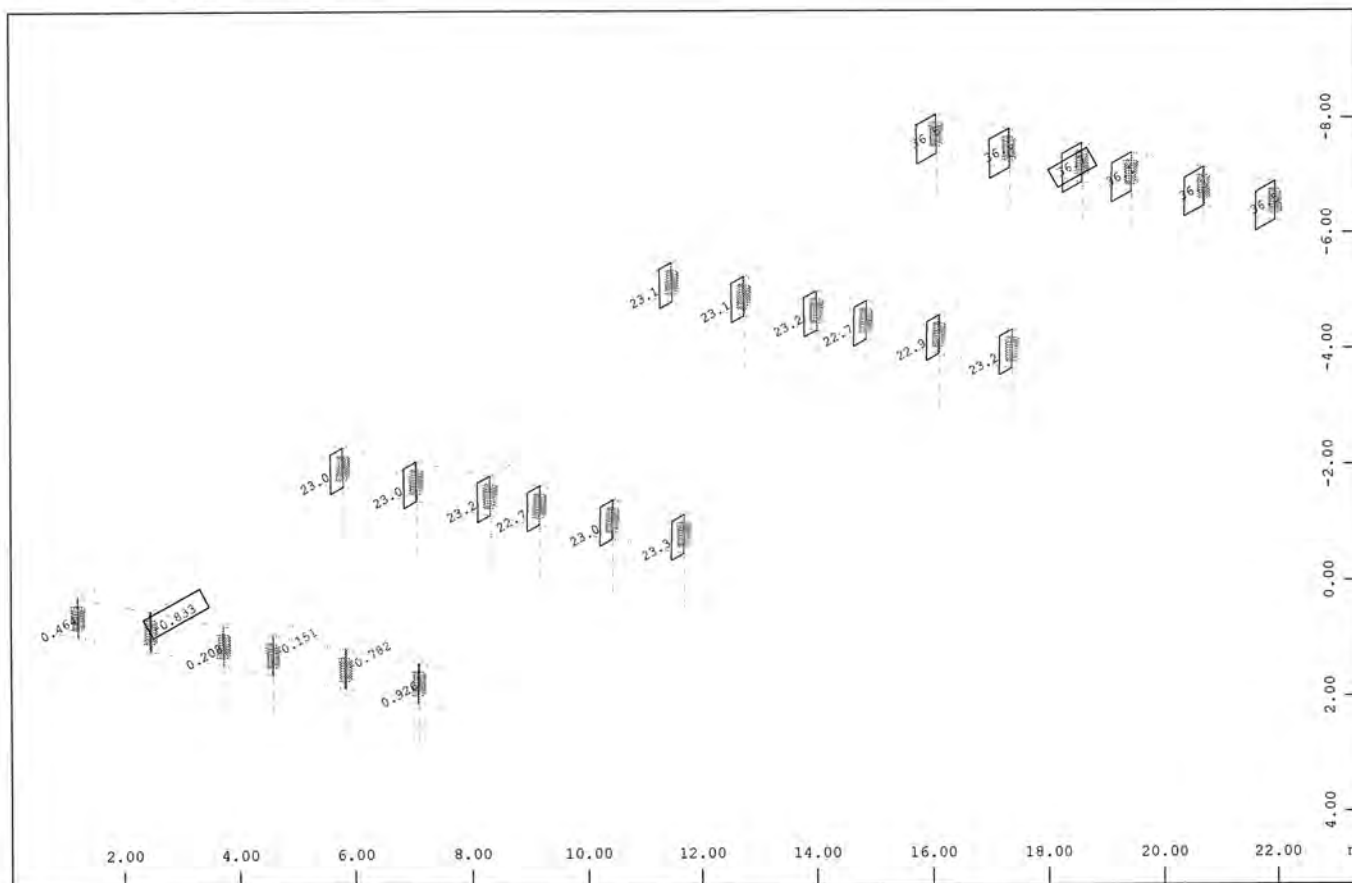
PRIMERJAVA PRENOSA $F_{zavorna}$ NA VZDOL. NEFOM. LEŽIŠČA IN
 NA TREOSTALA NEOPRENSKA LEŽIŠČA, KI SO SICER V PRINCIPU
 POMIČNA, VENDAR SE ZARADI STRIŽNE
 TEGOSTI VSEENO PRENESE NEKAT
 TE OBT. NA NJIH!

(za primerjavo)



Sector of system Group 9
 Constraining force in global X, Loadcase 47 ZAV.SILA + , 1 cm 3D = 1180. kN
 (Max=467.3) (total: 933.2)

M 1 : 128
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

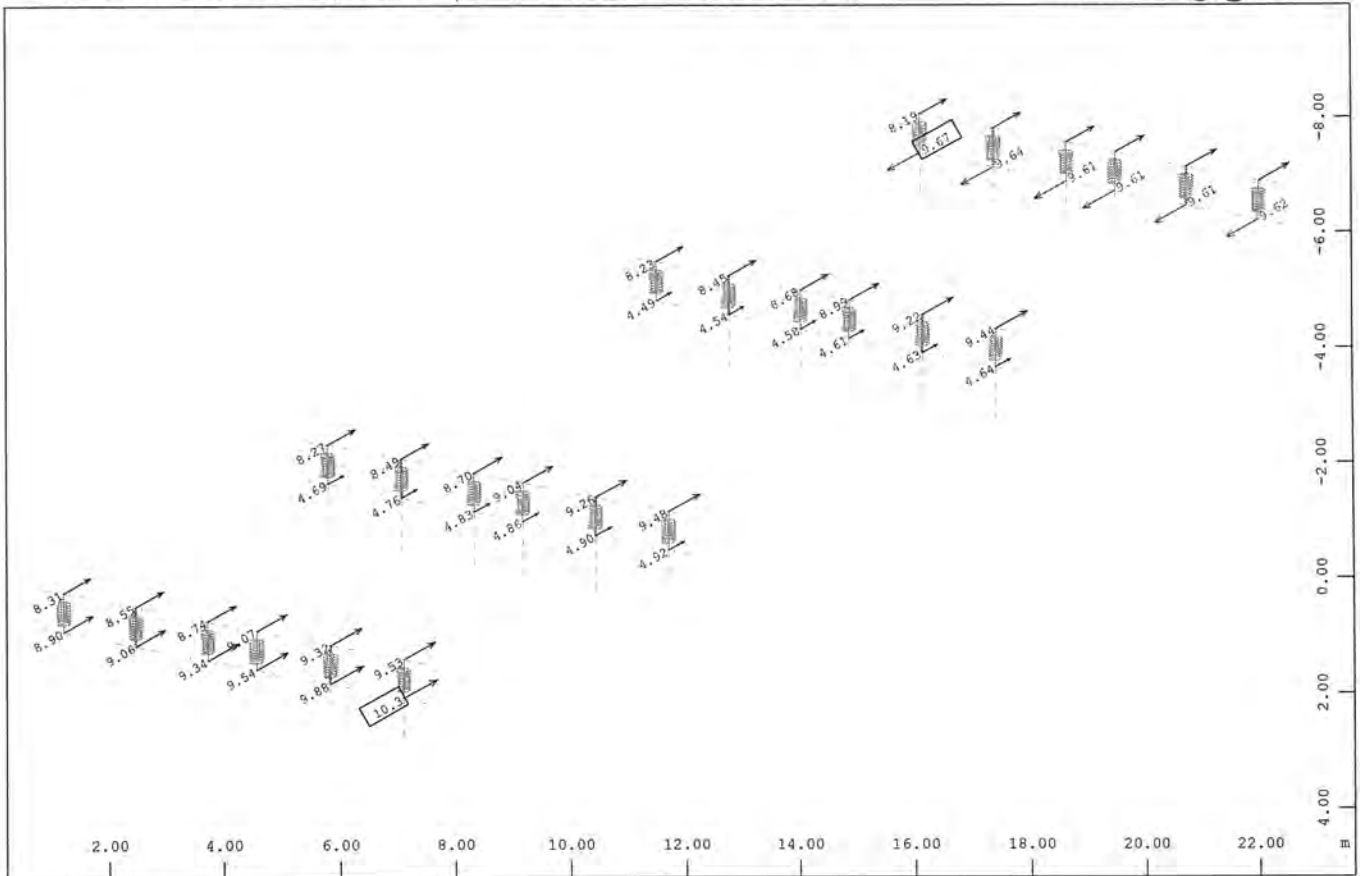


Sector of system Group 9
 Spring force in global X, Loadcase 47 ZAV.SILA + , 1 cm 3D = 61.6 kN (Min=-0.833)
 (Max=36.7) (total: 494.8)

M 1 : 131
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

DIAGRAMI HOR. POMIKOV LEŽIŠČ

VZDOLŽNO



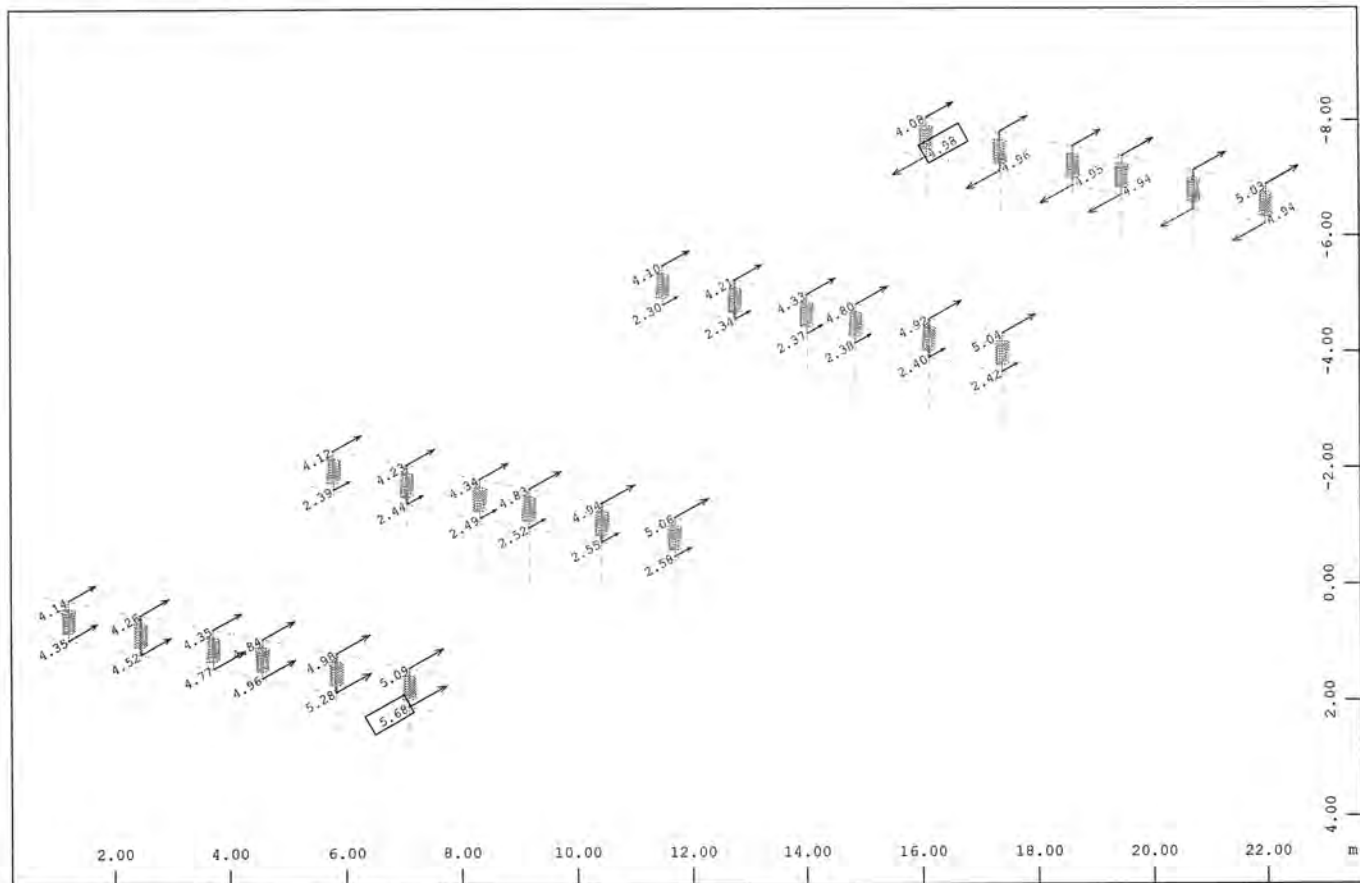
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Nodal displacement in global X, Loadcase 3 MIR.ZEM.PRITISK, 1 cm 3D = 10.0 mm
(Min=-9.67) (Max=10.3)

M 1 : 131

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



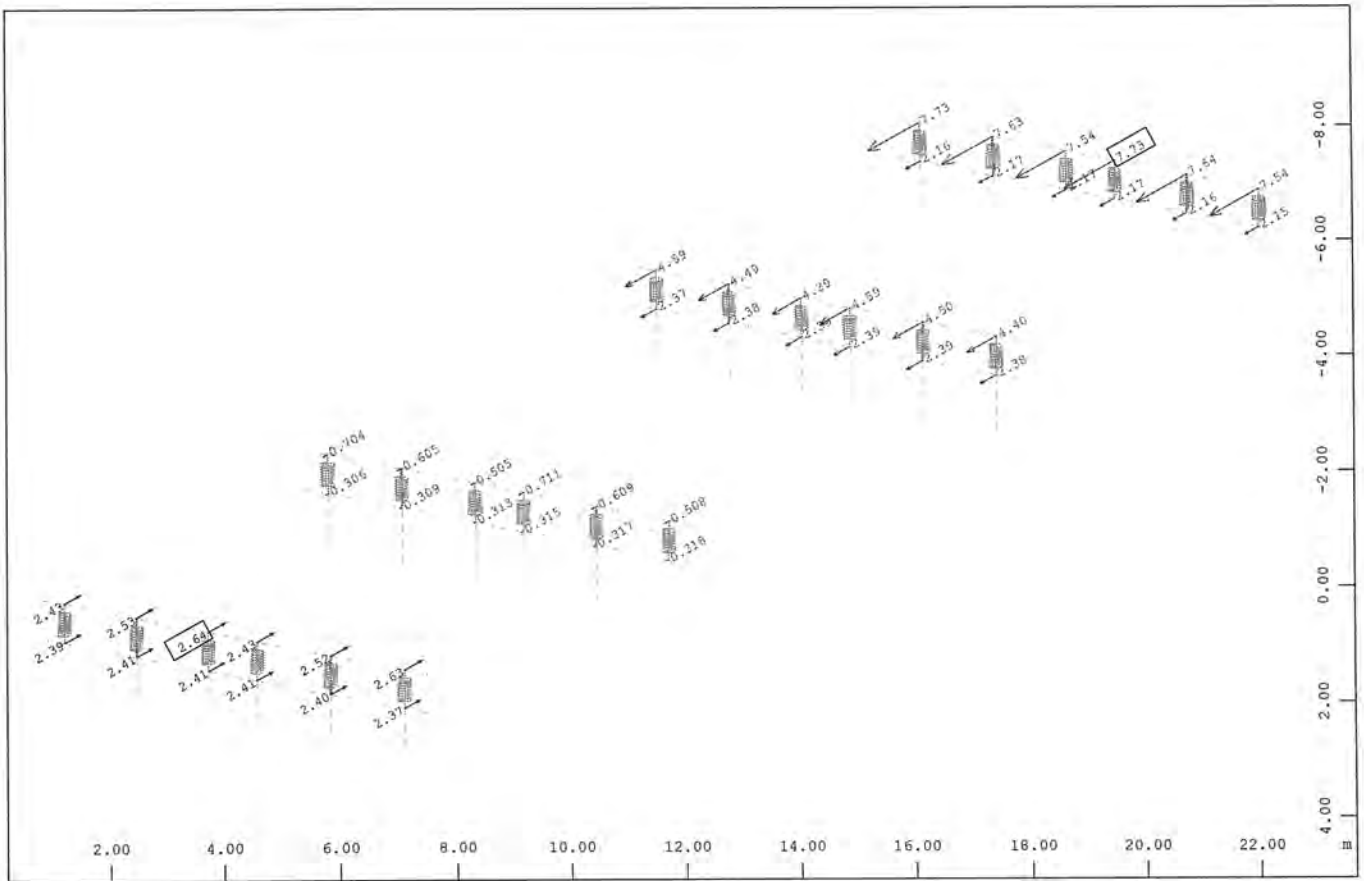
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Nodal displacement in global X, Loadcase 45 HOR.PR.PROM., 1 cm 3D = 5.00 mm
(Min=-4.98) (Max=5.68)

M 1 : 131

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



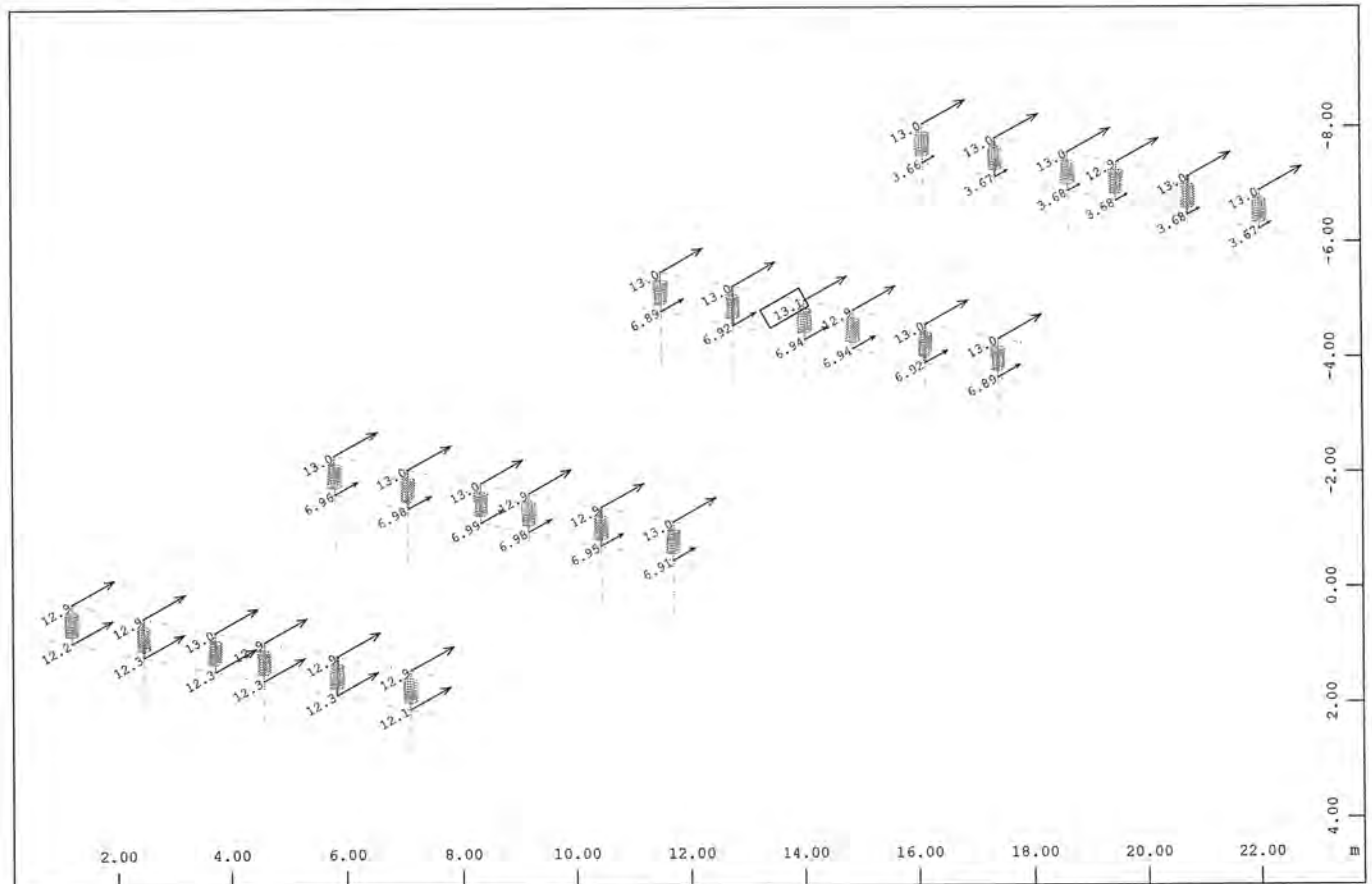
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Nodal displacement in global X, Loadcase 46 KRC.BET.-30 , 1 cm 3D = 5.00 mm
(Min=-7.73) (Max=2.64)

M 1 : 131

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



X
Y
Z

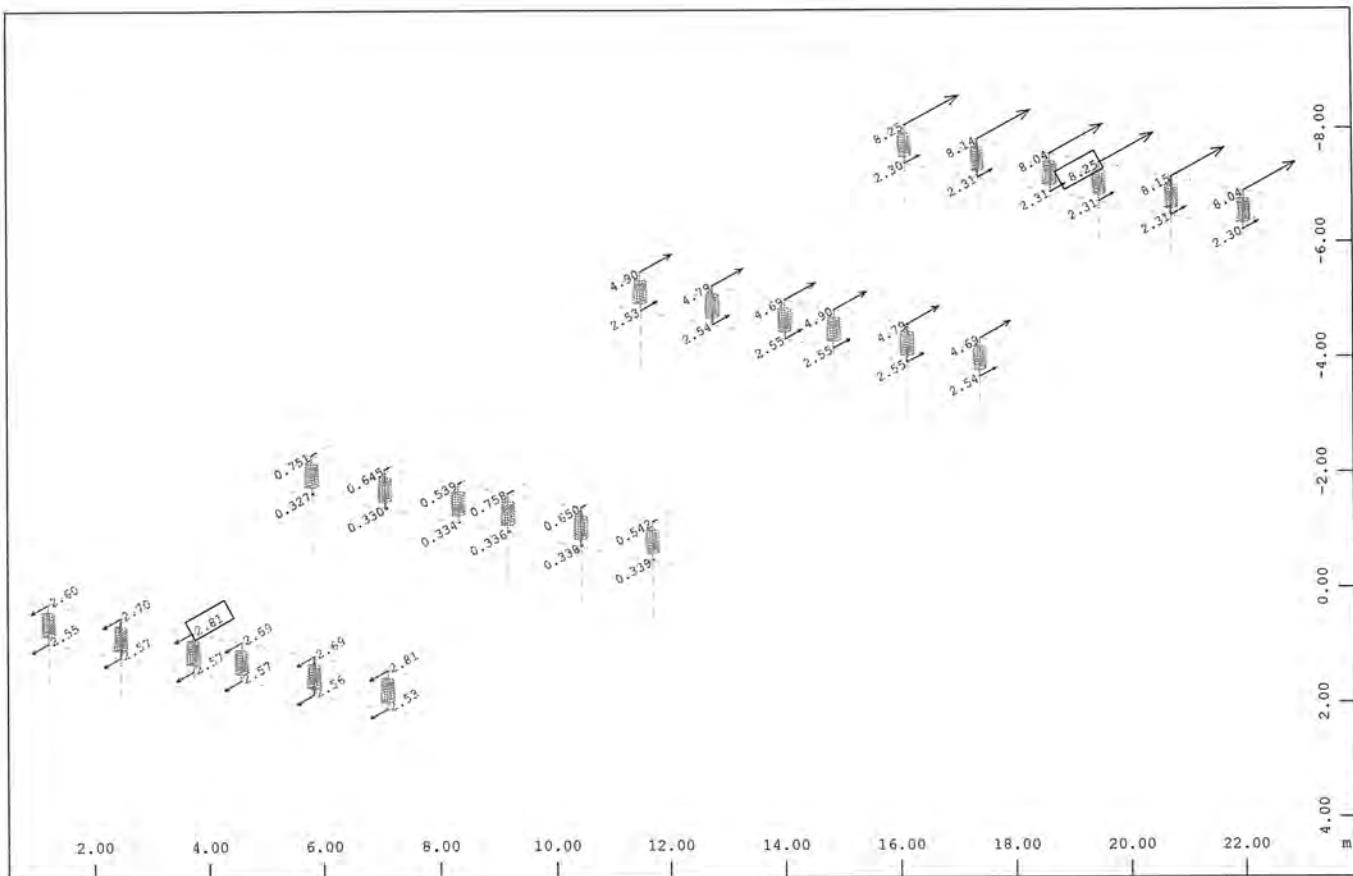
Sector of system Group 9

Nodal displacement in global X, Loadcase 47 ZAV.SILA + , 1 cm 3D = 10.0 mm
(Max=13.1)

M 1 : 132

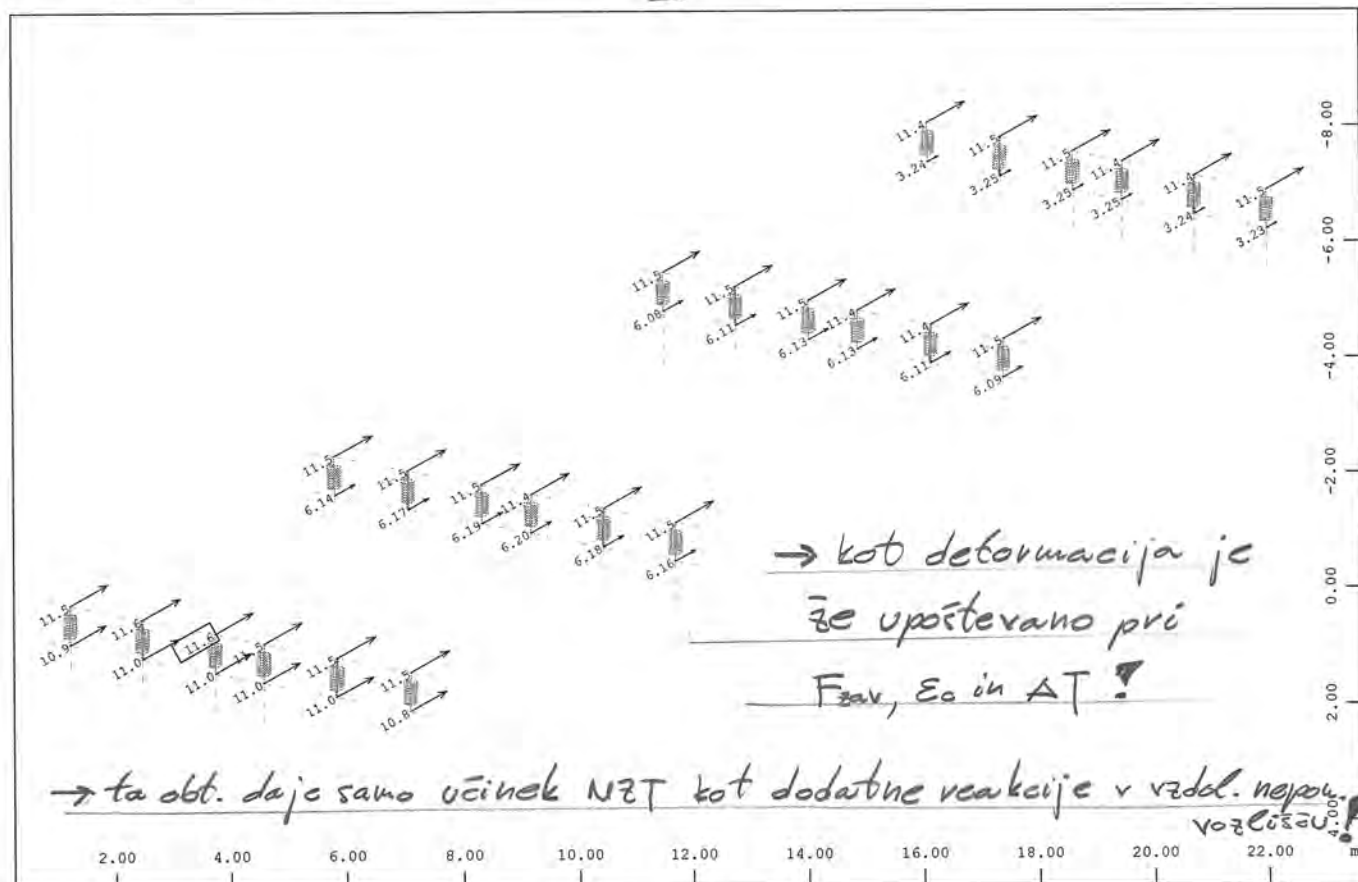
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

±
105



Sector of system Group 9
 Nodal displacement in global X, Loadcase 48 ENAK.TEMP.+32 , 1 cm 3D = 5.00 mm
 (Min=-2.81) (Max=8.25)

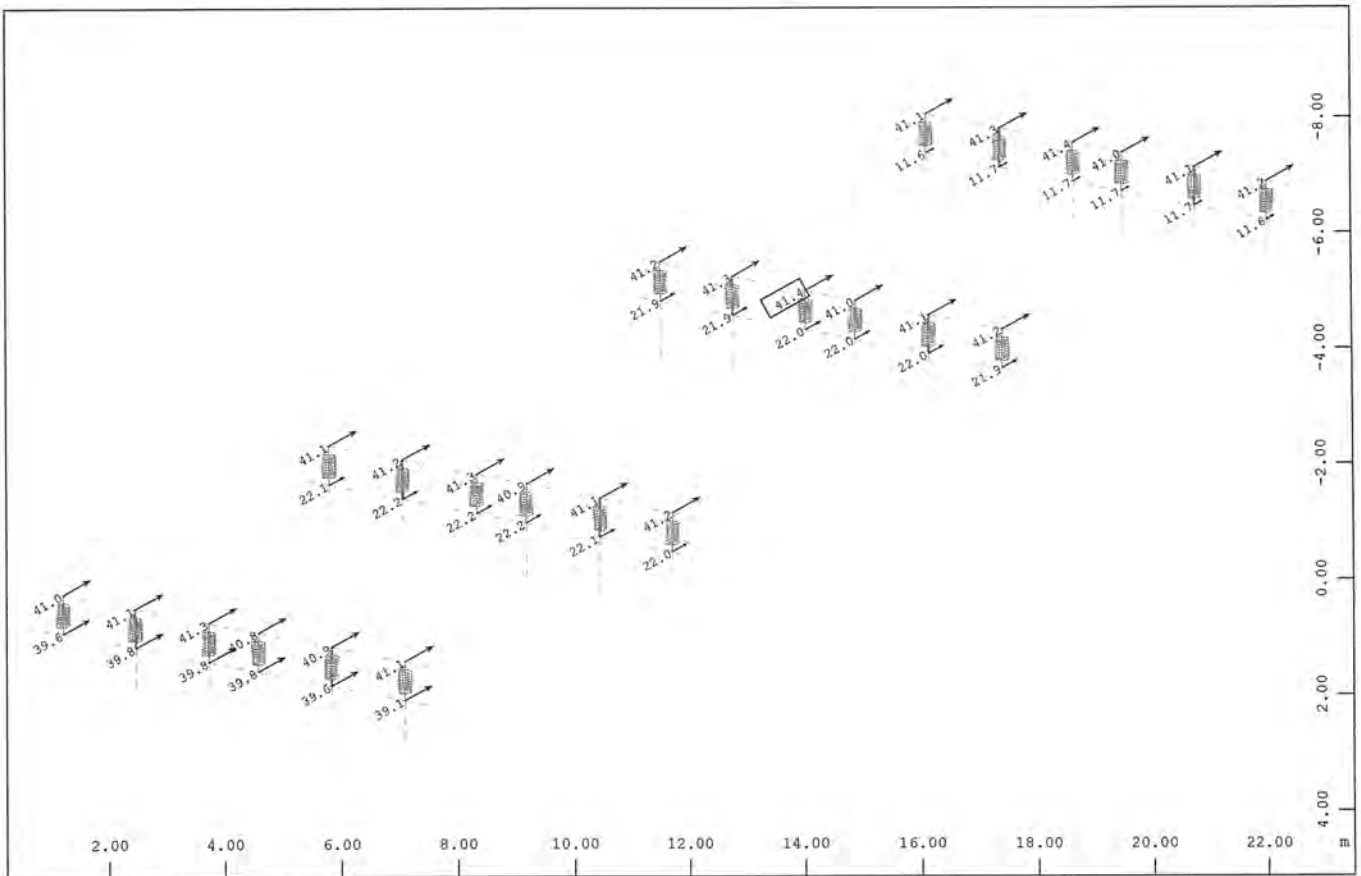
M 1 : 131
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Nodal displacement in global X, Loadcase 54 N2T , 1 cm 3D = 10.0 mm

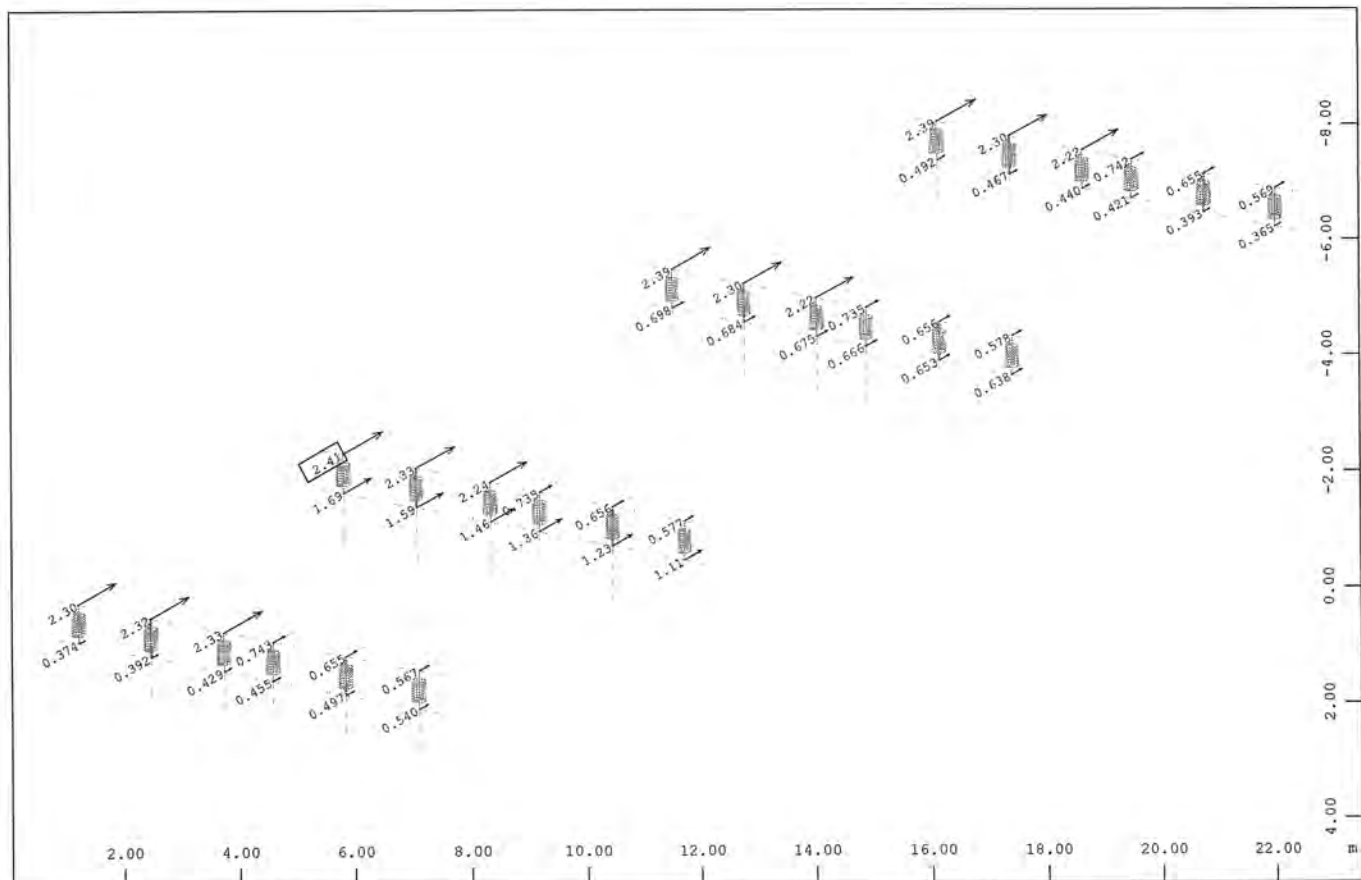
(Max=11.6)

M 1 : 131
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Nodal displacement in global X, Loadcase 61 SEIZ.VZD , 1 cm 3D = 50.0 mm $\Rightarrow$ (Max=41.4)

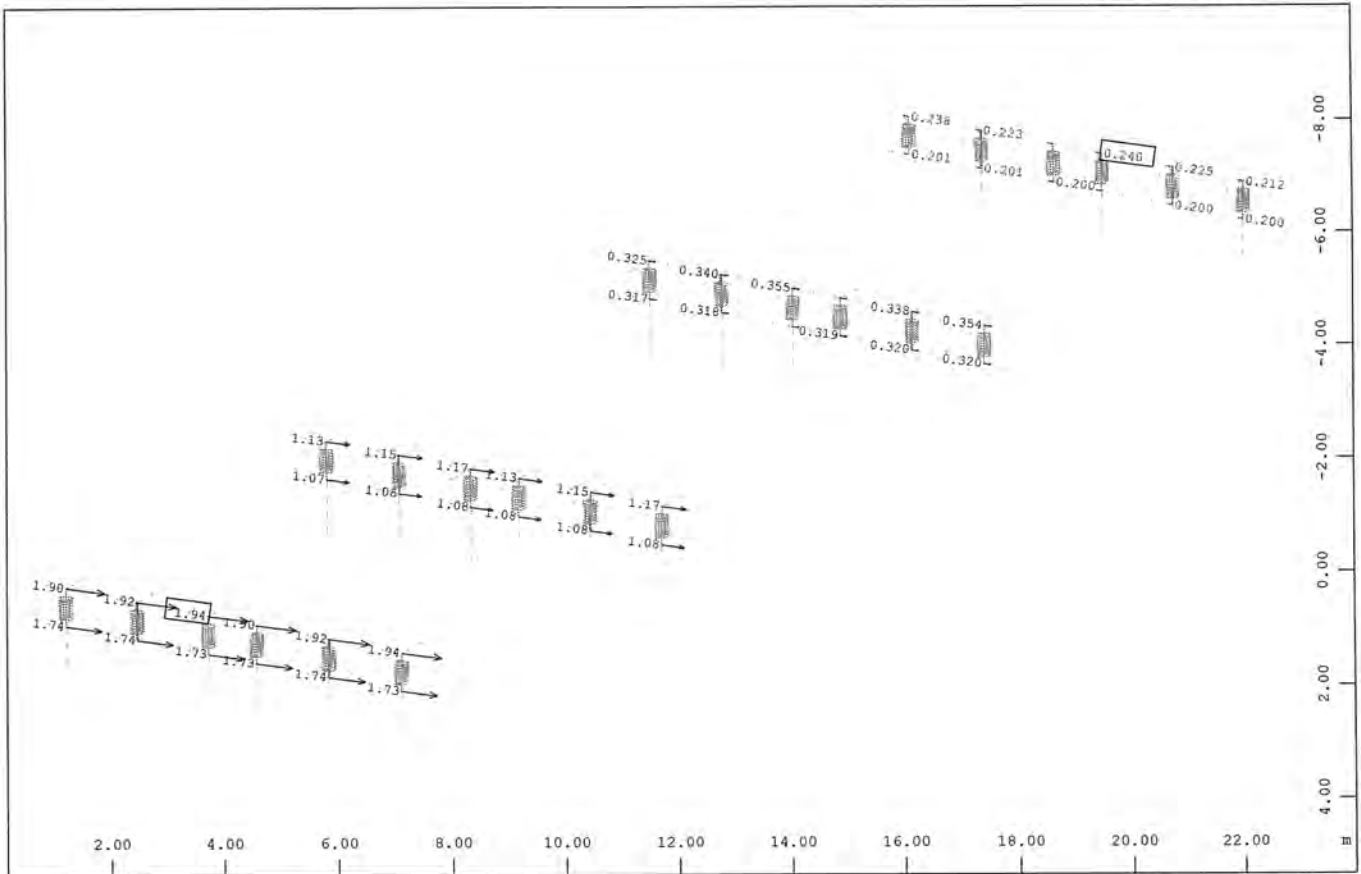
M 1 : 130
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Nodal displacement in global X, Loadcase 39 SW2-1p-L , 1 cm 3D = 2.00 mm $\Rightarrow$ (Max=2.41)

M 1 : 131
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

PRECEDUO



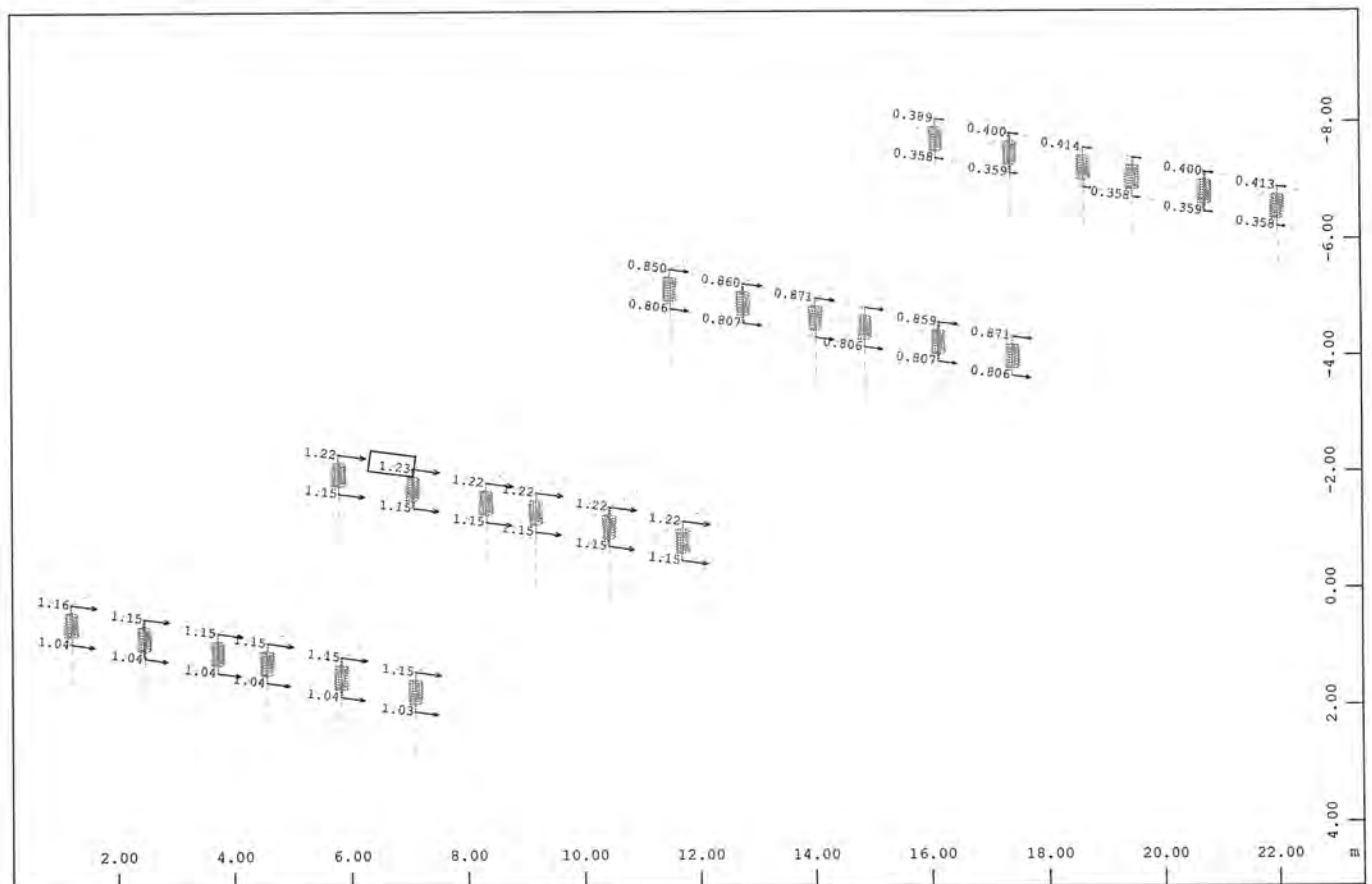
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Nodal displacement in global Y, Loadcase 50 BOC.SUNEK 1 , 1 cm 3D = 3.27 mm
(Min=-0.240) (Max=1.94)

M 1 : 133

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



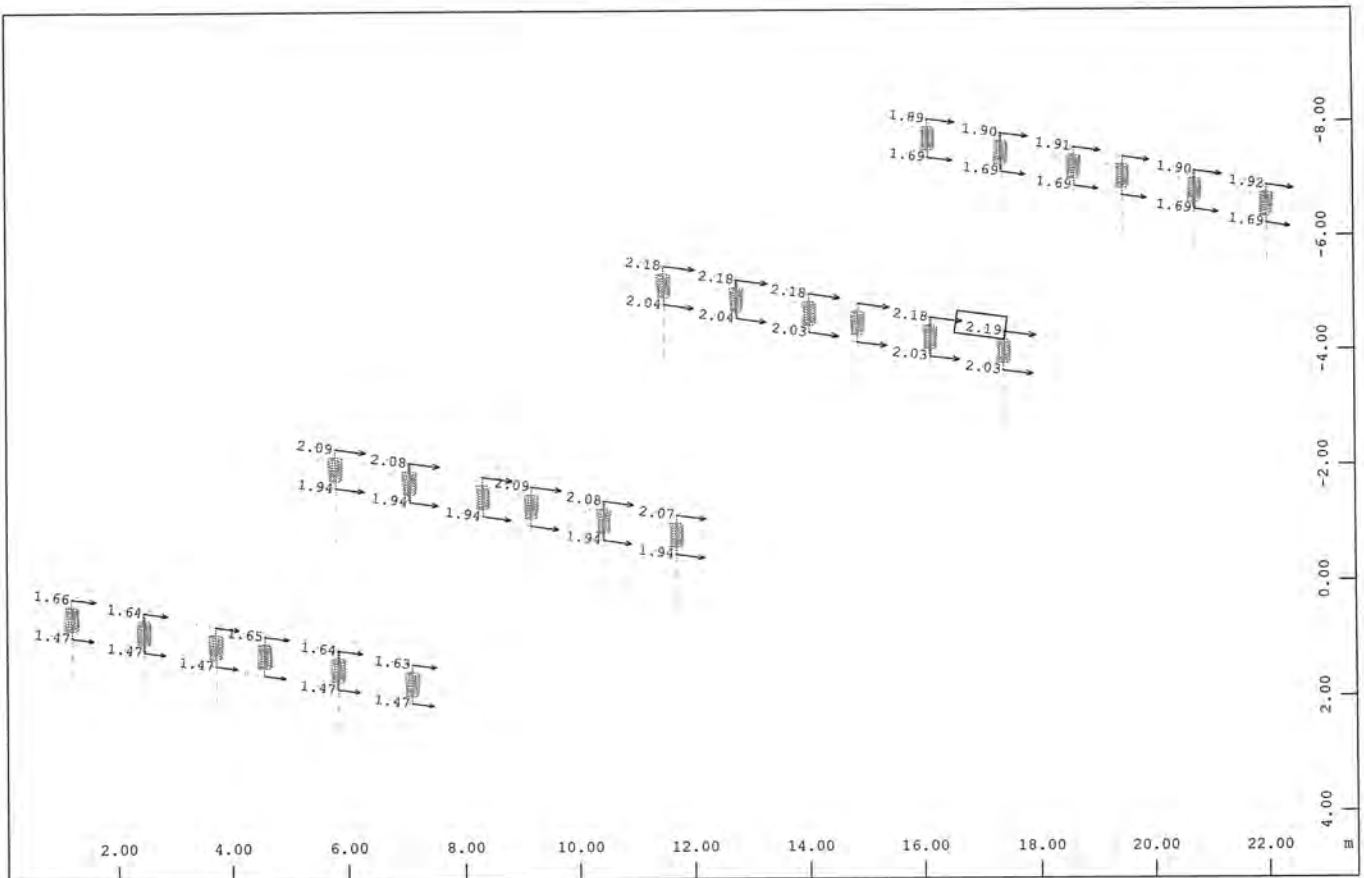
X
Y
Z

Sector of system Group 9

Nodal displacement in global Y, Loadcase 51 BOC.SUNEK 2 , 1 cm 3D = 3.08 mm
(Max=1.23)

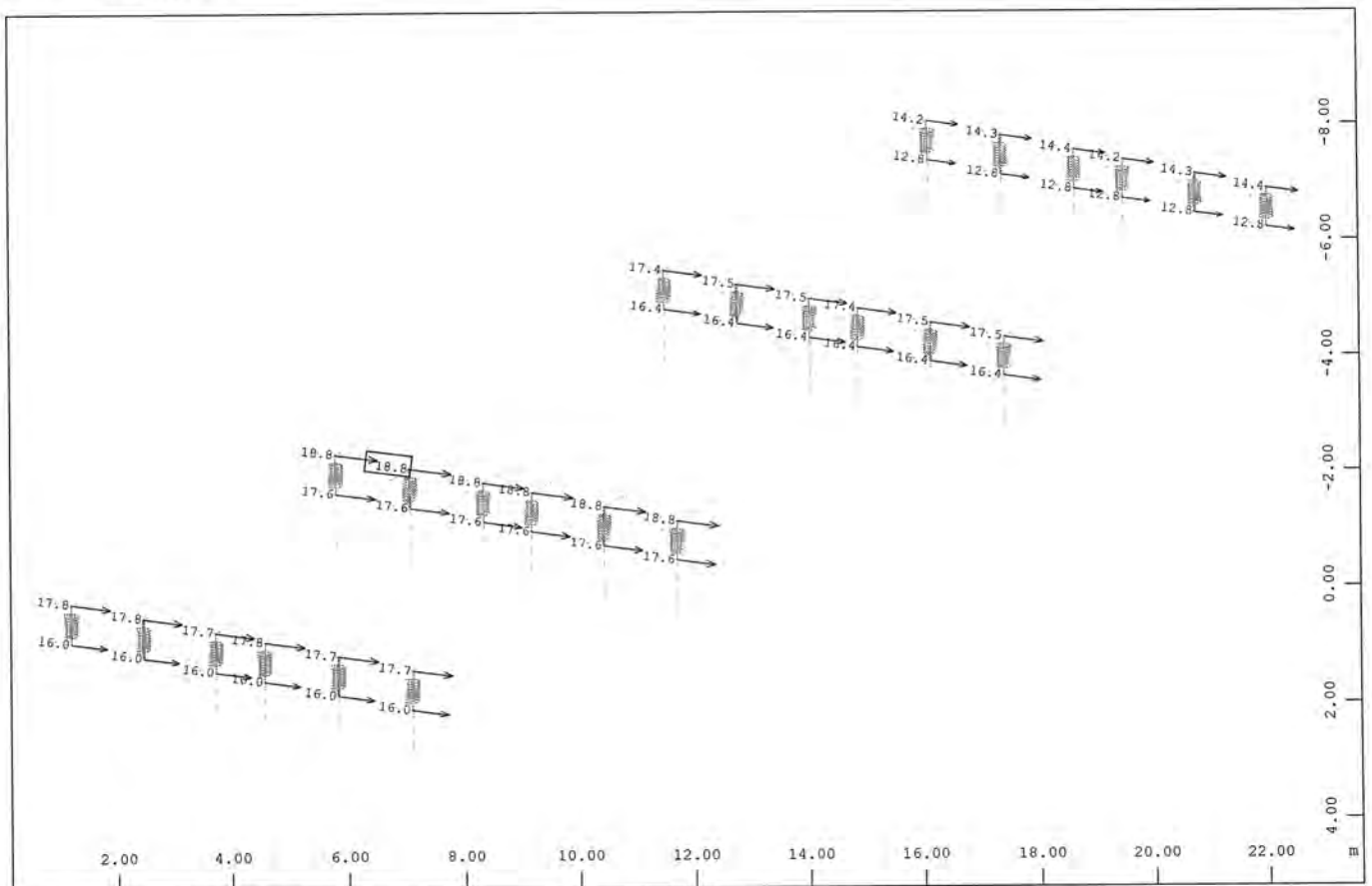
M 1 : 130

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Group 9
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 55 VETER-OBT.MOST , 1 cm 3D = 4.72 mm
 (Max=2.19)

M 1 : 131
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

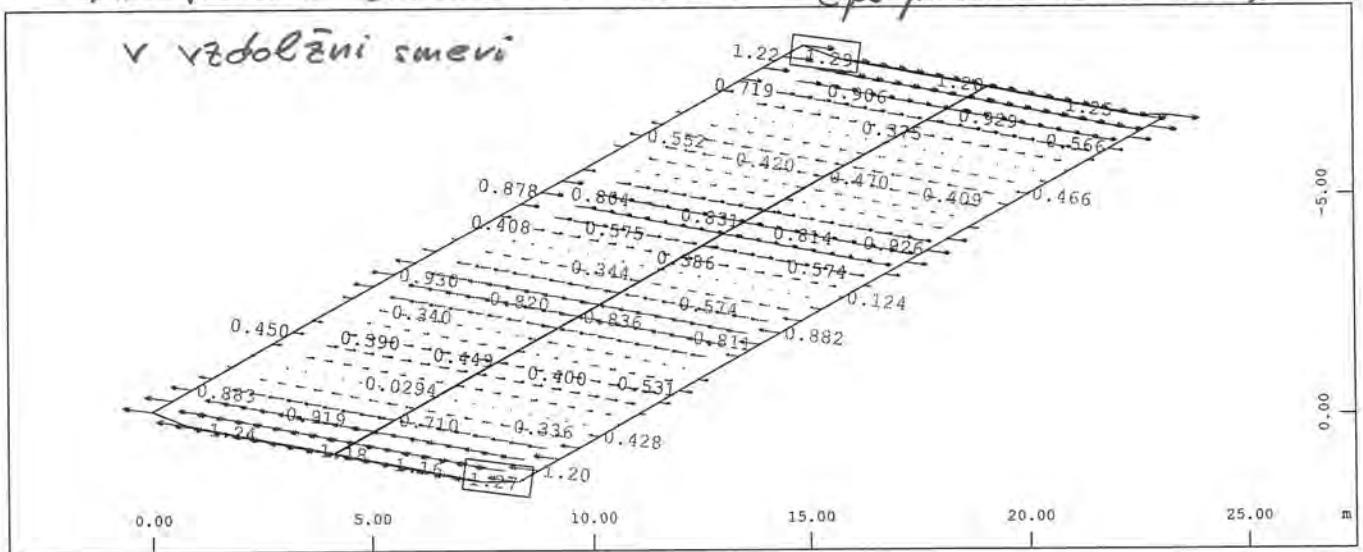


Sector of system Group 9
 Nodal displacement in global Y, Loadcase 62 SEIZ.PRE. , 1 cm 3D = 30.8 mm
 (Max=18.8)

M 1 : 131
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

DIAGRAMI ZASUKOV LEŽIŠČ (po pramernih obk.)

v vzdolžni smeri

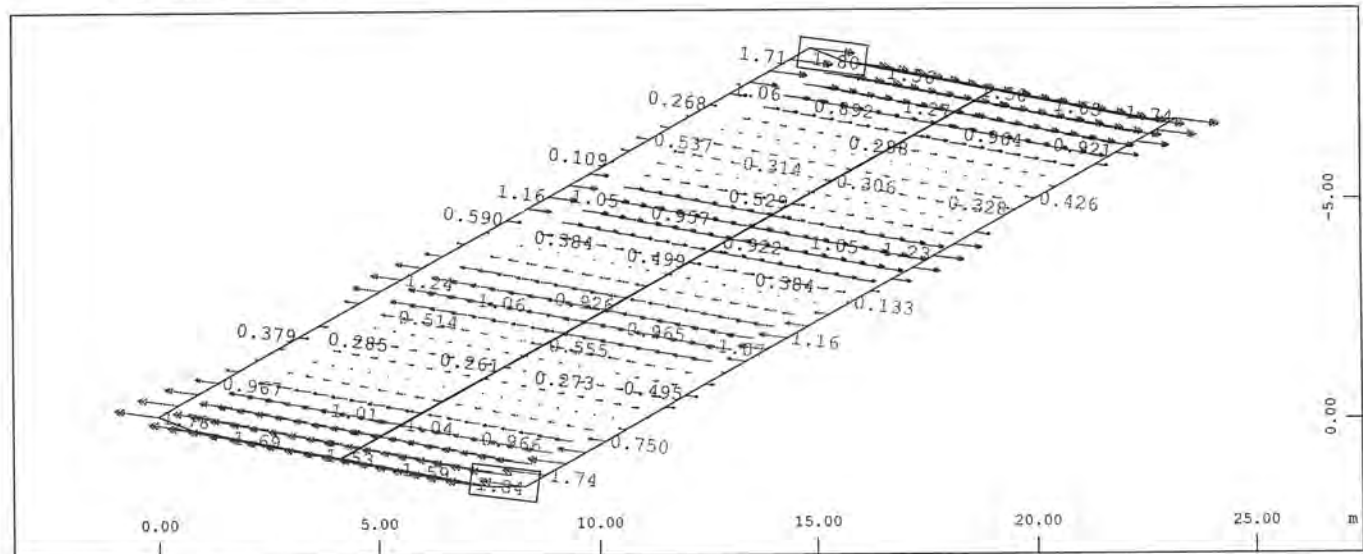


Sector of system Group 1

Nodal rotation about global Y, Loadcase 1 LASTNA TEZA , 1 cm 3D = 2.75 mrad
(Min=-1.27) (Max=1.29)

M 1 : 172

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

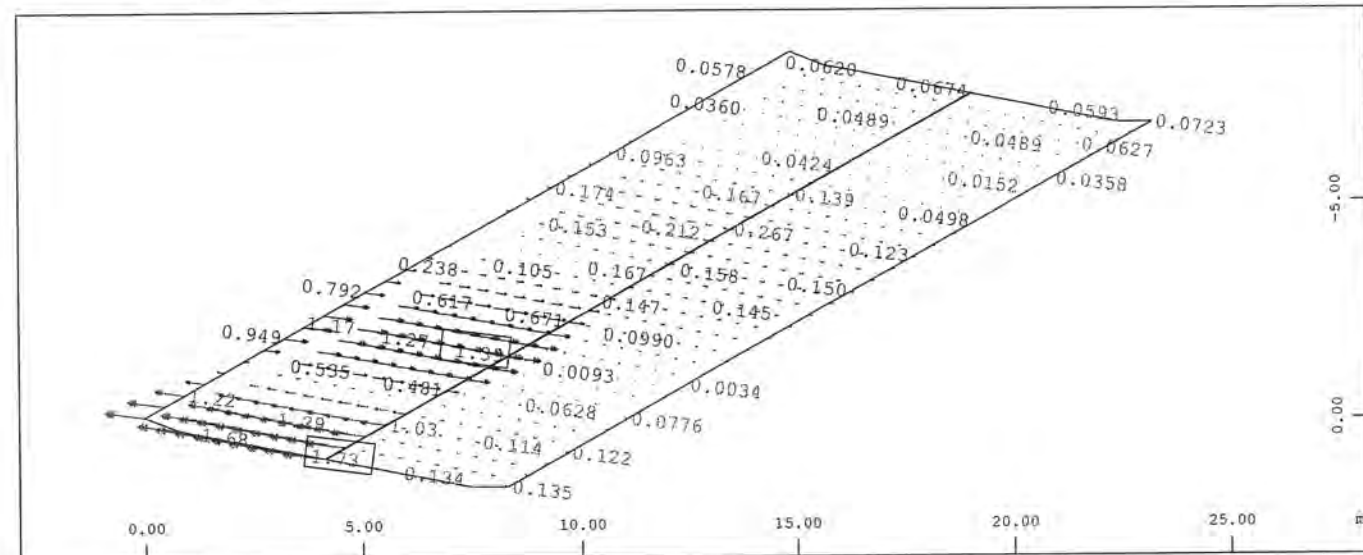


Sector of system Group 1

Nodal rotation about global Y, Loadcase 2 STALNA KOR. , 1 cm 3D = 2.75 mrad
(Min=-1.84) (Max=1.80)

M 1 : 172

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

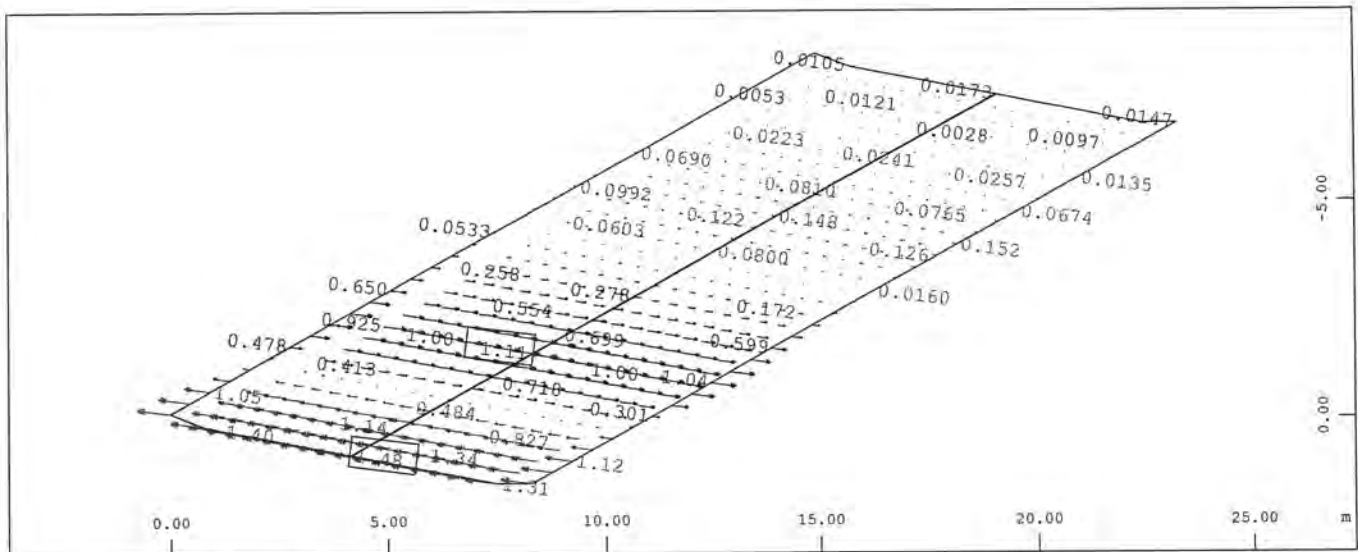


Sector of system Group 1

Nodal rotation about global Y, Loadcase 4 LM71-80-lp-L , 1 cm 3D = 2.75 mrad
(Min=-1.73) (Max=1.39)

M 1 : 174

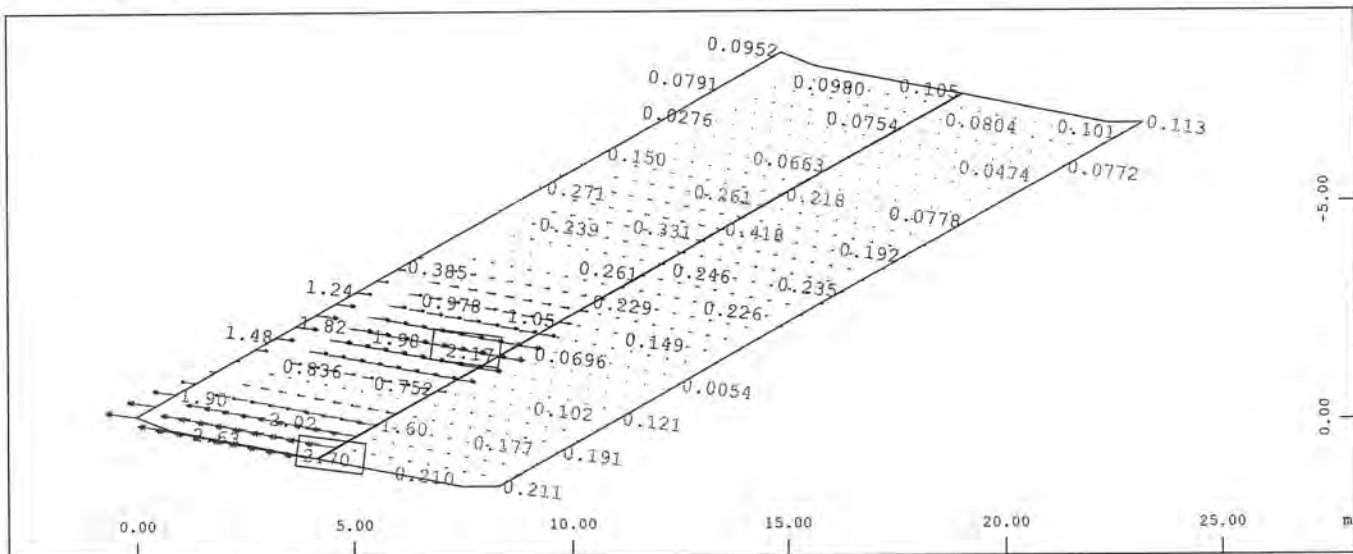
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Group 1
Nodal rotation about global Y, Loadcase 12 LM71-250-2-L , 1 cm 3D = 2.75 mrad
(Min=-1.48) (Max=1.11)



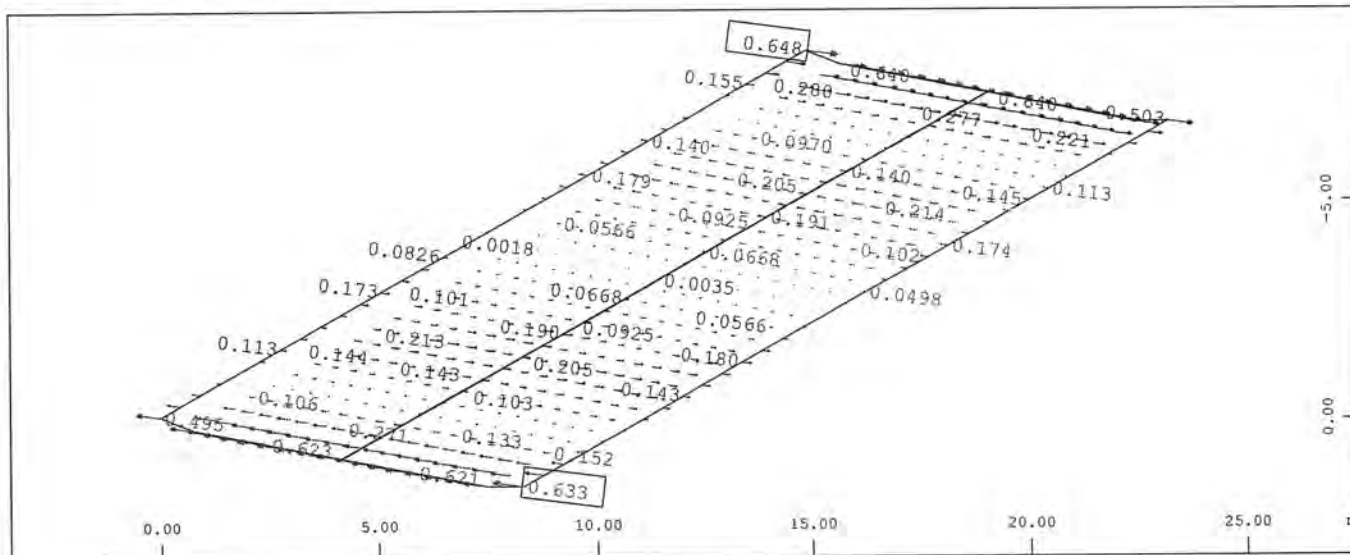
M 1 : 174
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



Sector of system Group 1
Nodal rotation about global Y, Loadcase 39 SW2-1p-L , 1 cm 3D = 5.50 mrad
(Min=-2.70) (Max=2.17)



M 1 : 174
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

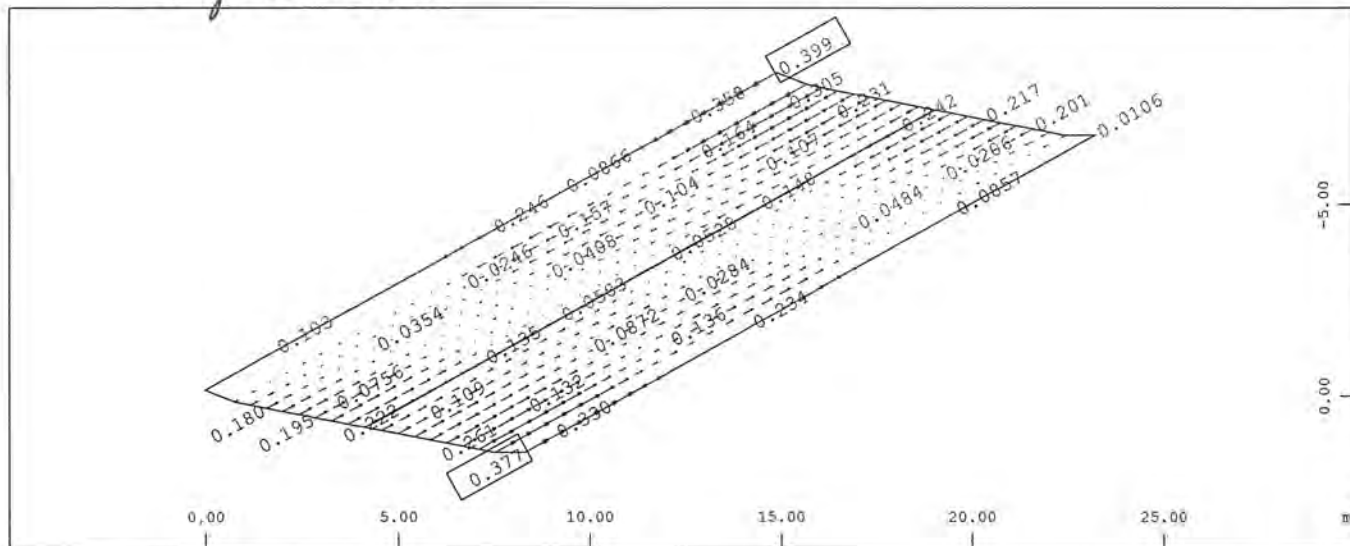


Sector of system Group 1
Nodal rotation about global Y, Loadcase 49 DIF.TEMP ZG.+9 , 1 cm 3D = 1.38 mrad
(Min=-0.633) (Max=0.648)



M 1 : 174
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

✓ prečni smeri



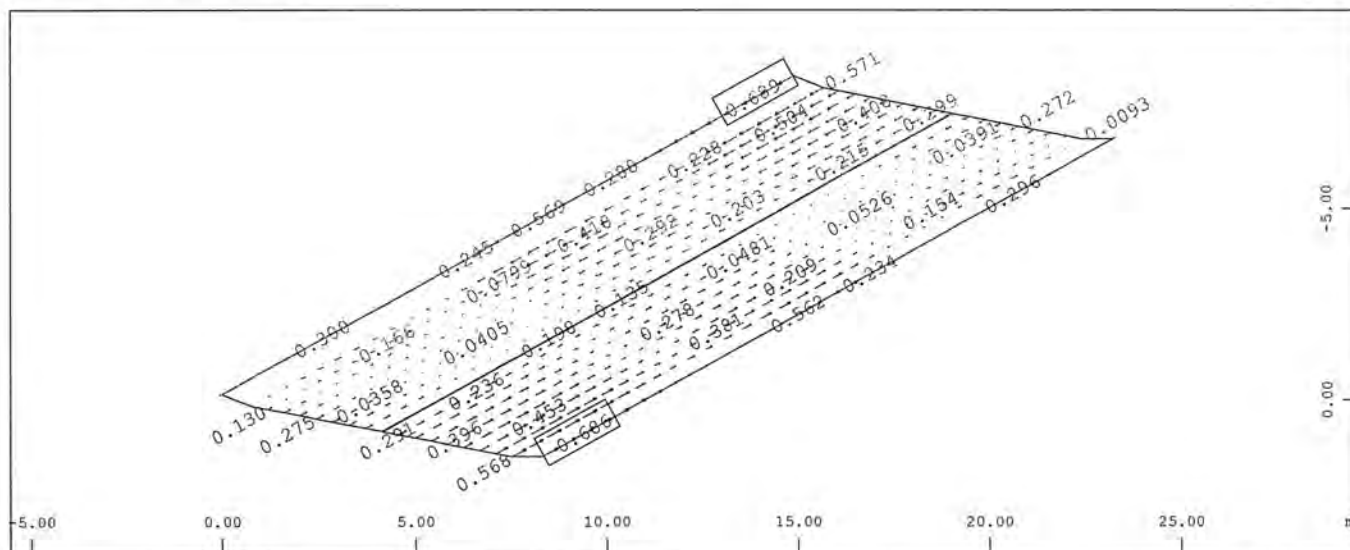
X
Y
Z

Sector of system Group 1

Nodal rotation about global X, Loadcase 1 LASTNA TEZA , 1 cm 3D = 0.550 mrad
(Min=-0.399) (Max=0.377)

M 1 : 197

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



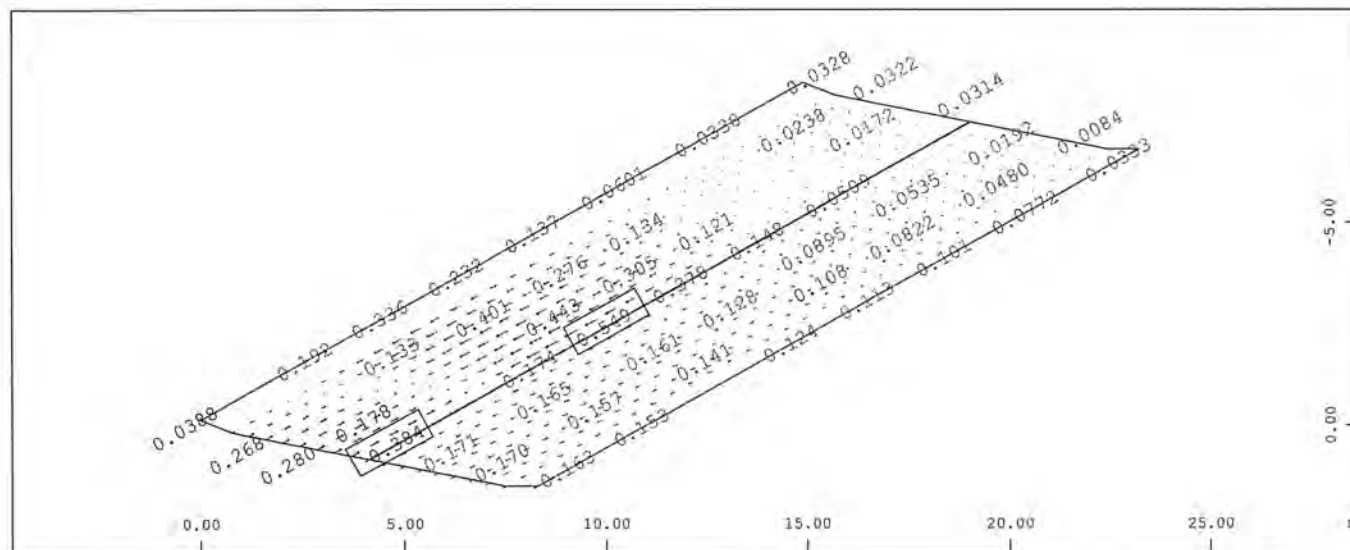
X
Y
Z

Sector of system Group 1

Nodal rotation about global X, Loadcase 2 STALNA KOR. , 1 cm 3D = 1.38 mrad
(Min=-0.689) (Max=0.686)

M 1 : 197

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



X
Y
Z

Sector of system Group 1

Nodal rotation about global X, Loadcase 39 SW2-1p-L , 1 cm 3D = 1.38 mrad
(Min=-0.549) (Max=0.384)

M 1 : 187

X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962





Na strani Ljubljane so na krajnem oporniku nameščena vzdolžno nepomična ležišča. Hkrati je zaključek prekladne konstrukcije oblikovan brez dilatacijske naprave, saj sta krajni opornik in čelo prekladne konstrukcije toga povezana in medsebojnih (relativnih) vzdolžnih pomikov med njima ni. Absolutni pomik na tem mestu znaša:

- od mirnega zemeljskega pritiska 10 mm (se ustvari pred montažo zg. stroja);
- od hor. pritiska od prometa 5 mm;
- od krčenja betona 2 mm;
- od zavorne sile ± 13 mm;
- od enakomerne temperature ± 3 mm;
- od NZT-ja ± 11 mm;
- od vzdolžne seizmične obtežbe $2.1 \times 41 = \pm 86$ mm.

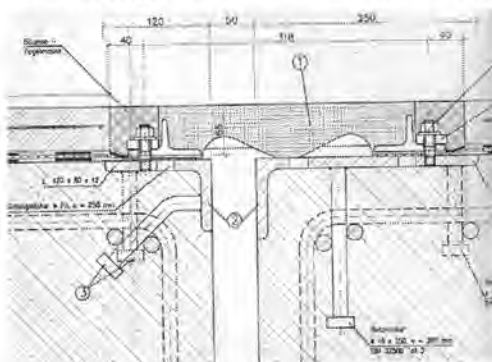
Na strani Divača pa je vgrajena dilatacijska naprava. Relativni pomik med podporno in prekladno konstrukcijo na tem mestu (krajna podpora na strani Divača) znaša:

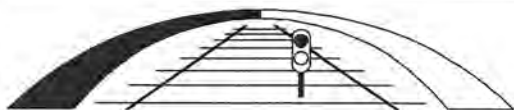
$$\begin{aligned} & \left[u = e_m + e_{hor.pr.prom.} - \varepsilon_c \pm F_{zav} \pm \Delta T \right] \dots \text{komb. SLS-CR} \\ u_4 &= (8.0 + 9.5) + (4.5 + 5.0) - (7.5 - 2.2) \pm (13 - 3.7) \pm 1.35 \cdot (8.2 - 2.3) \\ u_4 &= 17.5 + 9.5 - 5.3 \pm 9.3 \pm 8.0 \\ u_4^+ &= +44 \text{ mm} / u_4^- = -22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Del pomikov od mirnega zemeljskega pritiska bo izvršen že pred vgradnjo dilatacijske naprave. Prav tako pa se bo ob vgradnji dilatacijske naprave izvršil že del krčenja. Sicer bo krčenje betona, zaradi vgrajenih jeklenih valjanih nosilcev, ovirano in se tudi ne bo v celoti izvršilo. Zaradi tega je potreben hod dilatacijske naprave reduciran na:

$$\begin{aligned} & \left[u = e_m + e_{hor.pr.prom.} - \varepsilon_c \pm F_{zav} \pm \Delta T \right] \dots \text{komb. SLS} - CR \\ & u_4 = 0.7 \cdot 17.5 + 9.5 - 5.3 \pm 9.3 \pm 8.0 \\ & u_4^+ = +39 \text{ mm} / u_4^- = -22 \text{ mm} \end{aligned}$$

Izbrana je vodotesna dilatacijska naprava po RiL 804.903, M-UF 1934 - Typ 80 (vzdolžno ± 40 mm, prečno ± 60 mm in vertikalno ± 40 mm).





7 PODPORNÁ KONSTRUKCIJA

7.1 KOMBINACIJE OBTEŽB - DOLOČITEV NOT. STAT. KOLIČIN

Notranje statične količine so izračunane s programom FLASH.

opredelitev obtežb

persistent load : $L.T.$, $stal.kor.$, V_p , e_m , ε_c

transient load : $ver.pr.$, $hor.pr.$, $zav.$, ΔT , $veter$, $bocni\ sun.$, $centr.\ sila$

accidental load : $iztirjenje$, $nalet\ voz.$

seismic load : $seiz.vzd.$, $seiz.pre.$

$pr.gr13 \rightarrow 1.0 (SW/0 \cup UIC 71) + 1.0\ zav.$

$\rightarrow$ komb. so določene po EC 1/1 tč.9.4.2, EC 1/3 tč.6.8.1, 6.8.2, G2.3, G2.4

UPOŠTEVANE KOMBINACIJE (po EC 1)

P/T ; *stalna in prehodna*

$$\Sigma \gamma_{G_j} \cdot G_j + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_1 + \Sigma \gamma_{Q_i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_i$$

dominantna je prom. grupa obt.

$$S_{u1} = 1.35 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.45 (1.0 \times \phi_d \times S_{prom.} + 1.0\ zav.) + 1.5 (0.6 \Delta T + 0.6 S_{veter})$$

dominanta je obt. ΔT

$$S_{u2} = 1.35 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.5 (\Delta T) + 1.45 (0.8 \phi_d \times S_{prom.} + 0.8\ zav.) + 1.5 (0.6 S_{veter})$$

A ; *nezgodna*

$$\Sigma 1.0 \cdot G_j + 1.0 \cdot P + 1.0 \cdot A_d + [1.0 \cdot (\psi_{1,i} \text{ ali } \psi_{2,i}) \cdot Q_i + \Sigma 1.0 \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_i]$$

$$S_{u1} = 1.0 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.0 (1.0 \times \phi_d \times S_{prom.}) + 1.0 (0.5 \Delta T + 0.0 S_{veter}) + 1.0 A_k$$

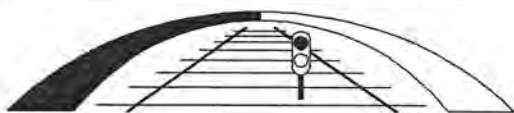
$$S_{u2} = 1.0 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_p + 1.0 (0.6 \Delta T) + 1.0 A_k$$

S ; *seizmična (po EC 8/2)*

$$\Sigma 1.0 \cdot G_j + 1.0 \cdot P + 1.0 \cdot A_{Ed} + \Sigma 1.0 \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_i$$

$$S_u = 1.0 \times S_{stal.vpl.} + 1.0 V_{p\infty} + 1.0 (0.0 \div 0.3 \times \phi_d \times S_{prom.}) + 1.0 (0.5 \Delta T) + 1.0 E$$

$$V_p = 0 , S_v = 0 , \Delta T = 0 , A_k = 0$$



7.2 KRAJNI OPORNIK V OSI 1 - z vzdolžno nepomičnimi ležišči

Podkonstrukcija je zasnovana tako, da se vse vzdolžne horizontalne obtežbe prenašajo iz prekladne konstrukcije na podporno konstrukcijo preko vzdolžno nepomičnih ležišč samo na opornik v osi 1. Na podporah 2, 3 in 4 so vzdolžno pomična ležišča. Zaradi tega je ta opornik zasnovan bolj masivno in s piloti v dveh vrstah (spredaj 6 pilotov, zadaj dva pilota). S tem je dosežena njegova horizontalna togost za prevzem vseh vzdolžnih horizontalnih obtežb.

Ležišča so tudi prečno nepomična, tako da opornik prevzame tudi del prečne obtežbe mosta.

V nadaljevanju so podani diagrami potrebne armature za ta krajni opornik v osi 1. Ker gre za relativno masivno konstrukcijo, je potrebna računska armatura relativno majhna.

Minimalna armatura krajnega opornika znaša:

$$A_{s,min} = 0.15 \cdot 190 = 28.5 \text{ cm}^2 / m'$$

Procent armiranja iz pogoja seizmične odpornosti je relativno velik (1.0 % betonskega prereza) in je nekajkrat večji od računske armature iz seizmične kombinacije. Ker je pri seizmični kombinaciji upoštevano delno duktilno obnašanje konstrukcije ($q = 1.5$), se lahko armira z dejansko izračunanim prerezom armature.

Minimalna armatura za stene znaša:

$$A_{s,min} = 0.20 \cdot 190 = 38 \text{ cm}^2 / m' \text{ ... na obeh straneh skupaj}$$

$$A'_{s,min} = \frac{A_{s,min}}{2} = 17 \text{ cm}^2 / m' \text{ ... na posamezni strani}$$

Vgradi se armatura Ø25/15 v vertikalni in horizontalni smeri na obeh straneh prereza.

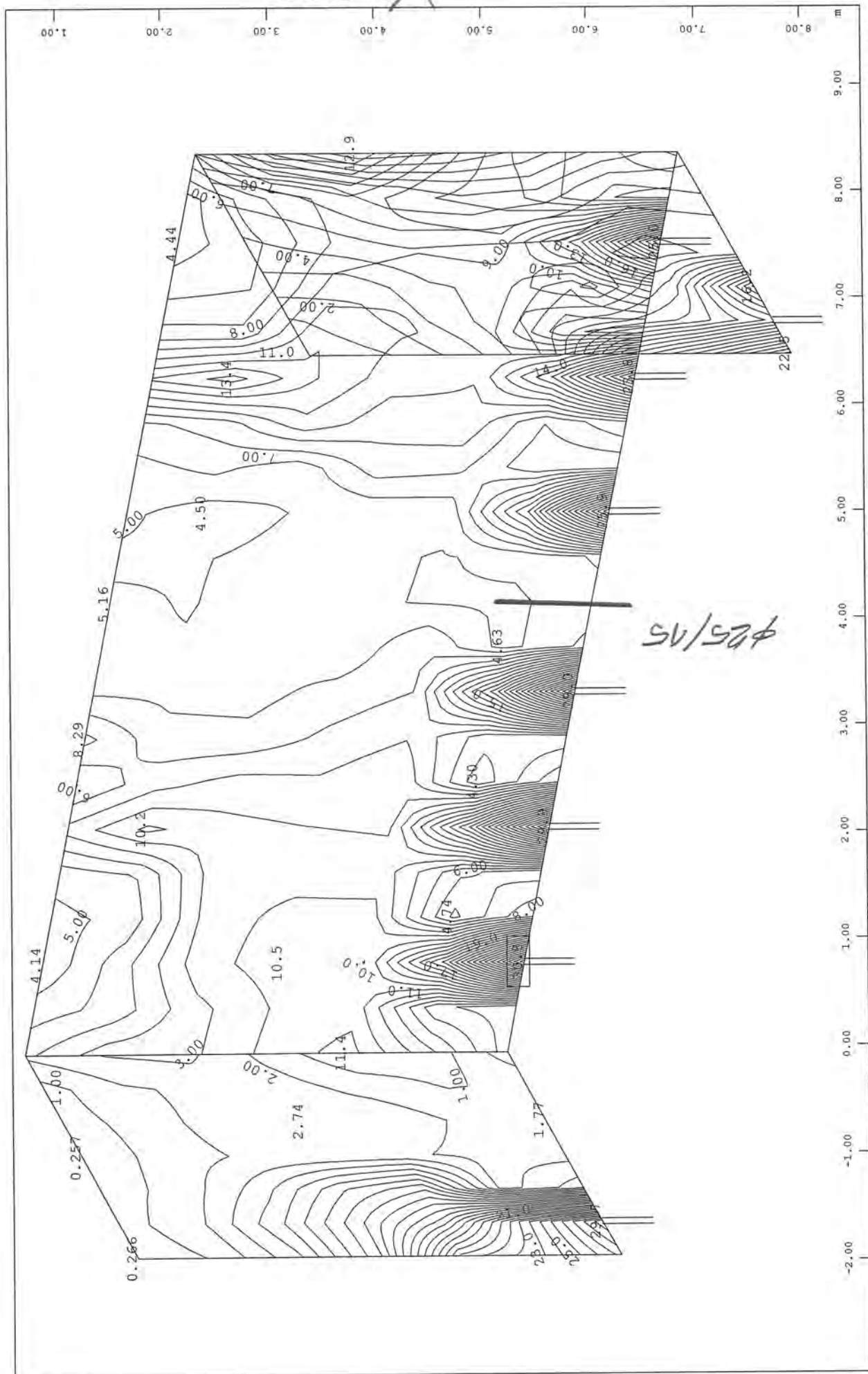
Minimalna strižna armatura za plošče:

$$\rho_w = \frac{0.08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0.08 \sqrt{30}}{500} = 0.0009$$

$$A_{sw} = \rho_w \cdot s \cdot b = 0.0009 \cdot 45 \cdot 100 = 4.05 \text{ cm}^2 / m'$$

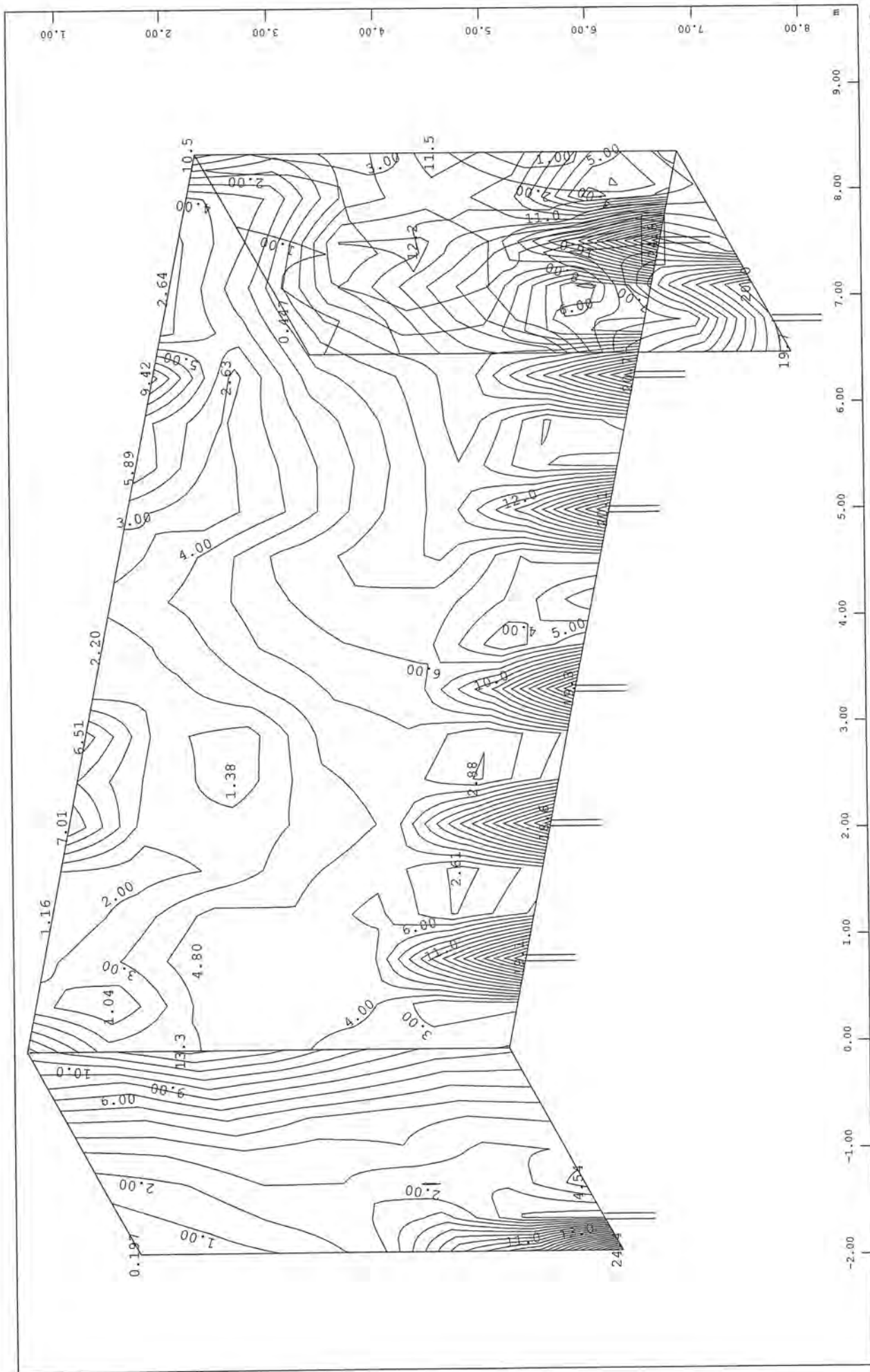
$$A_{sw,l} = \frac{A_{sw}}{n} = \frac{4.05}{2} = 2.0 \text{ cm}^2 \text{ ... } \varnothing 16 / 45 \text{ cm, } n = 2 / m'$$

ULS-P/T

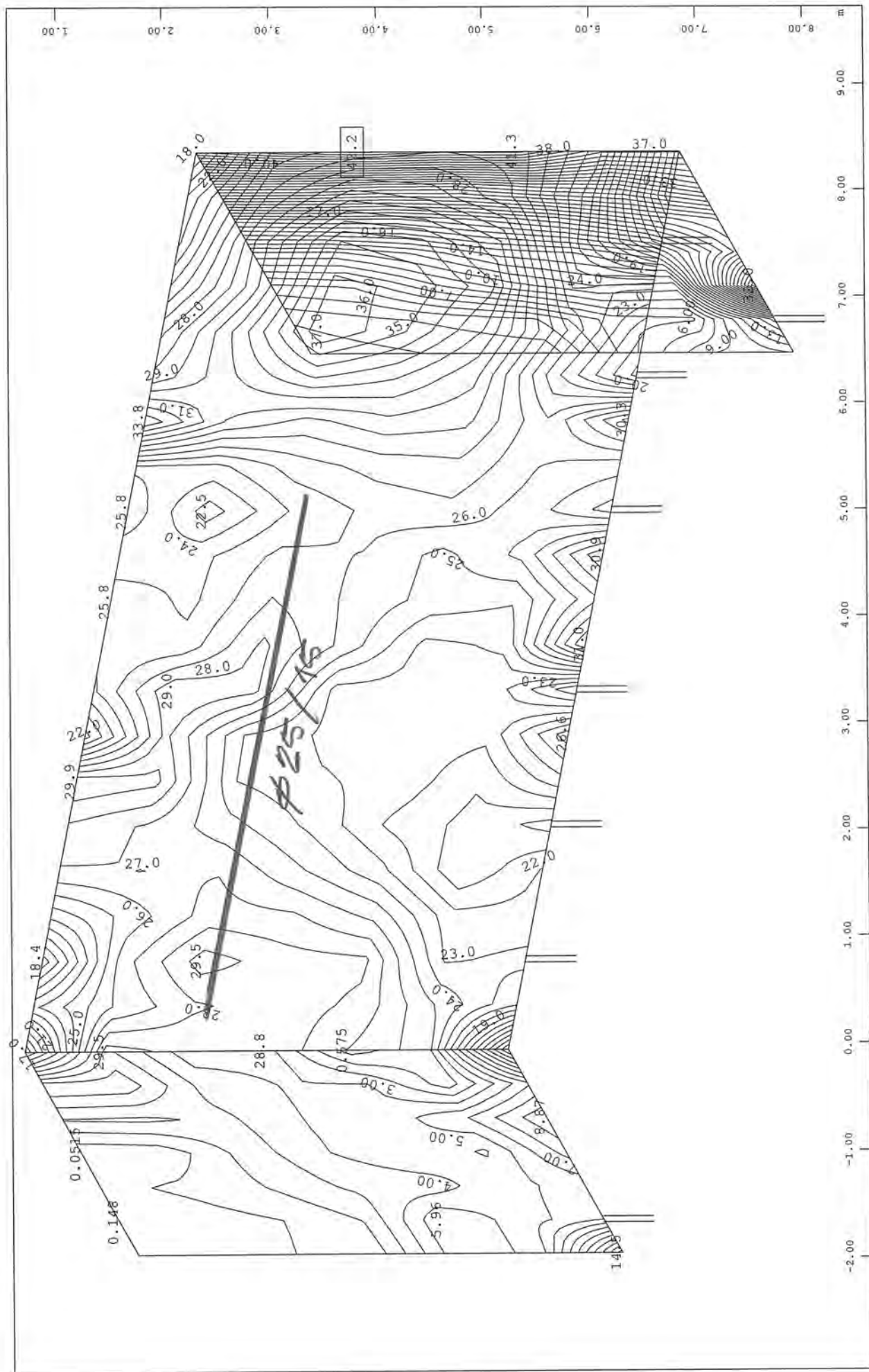


M 1 : 49
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements , upper Cross reinforcements (2nd layer) in Node
↓ , Design Case 1 , from 0.115 to 30.8 step 1.00 cm²/m

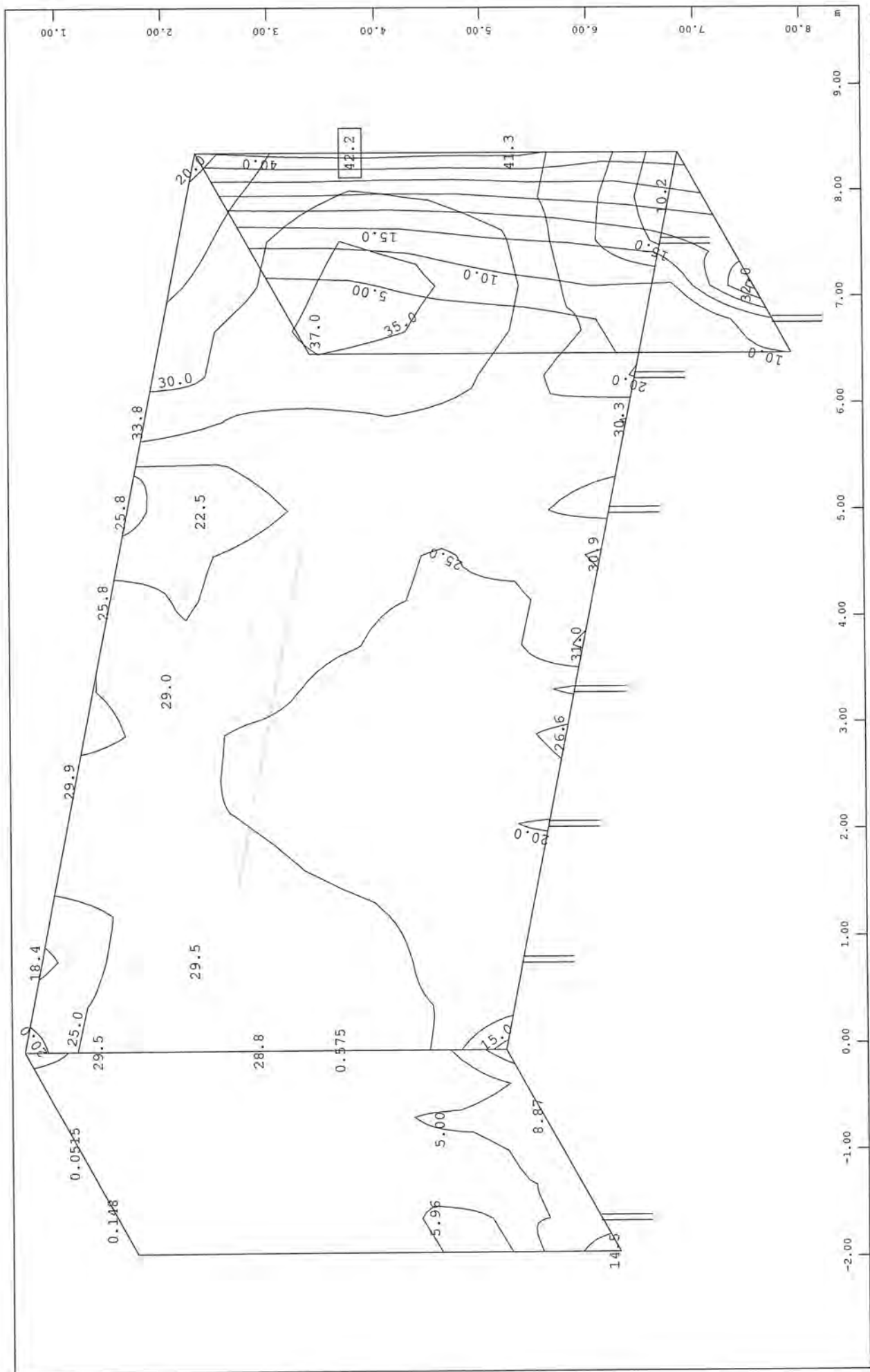


Sector of system Group 2
 Quadrilateral Elements, lower Cross reinforcements (2nd layer) in Node 1, Design Case 1, from 0.130 to 24.8 step 1.00 cm²/m
 M 1 : 49
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



M 1 : 49
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

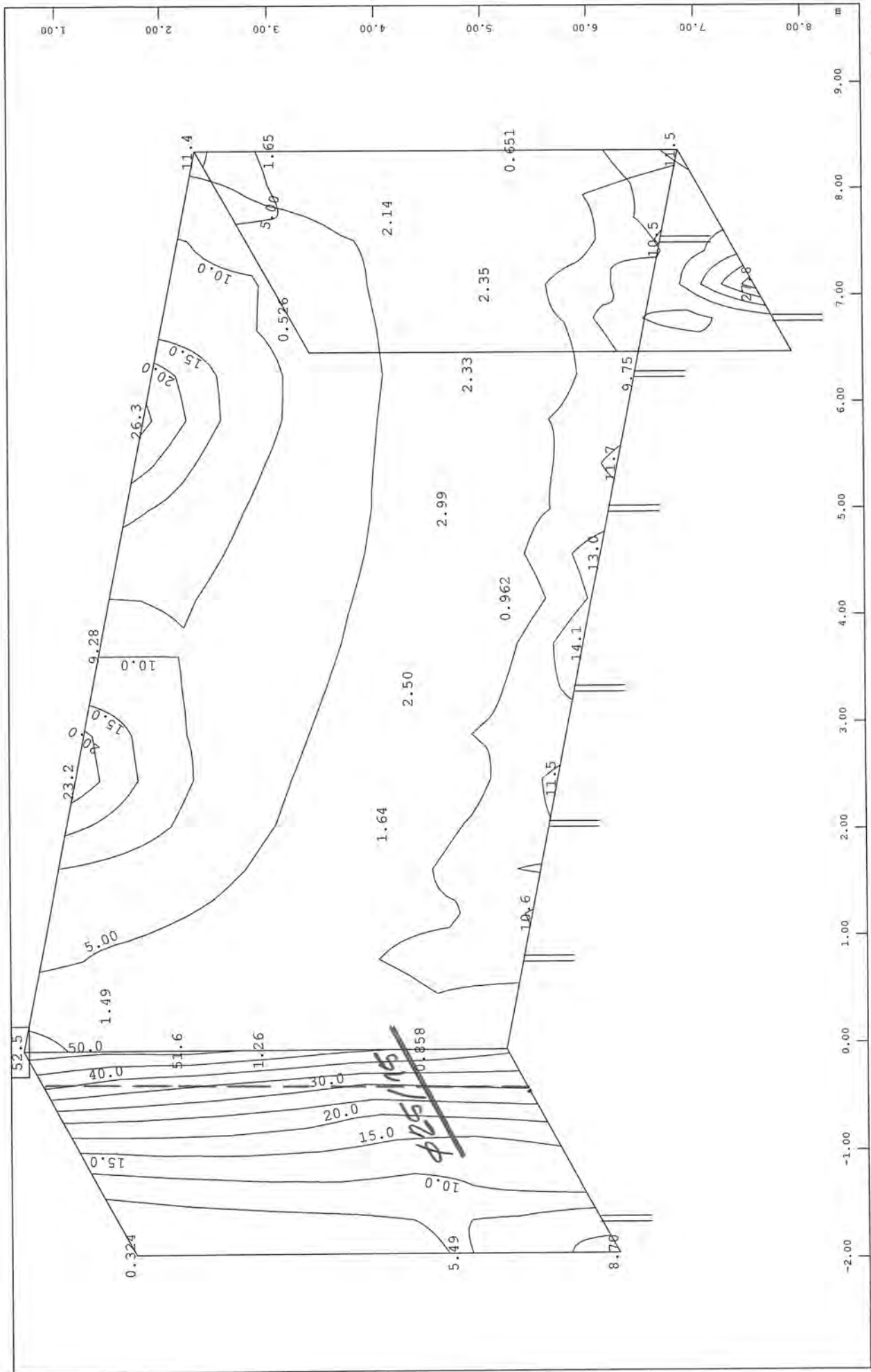
Sector of system Group 2
 Quadrilateral Elements, upper Principal reinforcements (1st layer) in Node, Design Case 1, from 0.0515 to 42.2 step 1.00 cm²/m



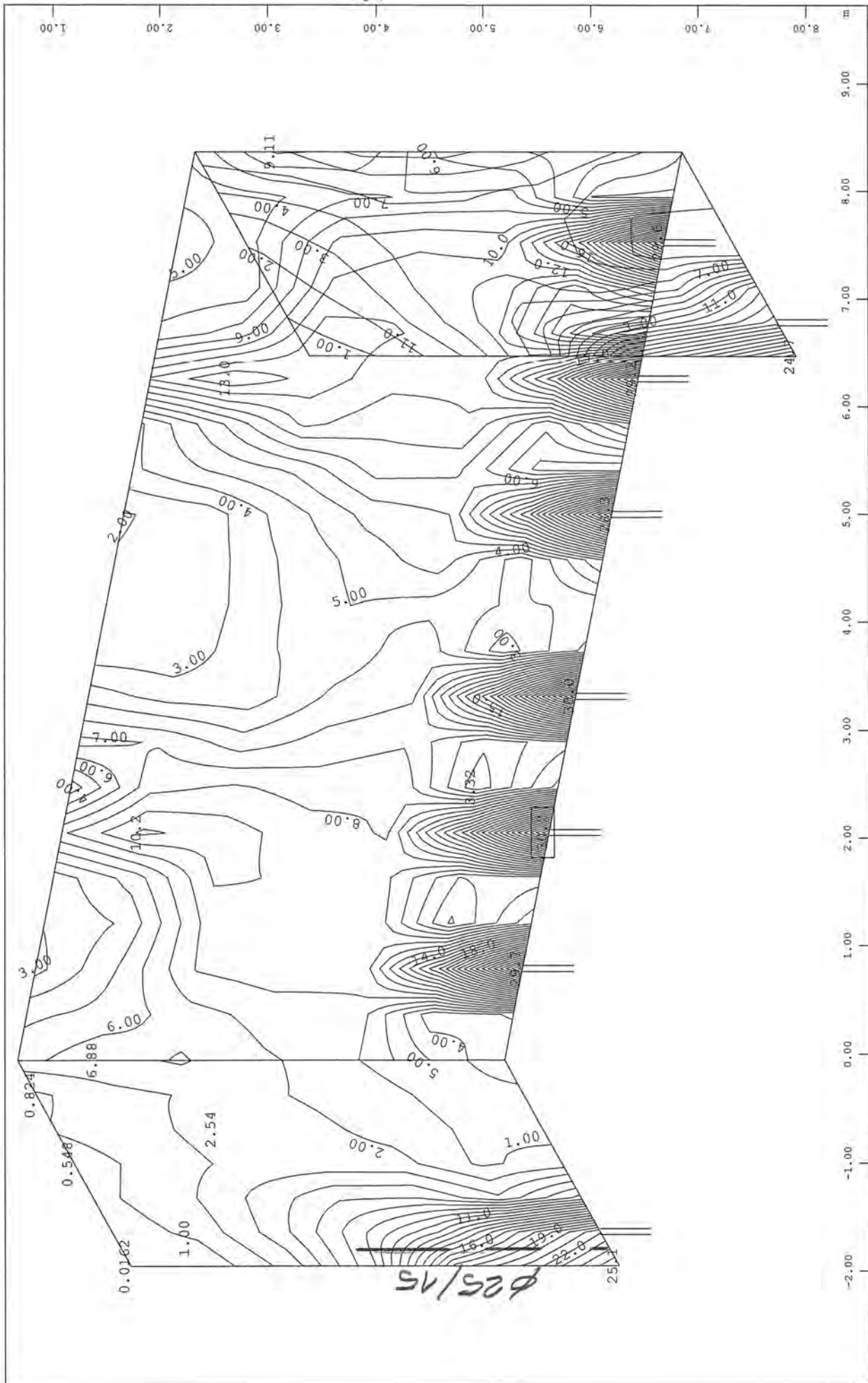
M 1 : 49
X + 0.502
Y + 0.906
Z + 0.962

Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements , upper Principal reinforcements (1st layer) in Node, Design Case 1 , from 0.0515 to 42.2 step 5.00 cm²/m

X
Y
Z



ULS-S_{rad}



Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements, upper Cross reinforcements (2nd layer) in Node 1, Design Case 1, from 0.0162 to 30.2 step 1.00 cm²/m

M 1 : 49
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

8.00	7.00	6.00	5.00	4.00	3.00	2.00	1.00
------	------	------	------	------	------	------	------

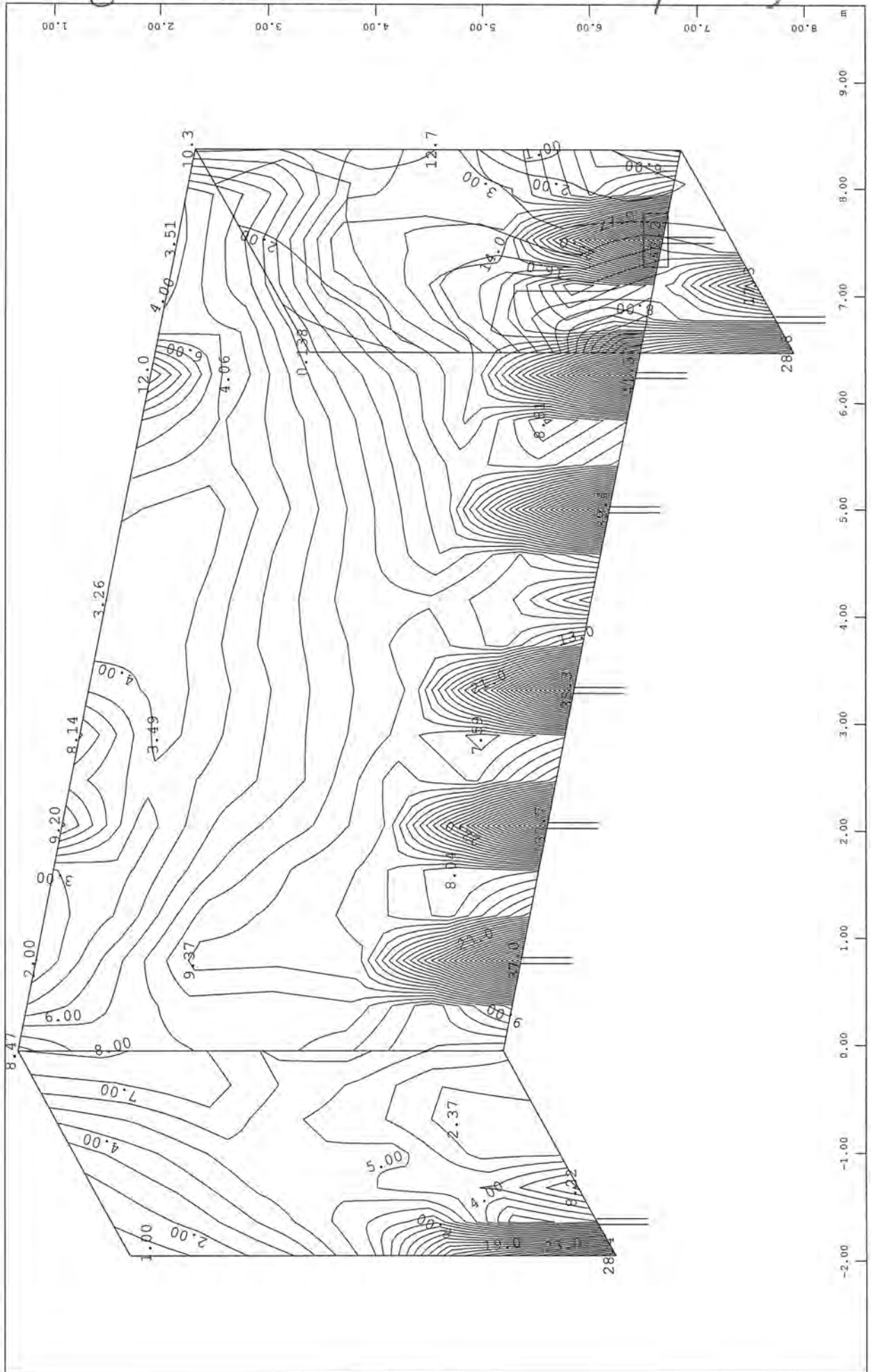


Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements , upper Cross reinforcements (2nd layer) in Node

$$\frac{X^2}{Z}$$

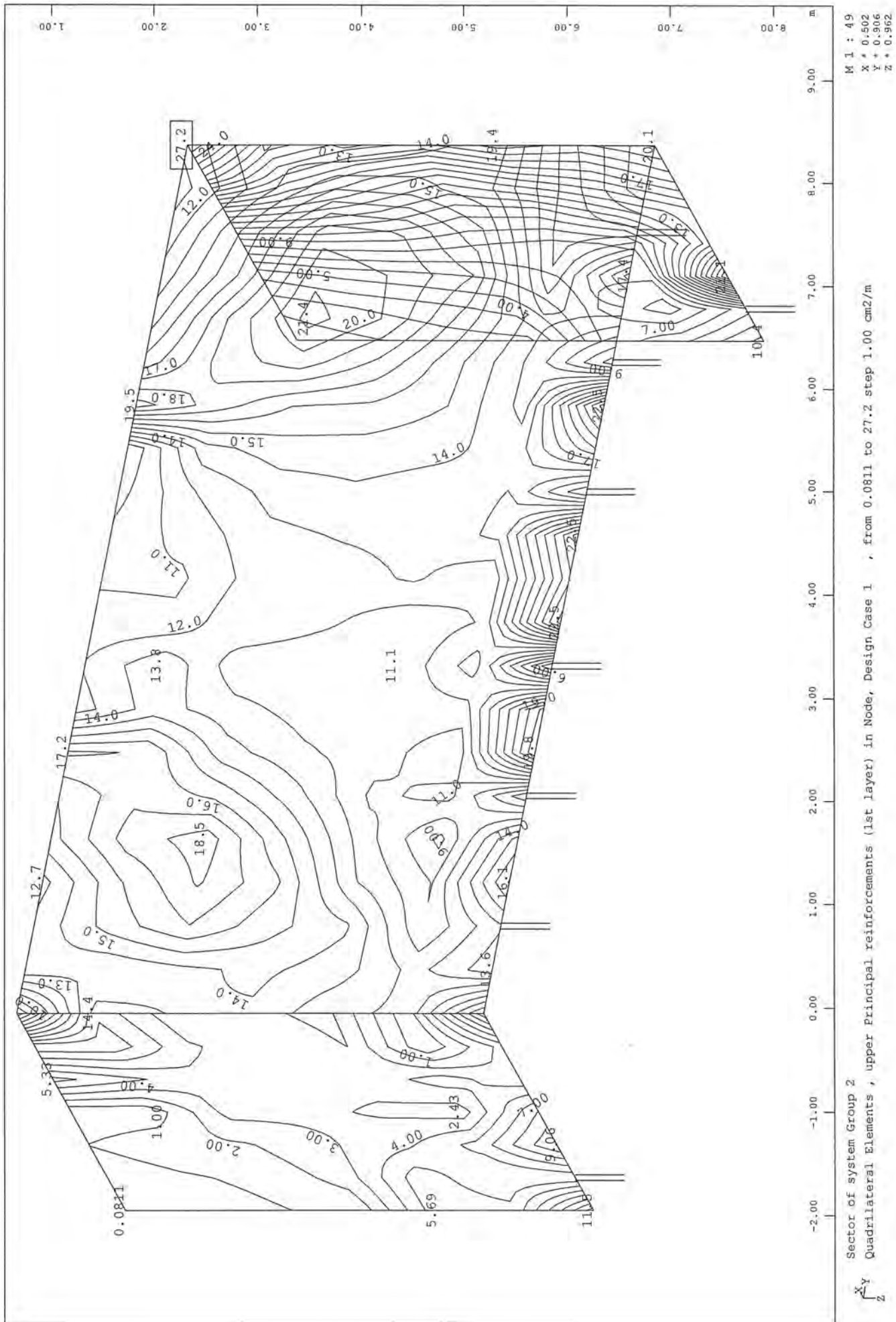
122A

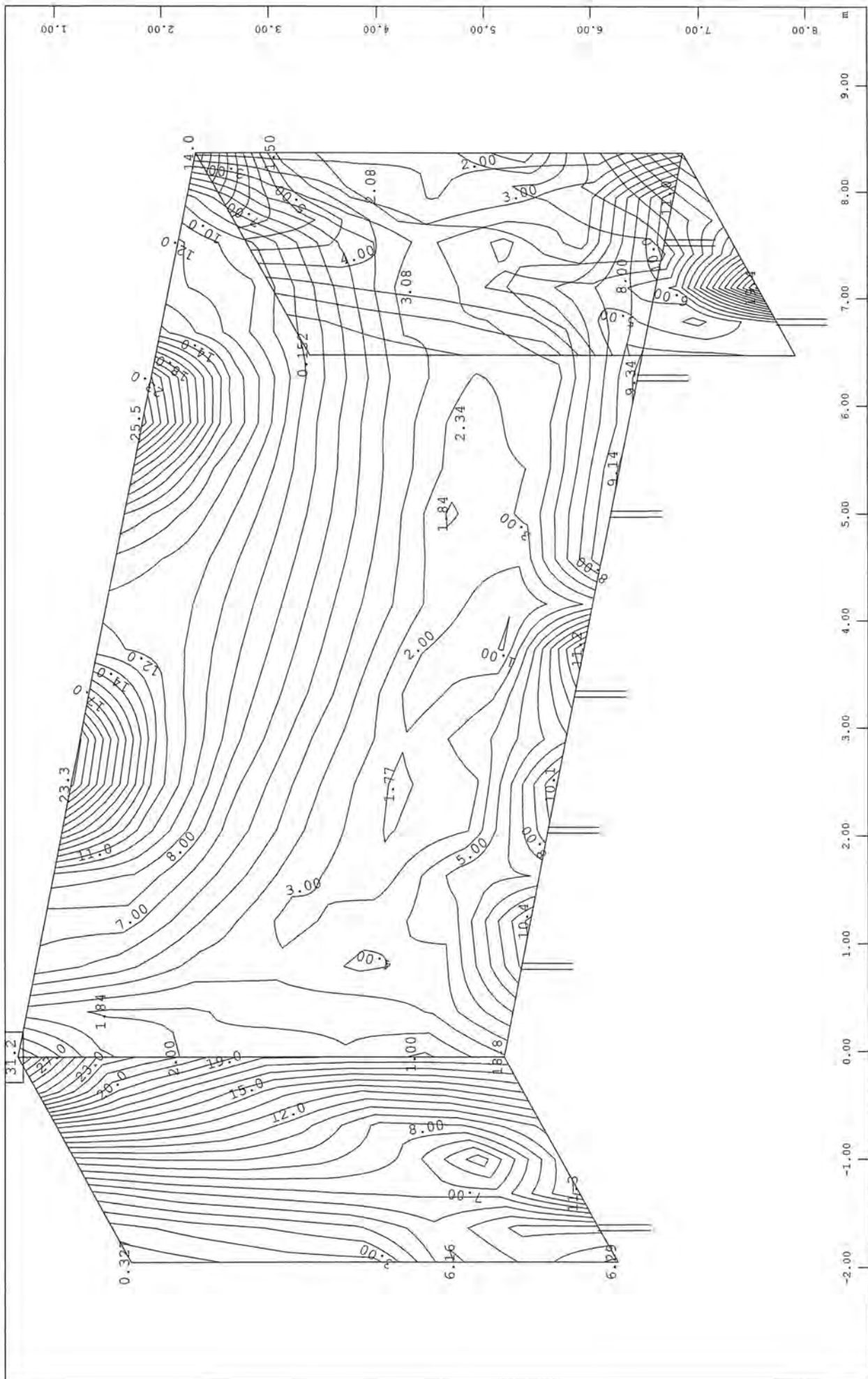
(ULS-Srd → delno dubitelno obnašanje kons.)



Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements, lower Cross reinforcements (2nd layer) in Node 1, Design Case 1, from 0.138 to 42.2 step 1.00 cm²/m

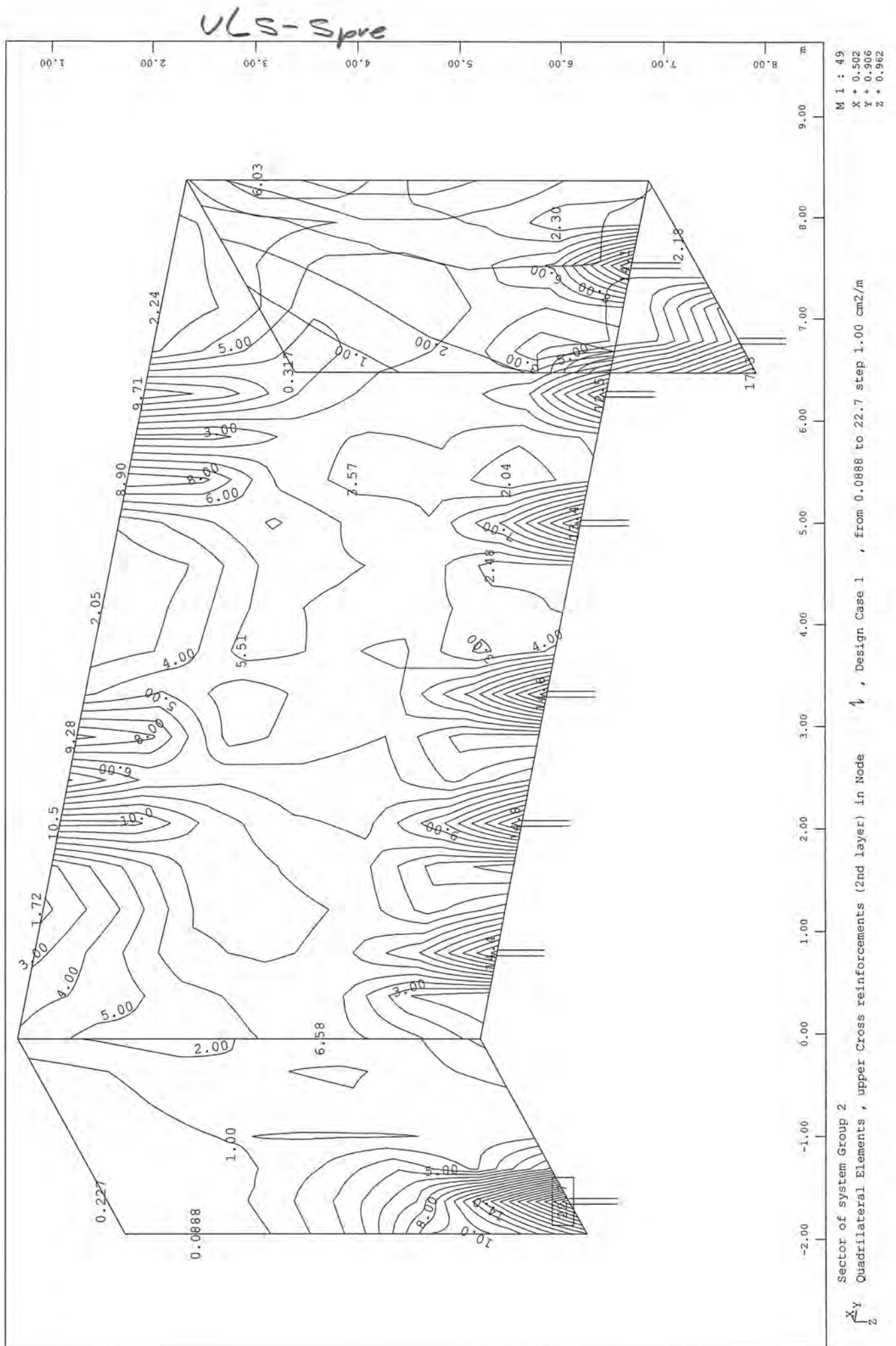
M 1 : 49
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

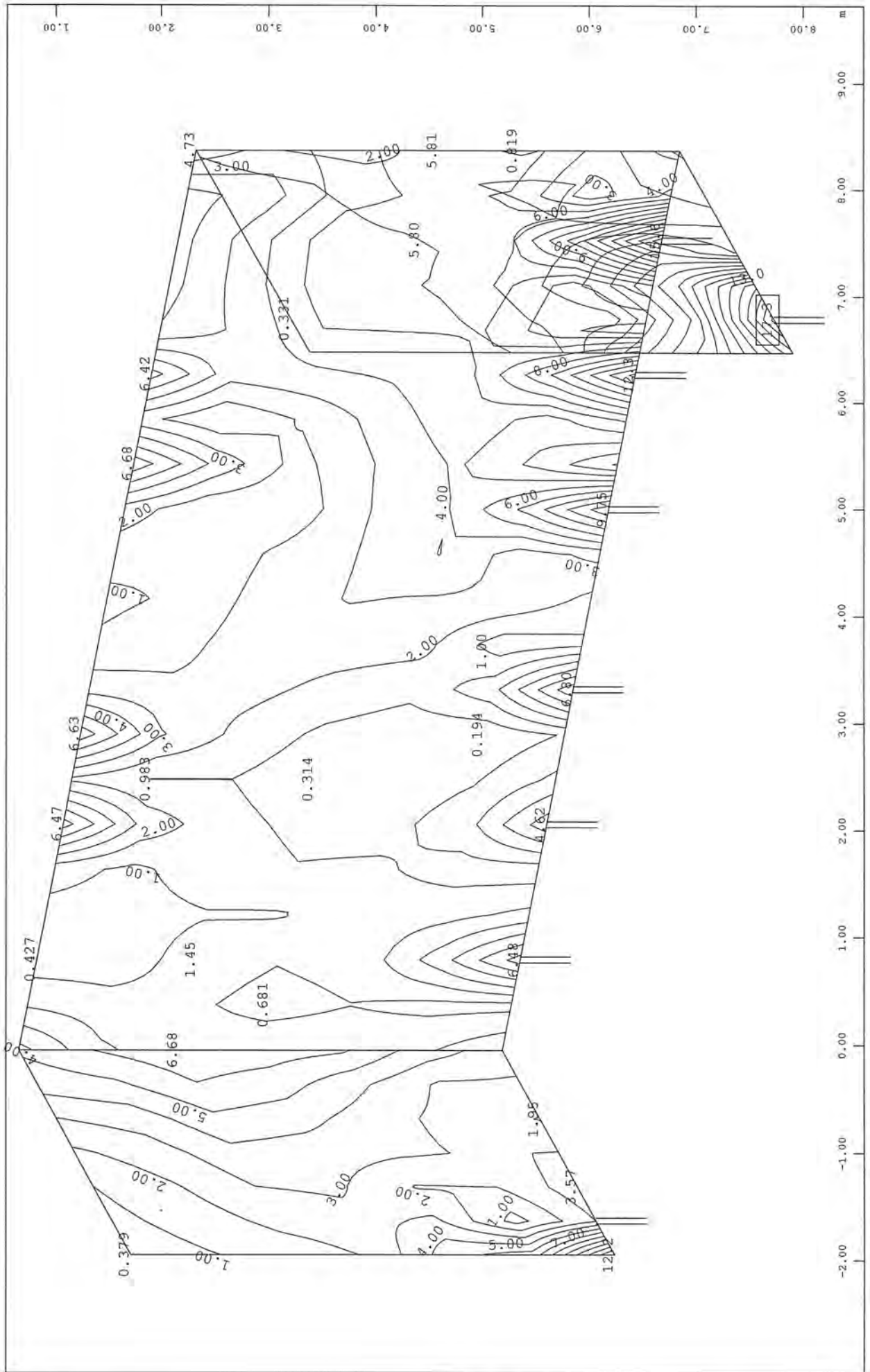




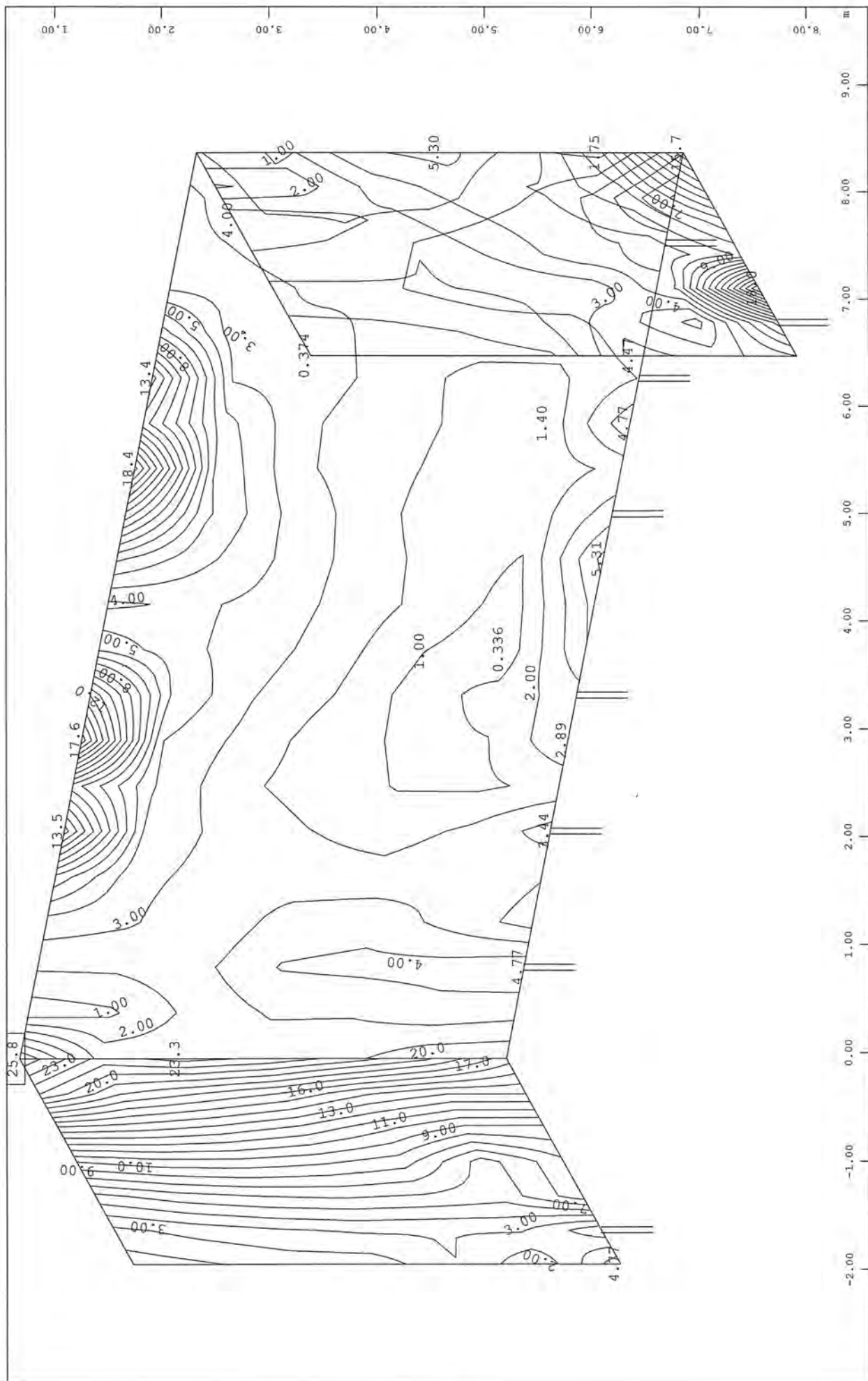
M 1 : 49
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements , lower Principal reinforcements (1st layer) in Node, Design Case 1 , from 0.152 to 31.2 step 1.00 cm2/m



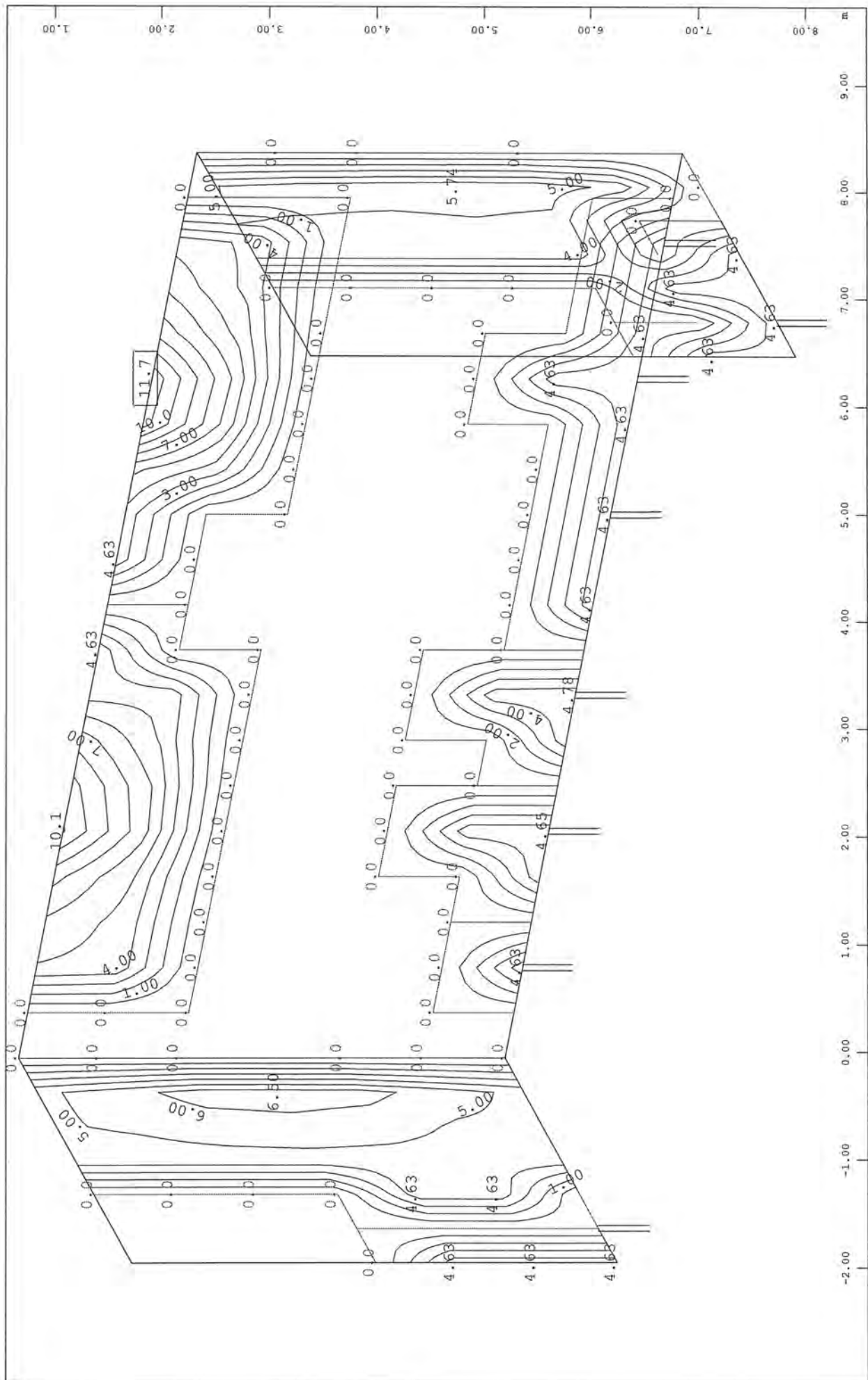


Sector of system Group 2
 Quadrilateral Elements, lower Cross reinforcements (2nd layer) in Node 1, Design Case 1, from 0.194 to 17.3 step 1.00 cm²/m
 M 1 : 49
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



M 1 : 49
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

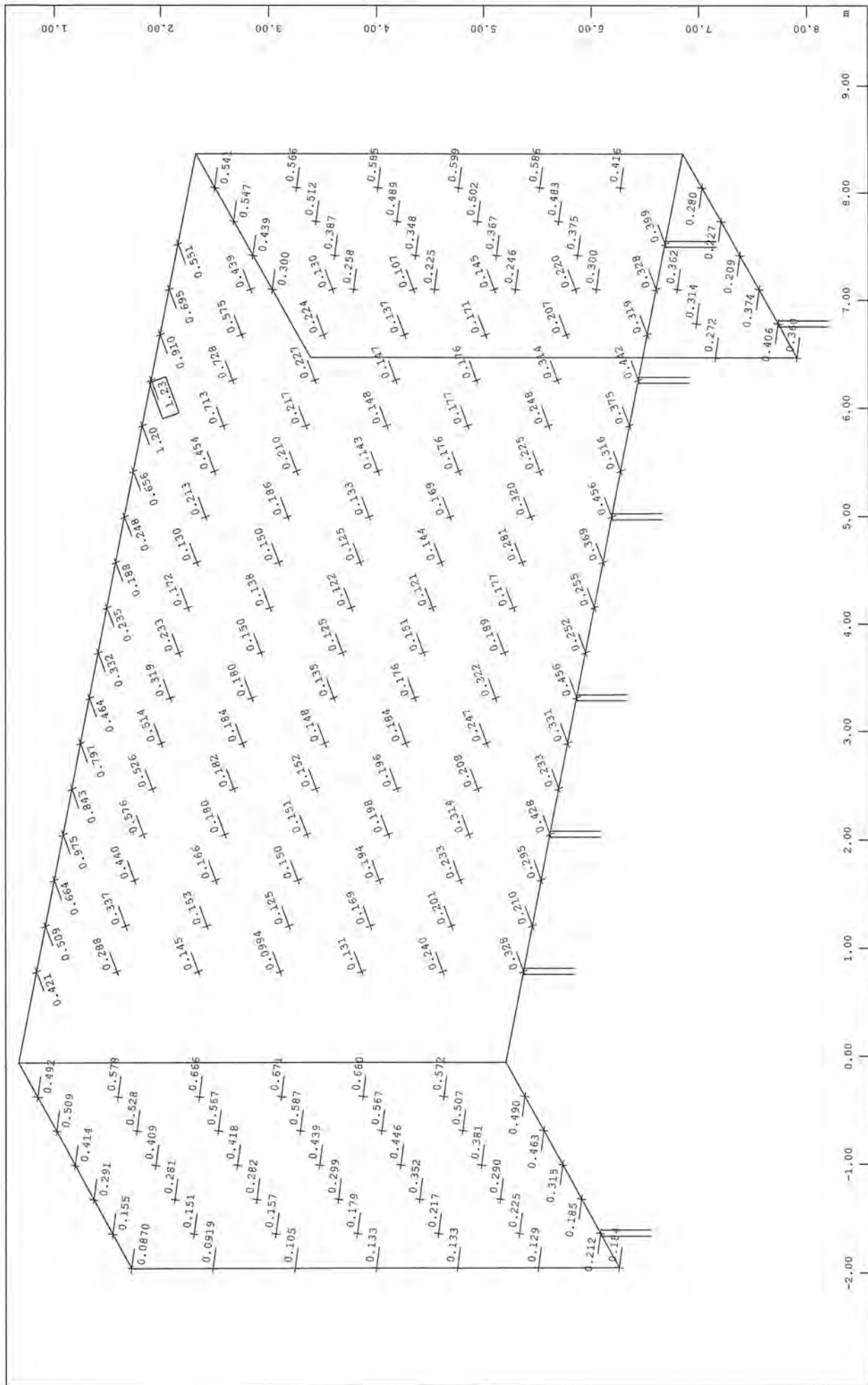
Sector of system Group 2
Quadrilateral Elements, lower Principal reinforcements (1st layer) in Node, Design Case 1, from 0.336 to 25.8 step 1.00 cm/m



M 1 : 49
 X * 0.502
 Y * 0.506
 Z * 0.962

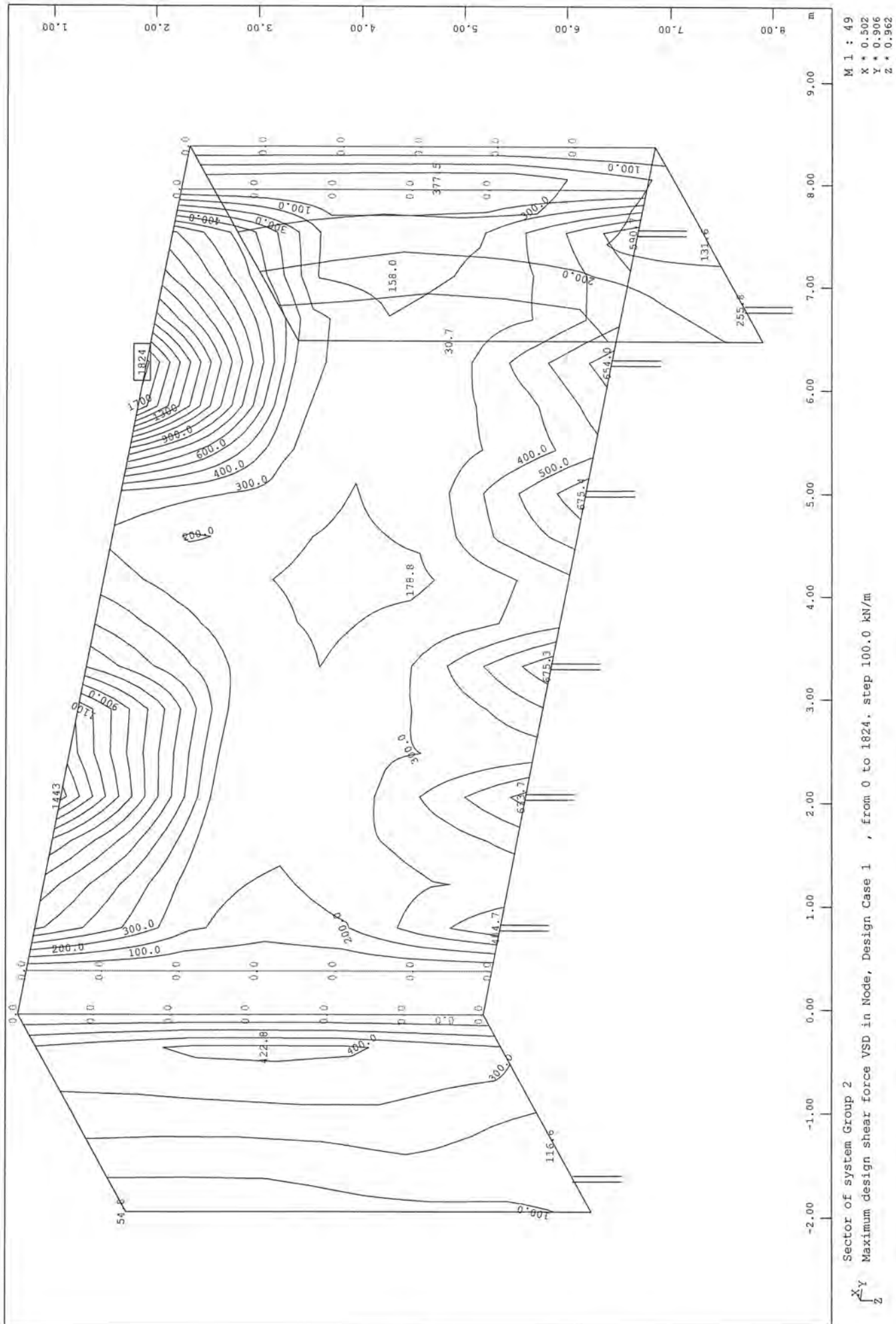
Sector of system Group 2
 Quadrilateral Elements , Shear reinforcement in Node, Design Case 1 , from 0 to 11.7 step 1.00 cm2/m2

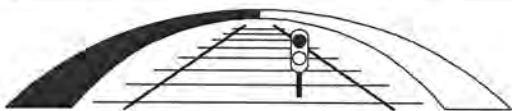
X
 Y
 Z



Sector of system Group 2
 Quadrilateral Elements , Design shear stress $v=V/(b*d)$ in Node in MPa, Design Case 1 (Max=1.23)

M 1 : 49
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962





7.3 VMESNA STEBRA V OSI 2 IN 3 TER KRAJNI OPORNIK V OSI 4 **(z vzdolžno pomičnimi ležišči)**

Na teh podporah so nameščena vzdolžno pomična ležišča, zaradi česar se na njih v tej smeri prenaša samo majhna vzdolžna horizontalna sila, ki je potrebna za strižno deformacijo neoprenskega ležišča. S tem so ti stebri v vzdolžni smeri tudi potresno izolirani od prekladne konstrukcije.

Na vsaki podpori so nameščena prečno nepomična ležišča. Zaradi tega se vse prečne obtežbe prenašajo na vse štiri podpore istočasno.

Nad vmesnimi podporami je nad piloti najprej pilotna greda, ki le-te povezuje, nato pa se nadaljuje podpora, ki jo predstavlja strižna stena debeline 70 cm.

Minimalna armatura krajnega opornika znaša:

$$A_{s,\min} = 0.15 \cdot 70 = 10.5 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

Minimalni procent armiranja podpor iz pogoja seizmične odpornosti znaša (1.0 % betonskega prereza):

$$A_{s,\min} = \frac{1.0}{100} \cdot 70 \cdot 900 = 630 \text{ cm}^2 / \text{m}' \dots \text{ na vseh obodnih straneh skupaj}$$

$$A'_{s,\min} = \frac{630}{2 \cdot (0.70 - 2 \cdot 0.07) + 2 \cdot (9.0 - 2 \cdot 0.07)} = 33 \text{ cm}^2 / \text{m}' \dots \text{ na obodu}$$

V vzdolžni smeri je prenos potresne sile zelo omejen (večina te obremenitve gre na opornik v osi 1), v prečni smeri pa so obremenjene vse podpore. Zaradi tega za vzdolžno smer ni potrebno vgraditi minimalno seizmično armaturo.

Vgradi se armatura Ø22/15 v vertikalni smeri na obeh straneh prereza.

Vgradi se armatura Ø16/15 v horizontalni smeri na obeh straneh prereza.

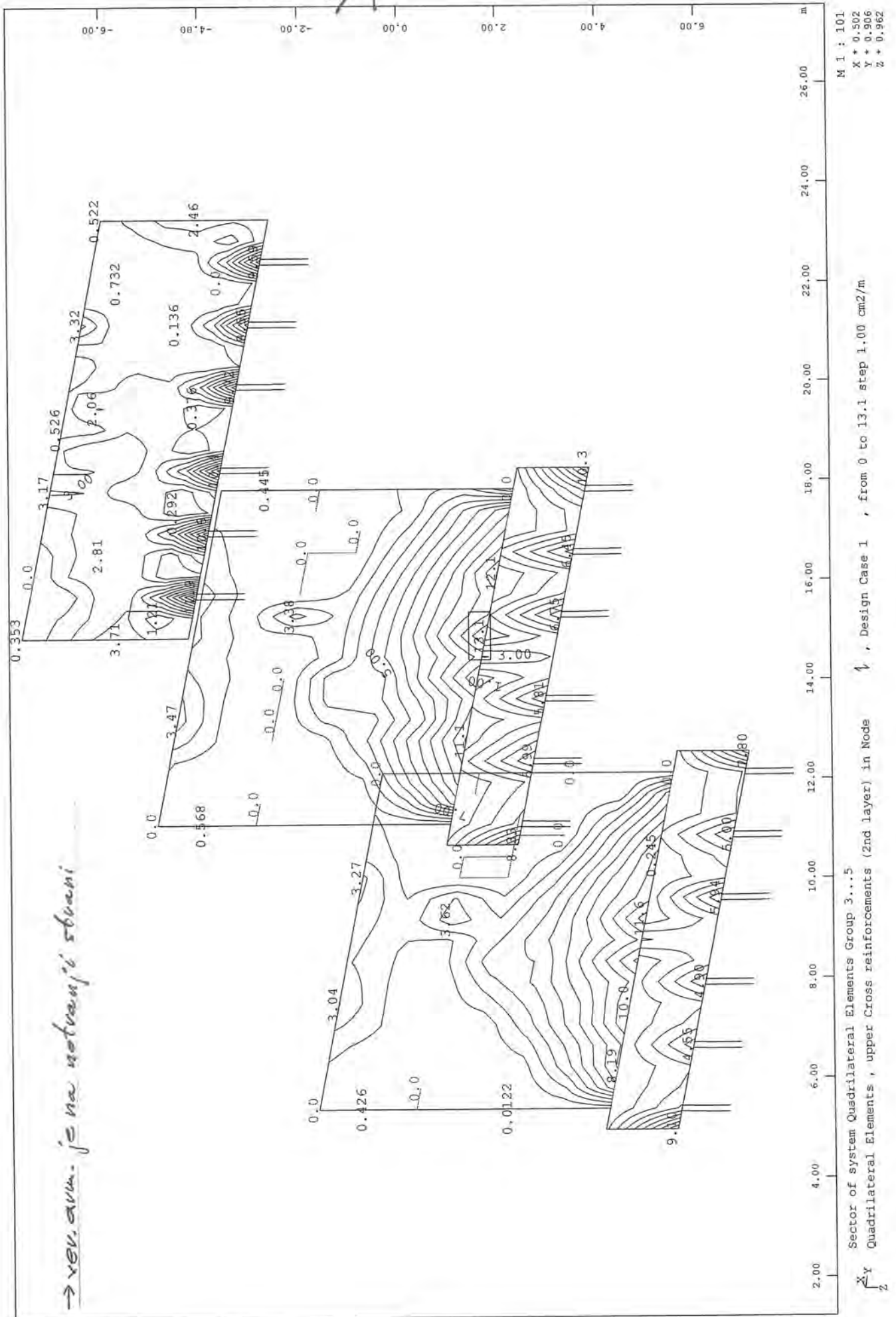
Minimalna strižna armatura za plošče:

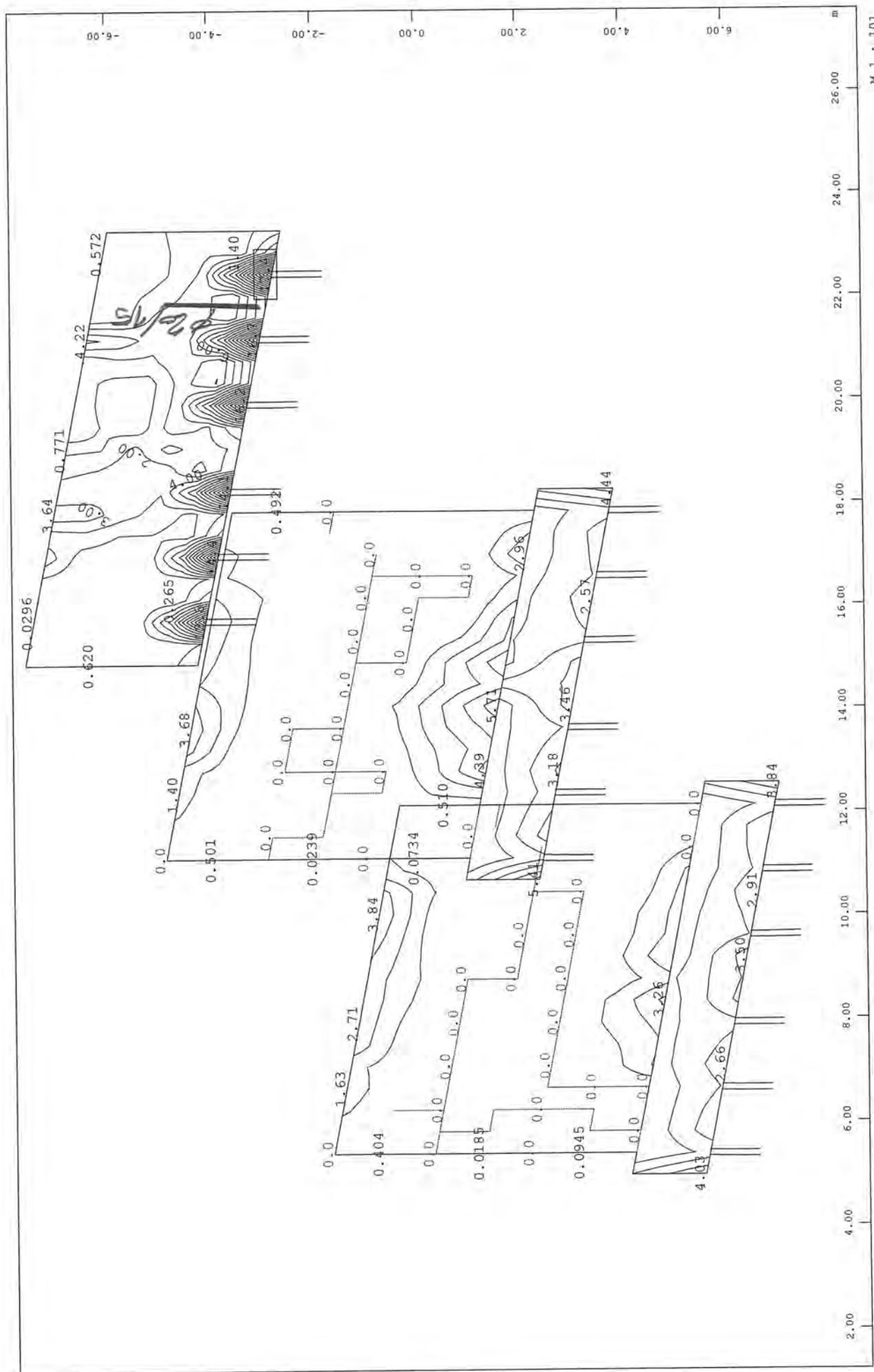
$$\rho_w = \frac{0.08 \sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = \frac{0.08 \sqrt{30}}{500} = 0.0009$$

$$A_{sw} = \rho_w \cdot s \cdot b = 0.0009 \cdot 45 \cdot 100 = 4.05 \text{ cm}^2 / \text{m}'$$

$$A_{sw,1} = \frac{A_{sw}}{n} = \frac{4.05}{2} = 2.0 \text{ cm}^2 \dots \text{ } \varnothing 16 / 45 \text{ cm}, n = 2 / \text{m}'$$

ULS-P/T



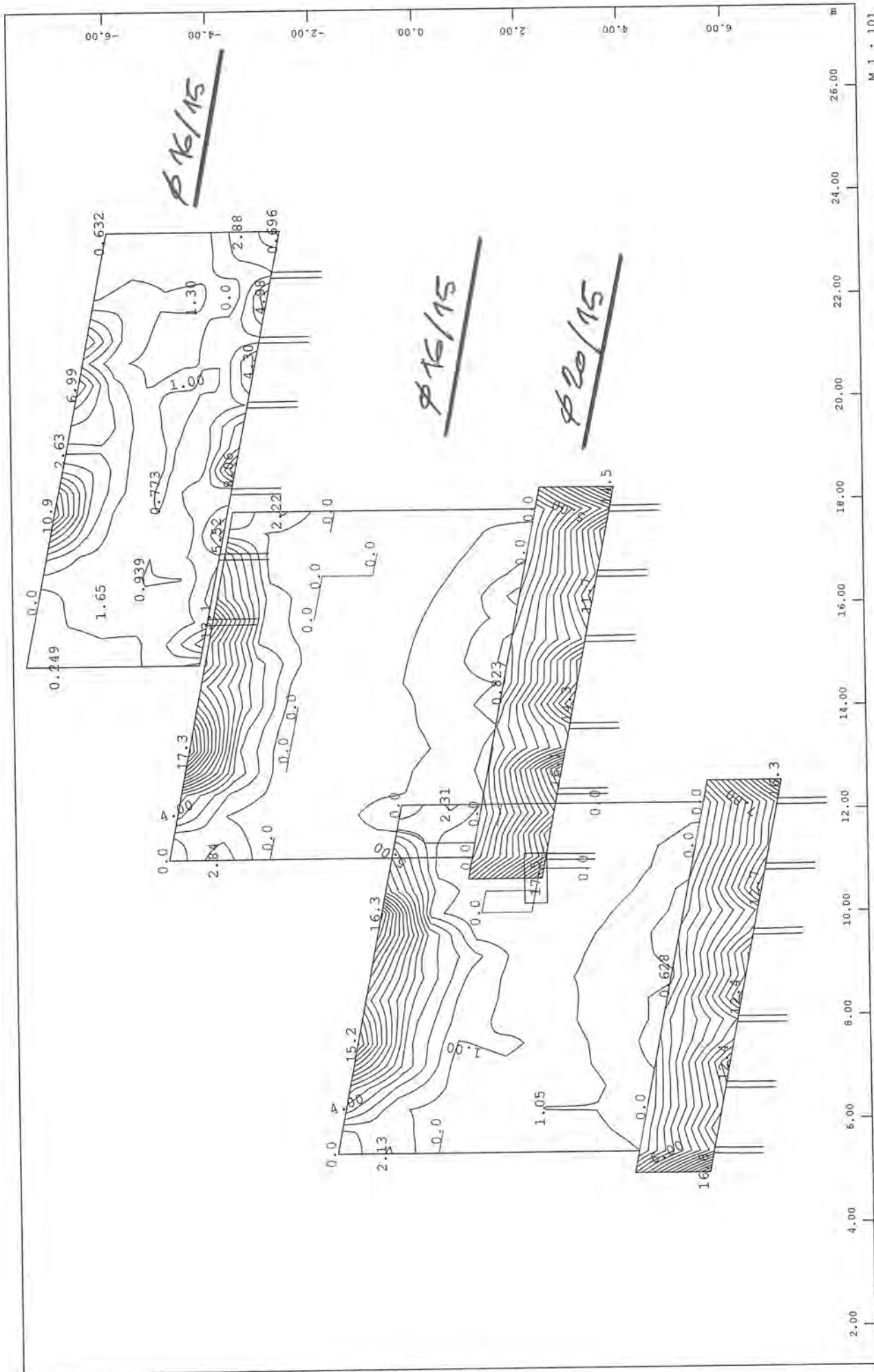


M 1 : 101
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

↑ , Design Case 1 , from 0 to 17.4 step 1.00 cm2/m

Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5
 Quadrilateral Elements , lower Cross reinforcements (2nd layer) in Node

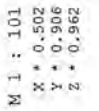
X
Y
Z



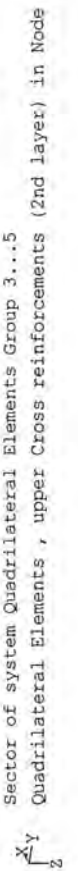
Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5
 Quadrilateral Elements, upper Principal reinforcements (1st layer) in Node

Design Case 1, from 0 to 17.5 step 1.00 cm²/m

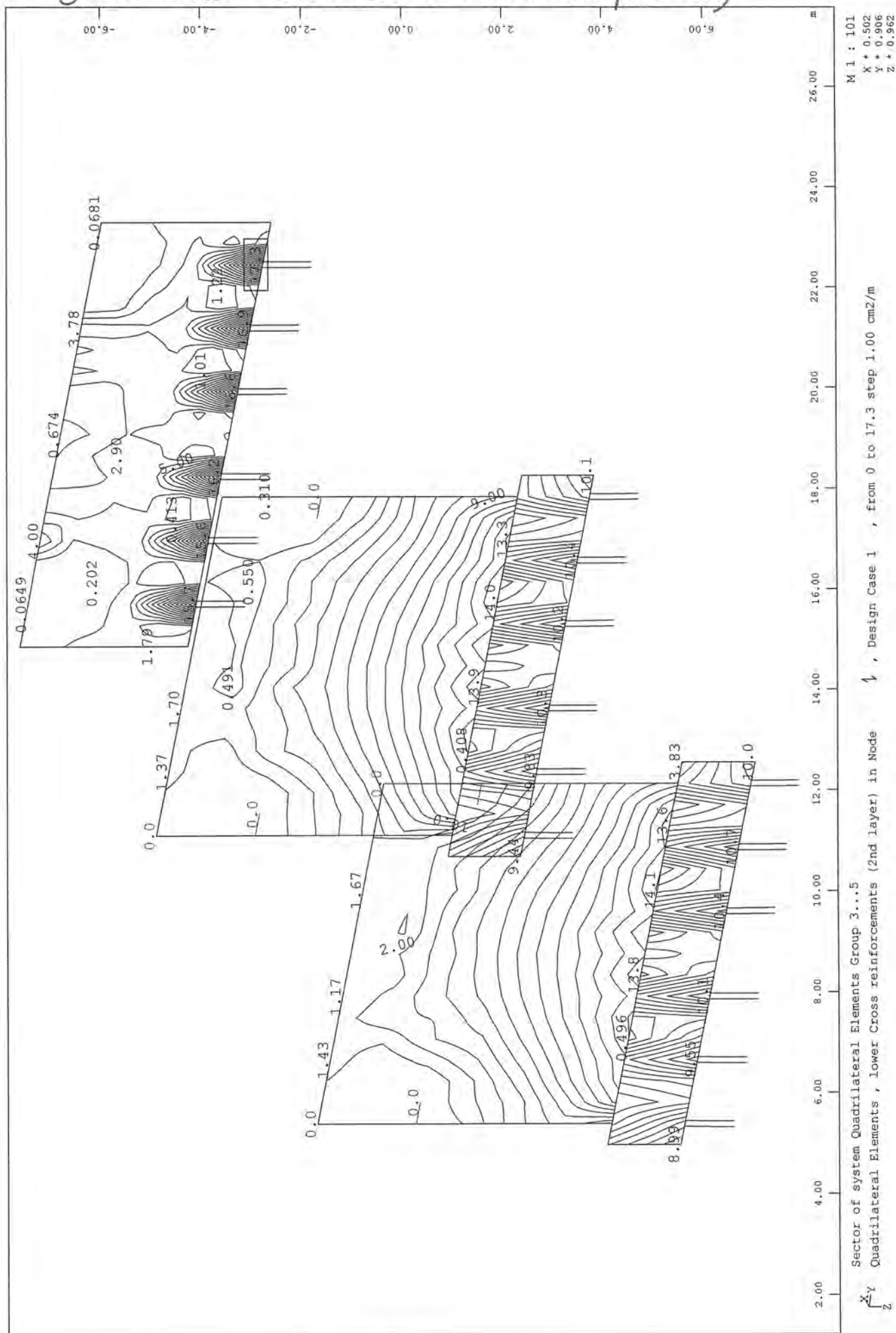
M 1 : 101
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962



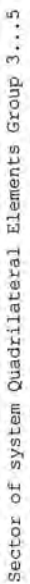
139 A



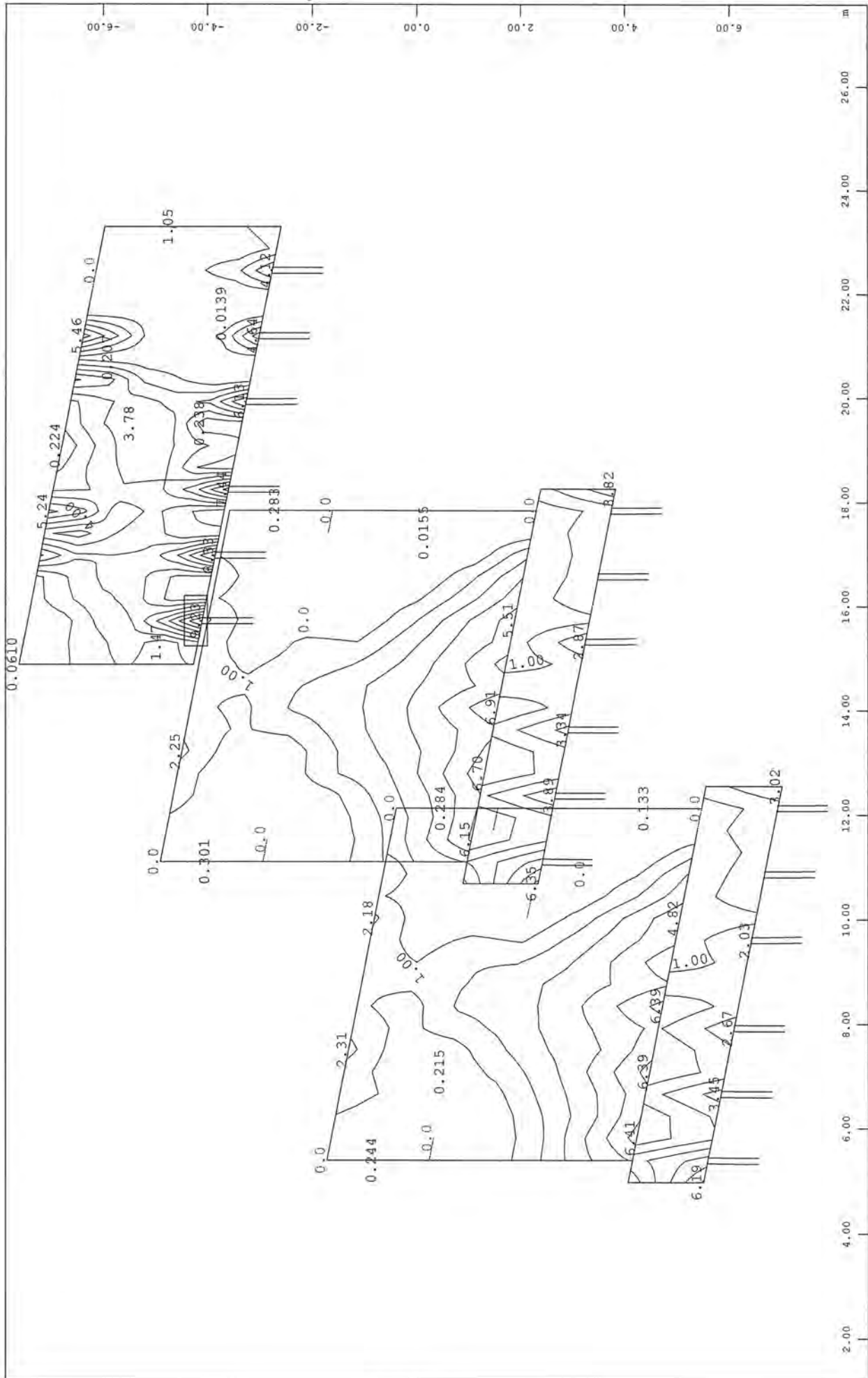
140 A



147A



ULS - Spre

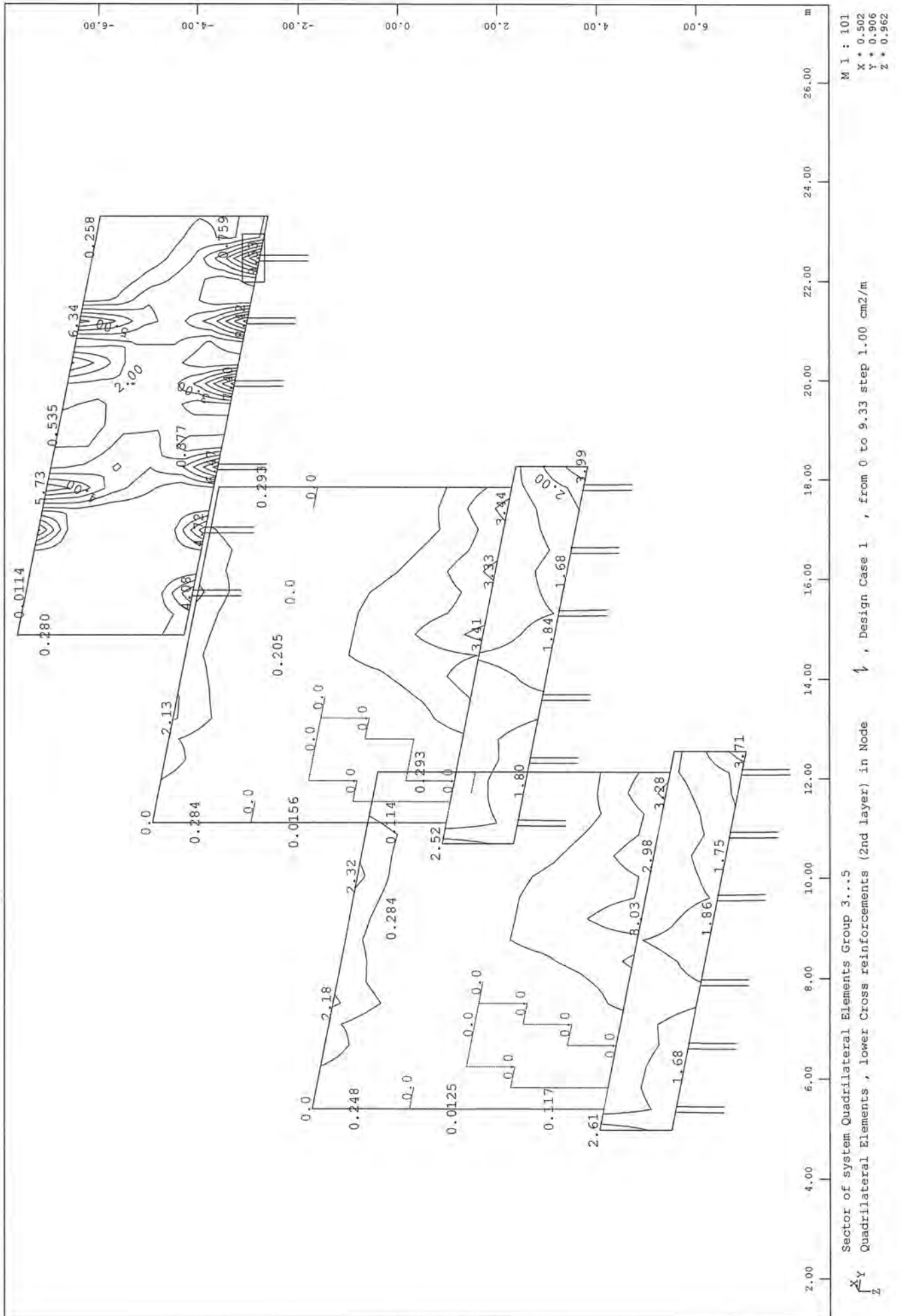


M 1 : 101
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

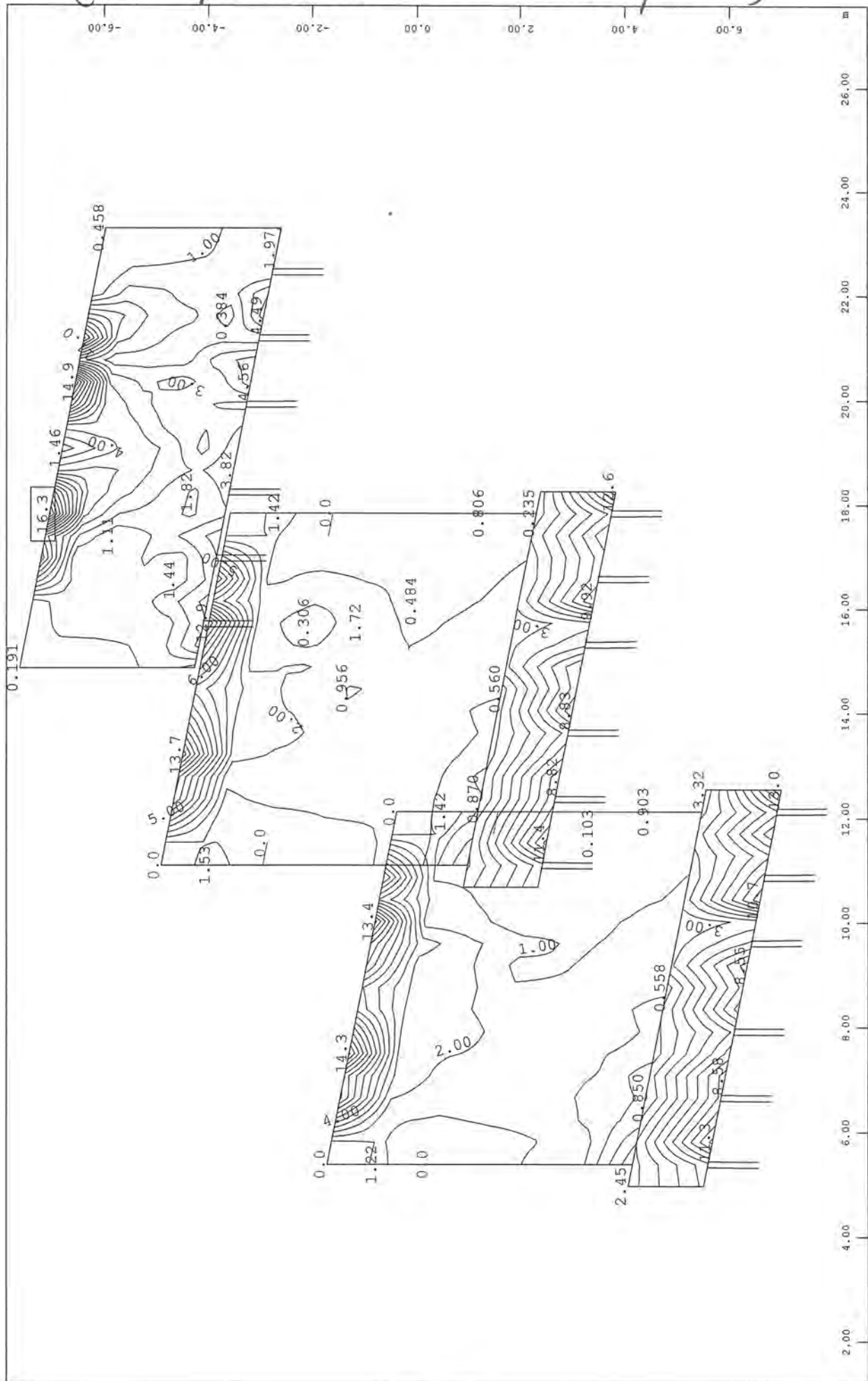
↑ , Design Case 1 , from 0 to 9.23 step 1.00 cm²/m

Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5
 Quadrilateral Elements , upper Cross reinforcements (2nd layer) in Node

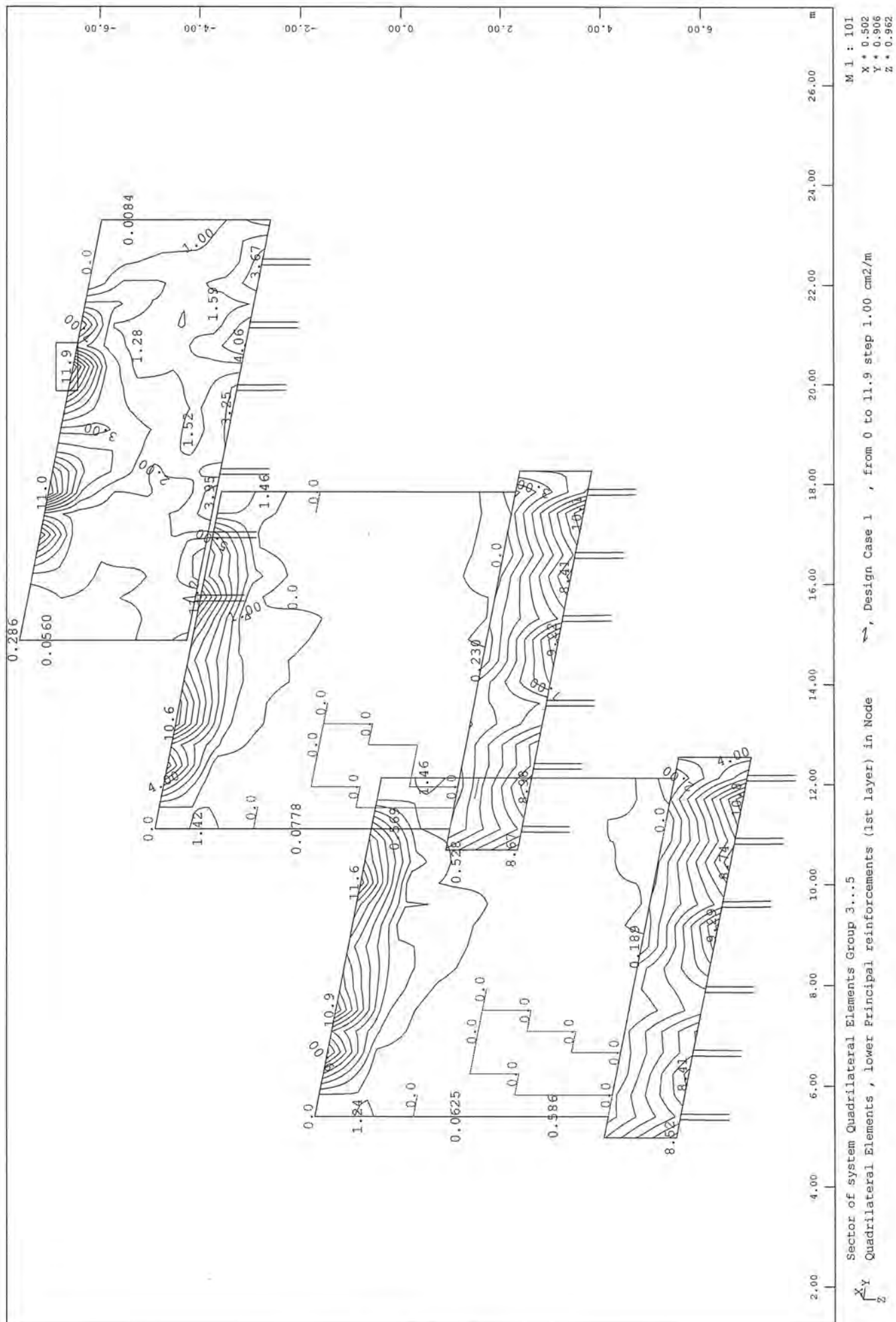
X
Y
Z



(ULS - Spravo → delno duktilno obnašanje kons.)



M 1 : 101
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

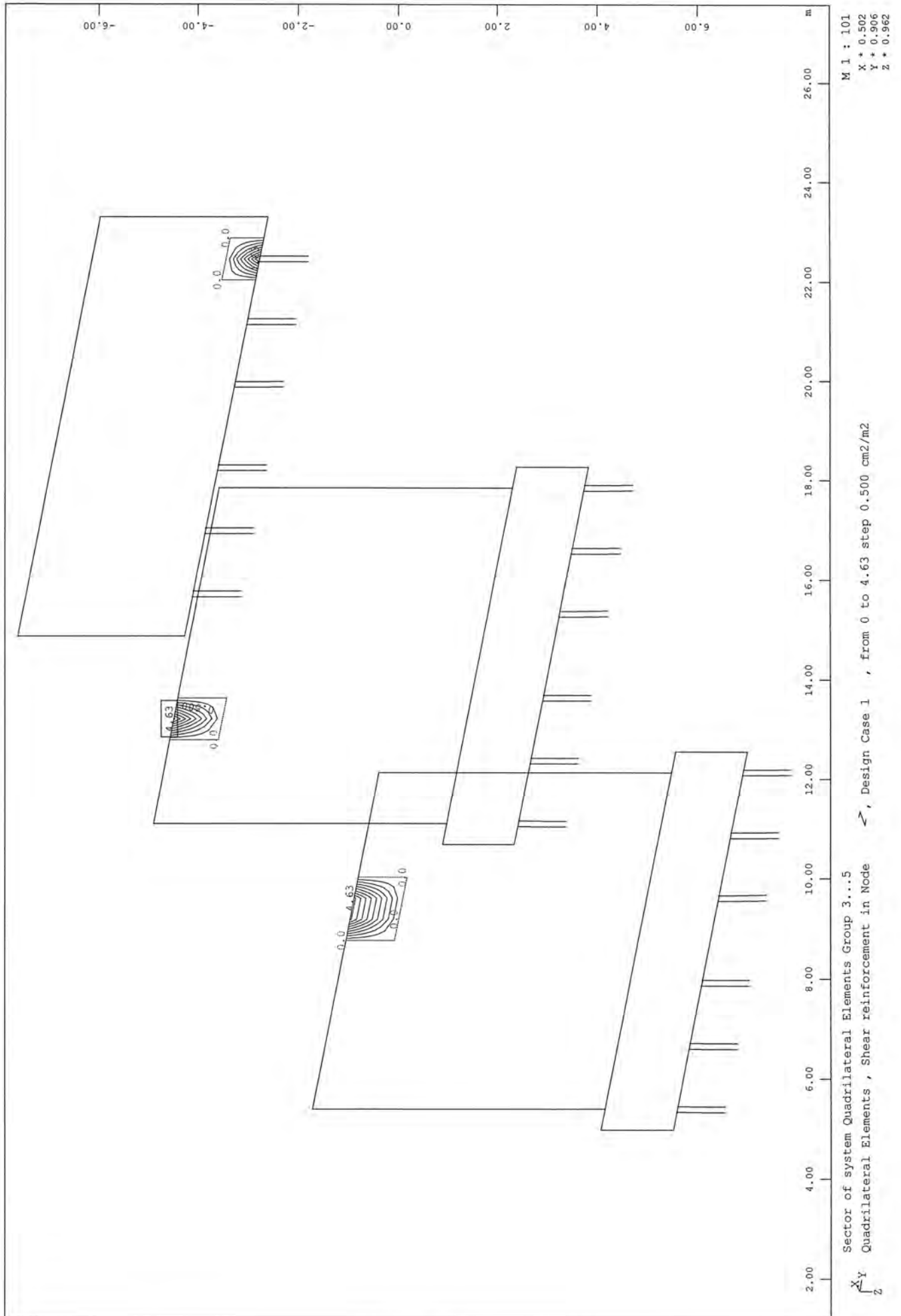


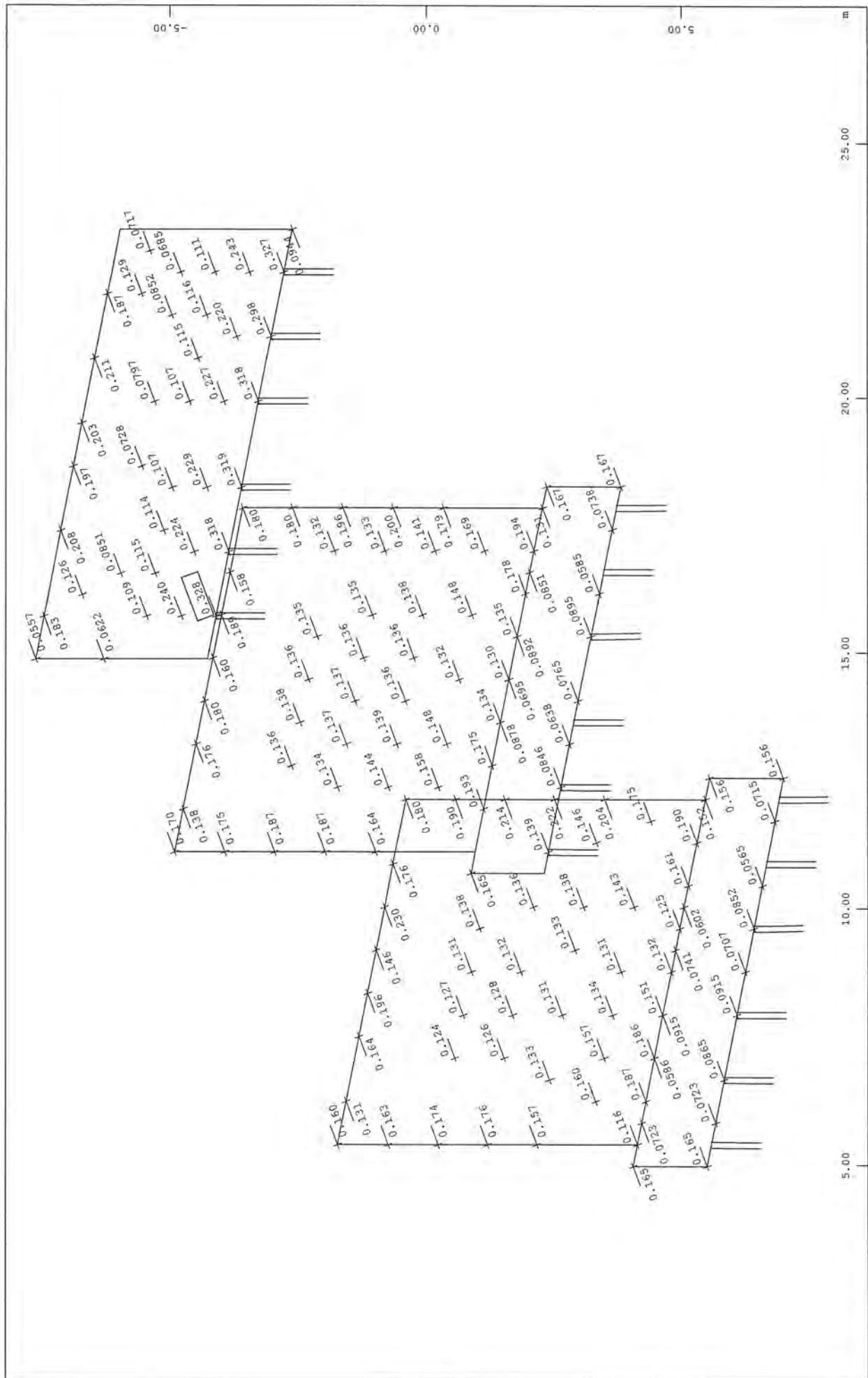
6.00 4.00 2.00 0.00 -2.00 -4.00 -6.00



X_{ij} Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5
Quadrilateral Elements, lower Principal reinforcements (1st layer) in Node

Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5





Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5

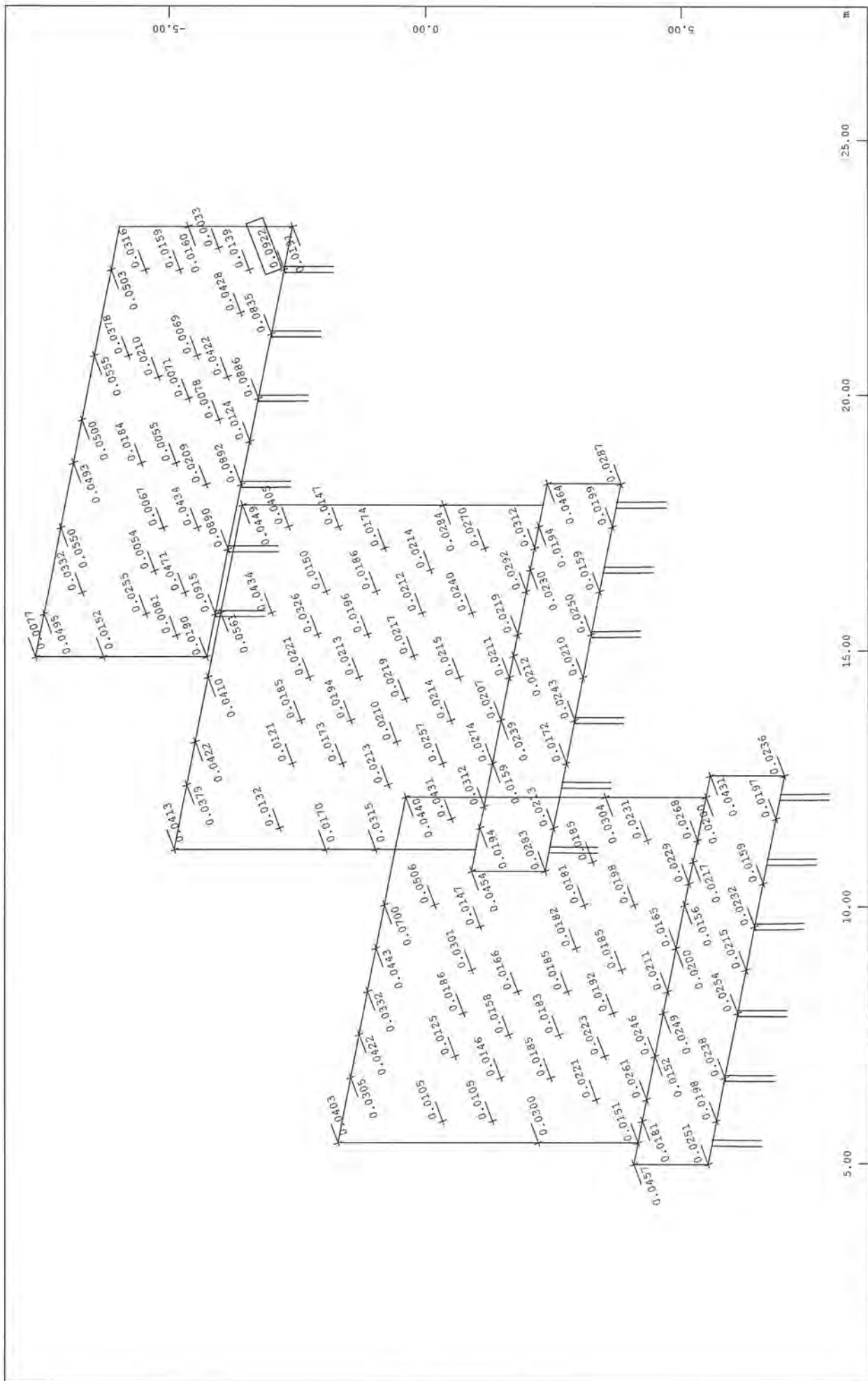
Quadrilateral Elements , Design shear stress $v = V/(b \cdot d)$ in Node in MPa, Design Case 1 (Max=-0.328)

M 1 : 103

X * 0.502

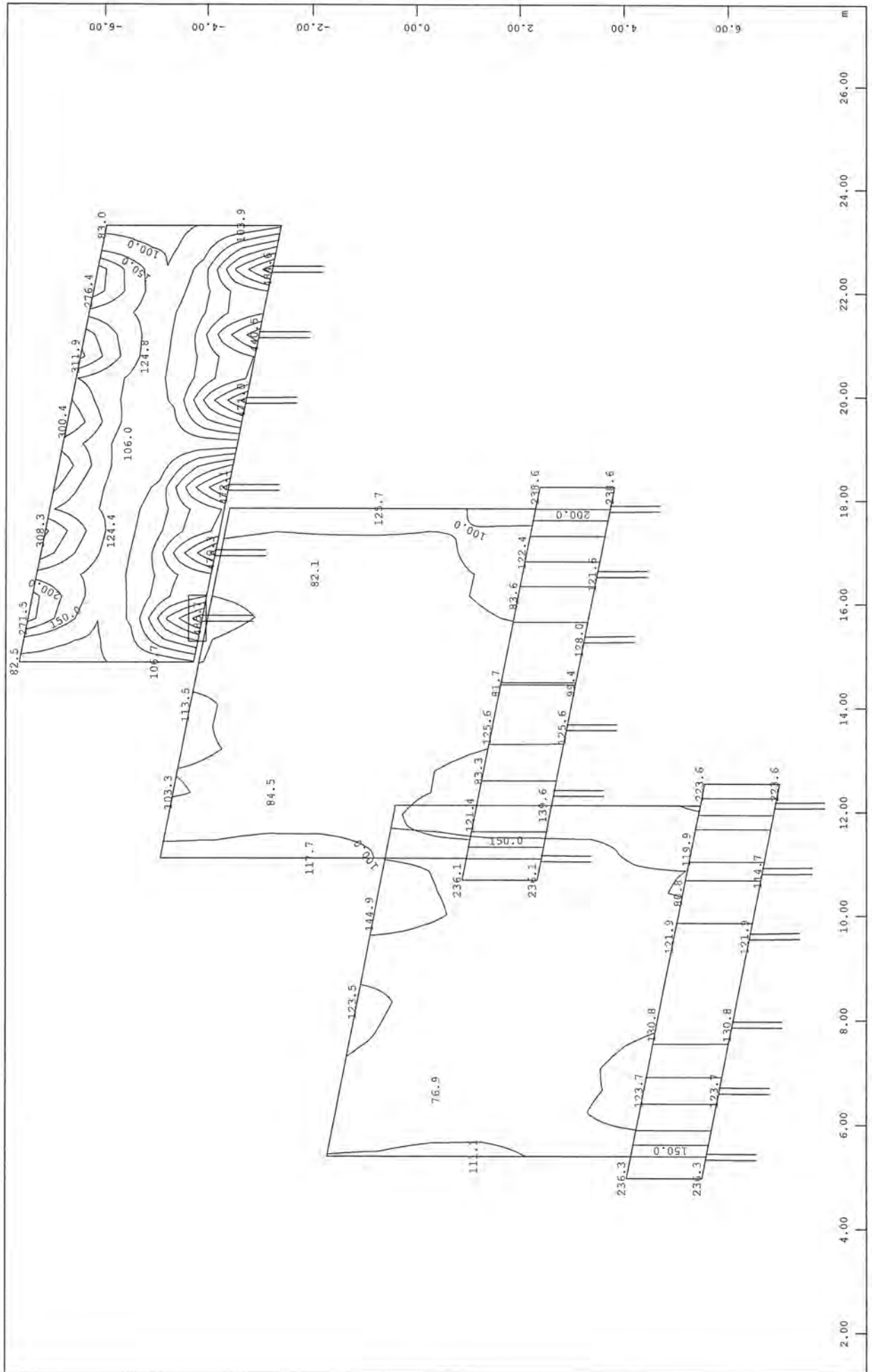
Y * 0.906

Z * 0.962



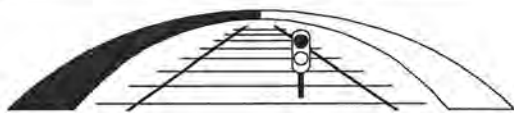
Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5
max.VED / VRDmax in Node, Design Case 1 (Max=0.0922)

M 1 : 103
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



M 1 : 101
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

Sector of system Quadrilateral Elements Group 3...5
 Maximum design shear force VSD in Node, Design Case 1, from 73.0 to 485.7 step 50.0 kN/m



8 PILOTI

C 30/37 , B500 B , $a = 5+4+1.5 = 10.5$ cm

$$T/P \text{ in } S \Rightarrow \gamma_c = 1.5 , \gamma_s = 1.15 , f_{cd} = \frac{0.85 \cdot 30}{1.5} = 17 \text{ MPa} , f_{sd} = \frac{500}{1.15} = 435 \text{ MPa}$$

$$A \Rightarrow \gamma_c = 1.3 , \gamma_s = 1.0 , f_{cd} = \frac{30}{1.3} = 23 \text{ MPa} , f_{sd} = 500 \text{ MPa}$$

8.1 PILOTI V OSI PODPORE 1

Upogibna armatura

ULS-P/T

$$\begin{aligned} M_{zd} &= 2882 \text{ kNm} ; M_{y,pr} = 938 \text{ kNm} , N_{x,pr} = -1620 \text{ kN} , M_{d,rez} = 3031 \text{ kNm} \\ M_{yd} &= 1074 \text{ kNm} ; M_{z,pr} = 2790 \text{ kNm} , N_{x,pr} = -36 \text{ kN} , M_{d,rez} = 2990 \text{ kN} \\ N_{min} &= -2521 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 2772 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 651 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 2847 \text{ kN} \\ N_{max} &= +753 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 2688 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 604 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 2755 \text{ kN} \end{aligned}$$

ULS-S

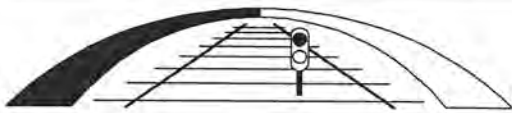
Upoštevano je delno duktilno obnašanje konstrukcije ($q=1.5$), kar pomeni praktično linearno obnašanje konstrukcije pod seizmično obtežbo.

ULS-Svzd

$$\begin{aligned} M_{zd} &= 3257 \text{ kNm} ; M_{y,pr} = 680 \text{ kNm} , N_{x,pr} = +650 \text{ kN} , M_{d,rez} = 3327 \text{ kNm} \\ N_{min} &= -2259 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 2480 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 680 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 2572 \text{ kN} \\ N_{max} &= +1033 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 3102 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 155 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 3106 \text{ kN} \end{aligned}$$

ULS-Spre

$$\begin{aligned} M_{yd} &= 1210 \text{ kNm} ; M_{z,pr} = 1546 \text{ kNm} , N_{x,pr} = +704 \text{ kN} , M_{d,rez} = 1963 \text{ kN} \\ N_{min} &= -2022 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 1537 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 1209 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1956 \text{ kN} \\ N_{max} &= +713 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 1434 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 1014 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1756 \text{ kN} \end{aligned}$$



dimenzioniranje pilota

$$M_{d,rez} = 3327 \text{ kNm} , N_{d,pr} = +650 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{A_c \times d \times f_{cd}} = \frac{3327}{1.13 \times 1.2 \times 17000} = 0.144$$

$$n_u = \frac{N_u}{A_c \times f_{cd}} = \frac{+650}{1.13 \times 17000} = +0.034$$

$$\Rightarrow \bar{\mu} = 0.425 \Rightarrow \mu = \bar{\mu} \times \frac{f_{cd}}{f_y} = 0.425 \times \frac{17}{435} = 0.017$$

$$A_s = 0.017 \times 1.13 \times 10^4 = 192 \text{ cm}^2 \rightarrow 26 \text{ kom } \varnothing 32$$

$$(A_{s,dej} = 209 \text{ cm}^2 \text{ (} o = 2\pi(60-12) = 302 \text{ cm} \rightarrow 69 \text{ cm}^2 / \text{m} \text{) , } \mu = 1.85\% \text{ , } e = 12.1 \text{ cm} \text{)}$$

minimalna armatura pilotov

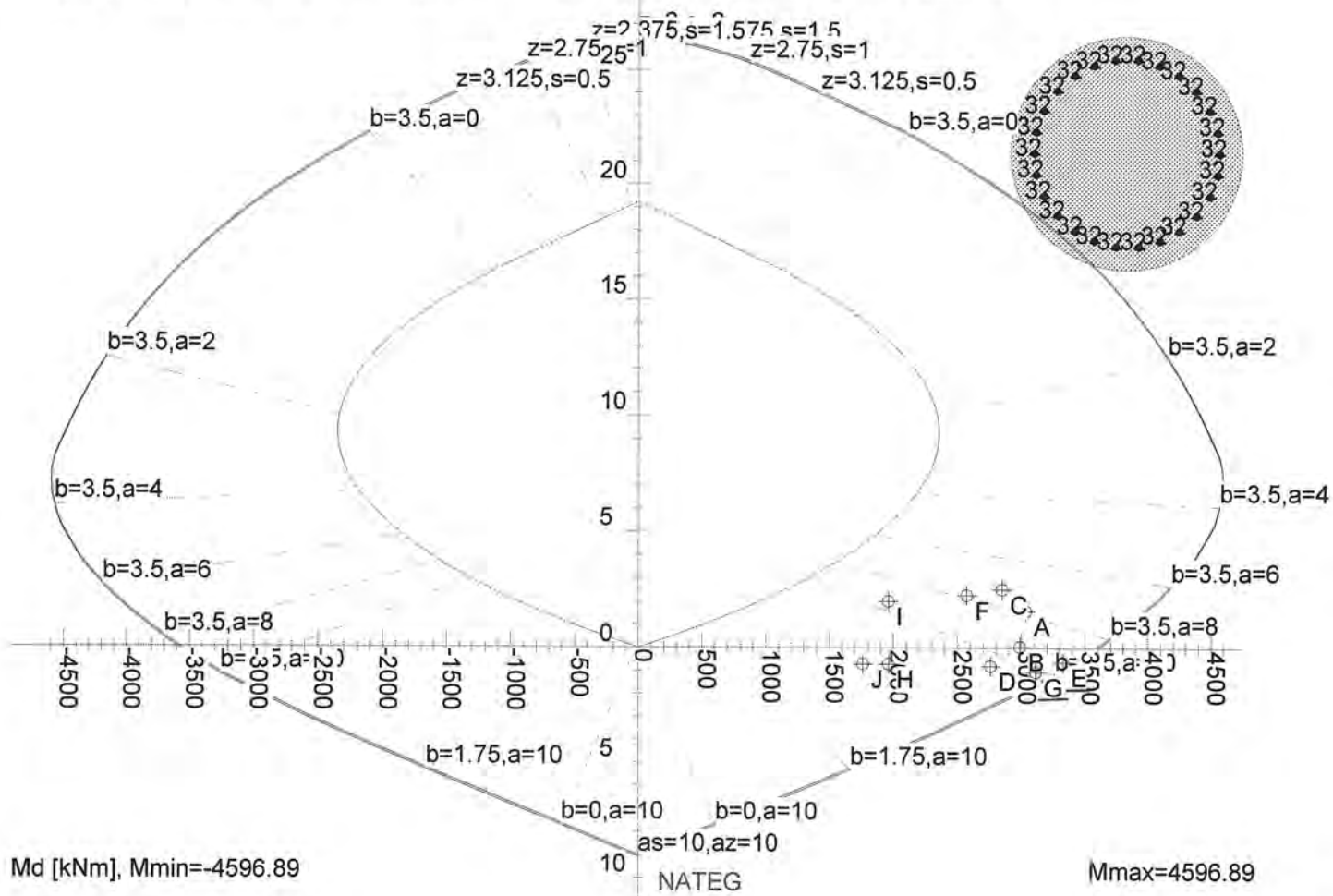
$$A_{s,min} = 0.0025 \times 1.13 \times 10^4 = 28 \text{ cm}^2$$

Na dolžini pilota zgoraj 12 m $\rightarrow$ 26 kom $\varnothing$ 32

Preostali spodnji del pilota lahko $\rightarrow$ 26 kom $\varnothing$ 22

Nd [MN], Nmax=26.50436, Nmin=-9.09144

TLAK EUROCODE 2 - osnovna obtežba



Beton C30/37, alfa=0.8, jeklo S500

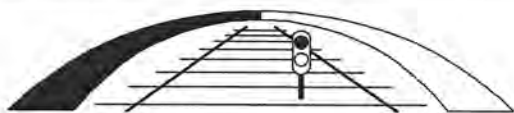
ea[%]: 10
H[cm]: 120
B[cm]: 120
As[cm²]: 112.56
As'[cm²]: 96.48
fc[MPa]: 17
fs[MPa]: 434.78

Izpis dvojic Md[kNm]/Nd[kN]:

A- (3031/1620)
B- (2990/36)
C- (2847/2521)
D- (2755/-753)
E- (3327/-650)
F- (2572/2259)
G- (3106/-1033)
H- (1963/-704)
I- (1956/2022)
J- (1756/-713)

26 kom Ø 32

INTERAKCIJSKI DIAGRAM - PILOTI V OSI 1

**Minimalna armatura objetja betonskega jedra**

$$\eta_k = \frac{N_c}{A_c f_{ck}} = \frac{2521}{1.13 \cdot 30000} = 0.07 > 0.08 \Rightarrow \text{ni potrebno objetje tlačne cone z gostimi strem.}$$

$$s_L = 6 \varnothing = 6 \cdot 3.2 = 19.2 \text{ cm} > s_{dej} = 10 \text{ cm} \dots \text{ver. razdalja med stremeni}$$

$$s_L = \frac{b}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd,r} \geq \max (1.4 \cdot \omega_{w,req} ; \omega_{w,min})$$

$$\omega_{w,req} = \frac{A_c}{A_{cc}} \lambda \eta_k + 0.13 \frac{f_{yd}}{f_{cd}} (\rho_L - 0.01) = \frac{1.13}{0.78} \cdot 0.28 \cdot 0.07 + 0.13 \cdot \frac{435}{20} \cdot (0.018 - 0.01) = 0.05$$

$$1.4 \cdot \omega_{w,req} = 1.4 \cdot 0.05 = 0.07$$

$$\omega_{w,min} = 0.12$$

$$\omega_{wd,r} = \rho_w \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{4 A_{sp}}{D_{sp} s_L} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \Rightarrow \frac{A_{sp}}{s_L} > \frac{D_{sp} \cdot \omega_{wd,r}}{4} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{101 \cdot 0.12}{4} \frac{20}{435} = 0.14 \text{ cm}^2 / \text{cm}$$

$$s = 10 \text{ cm} , n = 2 \Rightarrow A_{sw1} = \frac{0.14 \cdot 10}{2} = 0.70 \text{ cm}^2$$

$\Rightarrow$ strizna arm. – spirala $\varnothing 12/10 \text{ cm}$... po celotni dolžini pilota

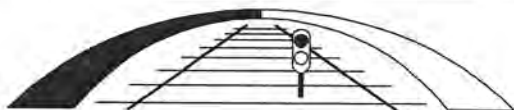
preprečitev uklona vzdolžnih tlačnih palic v območju plastičnega členka

$$s_L = \delta \varnothing = 5.0 \cdot 3.2 = 16 \text{ cm} < 10 \text{ cm}$$

$$\delta = 2.5 + \frac{f_{tk}}{f_{yk}} \cdot 2.25 = 2.5 + 1.0 \cdot 2.25 = 4.45$$

$$\min \left(\frac{A_t}{s} \right) = \frac{\Sigma A_s f_{ys}}{1.6 f_{yt}}$$

$$A_{t,min} = \frac{2.0 \cdot 8.04 \cdot 10^2}{1.6} 0.10 = 101 \text{ mm}^2 \quad (\varnothing 12 \rightarrow 113 \text{ mm}^2)$$

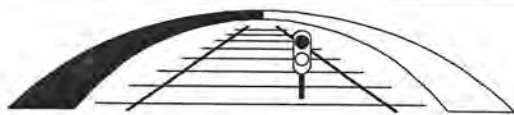


STRIG (ver.str.arm. $\alpha = 90^\circ$)

V _{Ed} (kN)	935		
N _{Ed} (kN) ... (+ tlak)	-722		
h ... visina bet. preseka (cm)	91		
b _w ... merodajna sirina bet.pr. (cm)	106		
A _{sl} ... površ.nat.arm, ki se nadaljuje (cm ²)	70		
c ... zascitni sloj betona (cm)	9		
Ø vzdolžne arm. (mm)	32		
f _{ck} ... karakt.trdnost bet. (Mpa)	30	C 30/37	
γ _c ... parc.faktor varnosti na beton	1,5		
f _{cd} = f _{ck} / γ _c (Mpa)	20	C 30/37	
C _{Rd,c} = 0,18 / γ _c = 0,12	0,12	nac.	
k ₁ = 0,15	0,15	nac.	
d ... stat.visina (m)	0,804		
k = 1 + sqrt(200/d(v mm))	1,498754668	2	1,49875467
ρ _l ... procent arm.	0,008213649	0,02	0,00821365
σ _{cp} = N _{Ed} / A _c ... (v Mpa!)	-0,748496786		
max σ _{cp} = 0.2 × f _{cd} ... (Mpa)	4		0,74849679
V _{Rd,c} ... str.nos.bet.prer. brez str.arm. (kN)	349,8643119	350	350

POTREBNA RACUNSKA STR. ARM.

V _{min}	0,351742216		
min V _{Rd,c} ... min.str.nos.bet.prer. brez str.arm. (kN)	204,0839507	204	
α _{cw} ... koef.stanja nap.v tl.diag. = 1.0 za AB	1	(za PB določi posebej)	
z = 0.9 d ... rocica sil (m)	0,7236		
v ₁ = 0.6 (za ≤ C 60/75... red.fak.razpok.prereza)	0,6		
ctg θ ... kot talacne diagonale	2,001226619	1,5	1,5
1.0 ≤ ctg θ ≤ 1.5 ... meje za kot tlac. diagonale		1	1,5
V _{rd,max} ... max.sila v tlacni diagonalni nadom.palijca (kN)	4248,088615	kN	4248
f _{ywk} ... karak.meja tecenja strem.jekla (Mpa)	500		
γ _s ... parc.faktor varnosti na jeklo	1,15		
f _{ywd} ... proj.vrednost tecenja strem.jekla (Mpa)	434,7826087		
A _{sw} / s ... pot.rac.ver.str.arm.na dol 1.0 m in sir. 1.0 m	19,81297218	cm ² /m	19,81
ρ _{w,min} ... min. % str. arm.	0,000876356		
A _{sw,min} ... min.str.arm. (cm ² /m)	9,289374575	cm ² /m	9,3
A _{sw,merodajni} (cm ² /m)		cm ² /m	19,81
s ... razdalja med stremeni v smeri razpona (cm)	10		
A _{sw} ... pot.ver.str.arm.v posam. prerezu (cm ²)	1,981	1,98	
n ... št.striznosti strem.v precni smeri (kom/m-precna smer.)	2		
A _{sw1} ... prerez posameznega ver.strem. (cm ²)	0,9905	cm ²	0,99
			Ø
dod.vzdol.arm.vsled striga pri V _{Ed} > V _{Rd,c}			
ΔF _{td} = 0.5 V _{Ed} × ctg θ ... dod.hor.sila od striga (kN)	701,25		
(se je ne doda na mestih max. mom.)			
ΔA ... rac.dod.vzdol.arm.od striga (cm ²)	16,12875	cm ²	16,1
dod.vzdol.arm.vsled striga pri V _{Ed} ≤ V _{Rd,c} → premaknitev momentne linije za a _i = d			
tudi kot alternativa pri V _{Ed} > V _{Rd,c} → a _i = z × ctg θ / 2	0,5427	m	0,54



Strižna armatura

ULS-P/T

$$V_{yd} = 897 \text{ kN} ; V_{z,pr} = 265 \text{ kN} , N_{x,pr} = +722 \text{ kN} , V_{d,rez} = 935 \text{ kN}$$

$$V_{zd} = 408 \text{ kN} ; V_{z,pr} = 731 \text{ kN} , N_{x,pr} = 0 \text{ kN} , V_{d,rez} = 837 \text{ kN}$$

ULS-S

Upoštevano je delno duktilno obnašanje konstrukcije ($q=1.5$), kar pomeni praktično linearno obnašanje konstrukcije pod seizmično obtežbo.

$$V_{yd} = 806 \text{ kN} ; V_{z,pr} = 63 \text{ kN} , N_{x,pr} = +1024 \text{ kN} , V_{d,rez} = 808 \text{ kN}$$

$$V_{zd} = 399 \text{ kN} ; V_{y,pr} = 243 \text{ kN} , N_{x,pr} = -605 \text{ kN} , V_{d,rez} = 467 \text{ kN}$$

dimenzioniranje na strig

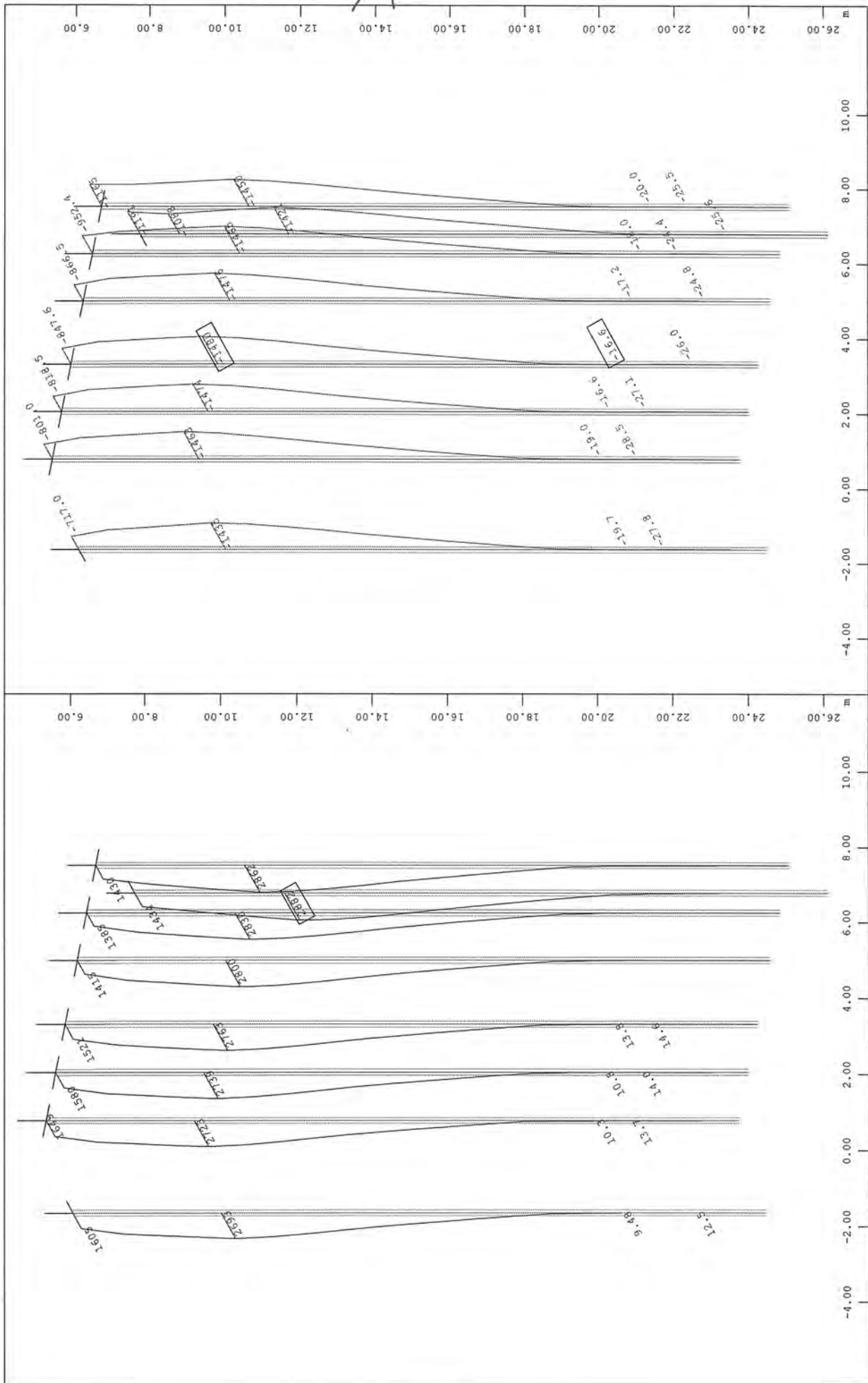
$$a_{nad} = \sqrt{1.13} = 1.06 \text{ m}$$

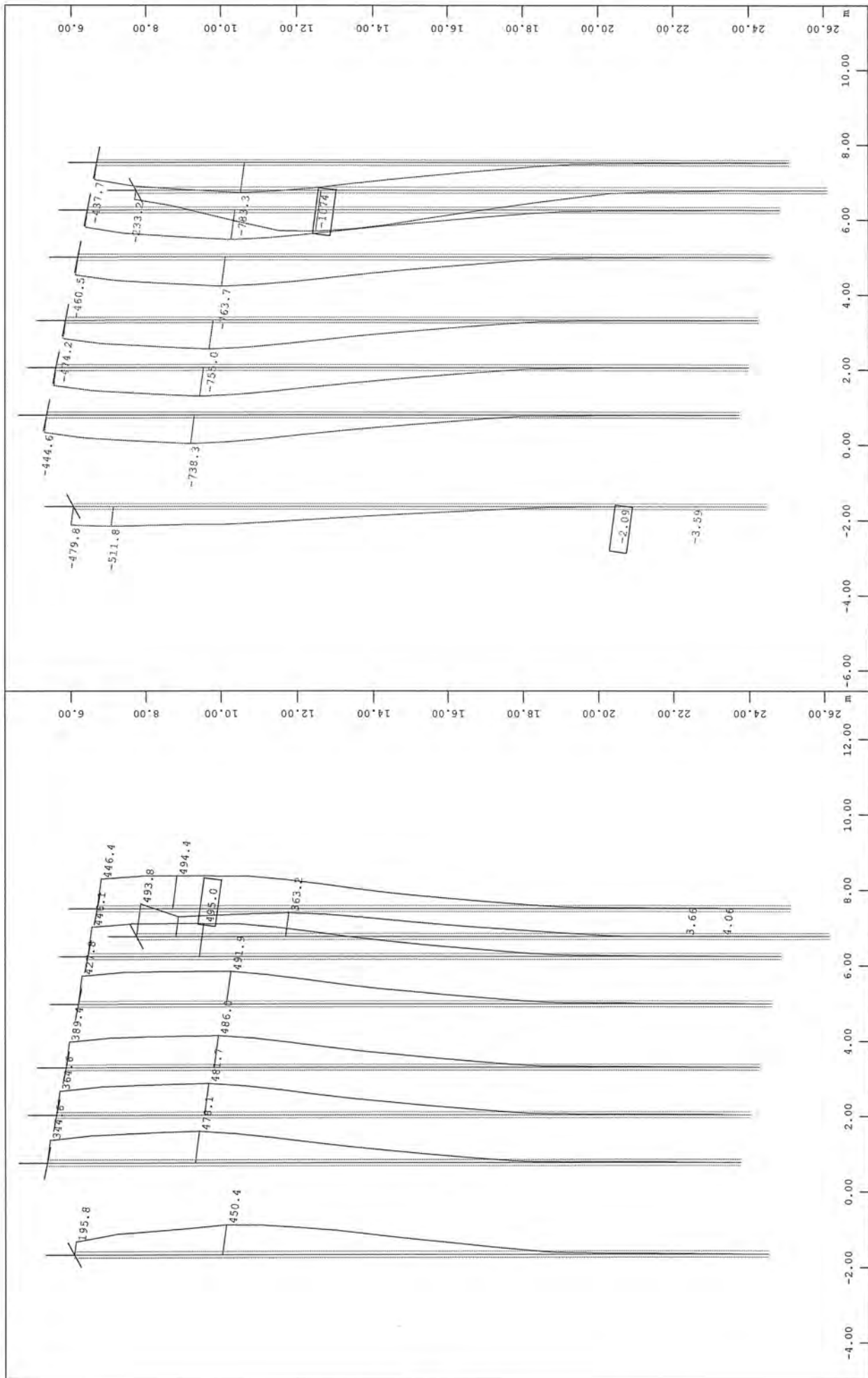
$$d_e = r + \frac{2r_s}{\pi} = 0.60 + \frac{2 \cdot (0.60 - .05 - .04 - .015 - .015)}{\pi} = 0.91 \text{ m}$$

Strižna špiralna armatura:

$\varnothing 12$, $h = 10 \text{ cm}$, $\lambda = L$ po celotni dolzini pilota

DIAGRAMI OBREMENITEV PILOTOV ULS-P/T OS 1



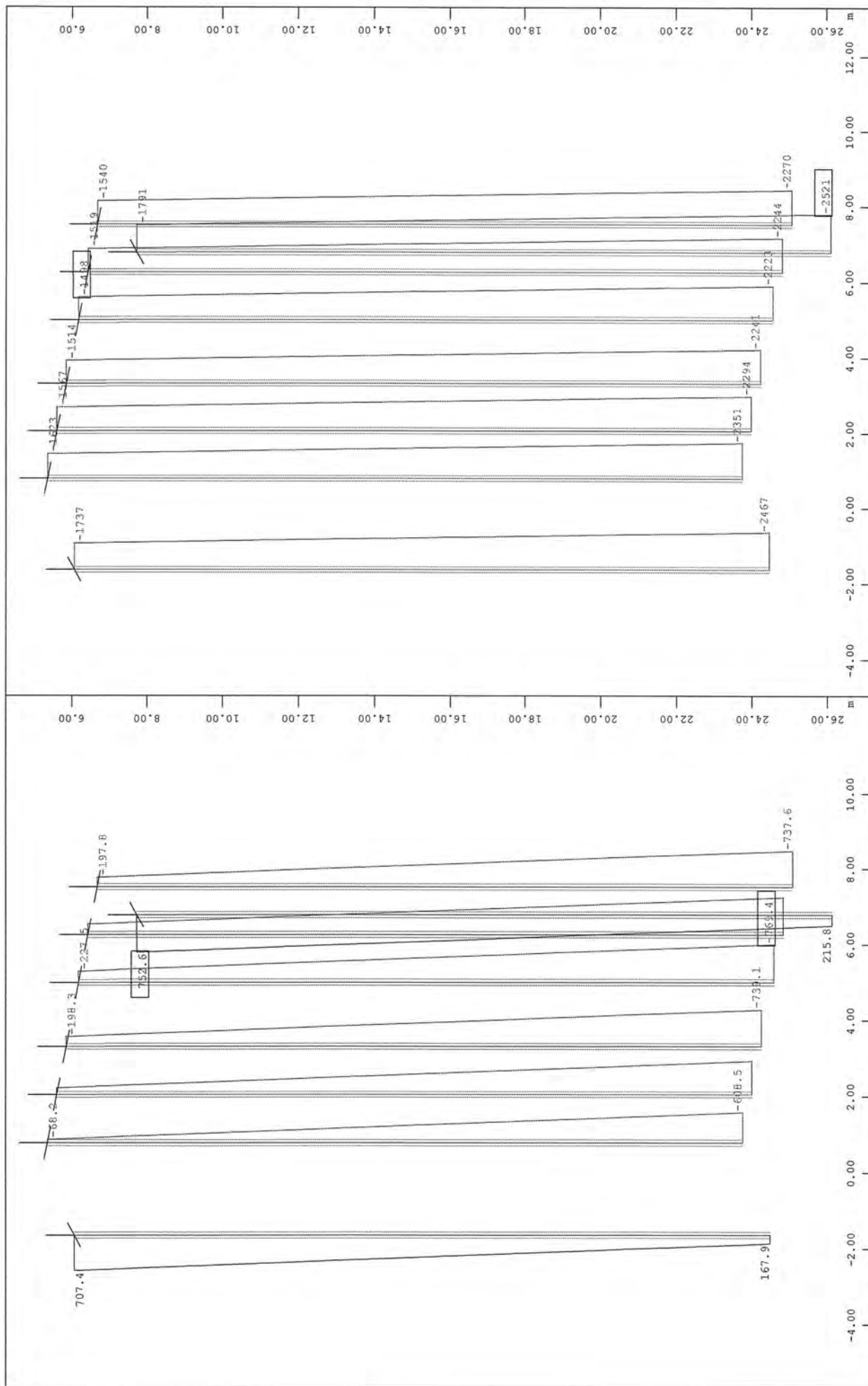


M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 2102 MIN-MY BEAM
 , 1 cm 3D = 1234. kNm (Min=-1074.) (Max= 2.1684e-16)

M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 2101 MAX-MY BEAM
 , 1 cm 3D = 714.8 kNm (Min=-2.6368e-16) (Max=495.0)

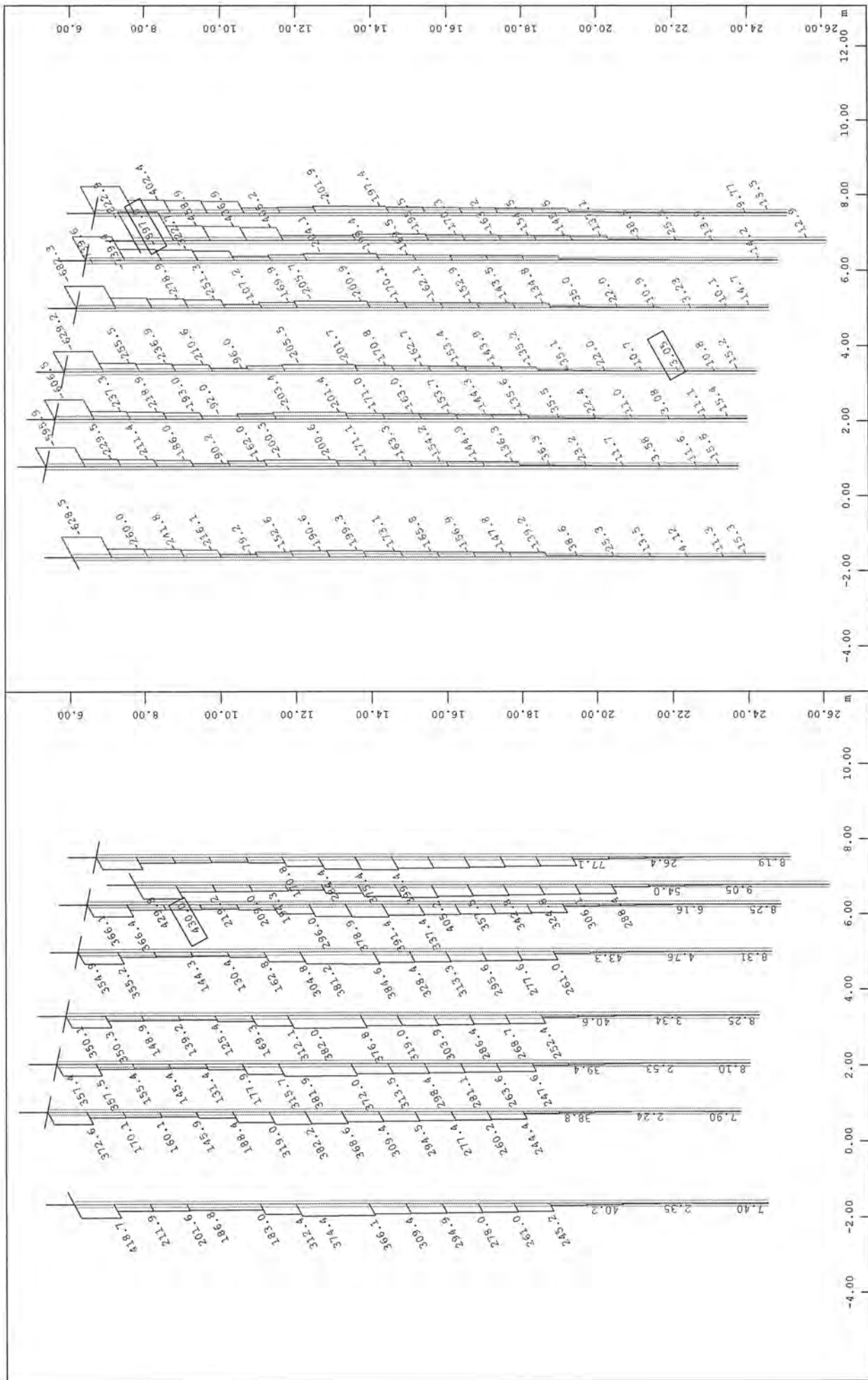


Sector of system Group 6
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 2109 MAX-N BEAM ,
 1 cm 3D = 1070. kN (Min=-769.4) (Max=752.6)

M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 2110 MIN-N BEAM ,
 1 cm 3D = 3469. kN (Min=-2521.) (Max=-1498.)

M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

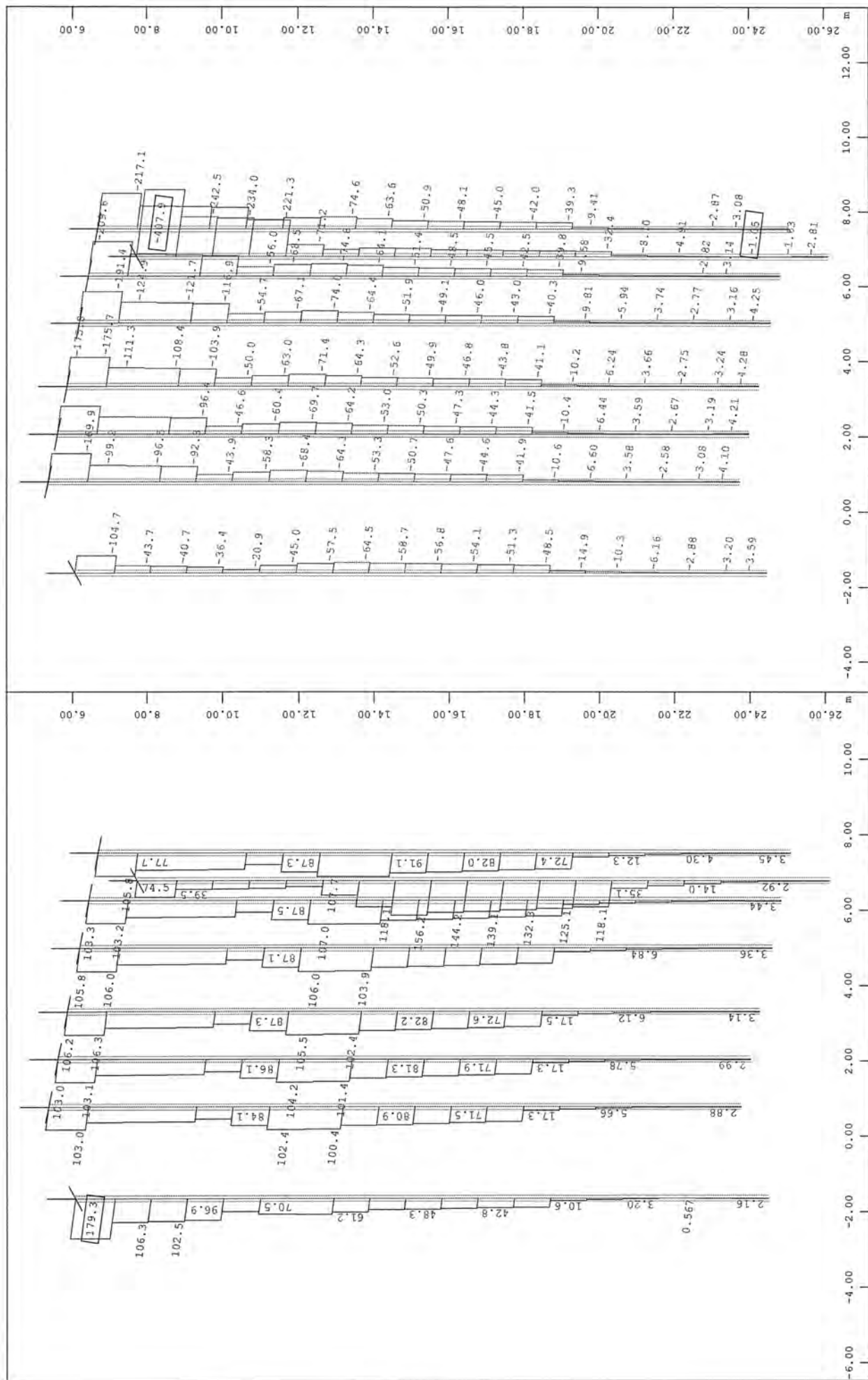


M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements, Shear force V_y , Loadcase 2105 MAX-VY BEAM
 1 cm 3D = 714.8 kN (Min=-430.0) (Max=430.0)

M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements, Shear force V_y , Loadcase 2106 MIN-VY BEAM
 1 cm 3D = 714.8 kN (Min=-897.0) (Max=-3.05)



Sector of system Group 6

Beam Elements, Shear force V_z , Loadcase 2107 MAX-VZ BEAM
1 cm 3D = 214.1 kN (Max=179.3)

1 cm 3D = 214.1 kN (Max=179.3)

M 1 : 140

```

M I : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

```

Y * 0.906
Z * 0.962

Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6

Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 2108 MIN-VZ BEAM
1 cm 3D = 285.9 kN (Min=-407.9) (Max=-1.05)

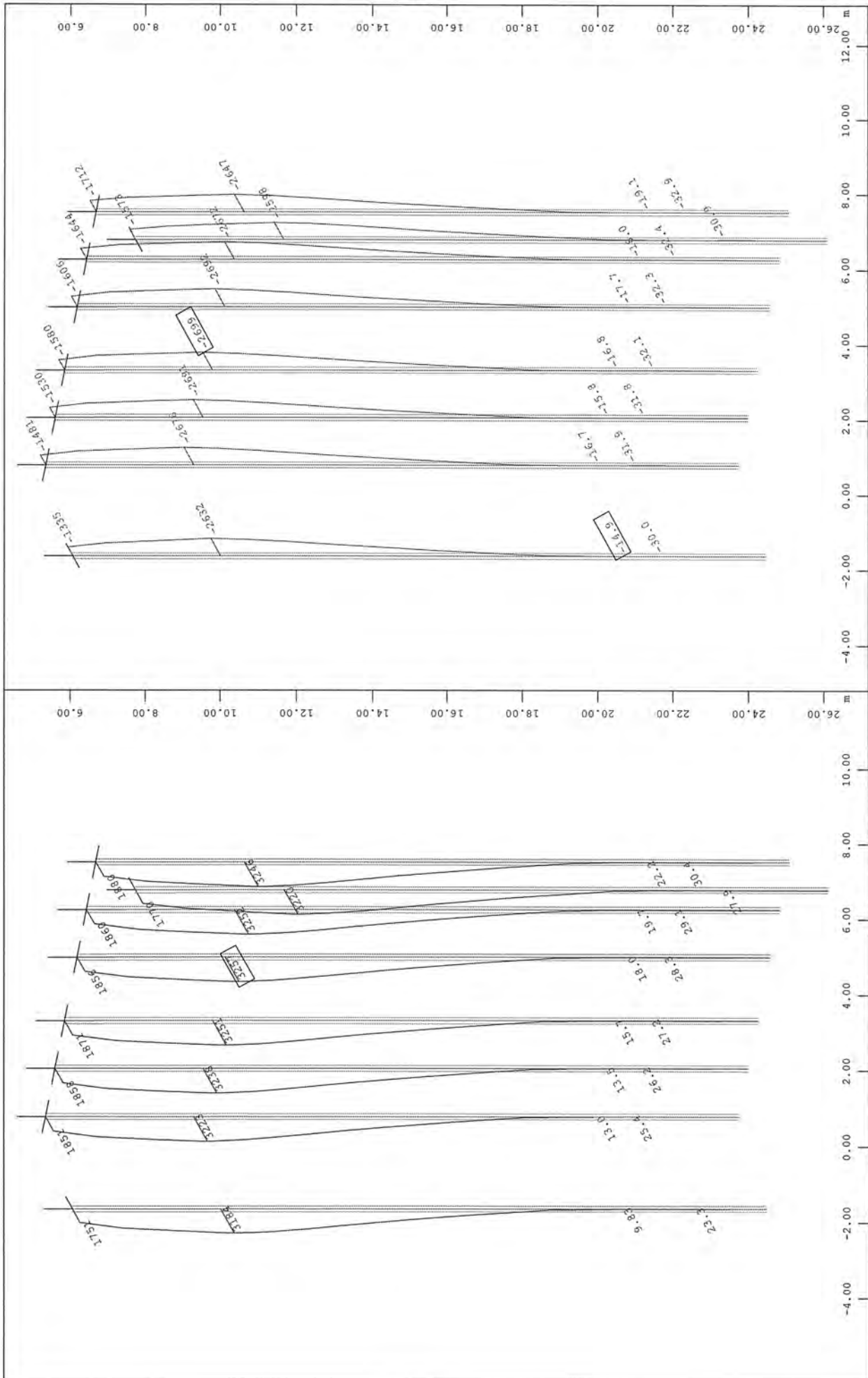
1 cm 3D = 285.9 kN (Min=-407.9) (Max=-1.05)

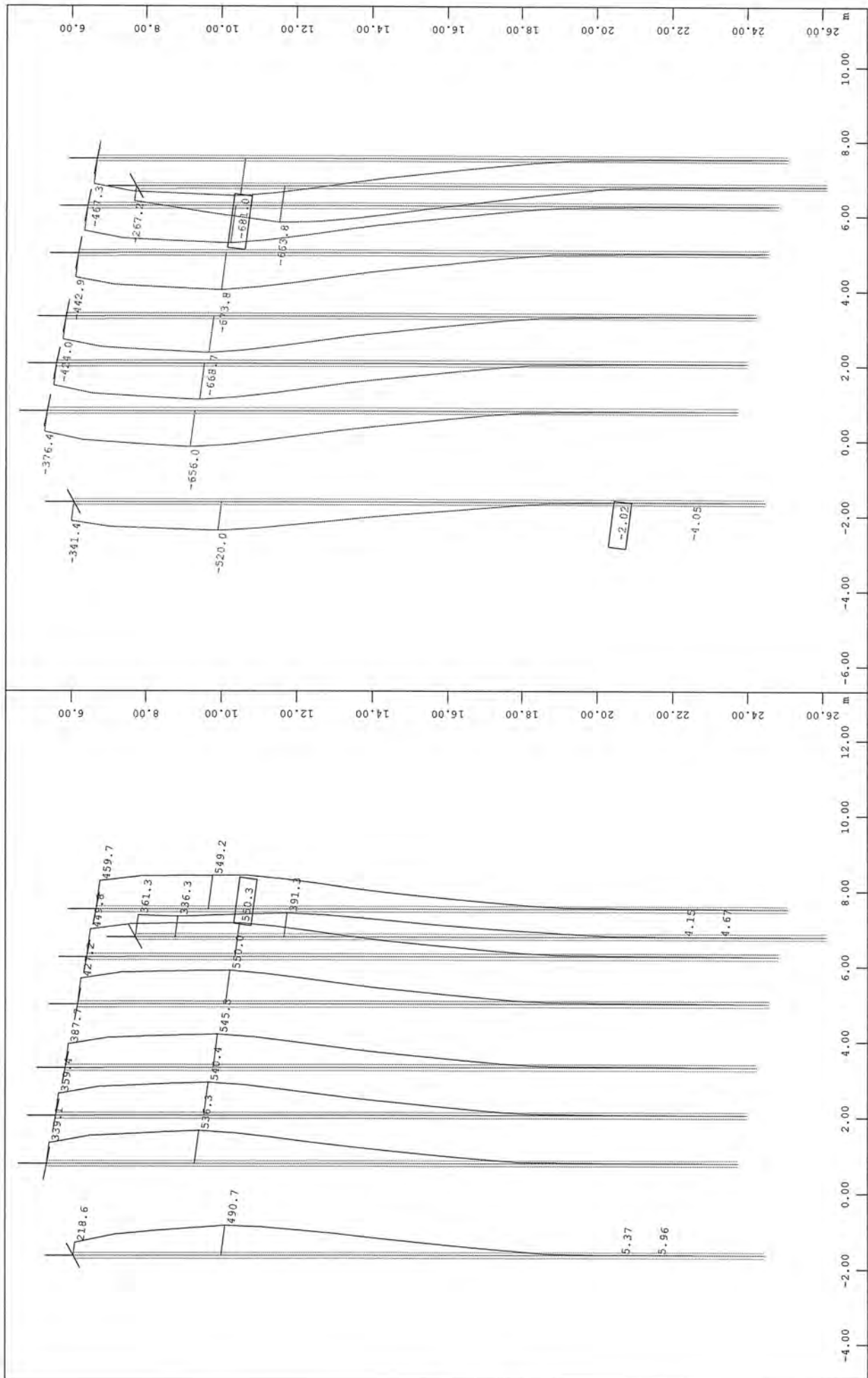
M 1 : 140

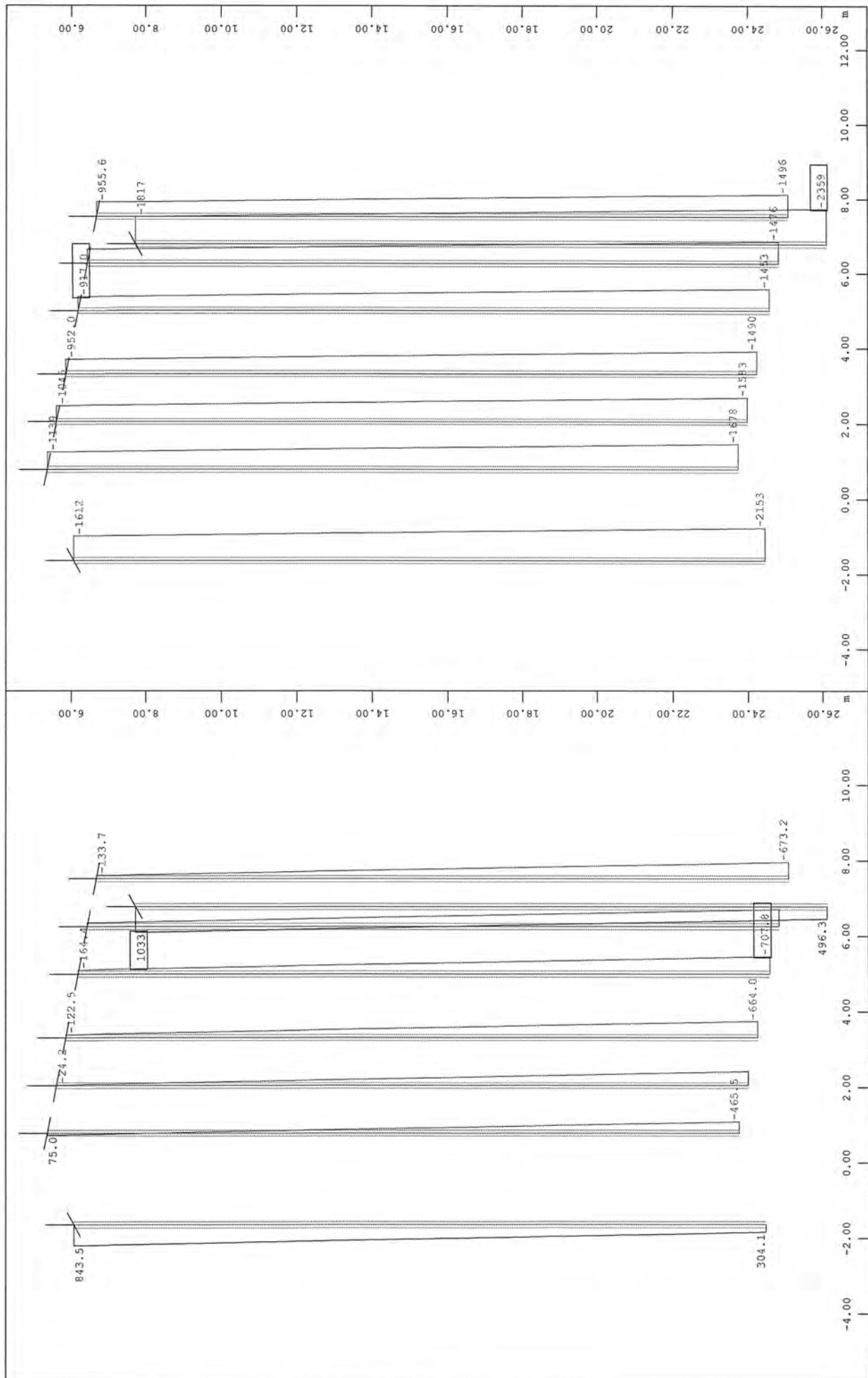
X	* 0.502
Y	* 0.906
Z	* 0.962

$$\begin{aligned} Y &= 0.906 \\ Z &= 0.962 \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} Y &= 0.906 \\ Z &= 0.962 \end{aligned}$$

ULS-Svd $\alpha 1$





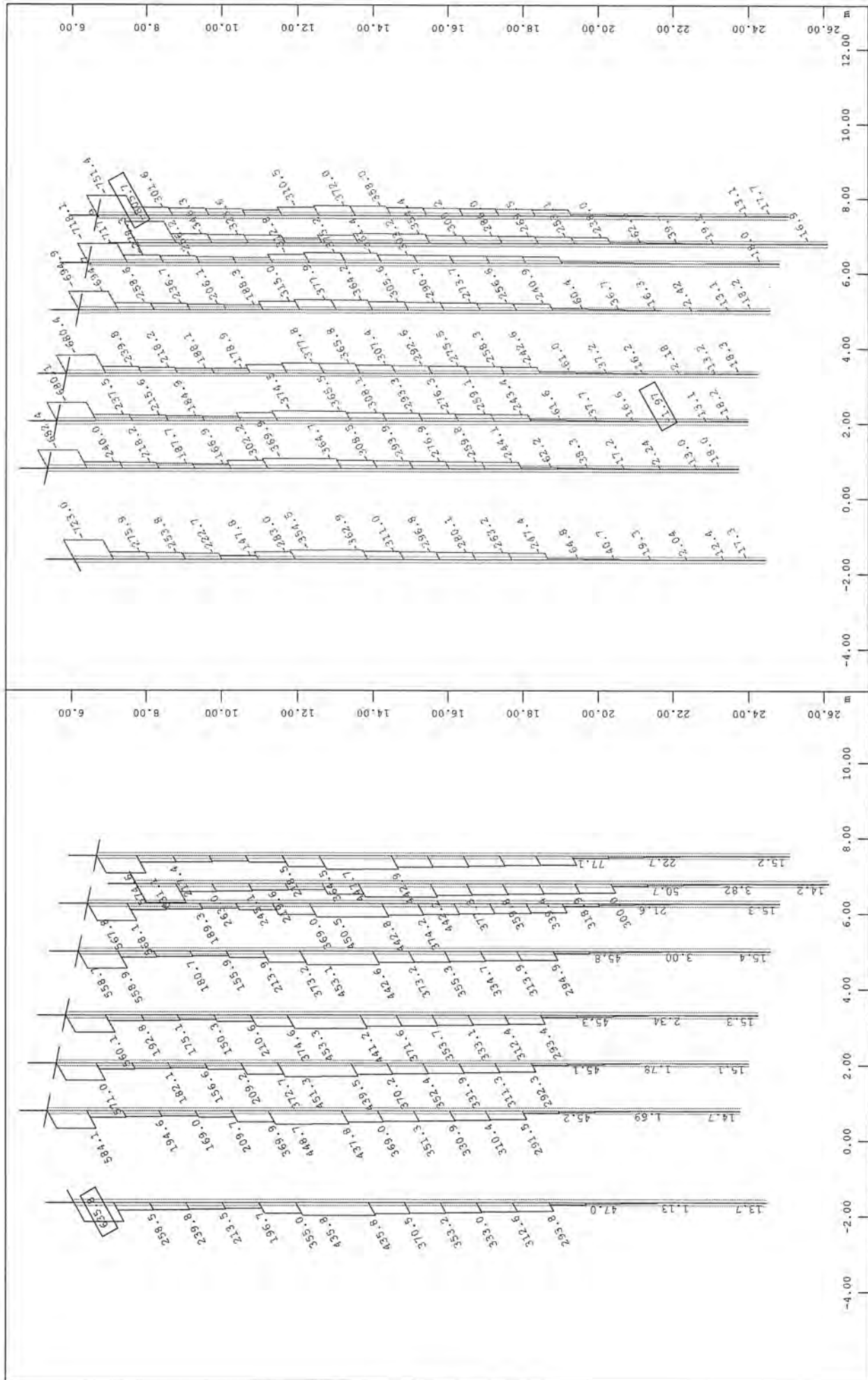


Sector of system Group 6
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5109 MAX-N BEAM ,
 1 cm 3D = 2141. kN (Min=-707.8) (Max=1033.)

M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 5110 MIN-N BEAM ,
 1 cm 3D = 3469. kN (Min=-2359.) (Max=-917.0)

M 1 : 140
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

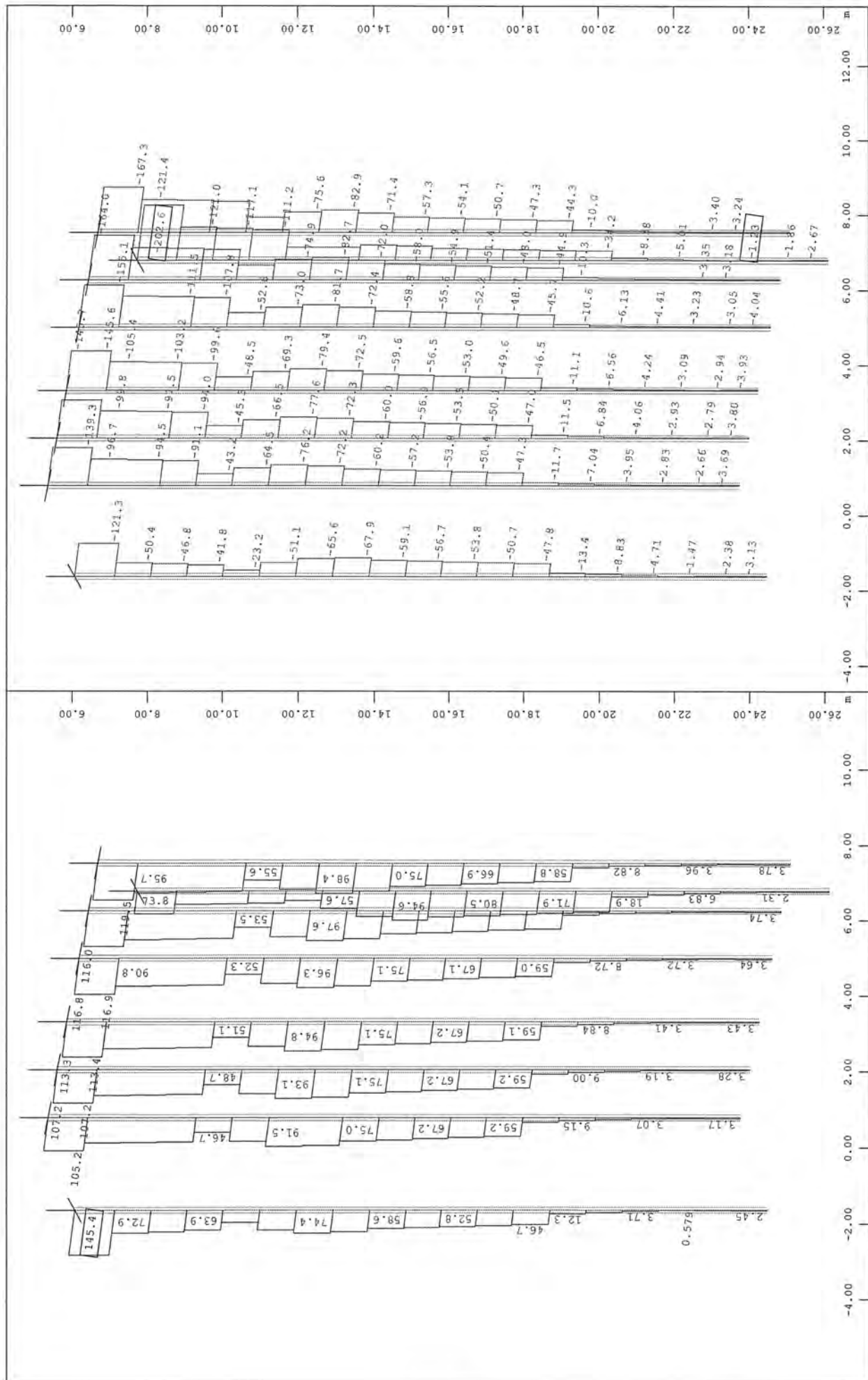


M 1 : 140
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements , Shear force V_y , Loadcase 5105 MAX-VY BEAM ,
 1 cm 3D = 769.5 kN (Max=635.8)

M 1 : 140
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

Sector of system Group 6
 Beam Elements , Shear force V_y , Loadcase 5106 MIN-VY BEAM ,
 1 cm 3D = 867.2 kN (Min=-805.7) (Max=-1.97)



```

M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

```

Sector of system Group 6
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5108 MIN-VZ BEAM
1 cm 3D = 173.4 kN (Min=-202.6) (Max=-1.23)

```

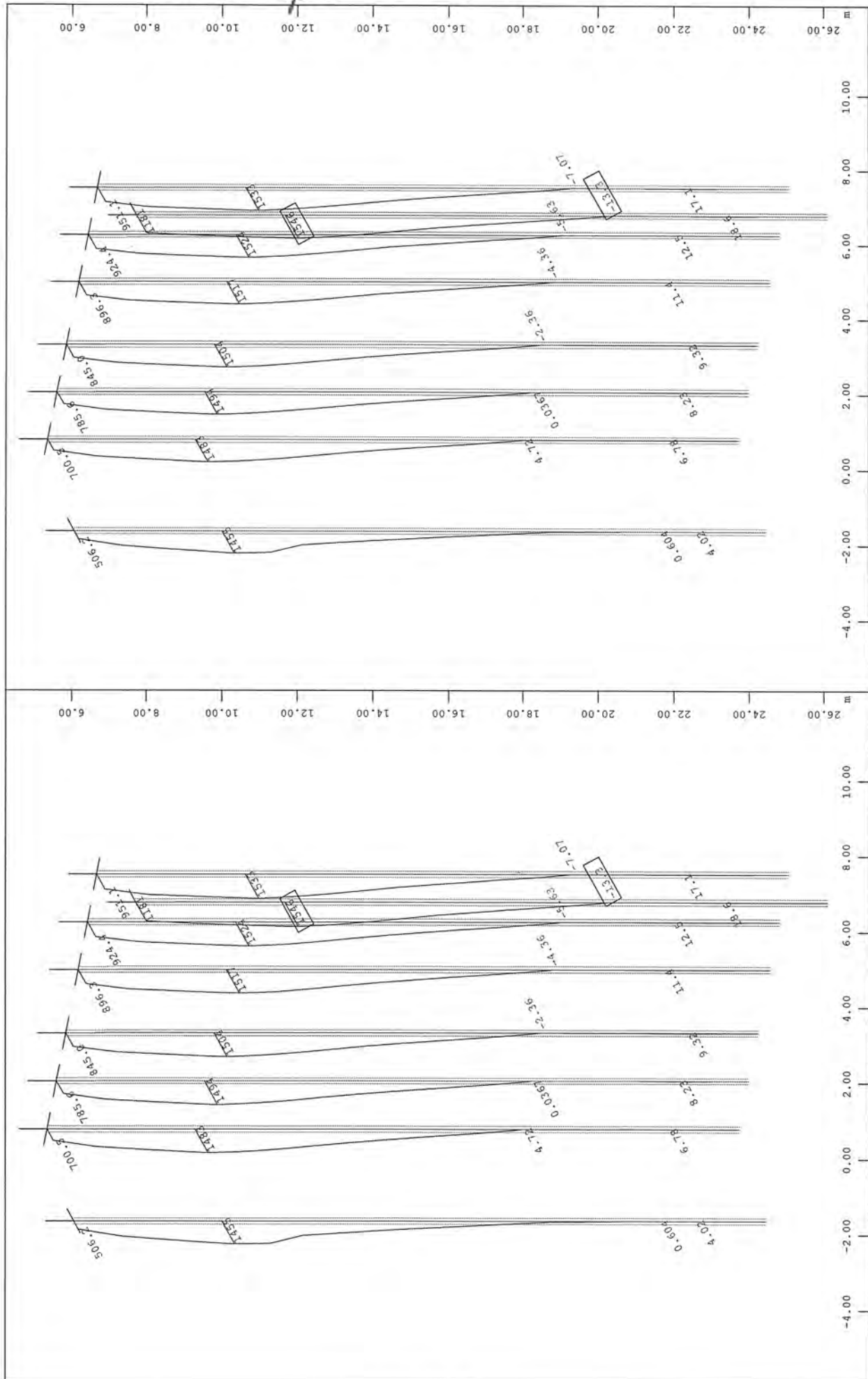
M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

```

Sector of system Group 6
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5107 MAX-VZ BEAM
1 cm 3D = 153.9 kN (Max=145.4)

$$\frac{\dot{X}}{Z} Y$$

ULS-Spre as 1



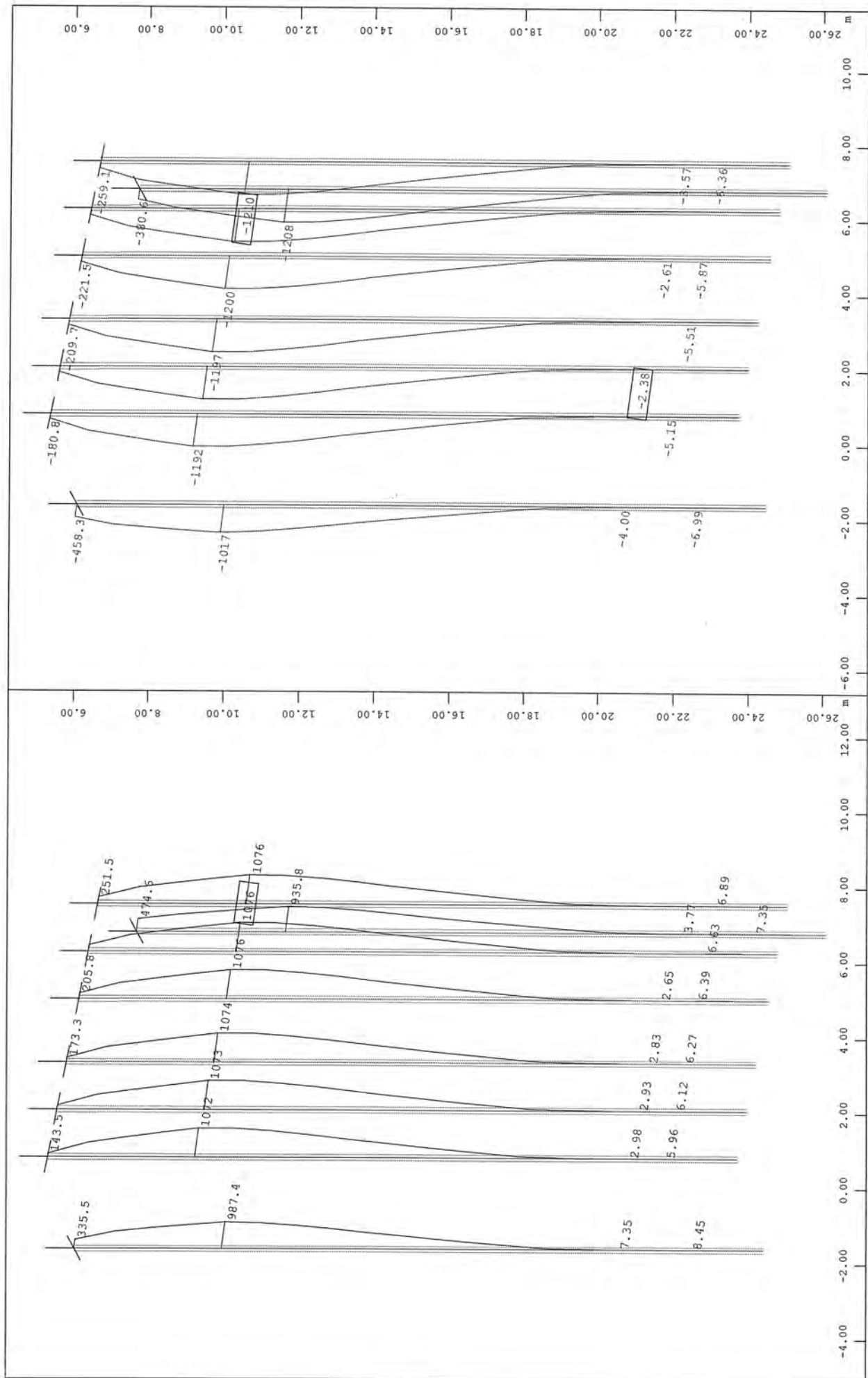
M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements, Bending moment Mz, Loadcase 5102 MIN-MY BEAM
, 1 cm 3D = 1539. kNm (Min=-13.3) (Max=1546.)

M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements, Bending moment Mz, Loadcase 5102 MIN-MY BEAM
, 1 cm 3D = 1484. kNm (Min=-13.3) (Max=1546.)

X
Y
Z

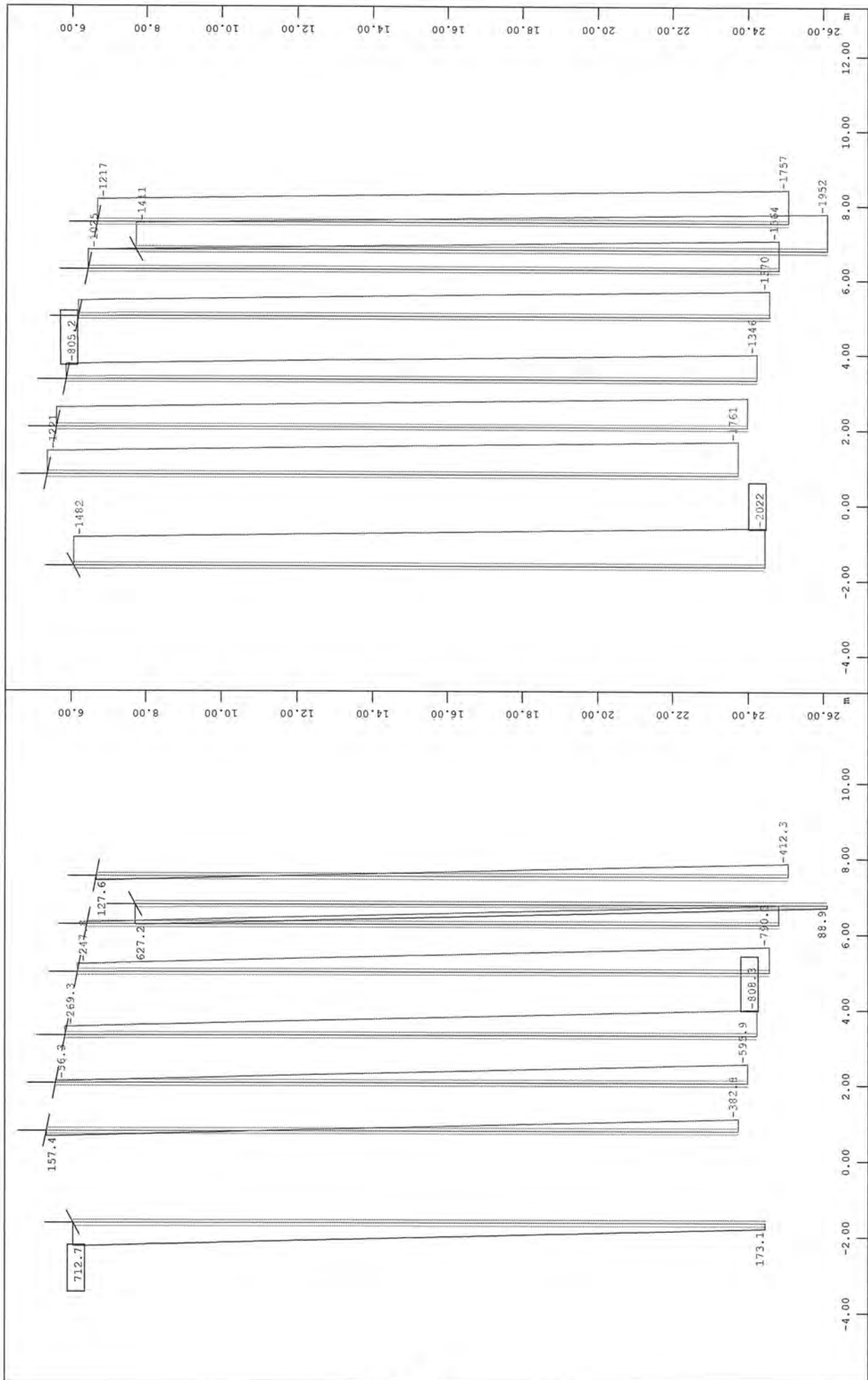


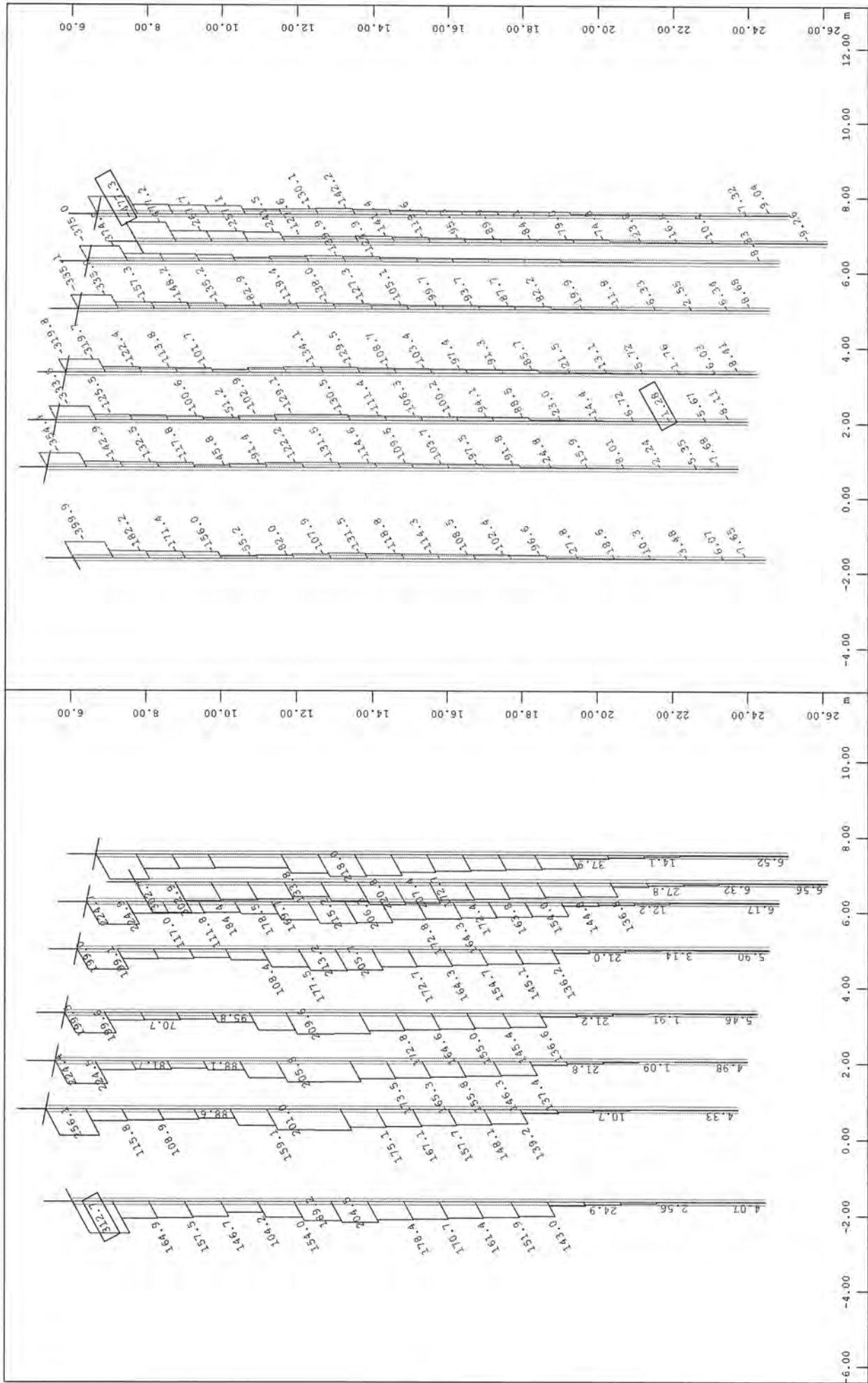
M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5102 MIN-MY BEAM
, 1 cm 3D = 1734. kNm (Min=-1210.) (Max= 2.1684e-16)

M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5101 MAX-MY BEAM
, 1 cm 3D = 1734. kNm (Min=-2.6368e-16) (Max=1076.)



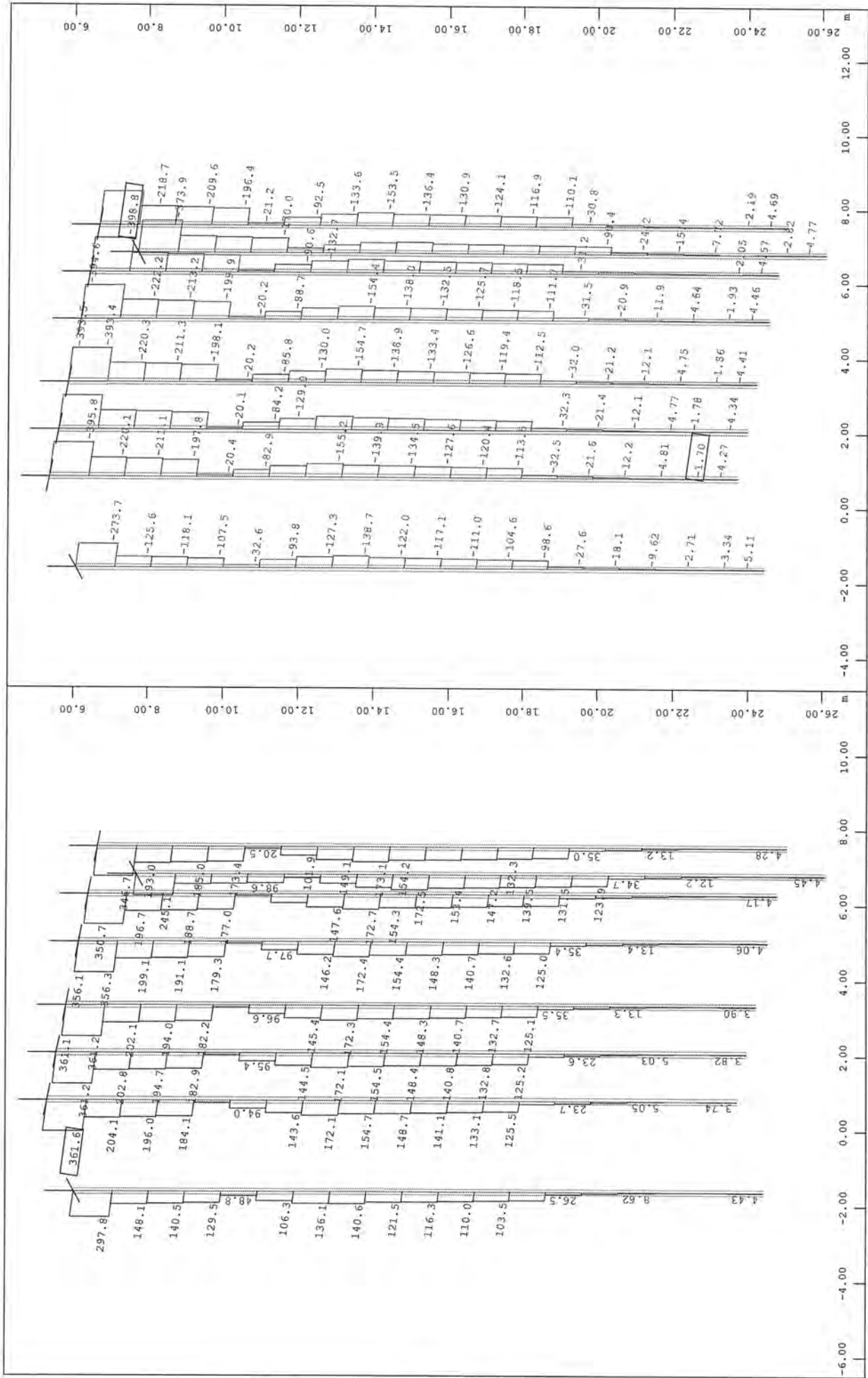


M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements, Shear force V_y , Loadcase 5106 MIN-VY BEAM
1 cm 3D = 574.2 kN (Min=-477.3) (Max=-1.28)

M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements, Shear force V_y , Loadcase 5105 MAX-VY BEAM
1 cm 3D = 229.7 kN (Max=312.7)

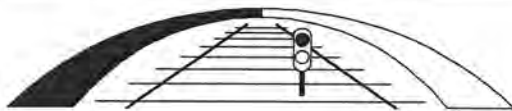


M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5108 MIN-VZ BEAM ,
1 cm 3D = 550.0 kN (Min=-398.8) (Max=-1.70)

M 1 : 140
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Group 6
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5107 MAX-VZ BEAM ,
1 cm 3D = 550.0 kN (Max=361.6)



8.2 PILOTI V OSI PODPORE 2, 3 in 4 (z vzdolžno pomičnimi ležišči)

Upogibna armatura

ULS-P/T

$$\begin{aligned} M_{zd} &= 2067 \text{ kNm} ; M_{y,pr} = 549 \text{ kNm} , N_{x,pr} = -592 \text{ kN} , M_{d,rez} = 2139 \text{ kNm} \\ M_{yd} &= 849 \text{ kNm} ; M_{z,pr} = 1981 \text{ kNm} , N_{x,pr} = -733 \text{ kN} , M_{d,rez} = 2155 \text{ kN} \\ N_{min} &= -3500 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 1047 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 189 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1064 \text{ kN} \\ N_{max} &= +109 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 545 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 573 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 791 \text{ kN} \end{aligned}$$

ULS-S

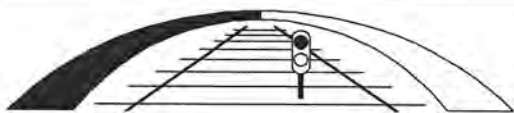
Upoštevano je delno duktilno obnašanje konstrukcije ($q=1.5$), kar pomeni praktično linearno obnašanje konstrukcije pod seizmično obtežbo.

ULS-Svzd

$$\begin{aligned} M_{zd} &= 1636 \text{ kNm} ; M_{y,pr} = 509 \text{ kNm} , N_{x,pr} = -476 \text{ kN} , M_{d,rez} = 1713 \text{ kNm} \\ N_{min} &= -1745 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 1075 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 390 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1144 \text{ kN} \\ N_{max} &= -225 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 984 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 217 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1008 \text{ kN} \end{aligned}$$

ULS-Spre

$$\begin{aligned} M_{yd} &= 1194 \text{ kNm} ; M_{z,pr} = 1047 \text{ kNm} , N_{x,pr} = +63 \text{ kN} , M_{d,rez} = 1588 \text{ kN} \\ N_{min} &= -2042 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 463 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 978 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1082 \text{ kN} \\ N_{max} &= +114 \text{ kN} ; M_{z,pr} = 233 \text{ kNm} , M_{y,pr} = 1115 \text{ kNm} , M_{d,rez} = 1139 \text{ kN} \end{aligned}$$



dimenzioniranje pilota

$$M_{d,rez} = 2139 \text{ kNm} , N_{d,pr} = -592 \text{ kN}$$

$$m_u = \frac{M_u}{A_c \times d \times f_{cd}} = \frac{2139}{1.13 \times 1.2 \times 17000} = 0.093$$

$$n_u = \frac{N_u}{A_c \times f_{cd}} = \frac{592}{1.13 \times 17000} = +0.031$$

$$\Rightarrow \bar{\mu} = 0.225 \Rightarrow \mu = \bar{\mu} \times \frac{f_{cd}}{f_y} = 0.225 \times \frac{17}{435} = 0.009$$

$$A_s = 0.009 \times 1.13 \times 10^4 = 102 \text{ cm}^2 \rightarrow 22 \text{ kom } \varnothing 25$$

$$(A_{s,dej} = 108 \text{ cm}^2 \text{ (} o = 2\pi(60 - 12) = 302 \text{ cm} \rightarrow 36 \text{ cm}^2 / \text{m} \text{), } \mu = 0.90\% , e = 14.4 \text{ cm})$$

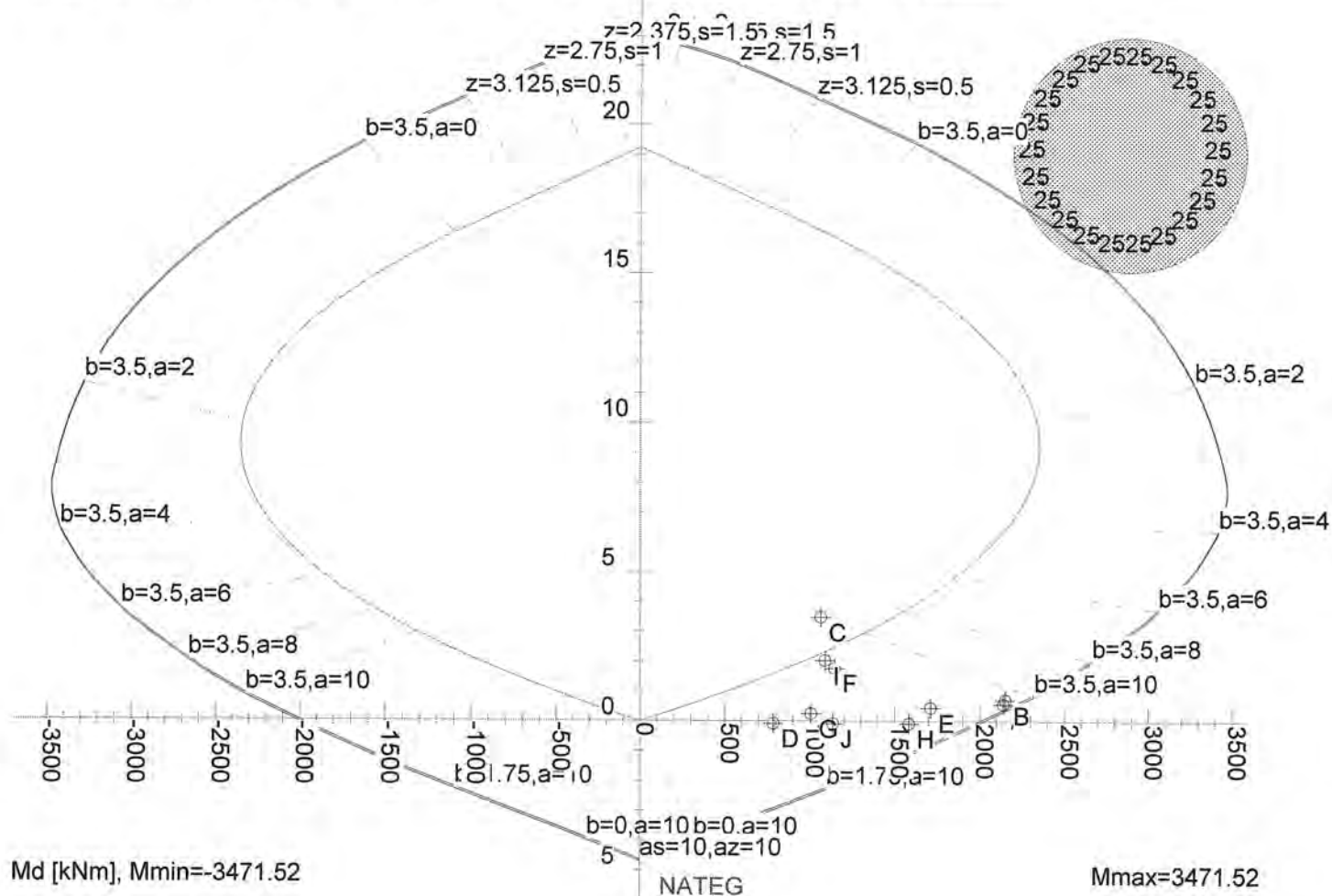
minimalna armatura pilotov

$$A_{s,min} = 0.0025 \times 1.13 \times 10^4 = 28 \text{ cm}^2$$

Vzdolžna armatura pilotov $\rightarrow 22 \text{ kom } \varnothing 25$

Nd [MN], Nmax=22.98737, Nmin=-4.69529

TLAK EUROCODE 2 - osnovna obtežba



Beton C30/37, alfa=0.8, jeklo S500

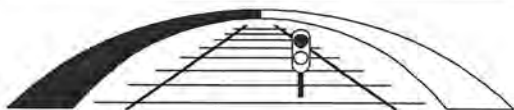
ea[%]: 10
H[cm]: 120
B[cm]: 120
As[cm²]: 58.92
As'[cm²]: 49.1
fc[MPa]: 17
fs[MPa]: 434.78

Izpis dvojic Md[kNm]/Nd[kN]:

A- (2139/592)
B- (2155/733)
C- (1064/3500)
D- (791/-109)
E- (1713/476)
F- (1144/1745)
G- (1008/225)
H- (1588/-63)
I- (1082/2042)
J- (1139/-114)

22 kom ϕ 25

INTERAKCIJSKI DIAGRAM - PILOTI v osi 2, 3 in 4



Strižna armatura

ULS-P/T

$$V_{yd} = 516 \text{ kN} ; V_{z,pr} = 128 \text{ kN} , N_{x,pr} = -365 \text{ kN} , V_{d,rez} = 532 \text{ kN}$$

$$V_{zd} = 216 \text{ kN} ; V_{z,pr} = 484 \text{ kN} , N_{x,pr} = -664 \text{ kN} , V_{d,rez} = 530 \text{ kN}$$

ULS-S

Upoštevano je delno duktilno obnašanje konstrukcije ($q=1.5$), kar pomeni praktično linearno obnašanje konstrukcije pod seizmično obtežbo.

$$V_{yd} = 347 \text{ kN} ; V_{z,pr} = 130 \text{ kN} , N_{x,pr} = -339 \text{ kN} , V_{d,rez} = 371 \text{ kN}$$

$$V_{zd} = 347 \text{ kN} ; V_{y,pr} = 231 \text{ kN} , N_{x,pr} = +45 \text{ kN} , V_{d,rez} = 417 \text{ kN}$$

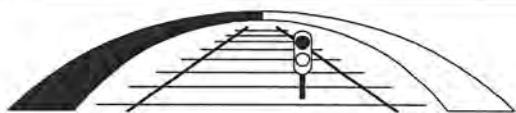
dimenzioniranje na strig

$$a_{nad} = \sqrt{1.13} = 1.06 \text{ m}$$

$$d_e = r + \frac{2r_s}{\pi} = 0.60 + \frac{2 \cdot (0.60 - .05 - .04 - .015 - .015)}{\pi} = 0.91 \text{ m}$$

Strižna špiralna armatura:

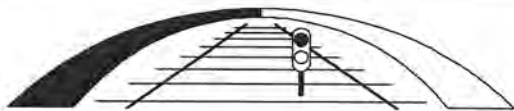
$\varnothing 12$, $h = 10 \text{ cm}$, $\lambda = L$ po celotni dolžini pilota


STRIG (ver.str.arm. $\alpha = 90^\circ$)

V Ed (kN)	532		
N Ed (kN) ... (+ tlak)	365		
h ... visina bet. preseka (cm)	91		
bw ... merodajna sirina bet.pr. (cm)	106		
Asl ... površ.nat.arm, ki se nadaljuje (cm ²)	36		
c ... zaščitni sloj betona (cm)	9		
Ø vzdolžne arm. (mm)	32		
f _{ck} ... karakt.trdnost bet. (Mpa)	30	C 30/37	
γ _c ... parc.faktor varnosti na beton	1,5		
f _{cd} = f _{ck} / γ _c (Mpa)	20	C 30/37	
C _{Rd,c} = 0,18 / γ _c = 0,12	0,12	nac.	
k ₁ = 0,15	0,15	nac.	
d ... stat.visina (m)	0,804		
k = 1 + sqrt(200/d(v mm))	1,498754668	2	1,49875467
ρ _l ... procent arm.	0,004224162	0,02	0,00422416
σ _{cp} = N Ed / A _c ... (v Mpa!)	0,37839519		
max σ _{cp} = 0.2 × f _{cd} ... (Mpa)	4		0,37839519
V _{Rd,c} ... str.nos.bet.prer. brez str.arm. (kN)	405,4206075	405	405

POTREBNA RACUNSKA STR. ARM.

V _{min}	0,351742216		
min V _{Rd,c} ... min.str.nos.bet.prer. brez str.arm. (kN)	348,1413133	348	
α _{cw} ... koef.stanja nap.v tl.diag. = 1.0 za AB	1	(za PB določi posebej)	
z = 0.9 d ... ročica sil (m)	0,7236		
v ₁ = 0.6 (za ≤ C 60/75... red.fak.razpok.prereza)	0,6		
ctg θ ... kot talacne diagonale	4,932150097	1,5	1,5
1.0 ≤ ctg θ ≤ 1.5 ... meje za kot tlac. diagonale		1	1,5
V _{rd,max} ... max.sila v tlačni diagonali nadom.palicja (kN)	4248,088615	kN	4248
f _{ywk} ... karak.meja tecenja strem.jekla (Mpa)	500		
γ _s ... parc.faktor varnosti na jeklo	1,15		
f _{ywd} ... proj.vrednost tecenja strem.jekla (Mpa)	434,7826087		
A _{sw} / s ... pot.rac.ver.str.arm.na dol 1.0 m in sir. 1.0 m	11,27326331	cm ² /m	11,27
ρ _{w,min} ... min. % str. arm.	0,000876356		
A _{sw,min} ... min.str.arm. (cm ² /m)	9,289374575	cm ² /m	9,3
A _{sw,merodajni} (cm ² /m)		cm ² /m	11,27
s ... razdalja med stremeni v smeri razpona (cm)	15		
A _{sw} ... pot.ver.str.arm.v posam. prerezu (cm ²)	1,6905	1,69	
n ... št.striznosti strem.v precni smeri (kom/m-precna smer.)	2		
A _{sw1} ... prerez posameznega ver.strem. (cm ²)	0,84525	cm ²	0,85
			Ø
dod.vzdol.arm.vsled striga pri V _{Ed} > V _{Rd,c}			
ΔF _{td} = 0.5 V _{Ed} × ctg θ ... dod.hor.sila od striga (kN)	399		
(se je ne doda na mestih max. mom.)			
ΔA ... rac.dod.vzdol.arm.od striga (cm ²)	9,177	cm ²	9,2
dod.vzdol.arm.vsled striga pri V _{Ed} ≤ V _{Rd,c} → premaknitev momentne linije za a _i = d			
tudi kot alternativa pri V _{Ed} > V _{Rd,c} → a _i = z × ctg θ / 2	0,5427	m	0,54



Minimalna armatura objetja betonskega jedra

$$\eta_k = \frac{N_c}{A_c f_{ck}} = \frac{3500}{1.13 \cdot 30000} = 0.10 > 0.08 \Rightarrow \text{potrebno objetje tlačne cone z gostimi strem.}$$

$$s_L = 6 \varnothing = 6 \cdot 2.5 = 15 \text{ cm} = s_{dej} = 15 \text{ cm} \dots \text{ver. razdalja med stremeni}$$

$$s_L = \frac{b}{5} = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm}$$

$$\omega_{wd,r} \geq \max(1.4 \cdot \omega_{w,req} ; \omega_{w,min})$$

$$\omega_{w,req} = \frac{A_c}{A_{cc}} \lambda \eta_k + 0.13 \frac{f_{yd}}{f_{cd}} (\rho_L - 0.01) = \frac{1.13}{0.78} \cdot 0.28 \cdot 0.07 + 0.13 \cdot \frac{435}{20} \cdot (0.009 - 0.01) = 0.03$$

$$1.4 \cdot \omega_{w,req} = 1.4 \cdot 0.03 = 0.04$$

$$\omega_{w,min} = 0.12$$

$$\omega_{wd,r} = \rho_w \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{4 A_{sp}}{D_{sp} s_L} \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \Rightarrow \frac{A_{sp}}{s_L} > \frac{D_{sp} \cdot \omega_{wd,r}}{4} \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = \frac{101 \cdot 0.12}{4} \frac{20}{435} = 0.14 \text{ cm}^2 / \text{cm}$$

$$s = 15 \text{ cm} , n = 2 \Rightarrow A_{sw1} = \frac{0.14 \cdot 15}{2} = 1.05 \text{ cm}^2$$

$\Rightarrow$ strizna arm. – spirala $\varnothing 12/15 \text{ cm} \dots$ po celotni dolžini pilota

preprečitev uklona vzdolžnih tlačnih palic v območju plastičnega členka

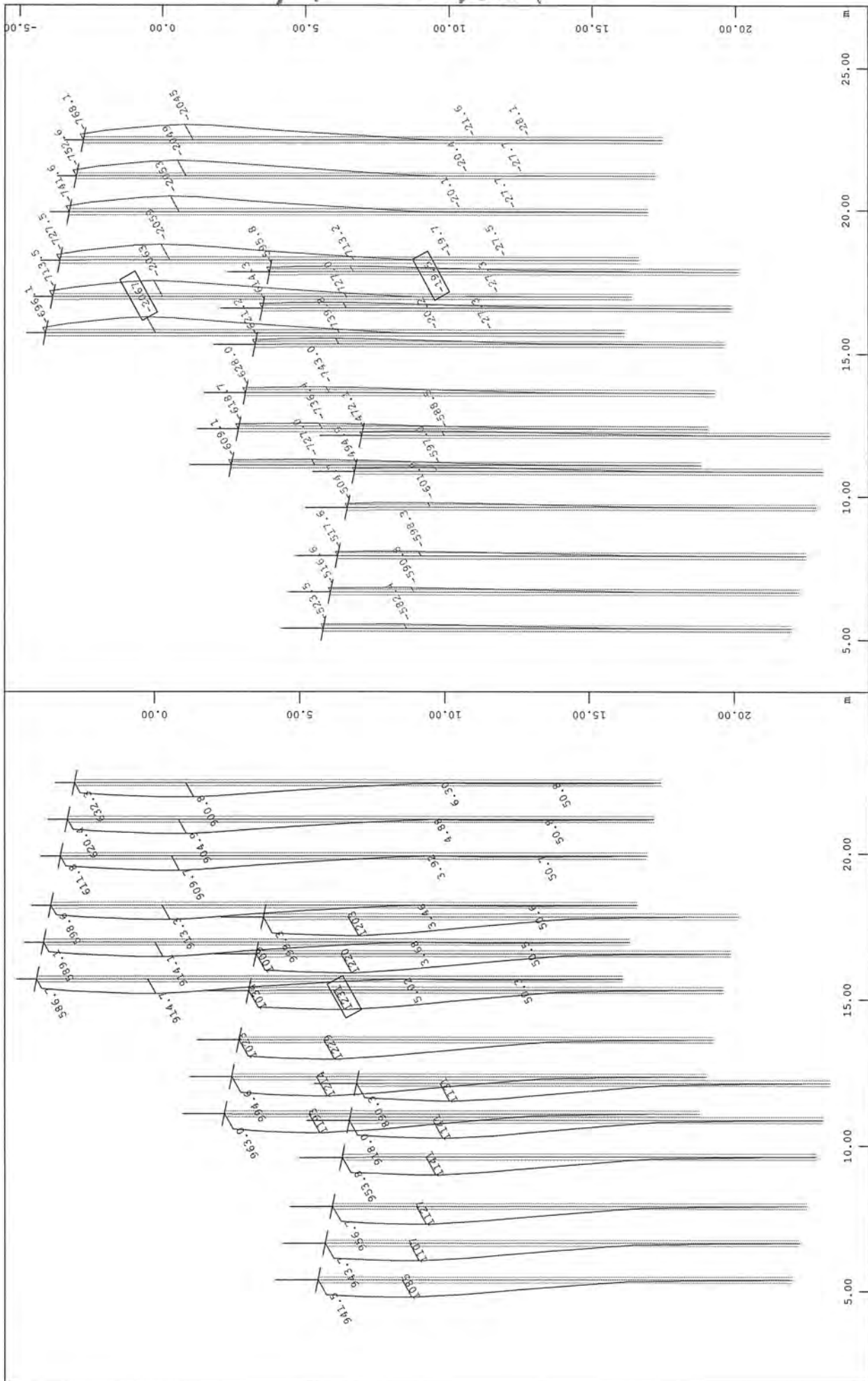
$$s_L = \delta \varnothing = 5.0 \cdot 2.5 = 12.5 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$$

$$\delta = 2.5 + \frac{f_{tk}}{f_{yk}} \cdot 2.25 = 2.5 + 1.0 \cdot 2.25 = 4.45$$

$$\min \left(\frac{A_t}{s} \right) = \frac{\Sigma A_s f_{ys}}{1.6 f_{yt}}$$

$$A_{t,min} = \frac{2.0 \cdot 4.91 \cdot 10^2}{1.6} \cdot 0.15 = 92 \text{ mm}^2 \quad (\varnothing 12 \rightarrow 113 \text{ mm}^2)$$

DIAGRAMI OBREMENITEV PILOTOV V OSI 2,3 in 4 UGS-P/T os 2,3 in 4

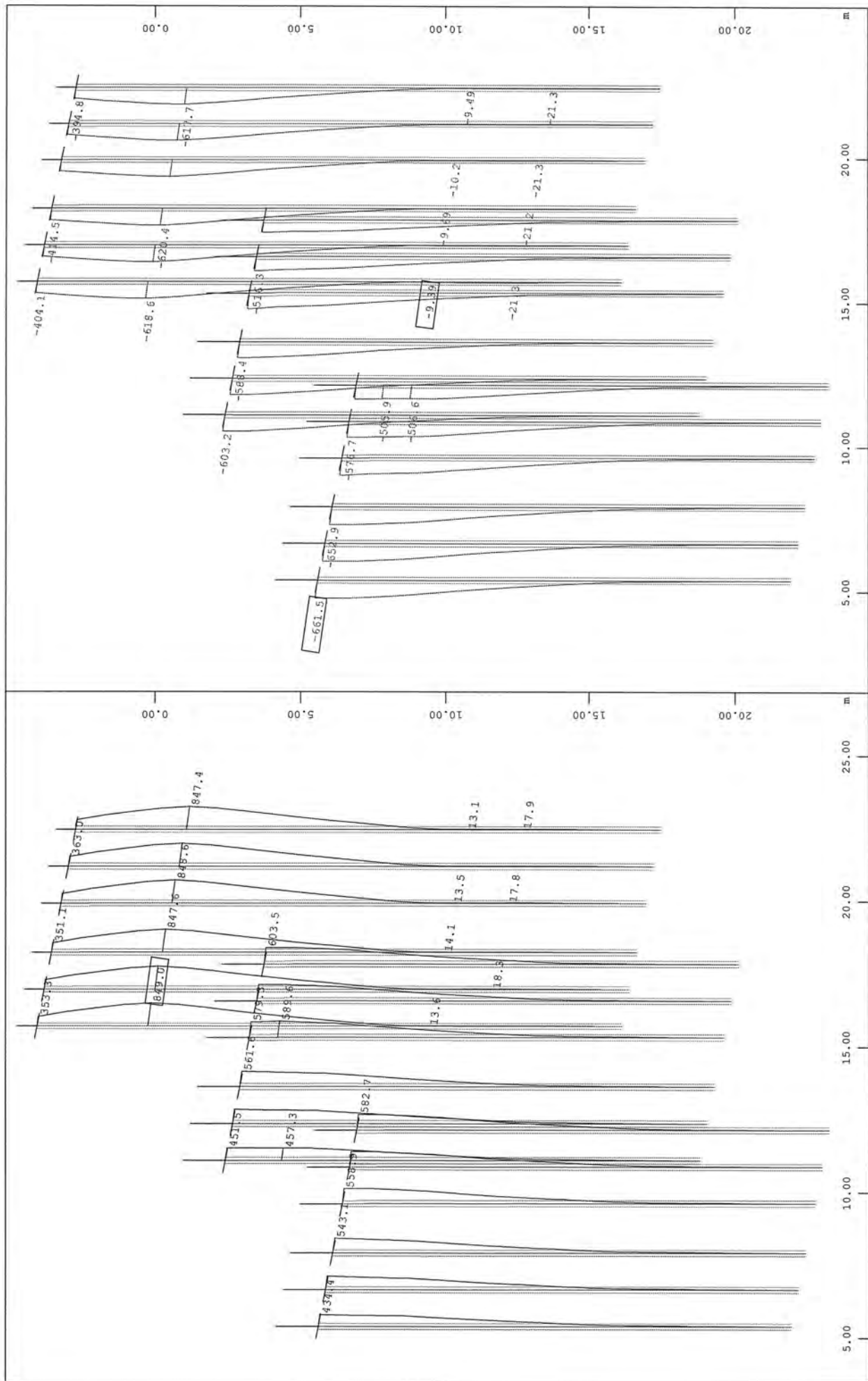


M 1 : 184
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 2104 MIN-MZ BEAM
 , 1 cm 3D = 2969. kNm (Min=-2067.) (Max= 3.5527e-15)

M 1 : 182
 X + 0.502
 Y + 0.906
 Z + 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 2103 MAX-MZ BEAM
 , 1 cm 3D = 1484. kNm (Min=-3.5527e-15) (Max=1231.)

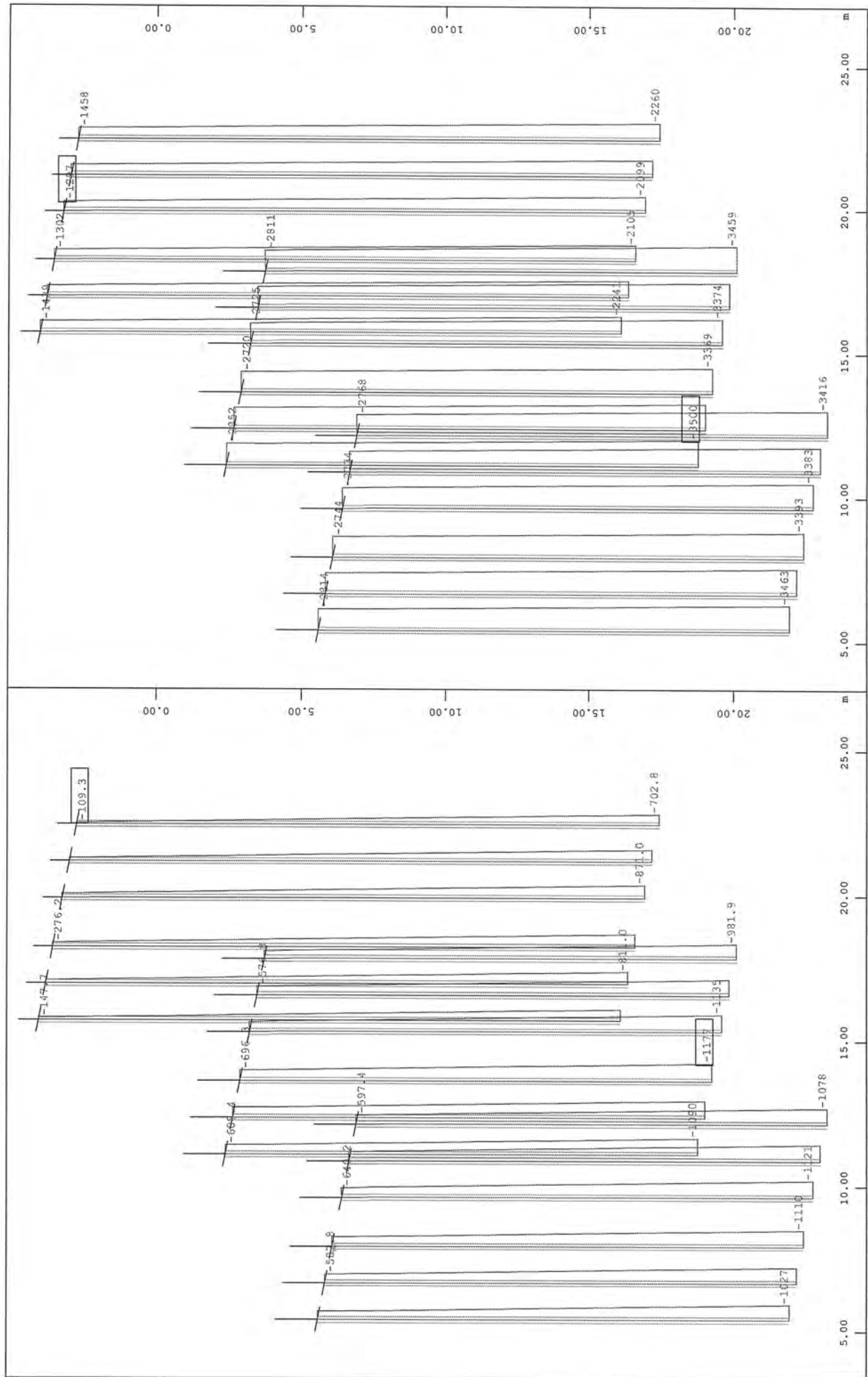


M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 2102 MIN-MY BEAM
, 1 cm 3D = 1742. kNm (Min=-661.5) (Max= 1.9706e-15)

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 2101 MAX-MY BEAM
, 1 cm 3D = 1742. kNm (Min=-9.9920e-16) (Max=849.0)

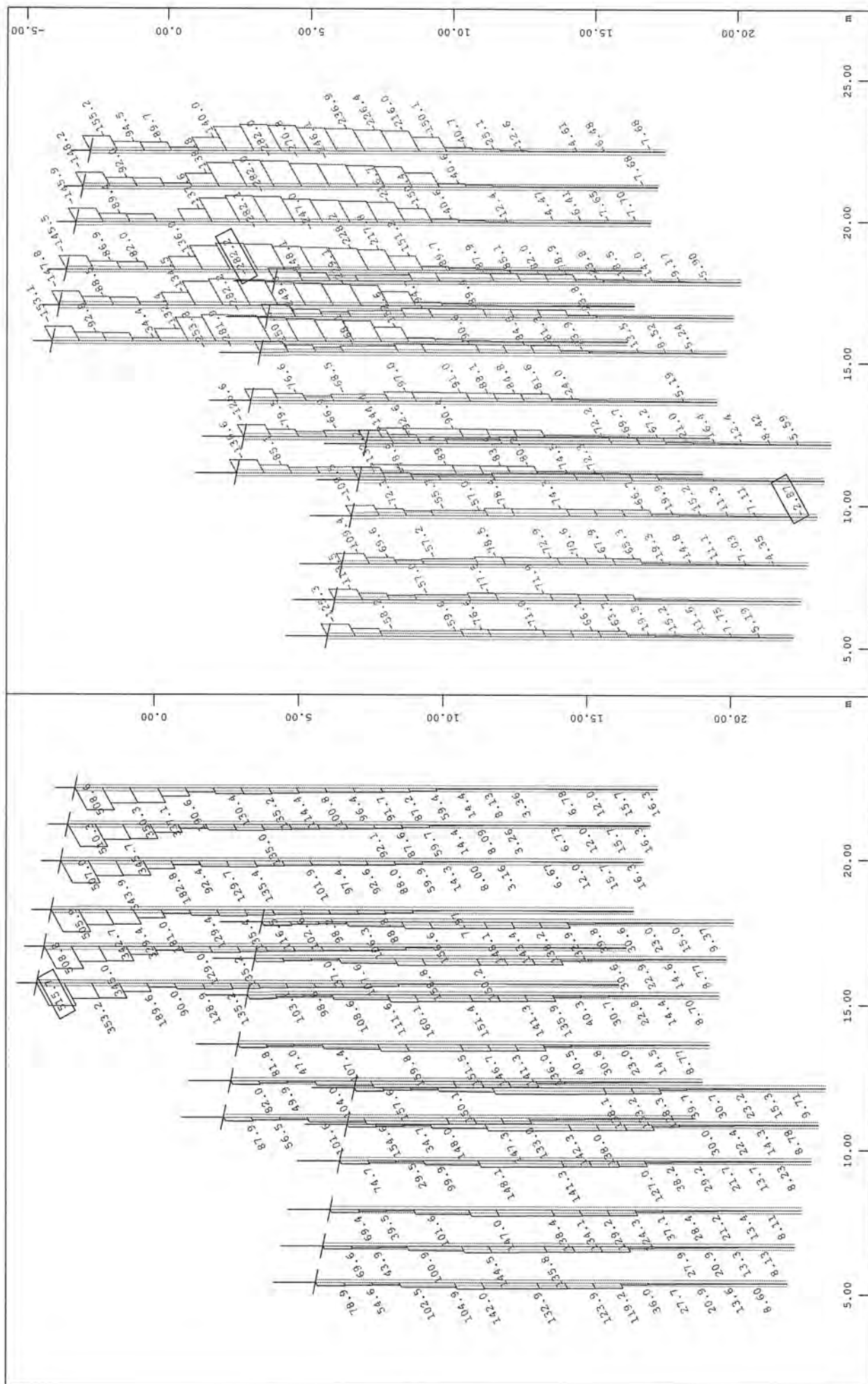


M 1 : 182
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

X Y
 Z
 Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 2110 MIN-N BEAM
 1 cm 3D = 6969. kN (Min=-3500.) (Max=-1297.)

M 1 : 182
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

X Y
 Z
 Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 2109 MAX-N BEAM
 1 cm 3D = 3484. kN (Min=-1177.) (Max=-109.3)

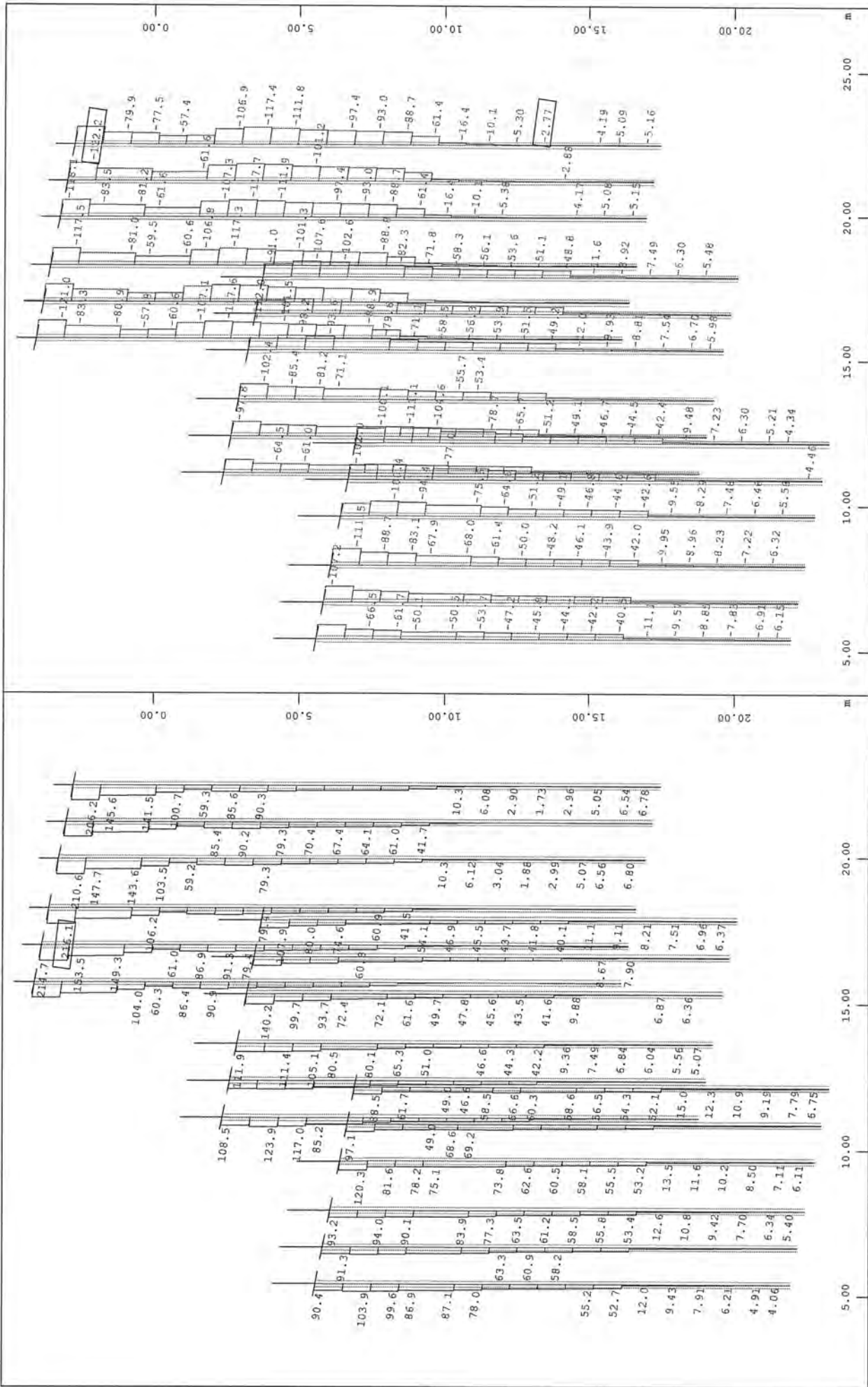


M 1 : 185
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Shear force V_y , Loadcase 2106 MIN-VY BEAM ,
1 cm 3D = 246.9 kN (Min=-282.2) (Max=-2.87)

M 1 : 183
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Shear force V_y , Loadcase 2105 MAX-VY BEAM ,
1 cm 3D = 535.2 kN (Max=515.7)



M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

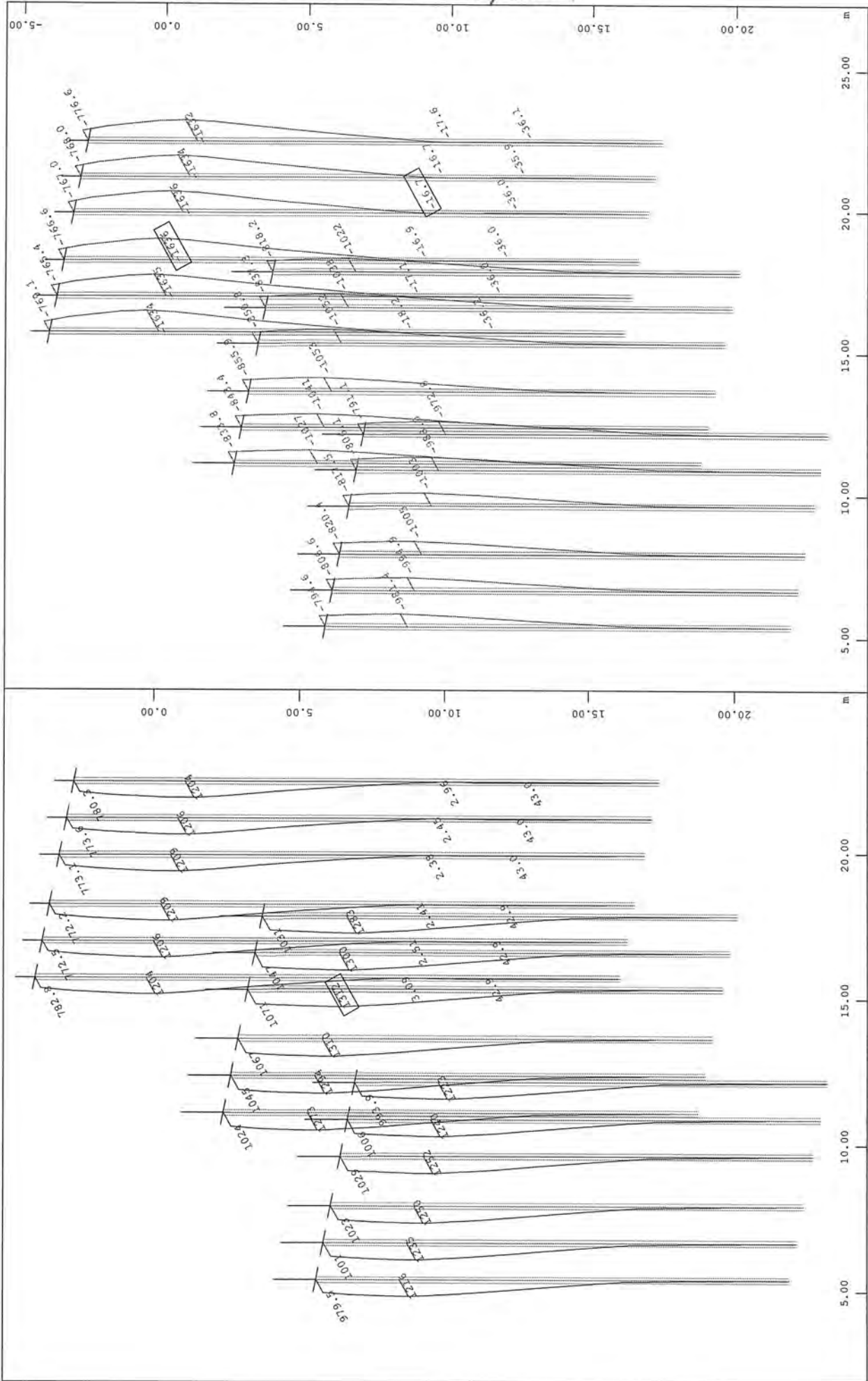
M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

ULS - Svd $\alpha 0,304$

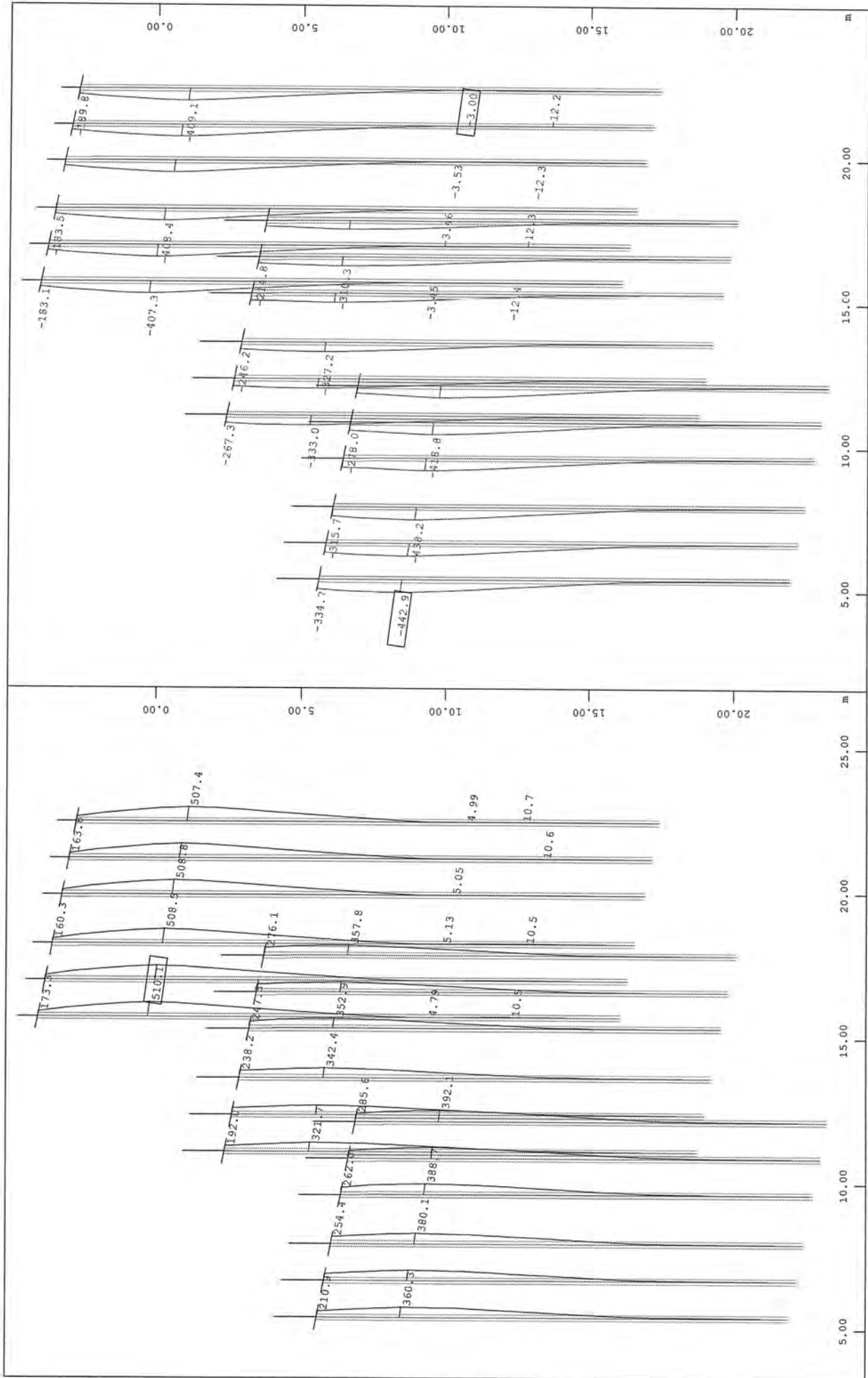


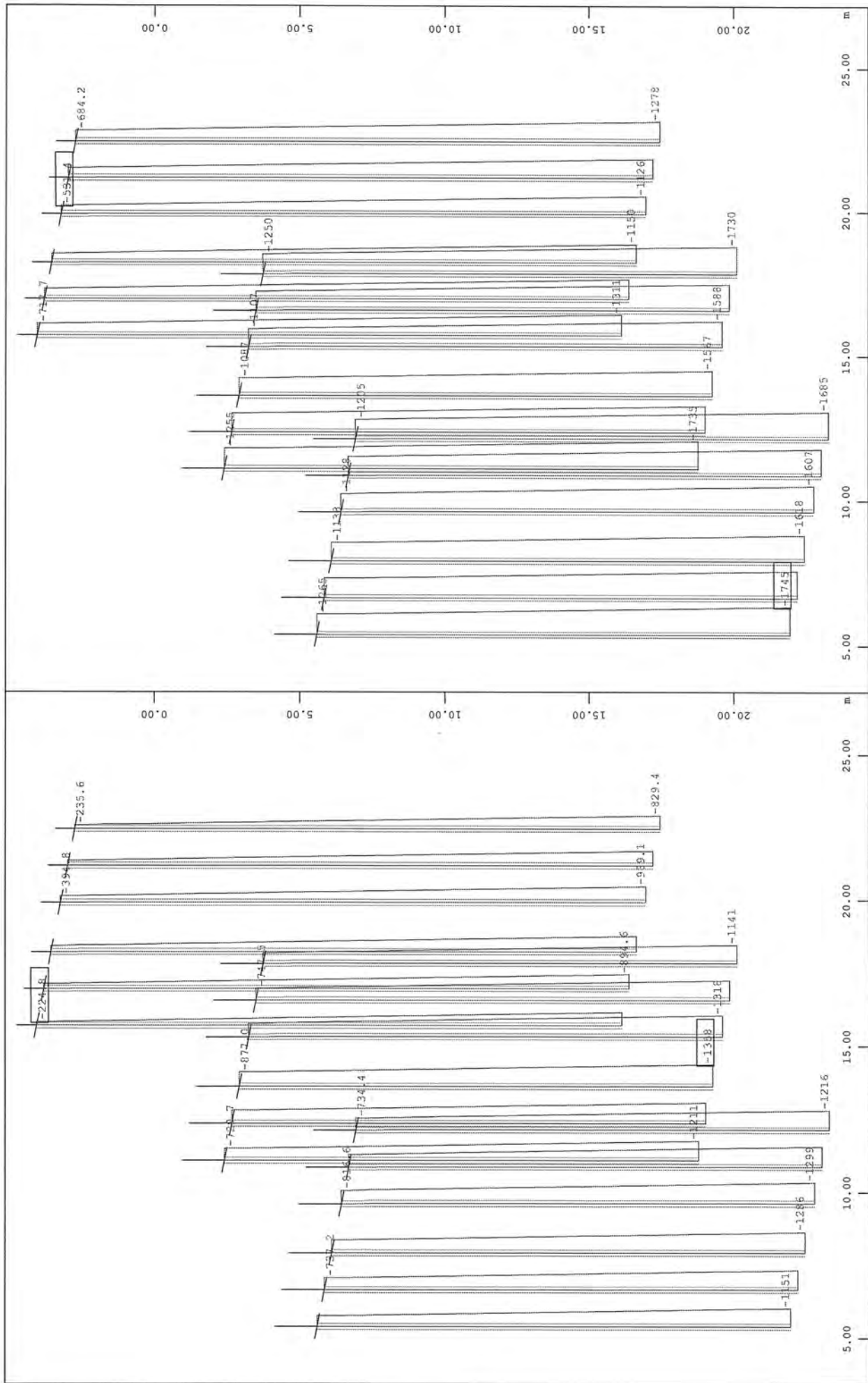
Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5103 MAX-MZ BEAM
, 1 cm 3D = 1734. kNm (Min=-3.5527e-15) (Max=1312.)

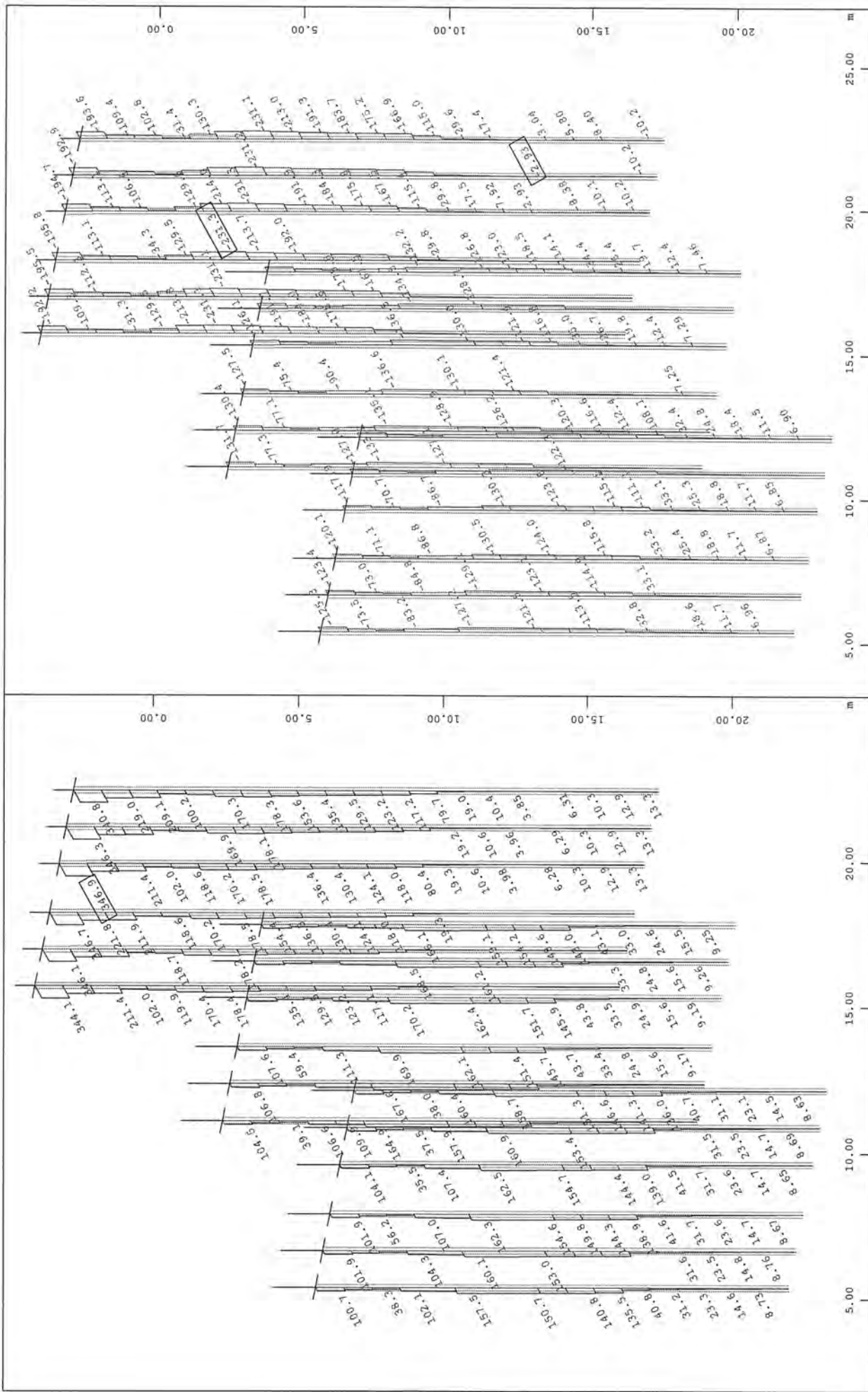
M 1 : 182
X + 0.502
Y + 0.906
Z + 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Bending moment Mz, Loadcase 5104 MIN-MZ BEAM
, 1 cm 3D = 1734. kNm (Min=-1636.) (Max= 3.5527e-15)

M 1 : 185
X + 0.502
Y + 0.906
Z + 0.962

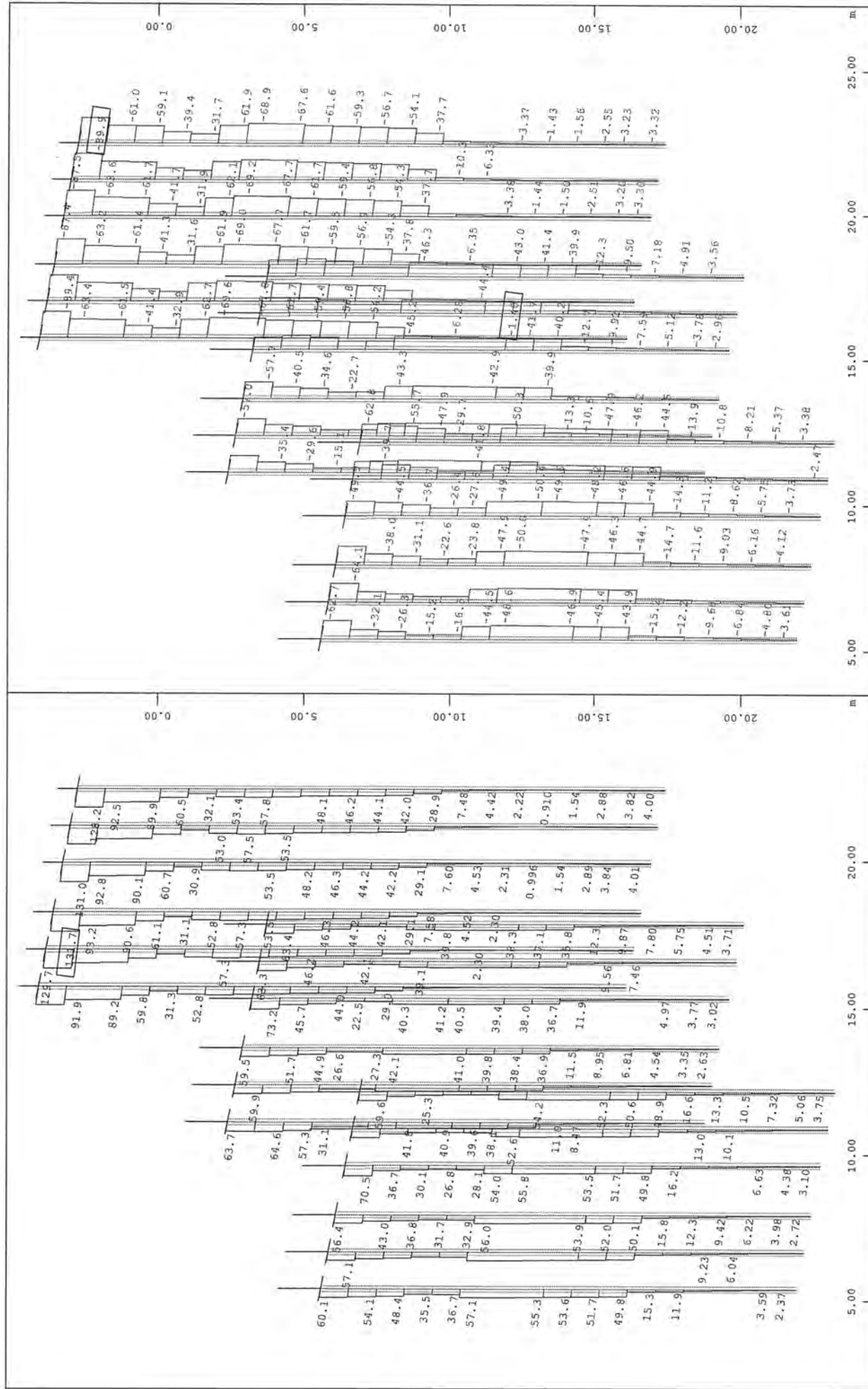






M 1 : 183
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962
 Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 5105 MAX-VY BEAM
 1 cm 3D = 654.7 kN (Max=346.9)

M 1 : 183
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962
 Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements , Shear force Vy, Loadcase 5106 MIN-VY BEAM
 1 cm 3D = 654.7 kN (Min=-231.3) (Max=-2.93)



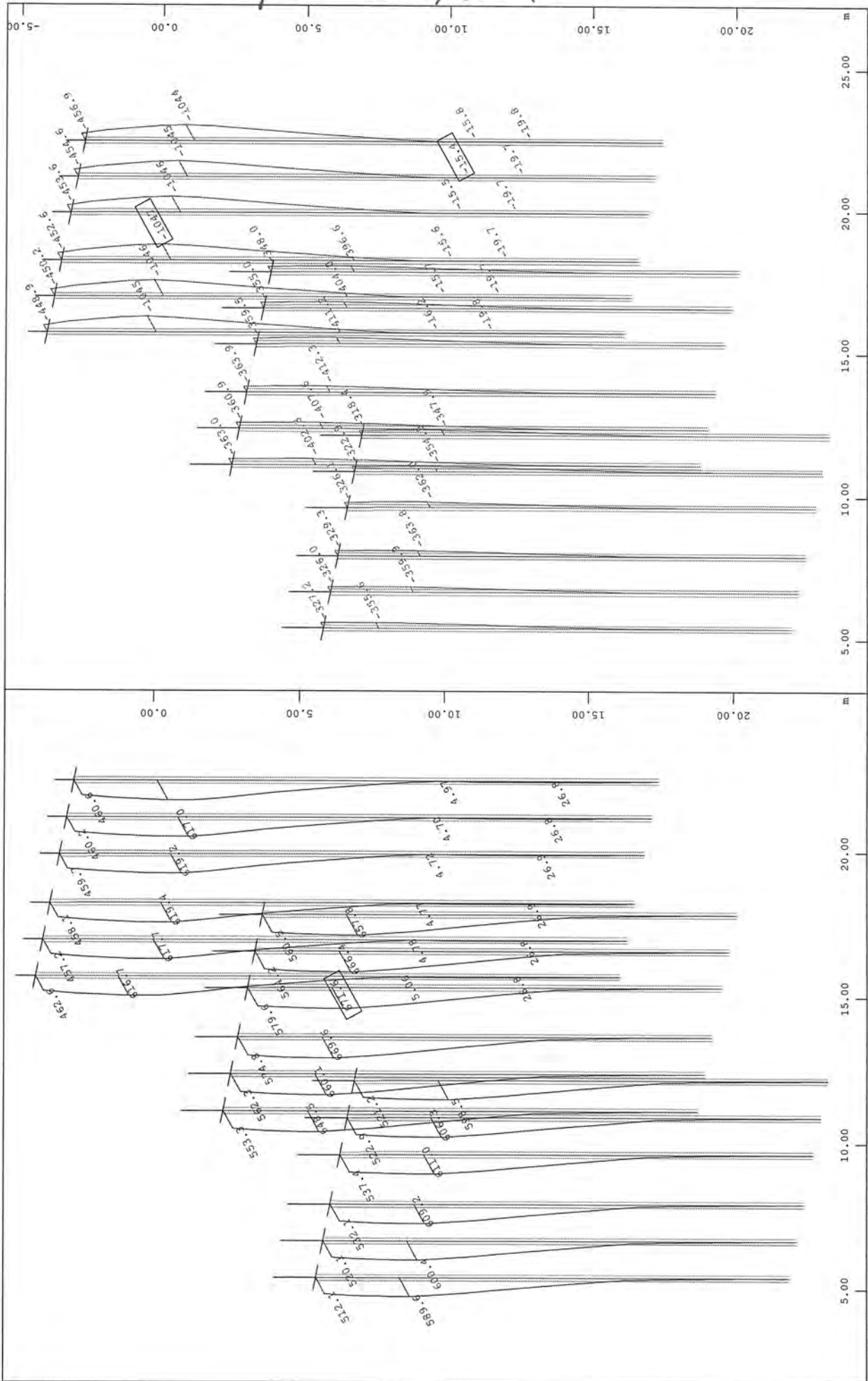
Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements, Shear force V_z , Loadcase 5107 MAX-VZ BEAM
 1 cm 3D = 327.3 kN (Max=131.7)

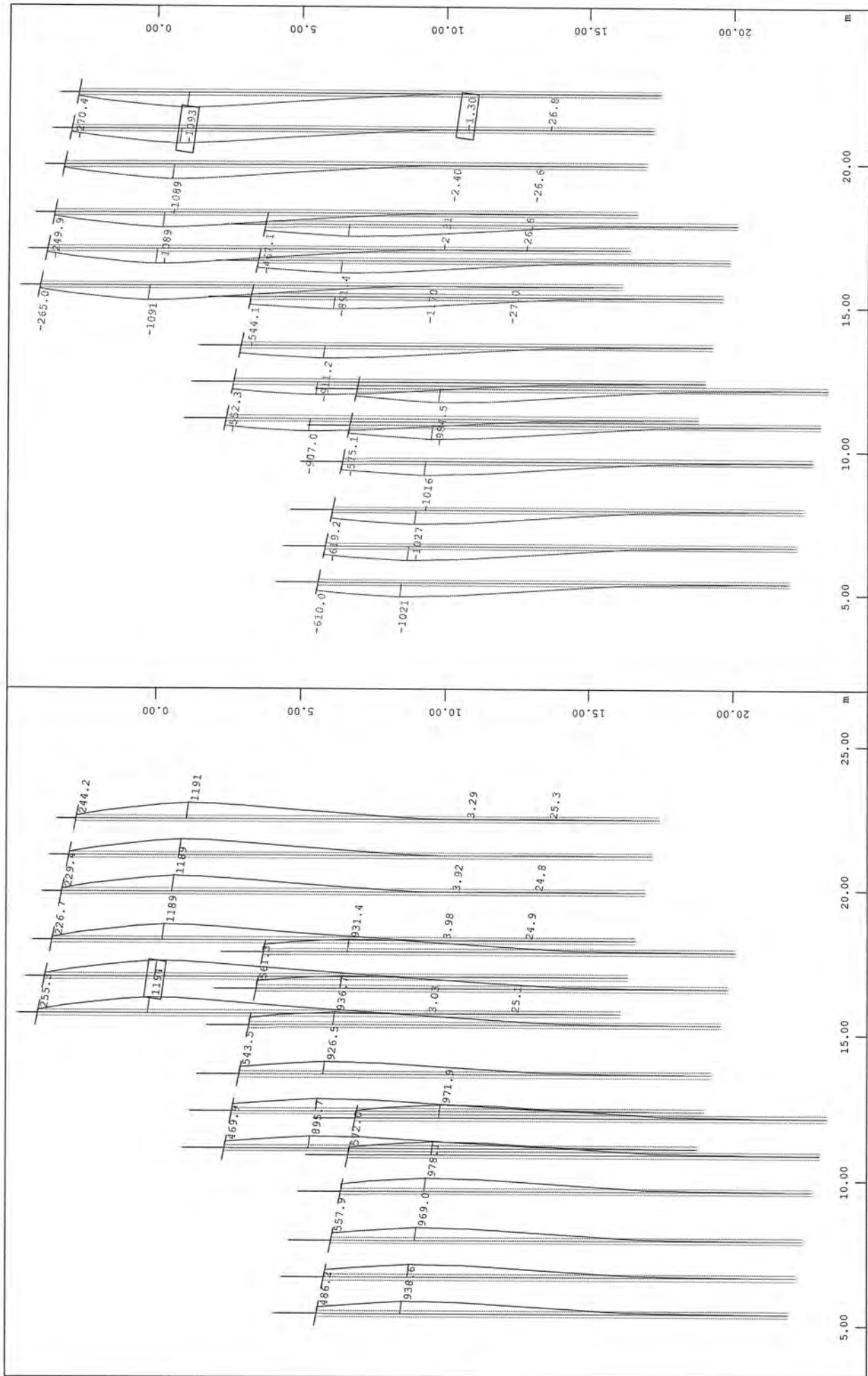
Sector of system Beam Elements Group 7...9
 Beam Elements, Shear force V_z , Loadcase 5108 MIN-VZ BEAM
 1 cm 3D = 163.7 kN (Min=-89.9) (Max=-1.40)

M 1 : 182
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

M 1 : 182
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

ULS-5pre as 2,3 in 4





Sector of system Beam Elements Group 7...9

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5101 MAX-MY BEAM

, 1 cm 3D = 3484. kNm (Min=-9.9920e-16) (Max=11194.)

M 1 : 182

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9

Beam Elements , Bending moment My, Loadcase 5102 MIN-MY BEAM

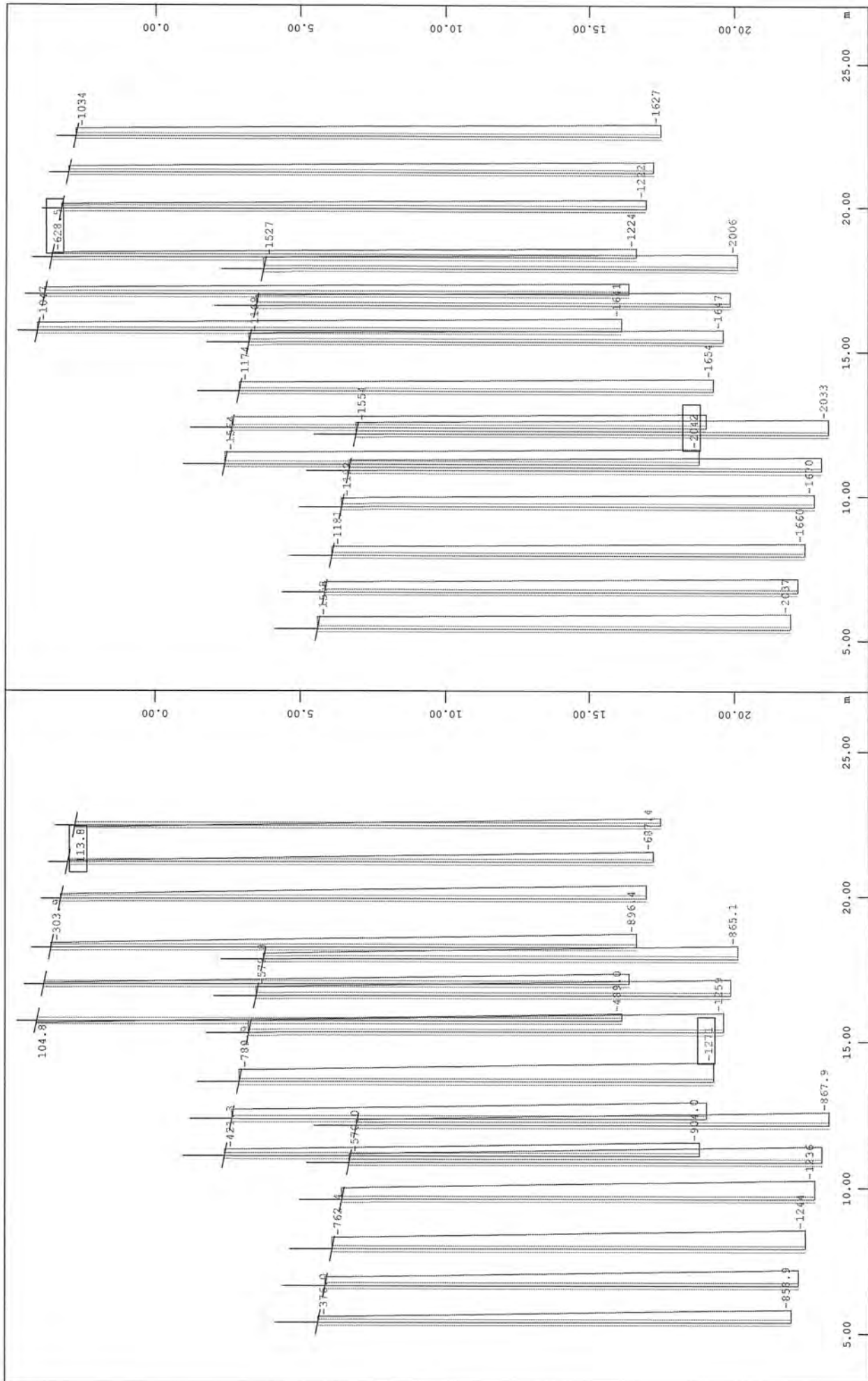
, 1 cm 3D = 3484. kNm (Min=-1093.) (Max=1.9706e-15)

M 1 : 182

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

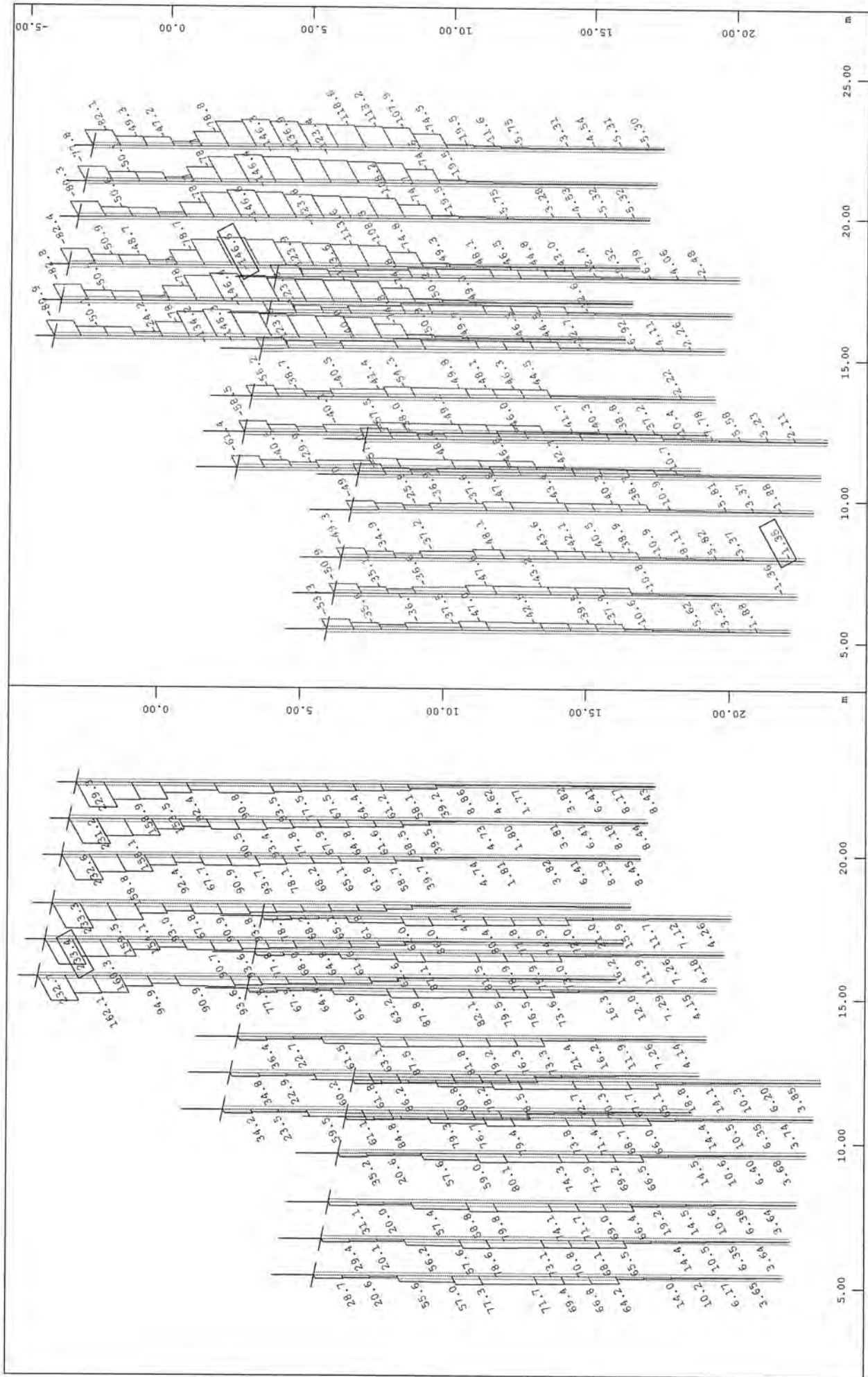
M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

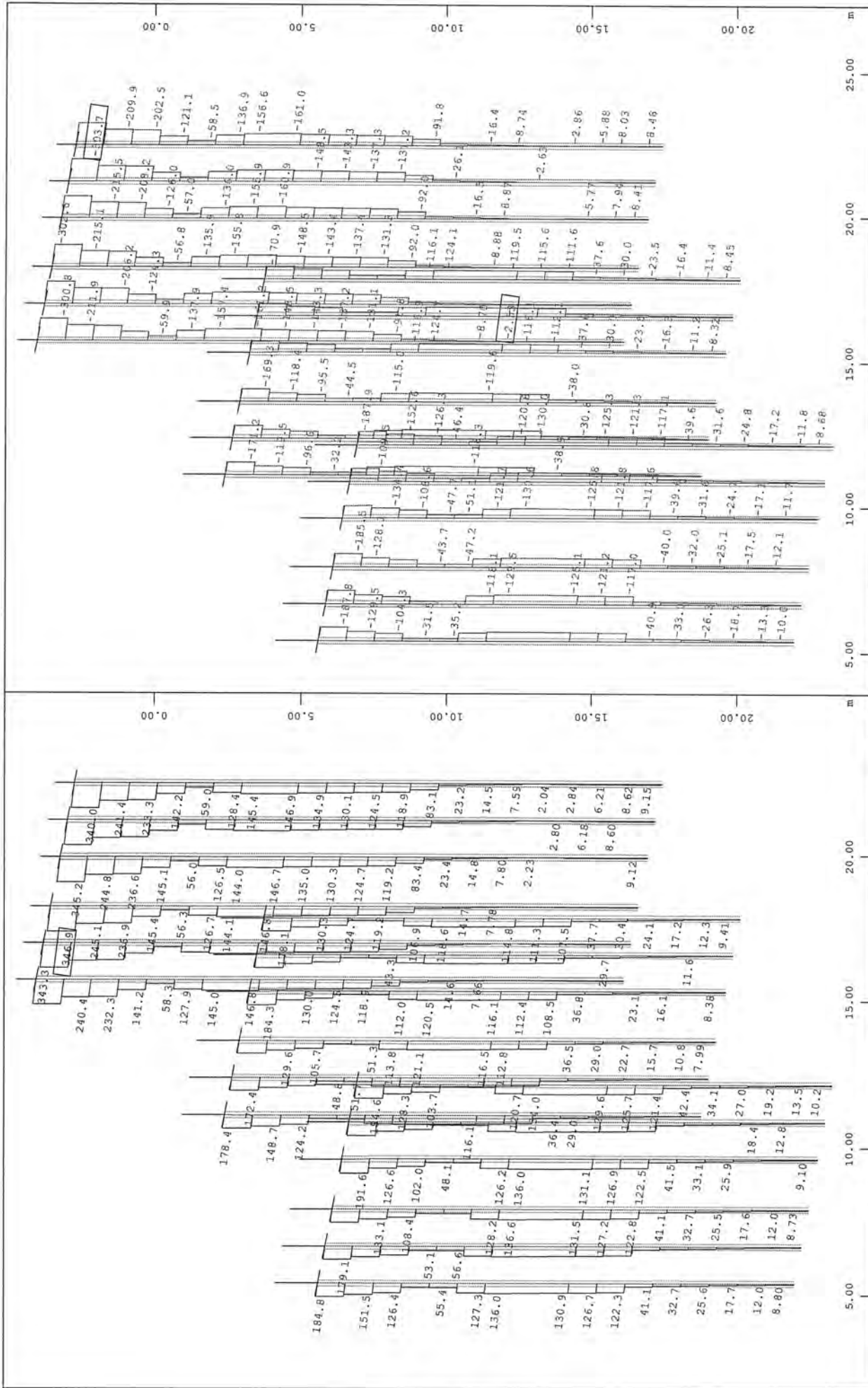
M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



M 1 : 183
Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Shear force V_y , Loadcase 5105 MAX-VY BEAM ,
1 cm 3D = 214.1 kN (Max=233.4)

M 1 : 185
Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Shear force V_y , Loadcase 5106 MIN-VY BEAM ,
1 cm 3D = 123.4 kN (Min=-146.6) (Max=-1.35)

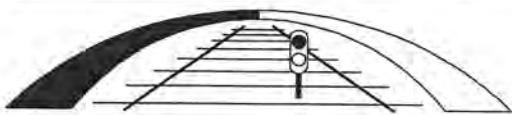


Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5107 MAX-VZ BEAM ,
1 cm 3D = 654.7 kN (Max=346.9)

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

Sector of system Beam Elements Group 7...9
Beam Elements , Shear force Vz, Loadcase 5108 MIN-VZ BEAM ,
1 cm 3D = 654.7 kN (Min=-303.7) (Max=-2.53)

M 1 : 182
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962



8.3 VERTIKALNA OBREMENITEV PILOTOV

Prekladna konstrukcija je prosto ležeča plošča na krajnih opornikih in vmesnih stenah. Vertikalne obremenitve pilotov tako povzročajo vertikalne obtežbe od lastne teže, stalne koristne obtežbe, prometne obtežbe (pomnožene z dinamičnim koeficientom in α) ter neenakomerno posedanje podpor. Od navedenih obtežb, pomnoženih z ustreznimi koeficienti γ , sledijo naslednje vertikalne obtežbe pilotov - mejno stanje nosilnosti ULS:

$$V_d = 3320 \text{ kN} \cong V_{Rd} = 3300 \text{ kN} \dots \text{piloti pod vmesnimi podporami}$$

$$V_d = 2080 \text{ kN} < V_{Rd} = 4300 \text{ kN} \dots \text{piloti pod krajnimi oporniki}$$

Brez upoštevanja neenakomernega posedanja bi sledile naslednje vertikalne obremenitve pilotov (za primerjavo) - ULS:

$$V_d = 3200 \text{ kN} < V_{Rd} = 3300 \text{ kN} \dots \text{piloti pod vmesnimi podporami}$$

$$V_d = 2010 \text{ kN} < V_{Rd} = 4300 \text{ kN} \dots \text{piloti pod krajnimi oporniki}$$

Z upoštevanjem vseh obtežb (LT, SK, ϵ_c , ϵ_m , prom., zav., temp., bocni sunek, NZT, veter, neenakom.pos.podpor). Vz dolžne horizontalne obtežbe sicer na prosto ležečem statičnem modelu ne dajo vertikalnih reakcij, vendar je v statičnem modelu, ki zajema tako prosto ležečo prekladno konstrukcijo, ležišča in podporno konstrukcijo vendarle prikazan nek manjši vpliv:

$$V_d = 3500 \text{ kN} \cong V_{Rd} = 3300 \text{ kN} \dots \text{piloti pod vmesnimi podporami}$$

$$V_d = 2470 \text{ kN} < V_{Rd} = 4300 \text{ kN} \dots \text{piloti pod krajnimi oporniki}$$

V mejnem stanju uporabnosti - SLS - so vertikalne obremenitve pilotov sledeče:

$$V_d = 2400 \text{ kN} \dots \text{piloti pod vmesnimi podporami}$$

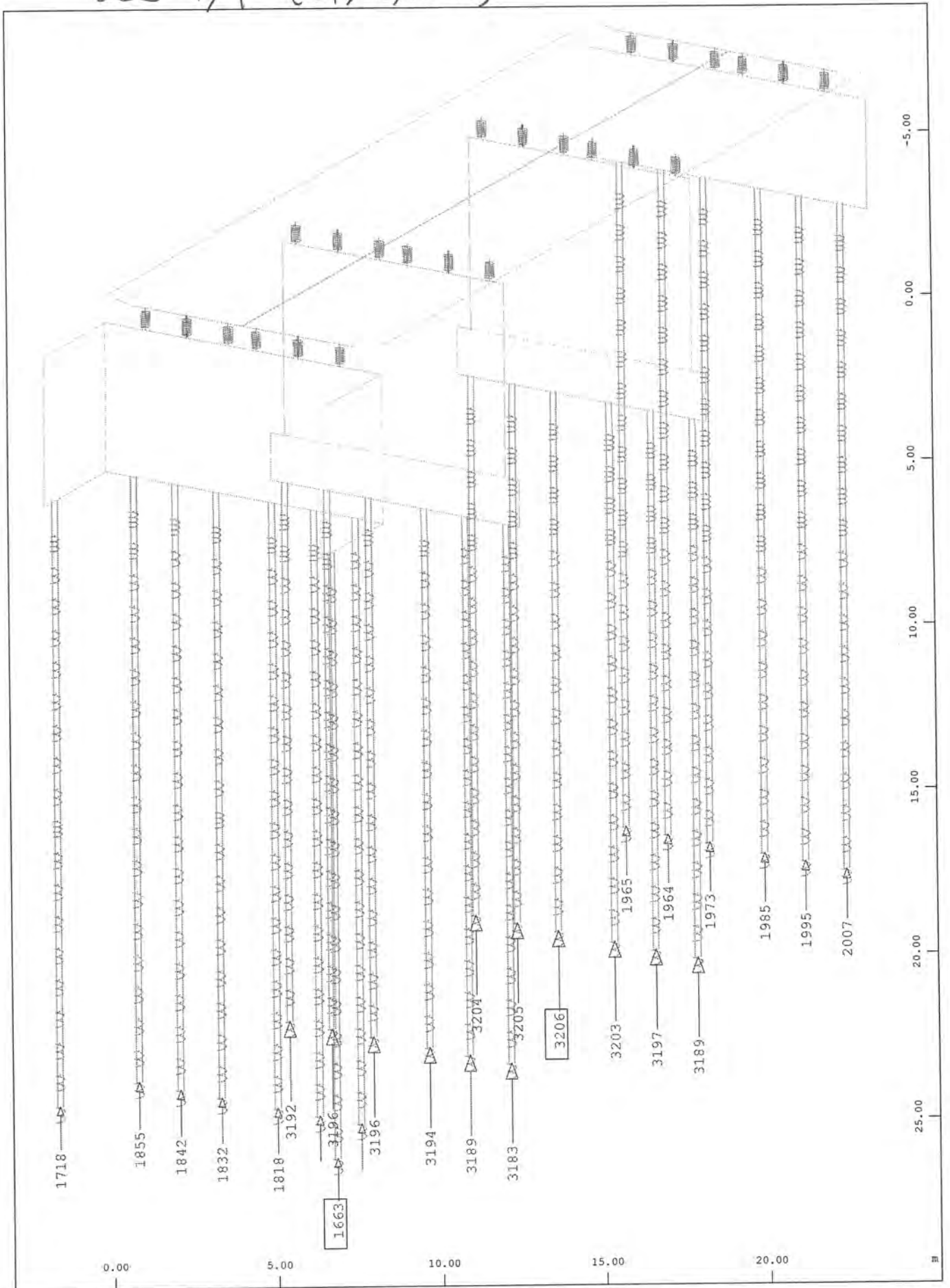
$$V_d = 1500 \text{ kN} \dots \text{piloti pod krajnimi oporniki}$$

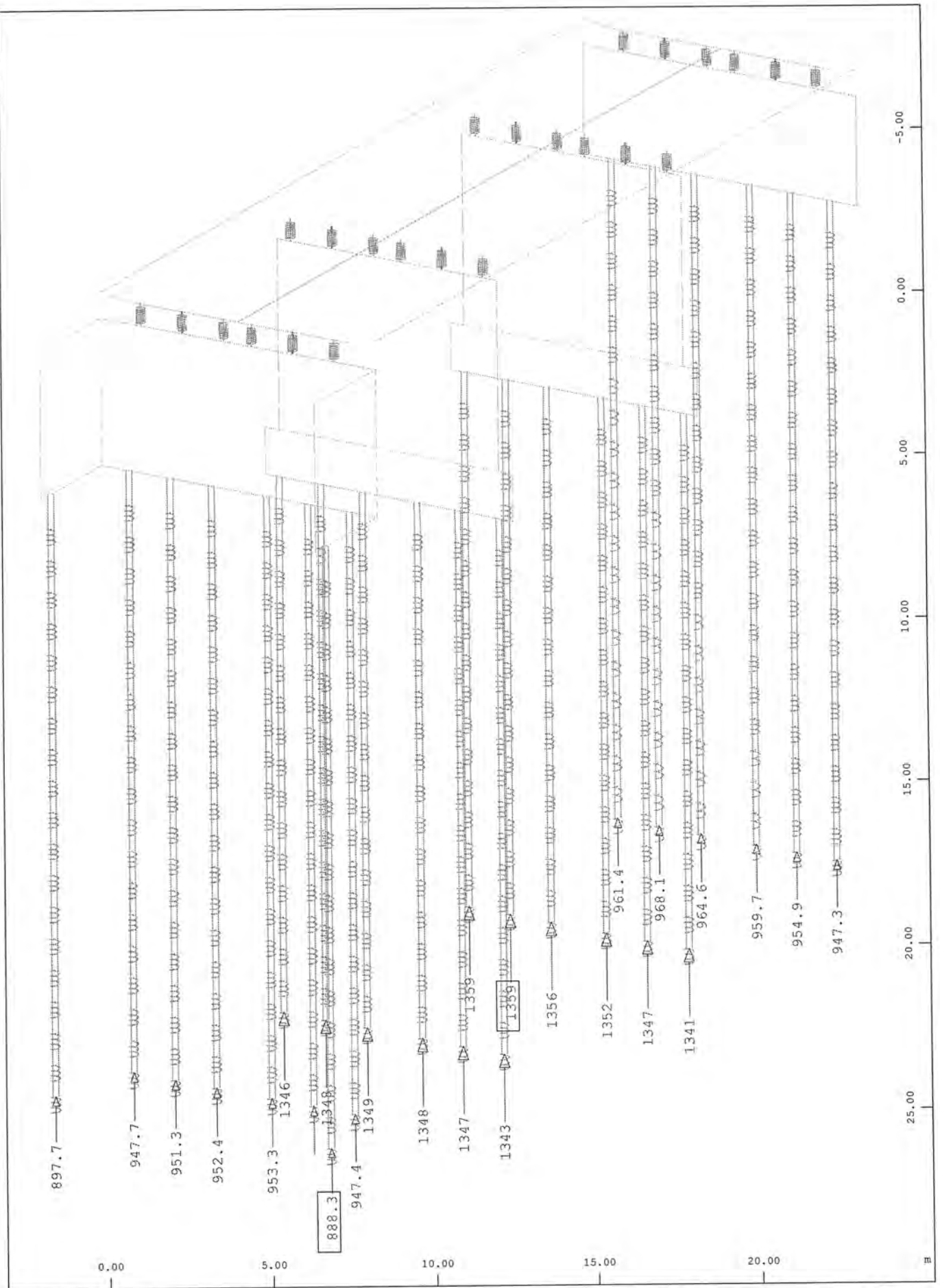
Pod vplivom vseh obtežb (za primerjavo) - SLS:

$$V_d = 2520 \text{ kN} \dots \text{piloti pod vmesnimi podporami}$$

$$V_d = 1520 \text{ kN} \dots \text{piloti pod krajnimi oporniki}$$

UGS-P/T (LT, SK, PROM)



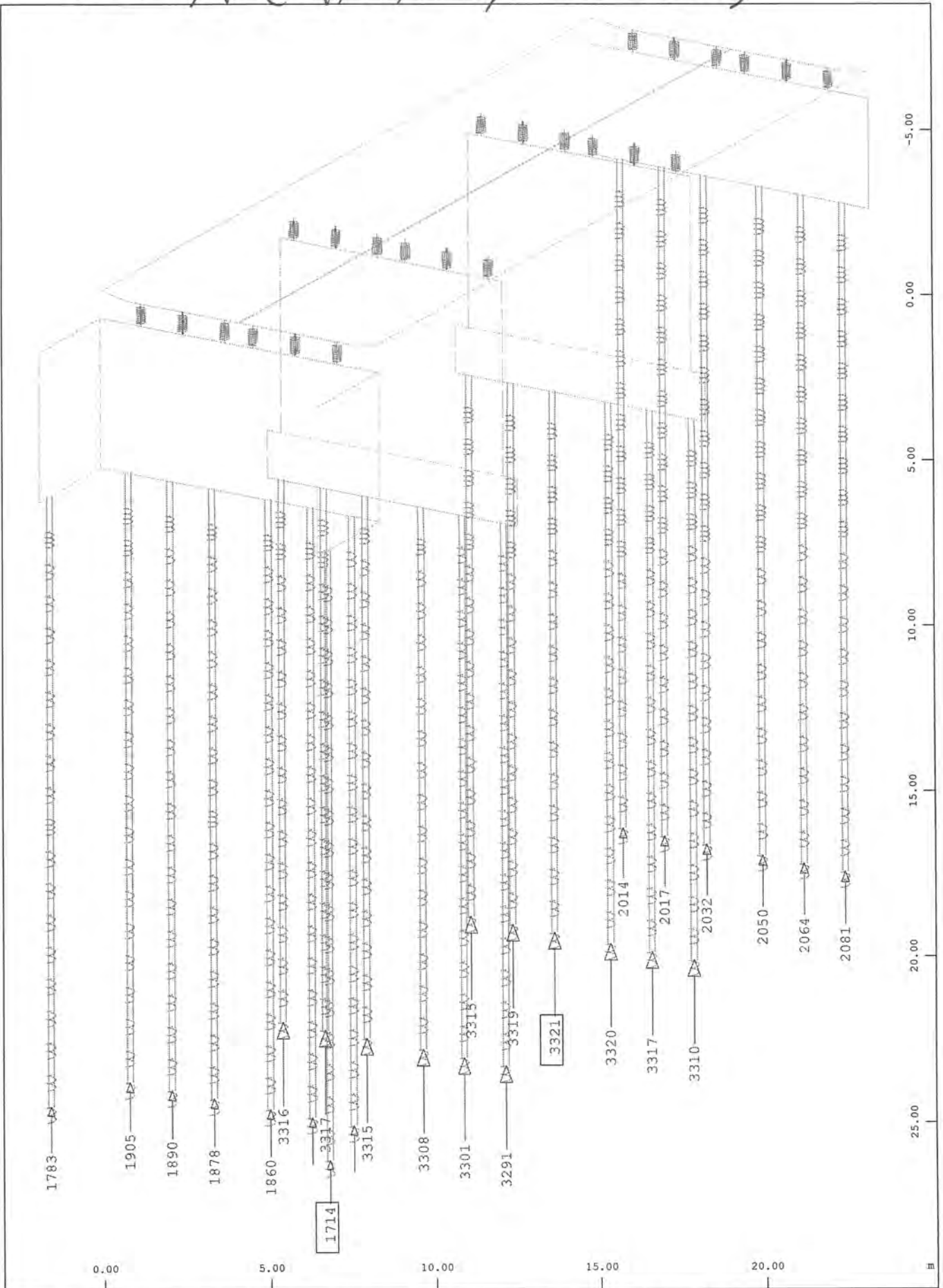


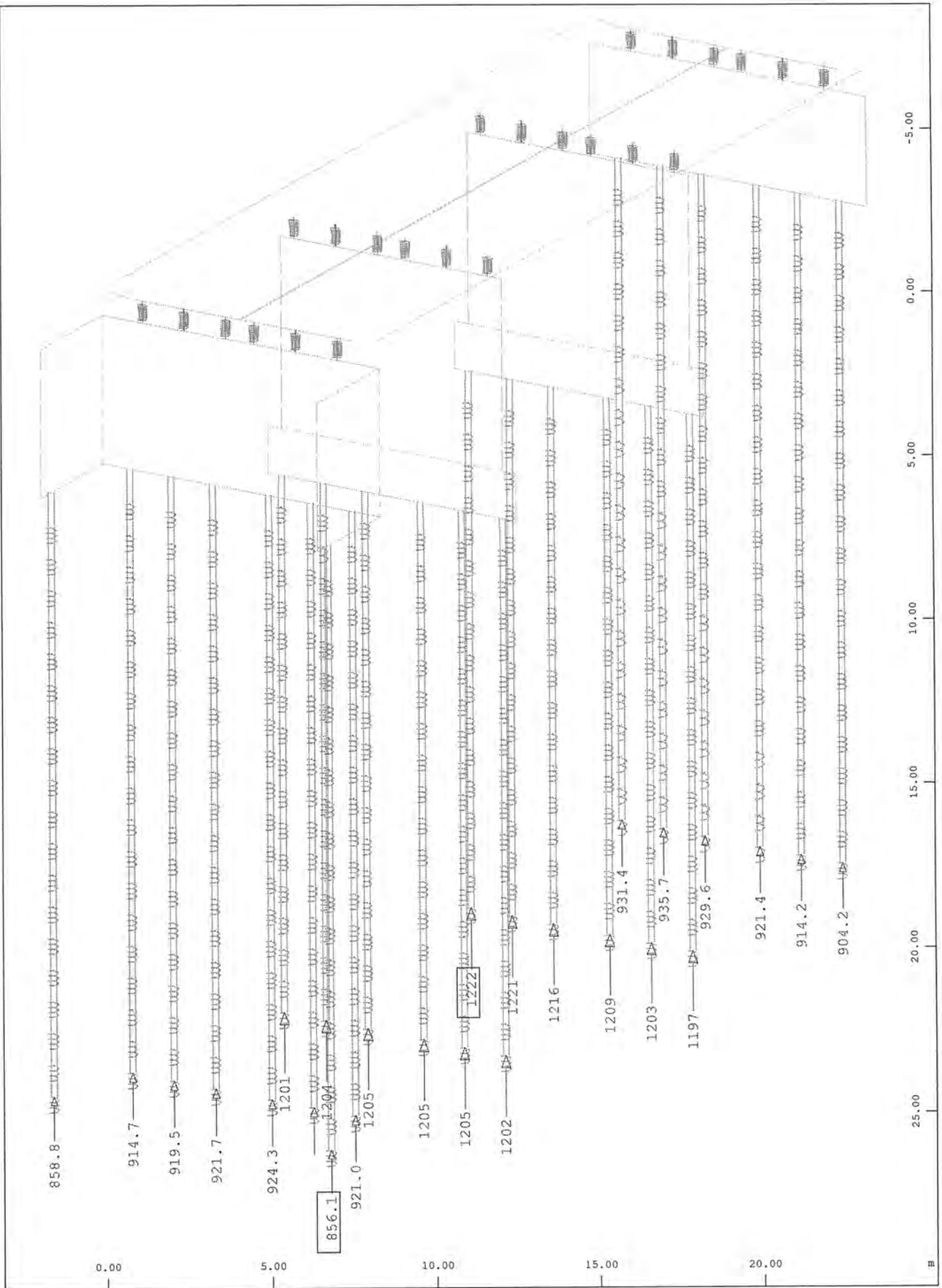
Z
Y
X

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 2051 MAX-P SPRI , 1 cm 3D =
1000. kN (Min=-1359.) (Max= 1.7500e-29) (total: -29442.)

M 1 : 159
X + 0.502
Y + 0.906
Z + 0.962

ULS-P/T (LT, SK, PROM, NEEN.POS.POD.)



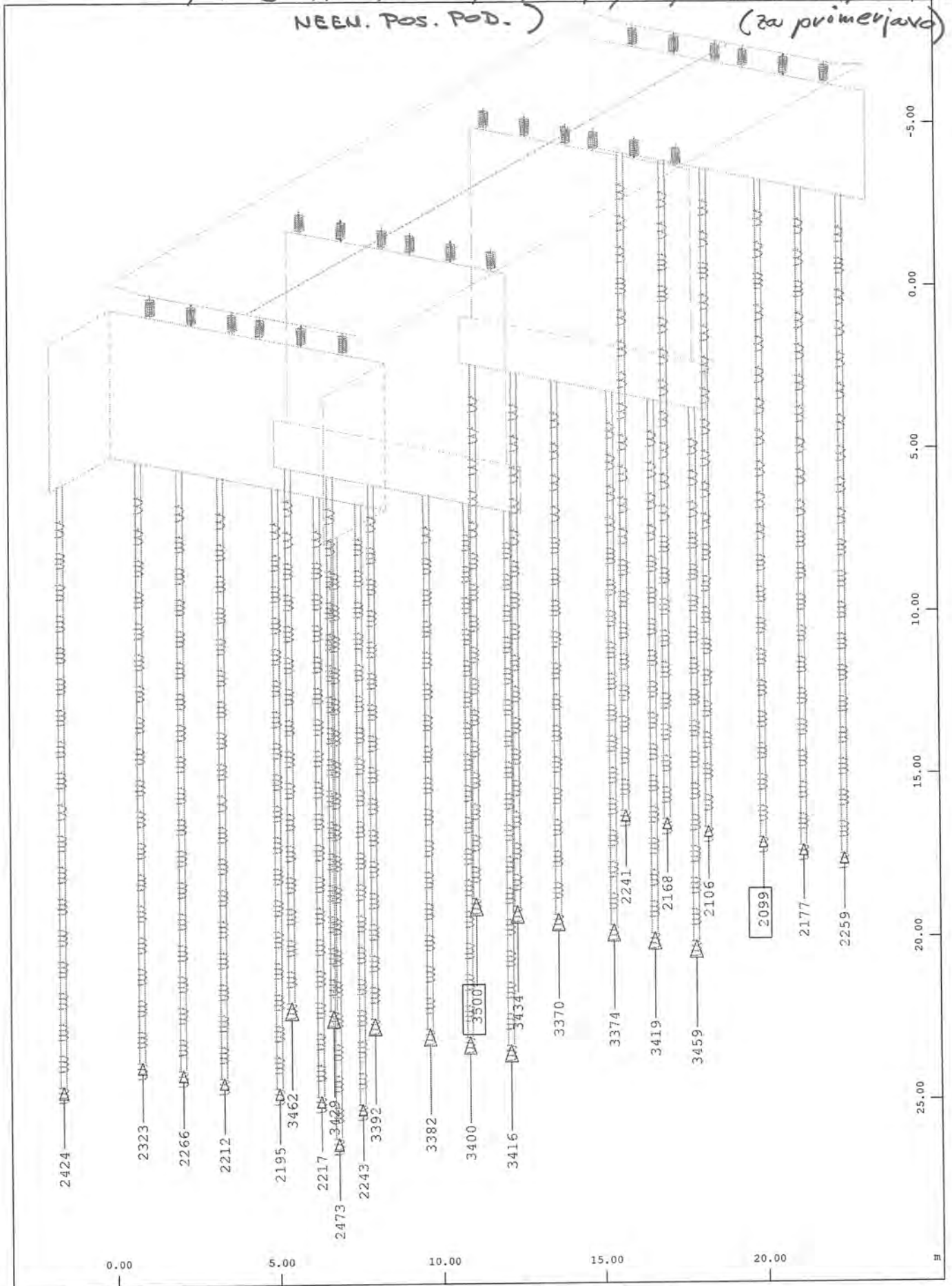


Z
X
Y

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 2051 MAX-P SPRI , 1 cm 3D =
1000. kN (Min=-1222.) (Max= 1.7500e-29) (total: -27270.)

M 1 : 159
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

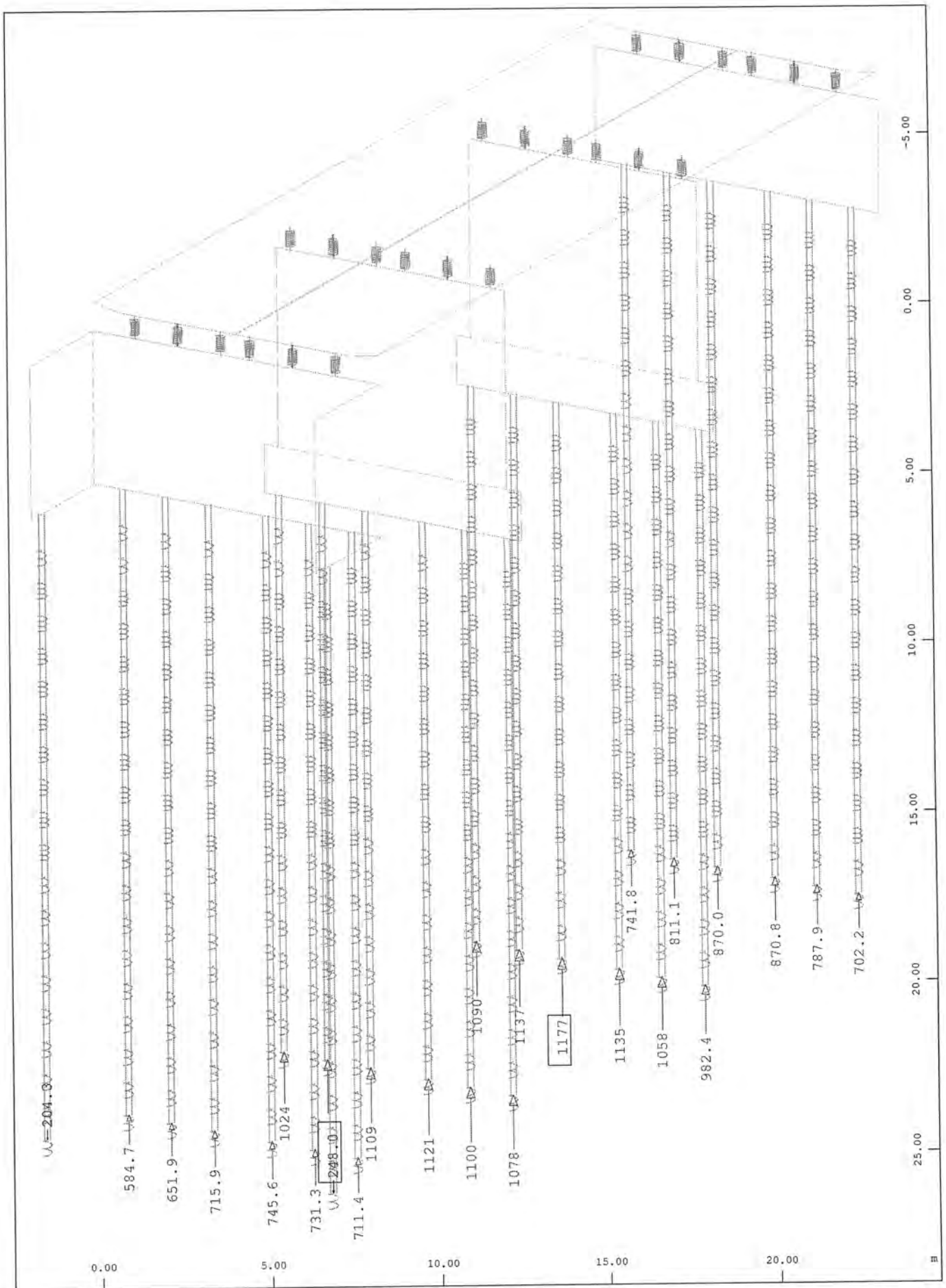
ULS-P/T (LT, SK, PROM, F_z , temp., F_B , VETER, NZT, σ_m , ϵ_c ,
NEEN. POS. POD.) (za primerjavo)



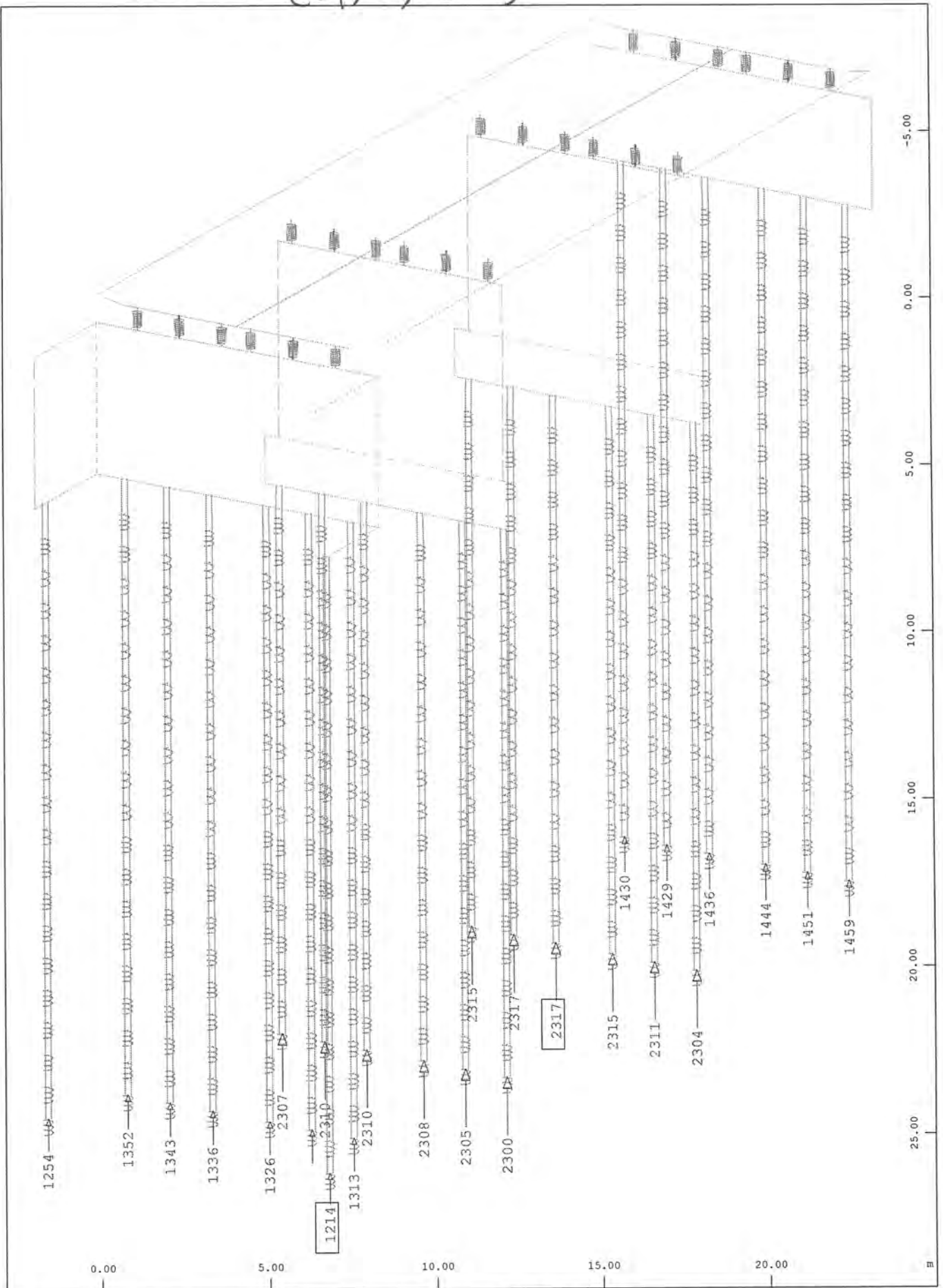
X
Y
Z

Supporting springs, Spring force in global Z, Loadcase 2152 MIN-P SPRI, 1 cm 3D =
2000. kN (Min=-3500.) (Max= 1.7500e-29) (total: -72439.)

M 1 : 160
X + 0.502
Y + 0.906
Z + 0.962



SLS-CR (LT, SK, PROM)

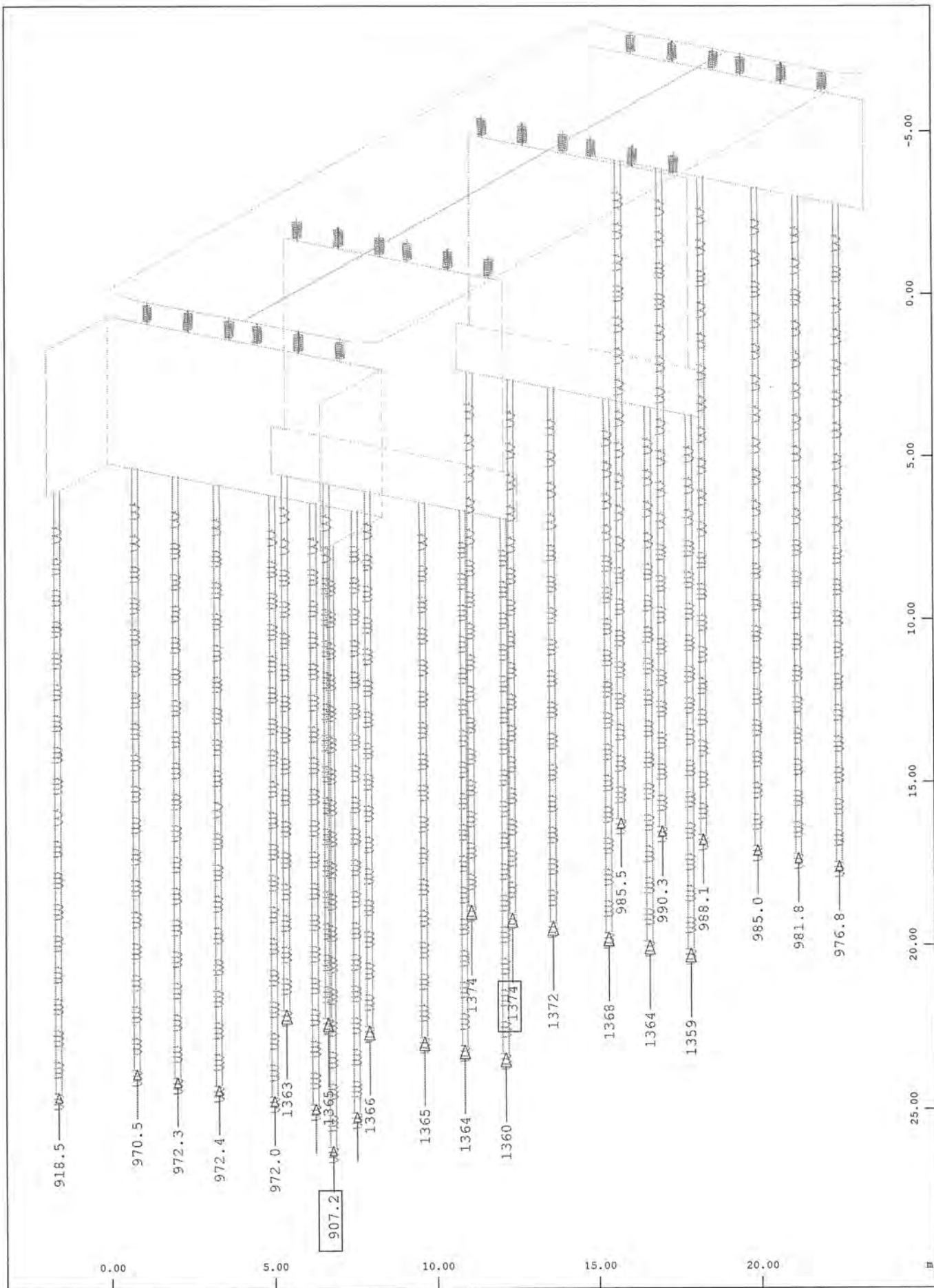


z
x
y

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 3052 MIN-P SPRI , 1 cm 3D =
2000. kN (Min=-2317.) (Max= 1.7500e-29) (total: -46823.)

M 1 : 156
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

200

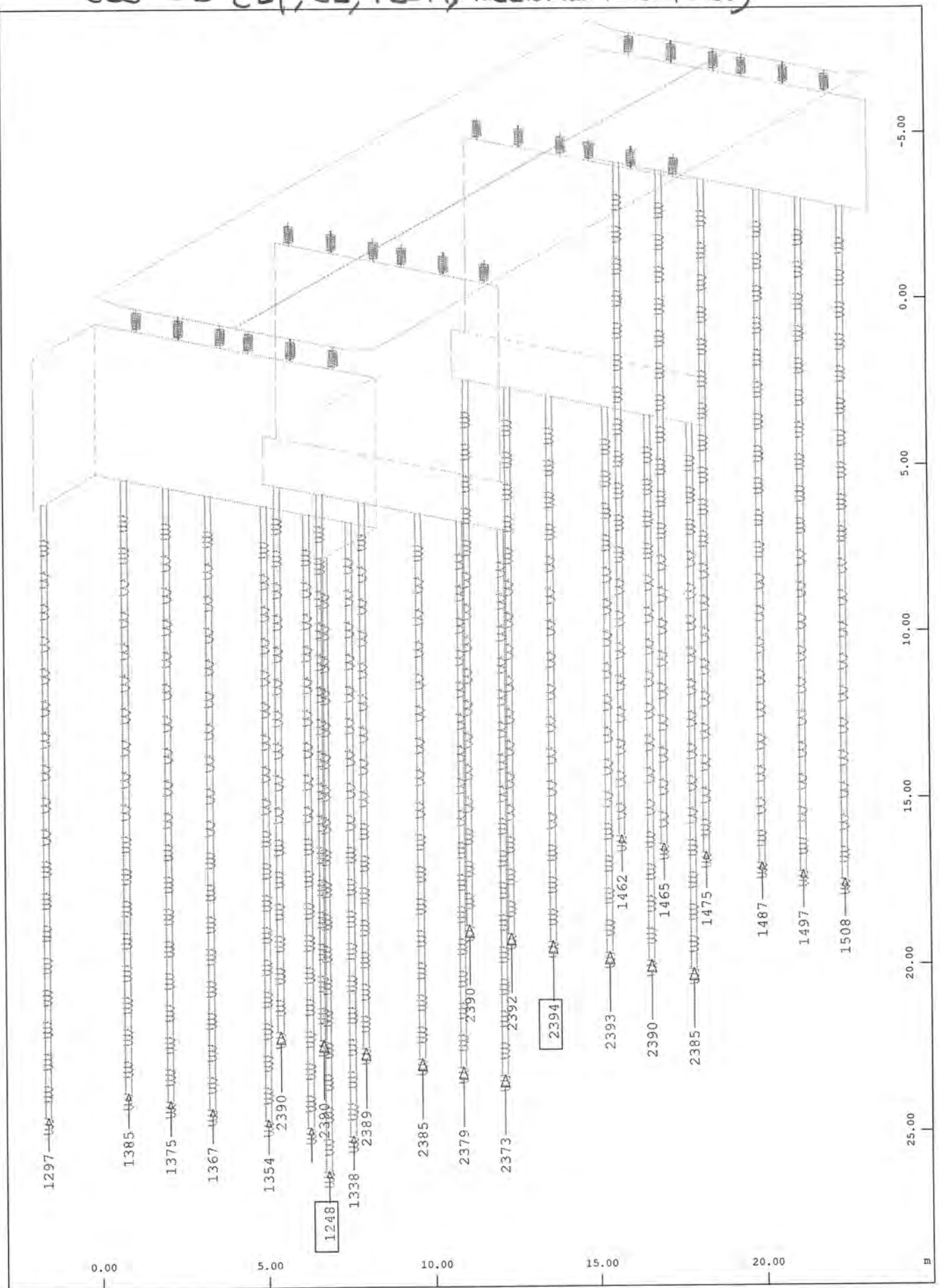


z
x
y

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 3051 MAX-P SPRI , 1 cm 3D =
1000. kN (Min=-1374.) (Max= 1.7500e-29) (total: -29953.)

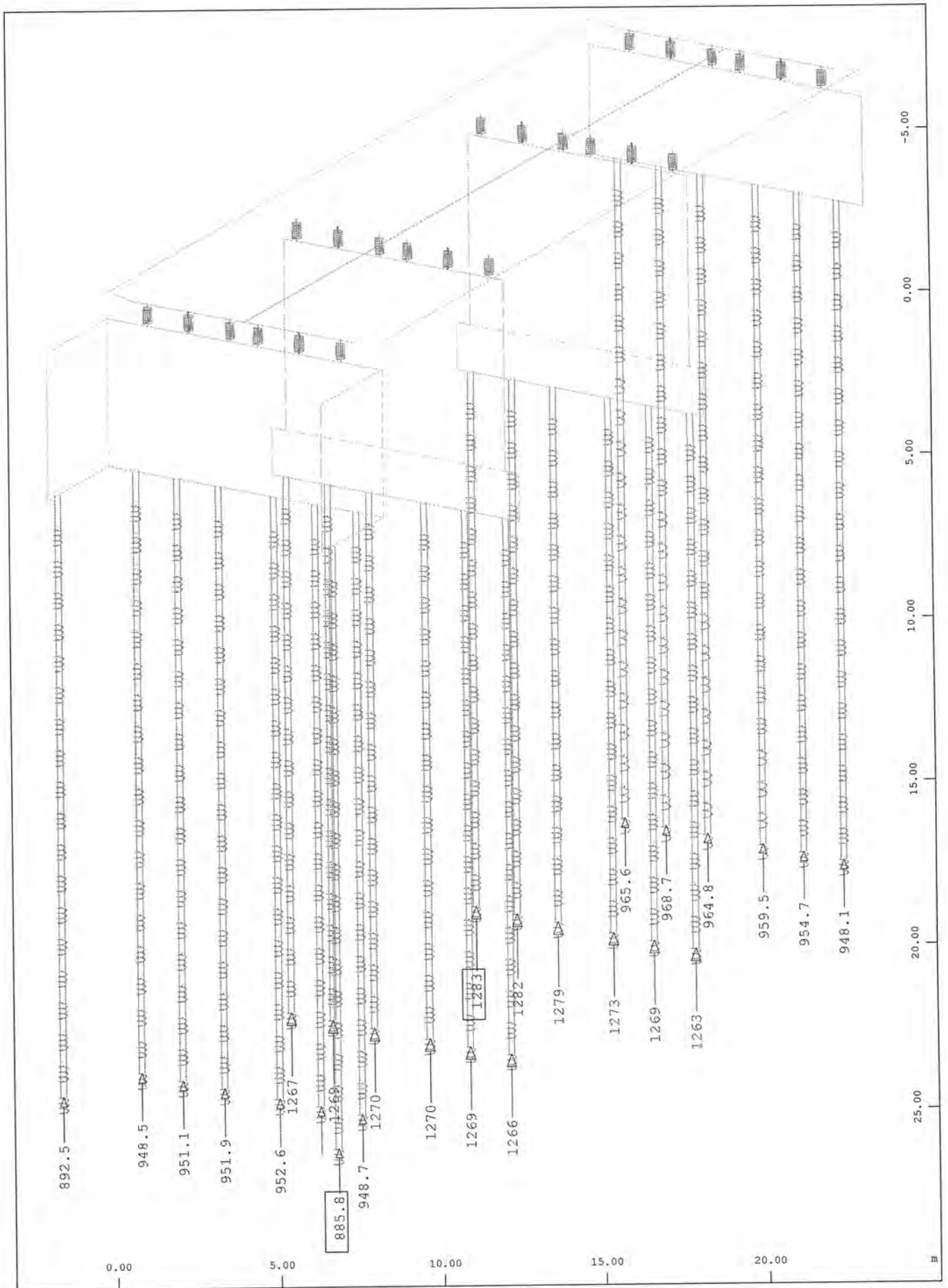
M 1 : 160
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962

SLS-CR (LT, SK, PROM, NEENAK. POS. POD.)



Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 3052 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 2000. kN (Min=-2394.) (Max= 1.7500e-29) (total: -48253.)

```
M 1 : 156
X * 0.502
Y * 0.906
Z * 0.962
```



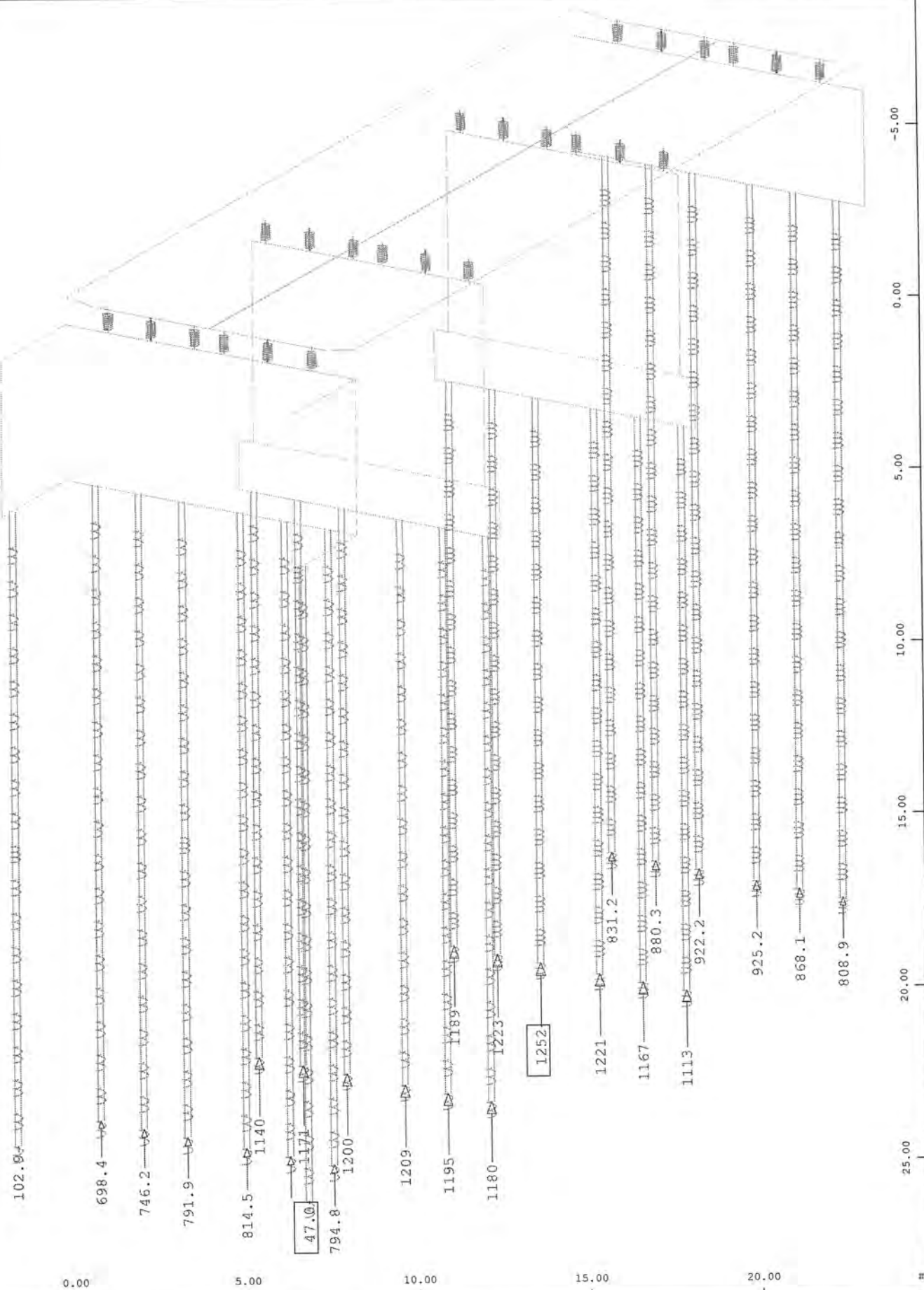
Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 3051 MAX-P SPRI , 1 cm 3D =
 1000. kN (Min=-1283.) (Max= 1.7500e-29) (total: -28505.)

M 1 : 159
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

(za primenu)


$$X \star 0.502$$
$$\begin{aligned} Y & \approx 0.906 \\ Z & \approx 0.962 \end{aligned}$$
 $2 = 0.362$

204



Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 3151 MAX-P SPRI , 1 cm 3D =
 1000. kN (Min=-1252.) (Max= 1.7500e-29) (total: -24298.)

M 1 : 154
 X * 0.502
 Y * 0.906
 Z * 0.962

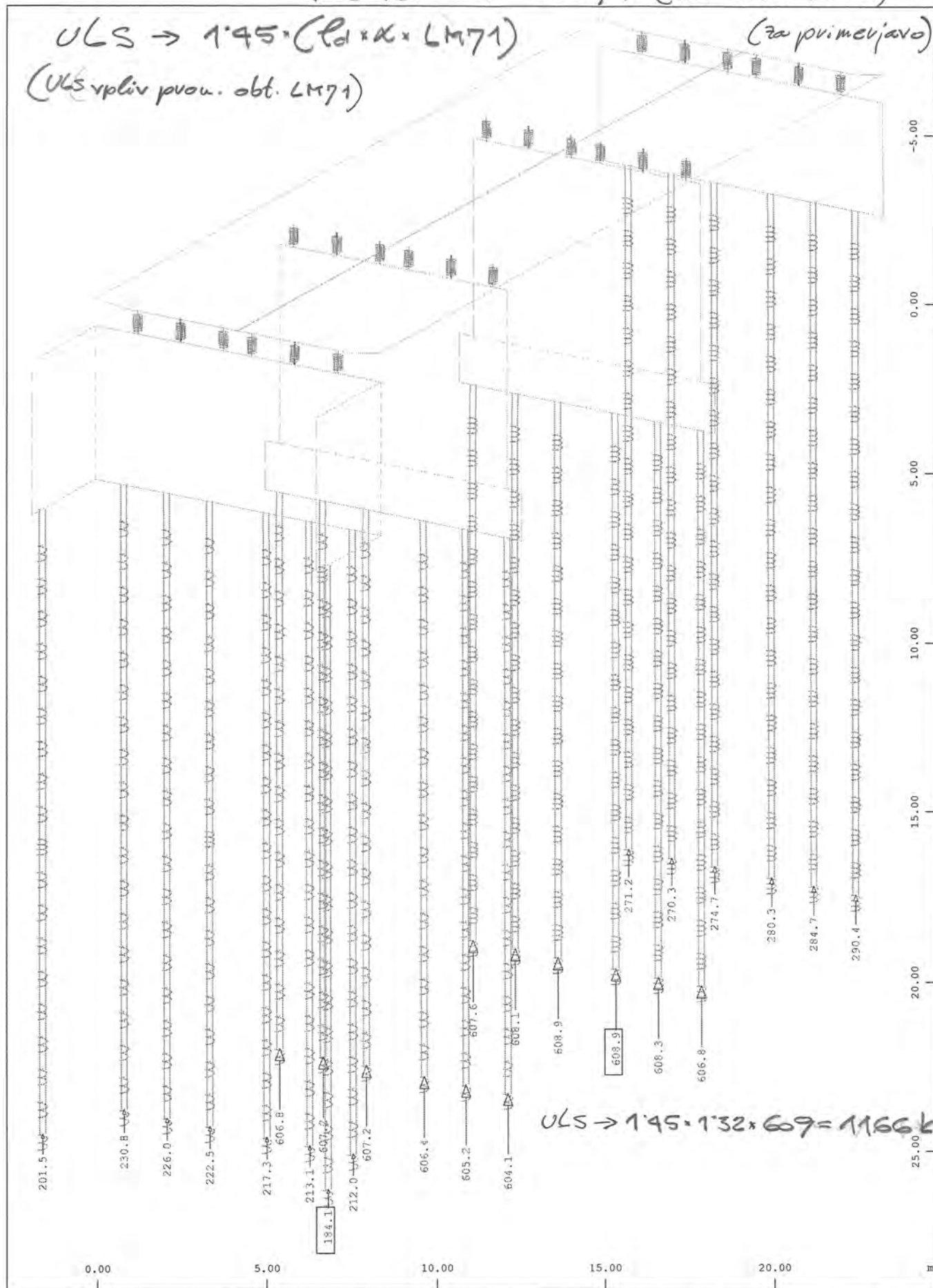
K x LM 71 (na obeli tivih)

$$ULS \rightarrow 1.45 \cdot (P_d \cdot \alpha \cdot LM71)$$

(ULS vpliv prou. obt. LM71)

(Učes vpliv prou. obt. LM71)

(za primerjavo)



Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 602 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 500.0


 supporting springs , spring force in global Z,
 kN (Min=-608.9) (Max=0) (total: -10664.)

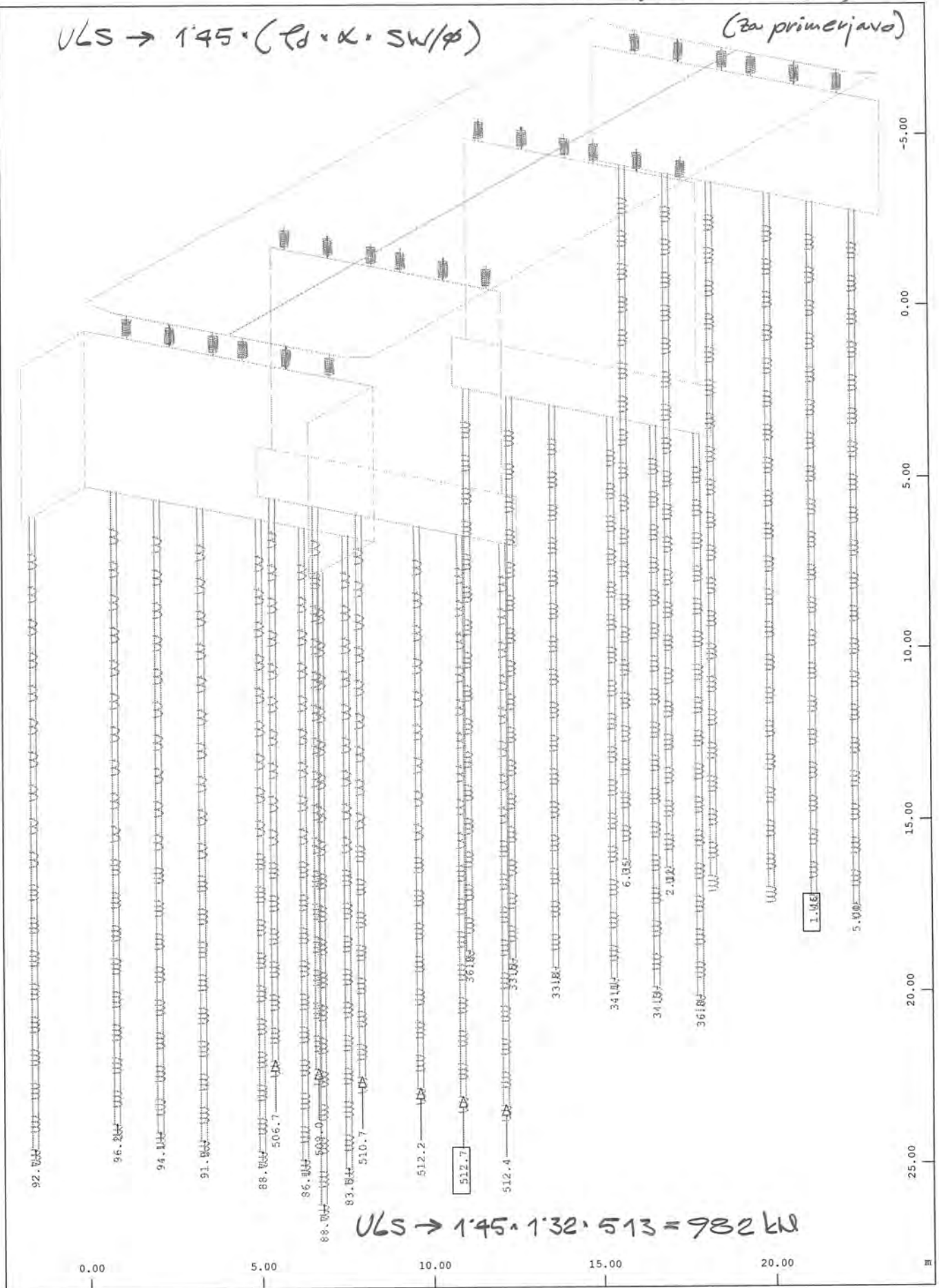
M 1 : 154

$$X = 0.502$$
$$Y = 0.906$$
$$Z = 0.962$$

$\alpha \times SW/\phi$ (na obelj tirihi)

$$VLS \rightarrow 1.45 \cdot (P_d \cdot \alpha \cdot SW/\phi)$$

(za primerjavo)


$$ULS \rightarrow 1.45 \cdot 1.32 \cdot 513 = 982 \text{ kW}$$

Supporting springs , Spring force in global Z, Loadcase 602 MIN-P SPRI , 1 cm 3D = 500.0

kN (Min=-512.7) (Max=0) (total: -4010.)

M 1 : 152

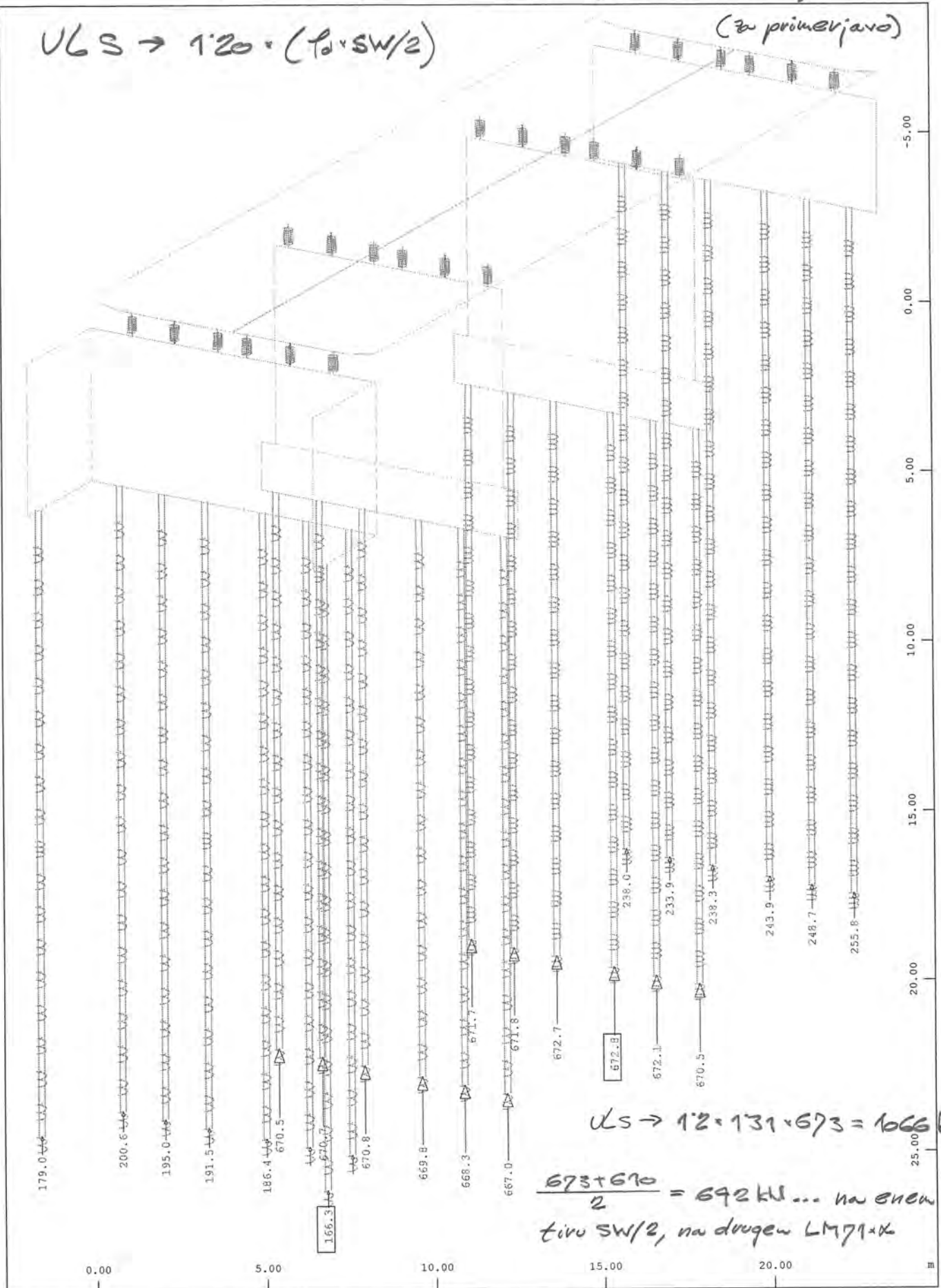
$$x = 0.502$$
$$Y = 0.906$$
 $z = 0.962$

(brez x!)

SW/2 (na dveh tirih)

$$ULS \rightarrow 120 \cdot (f_d \cdot SW/2)$$

(za primerjavo)



$$ULS \rightarrow 12 \cdot 131 \cdot 673 = 1066 \text{ kN}$$

$$\frac{673 + 670}{2} = 672 \text{ kN} \dots \text{na enem tiru SW/2, na drugem LM71xK}$$

Z

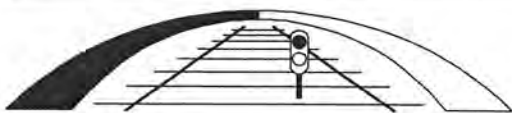
Supporting springs, Spring force in global Z, Loadcase 602 MIN-P SPRI, 1 cm 3D = 500.0
kN (Min=-672.8) (Max=0) (total: -10992.)

M 1 : 154

X * 0.502

Y * 0.906

Z * 0.962



9 RAZCEPNA ARMATURA POD LEŽIŠČI

V osi podpore 1 in 4 - krajne podpore (oporniki)

$$V_0 = 1300 \text{ kN}$$

hor. razcepna arm. vzdolžna smer

$$Z_s = 0.3 \left(1 - \frac{d_1}{d_s} \right) V_0 = 0.3 \left(1 - \frac{0.32}{2 \cdot 0.75} \right) \cdot 1300 = 307 \text{ kN}$$

$$Z_{su} = 1.5 \cdot 307 = 460 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{Z_{su}}{\sigma_v} = \frac{460}{43.5} = 10.6 \text{ cm}^2 \dots \text{ hor. arm. vzd. smer (po globini } h = 0.7 \cdot 1.5 = 1.0 \text{ m)}$$

hor. razcepna arm. prečna smer

$$Z_s = 0.3 \left(1 - \frac{d_1}{d_s} \right) V_0 = 0.3 \left(1 - \frac{0.5}{2 \cdot 0.8} \right) \cdot 1300 = 268 \text{ kN}$$

$$Z_{su} = 1.5 \cdot 268 = 402 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{Z_{su}}{\sigma_v} = \frac{402}{43.5} = 9.2 \text{ cm}^2 \dots \text{ hor. arm. pre. smer (po globini } h = 0.7 \cdot 1.6 = 1.1 \text{ m)}$$

kontaktna napetost

$$\sigma_0 = \frac{1300 \cdot 10^{-3}}{0.32 \cdot 0.5} = 8.1 \text{ MPa}$$

Vzdolžna smer in prečna smer: 9 kom Ø14



V osi podpore 2 in 3 - vmesne podpore

$$V_0 = 2400 \text{ kN}$$

hor. razcepna arm. vzdolžna smer

$$Z_s = 0.3 \left(1 - \frac{d_1}{d_s} \right) V_0 = 0.3 \left(1 - \frac{0.45}{2 \cdot 0.60} \right) \cdot 2400 = 450 \text{ kN}$$

$$Z_{su} = 1.5 \cdot 450 = 675 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{Z_{su}}{\sigma_v} = \frac{675}{43.5} = 15.5 \text{ cm}^2 \dots \text{ hor. arm. vzd. smer (po globini } h = 0.7 \cdot 1.2 = 0.8 \text{ m)}$$

hor. razcepna arm. prečna smer

$$Z_s = 0.3 \left(1 - \frac{d_1}{d_s} \right) V_0 = 0.3 \left(1 - \frac{0.5}{2 \cdot 0.8} \right) \cdot 2400 = 495 \text{ kN}$$

$$Z_{su} = 1.5 \cdot 495 = 743 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{Z_{su}}{\sigma_v} = \frac{743}{43.5} = 17.1 \text{ cm}^2 \dots \text{ hor. arm. pre. smer (po globini } h = 0.7 \cdot 1.6 = 1.1 \text{ m)}$$

kontaktna napetost

$$\sigma_0 = \frac{2400 \cdot 10^{-3}}{0.45 \cdot 0.5} = 10.7 \text{ MPa}$$

Vzdolžna smer in prečna smer: 12 kom Ø14



10 SKICE ARMATURE

Prekladna plošča ima vgrajeno togo armaturo HE-B 450 in 10 cm prekrivnega betona nad zgornjo površino zgornje pasnice.

Prekladna plošča se dodatno armira s konstrukcijsko armaturo po nemških normah DS 804.

Za prekladno konstrukcijo se uporabi naslednji material:

C 30/37 , S 235 , B500 B , $a = 4.0$ cm
(XC4, XD1, XF1)

Robni venec: C30/37, XC4, XD1, XF3, PVII

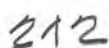
Za podporno konstrukcijo (podporne stene in opornika) se uporabi naslednji material:

C 30/37 , B500 B , $a = 4.0$ cm
(XC4, XD1, XF3, PVII)

Za pilote se uporabi naslednji material:

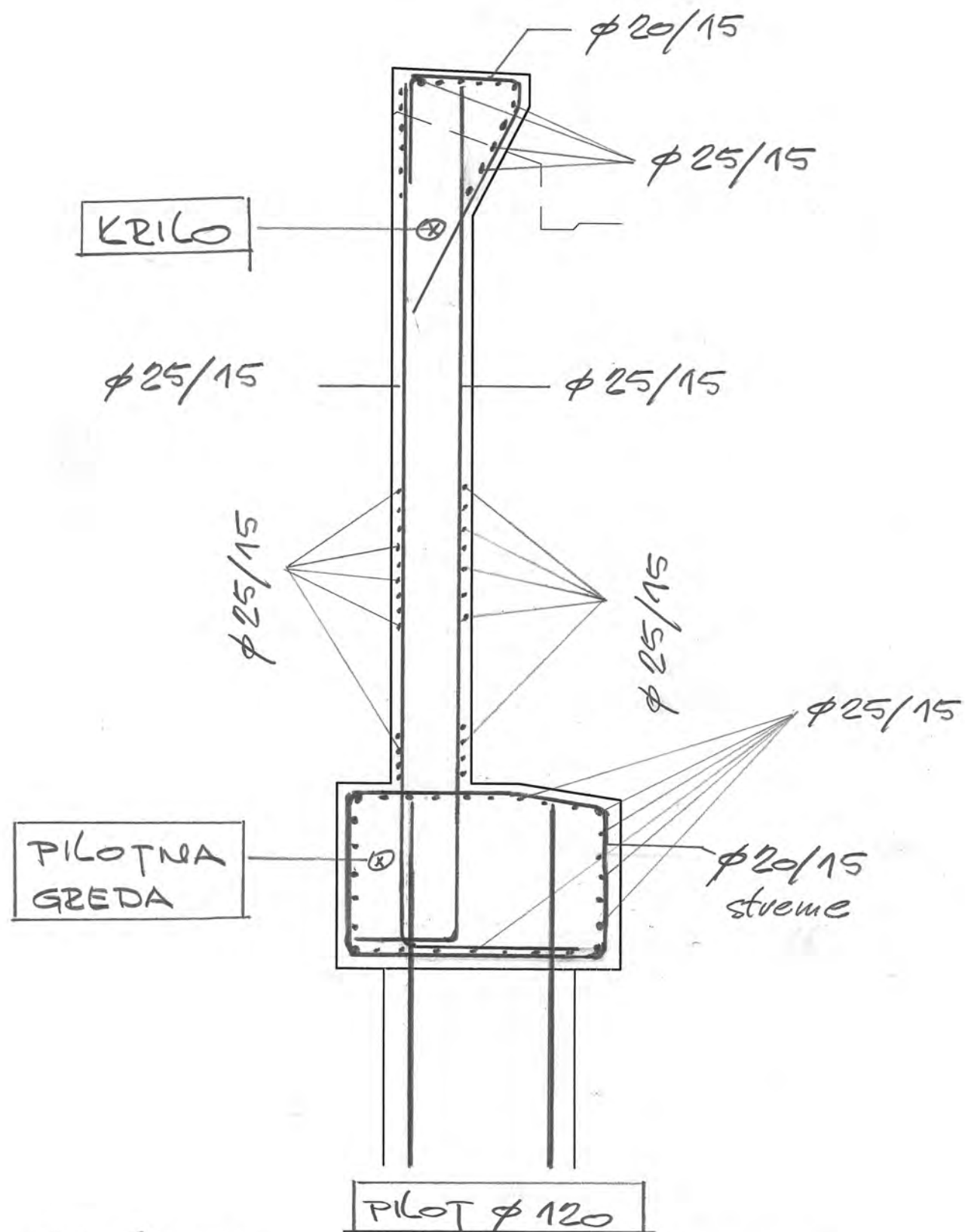
C 30/37 , B500 B , $a = 4.0$ cm
(XC2, XA2)

(Ser. 115-133)



VZPOREDNO KRILLO NA OPORNIKU 1

φ 25/15 v hor. in ver. smeri, cona zem. in zrak!

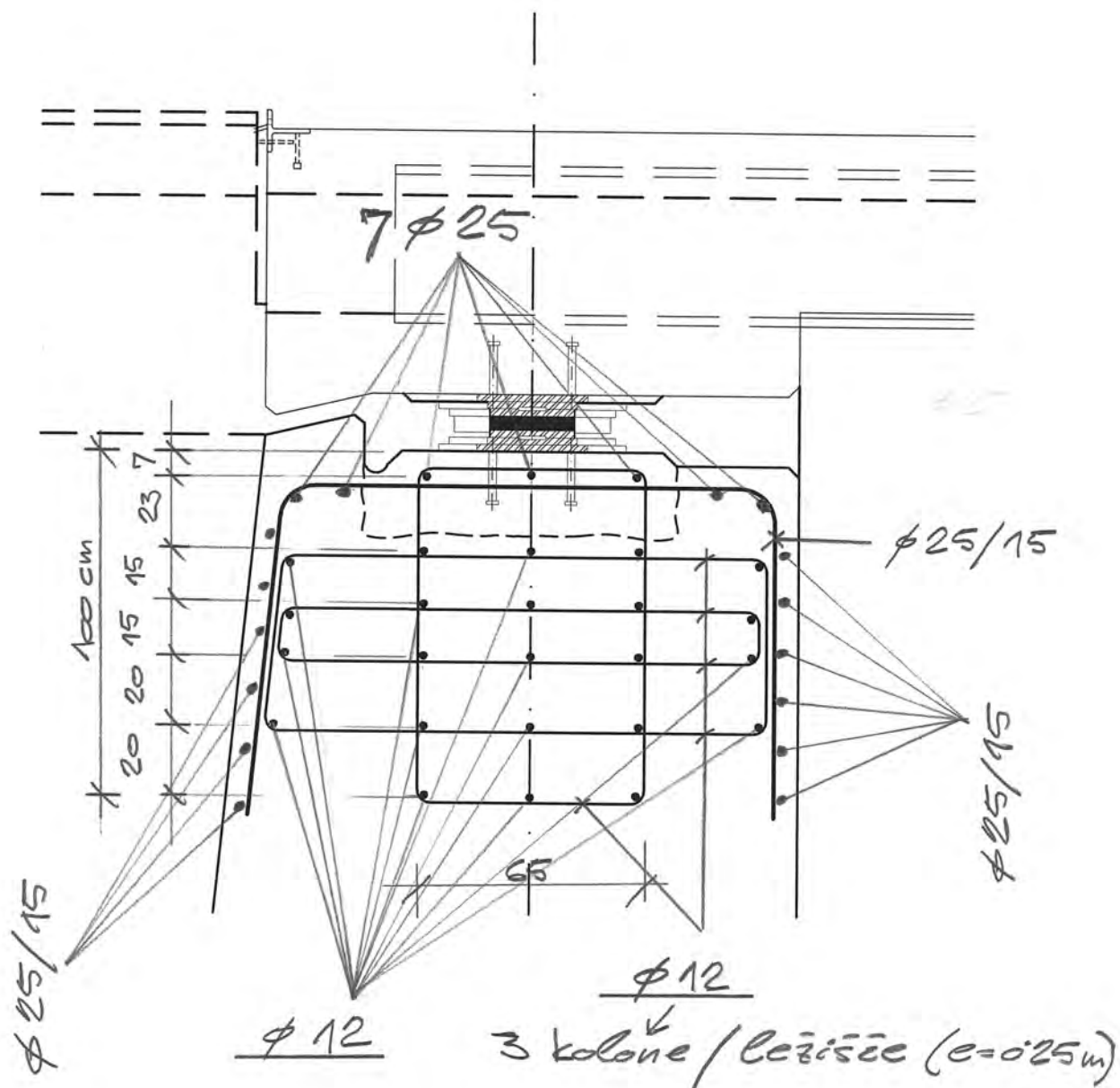


spiralna arm.
φ 12/10
po celotni višini

26 kon φ 32 zgornaj 12 m
26 kon φ 22 spodaj

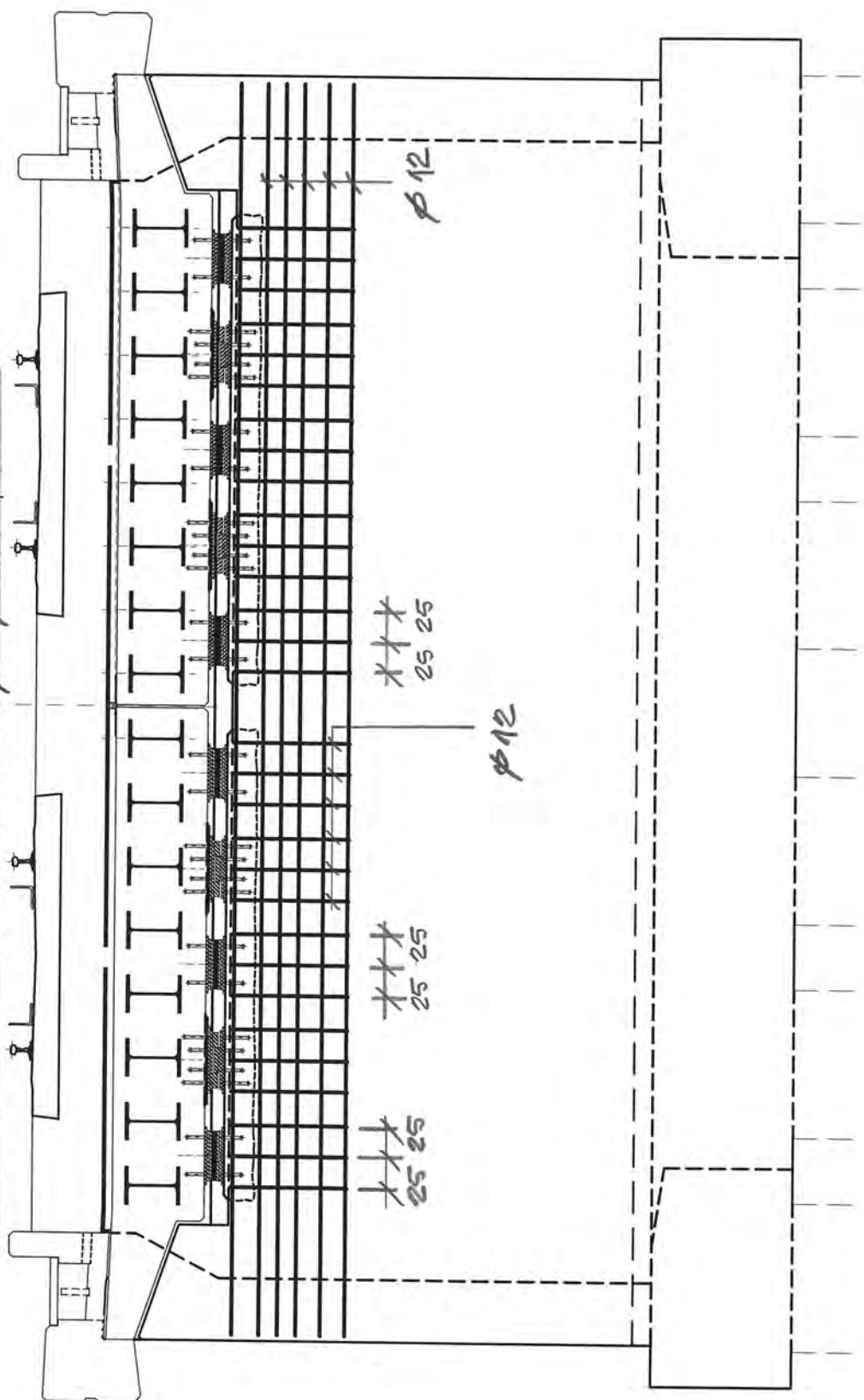
RAZCEPNA ARM. V OSI PODPORE 1

→ ekvivalentno tudi v osi podpore 4



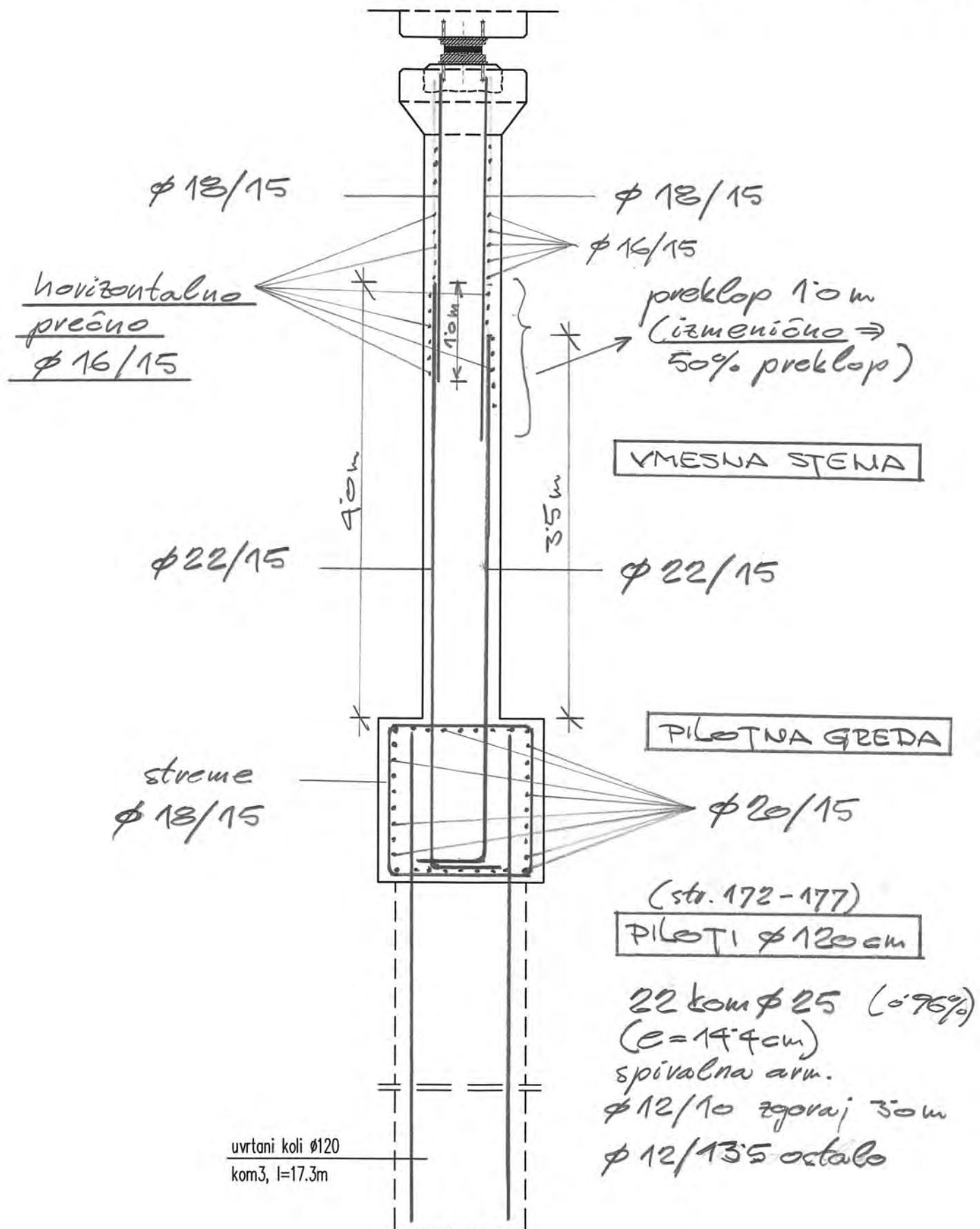
RAZČEPNA ARM. V OSI PODPORE 1

→ ekvivalentno tudi v osi podpore 4

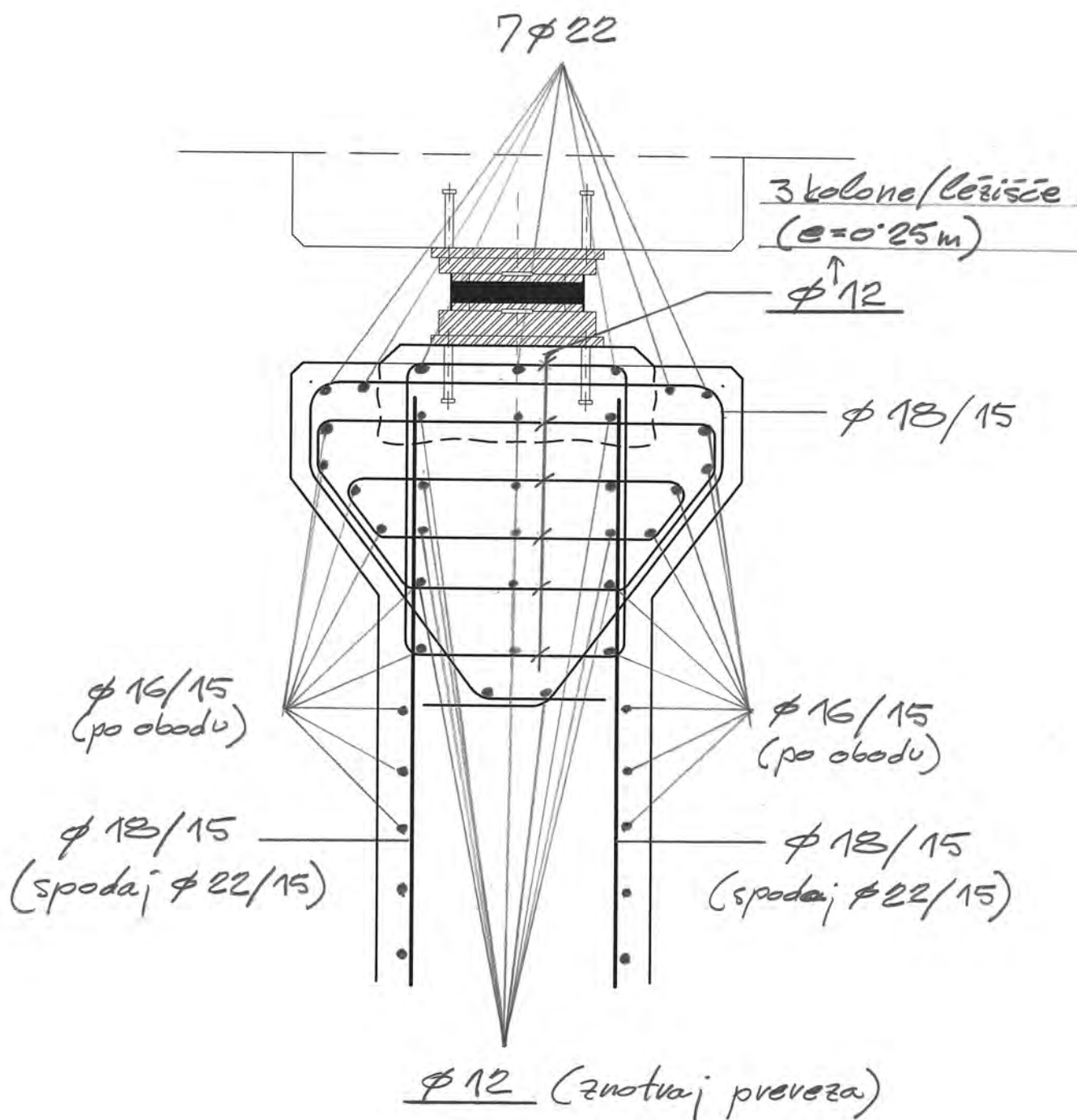


VMESNA STERBA V OSI 2 in 3 (str. 134-150)

(vzdol. pomična ležišča)



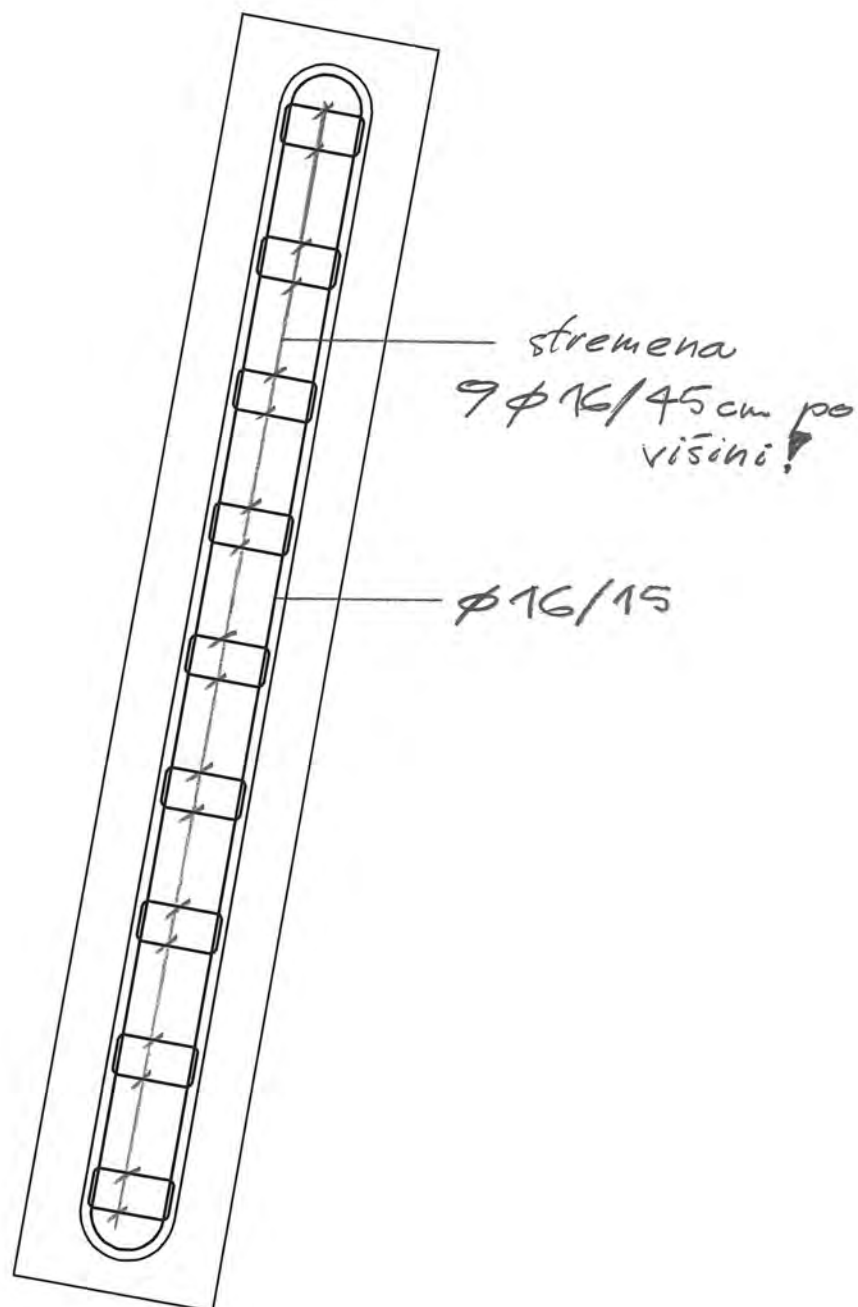
RAŽČEPNA ARM. V OSI PODPORE 2 in 3



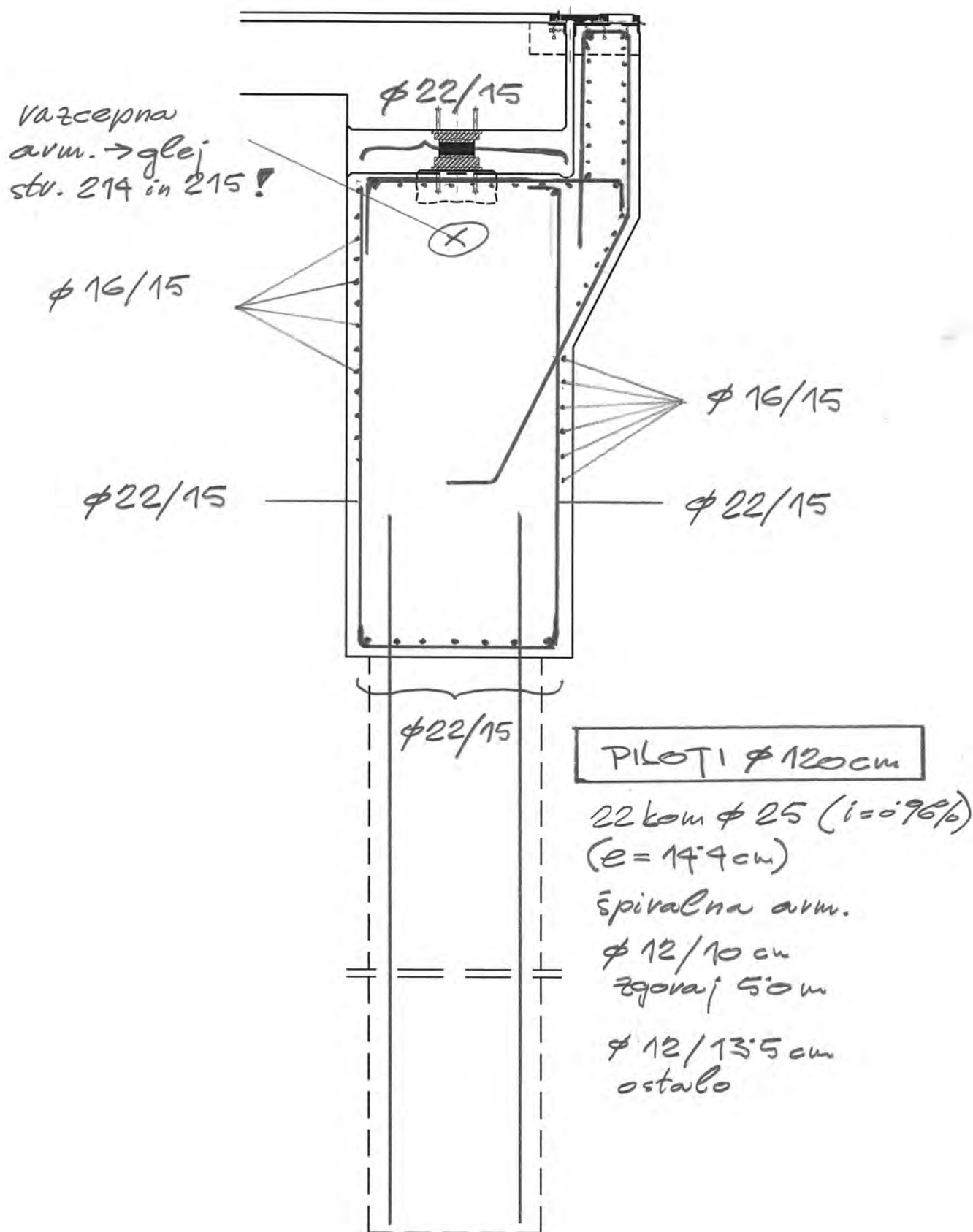
ARMATURA OBJETJA BET. JEDRA

V OSI PODPORE 2 in 3

→ krajna opornika (os podpore 1 in 2) sta masivna in arm. objetja bet. jedra ni potrebna ⇒ konstruktivna armatura!

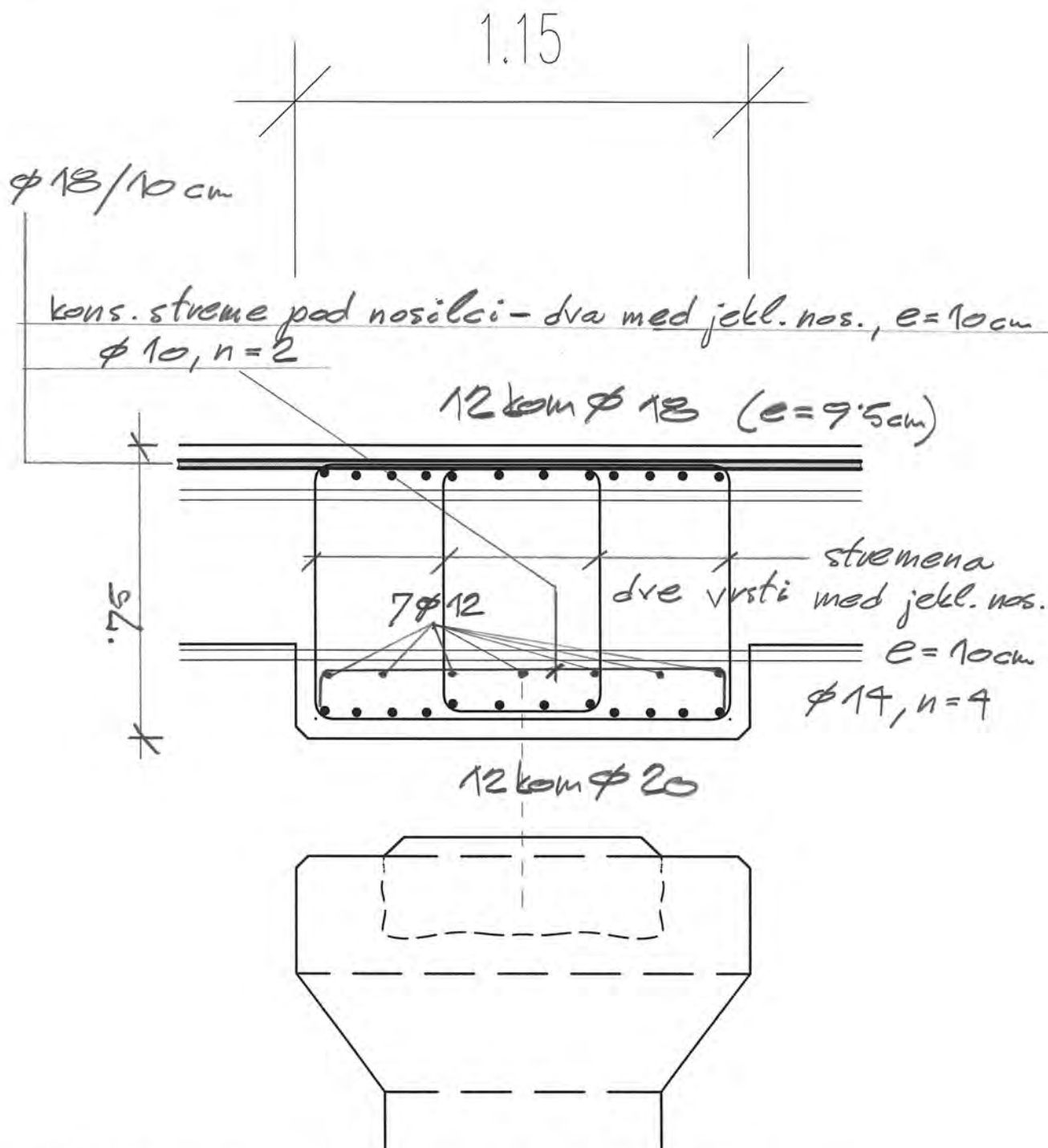


KRAJNA PODPORA V OSI 4 (vzdol. pomíno ležišce)



PREČNIK NAD VMESNO PODPORO

$$b/h = 1.15/0.75 \text{ m}$$



PREČNIK NAD KRAJNO PODPORO

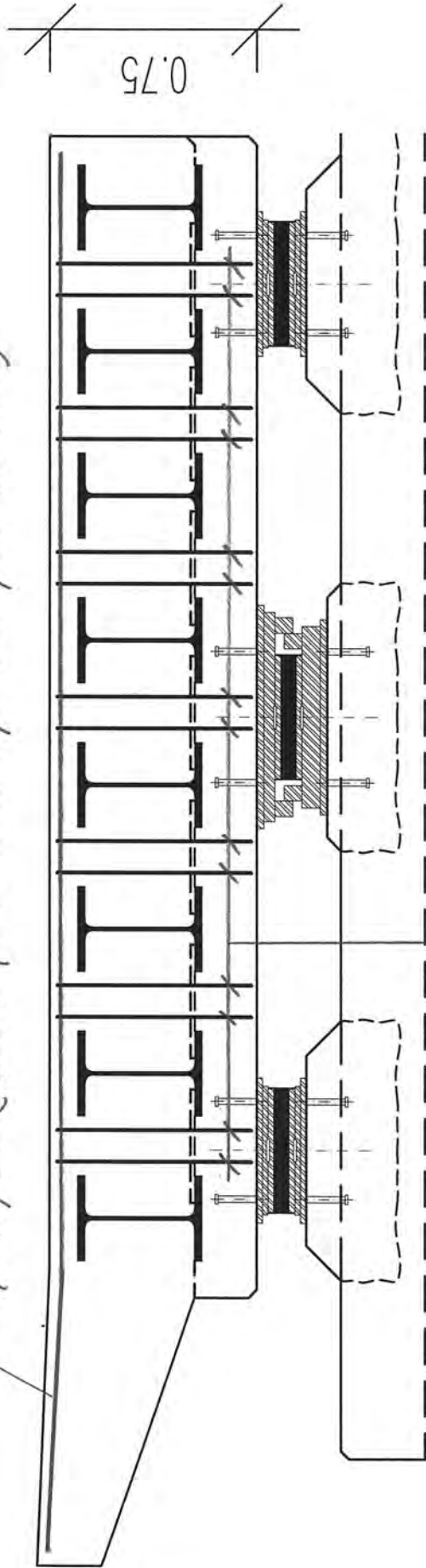
$$b/h = 1.59/0.75 \text{ m} \Rightarrow 12 \text{ kom } \phi 18 \text{ zg. in sp. črna}$$

stremena $\phi 14, n=4$, dve vrsti med jekl. nosilci

PREKLADNA PLOŠČA

HE-B 450 + 10 cm betona $\Rightarrow h = 55 \text{ cm}$
(S235 JR po EN 10027-1)

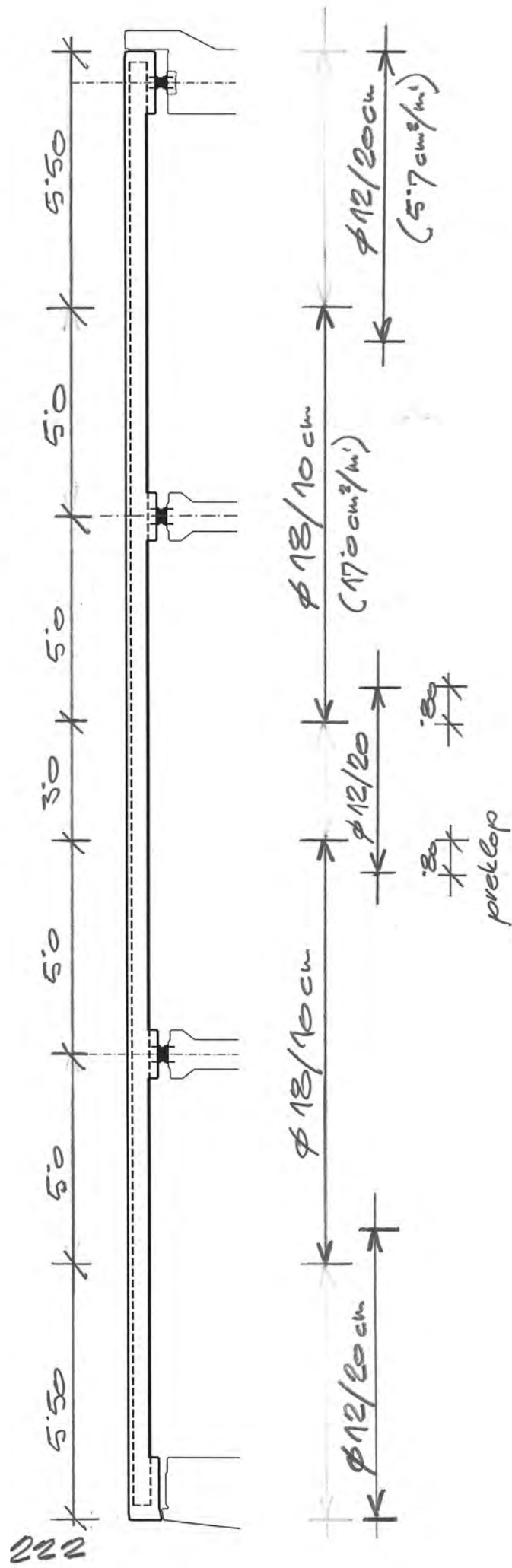
$\phi 12/20$ (zadostuje min. avm. po detajlih za WtB)

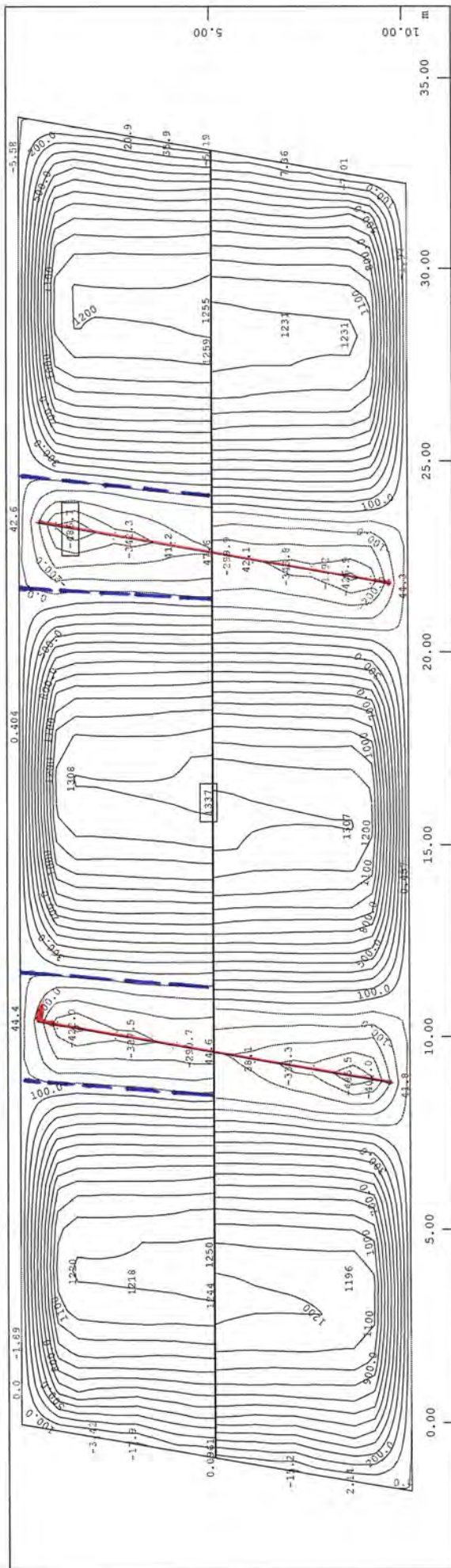


stremena v prečnikih
 $\phi 14, n=4$, po dve med nosilci ($e=0.10 \text{ m}$)

NEGATIVNA ARM. NAD VMESNIMI PODPORAMI

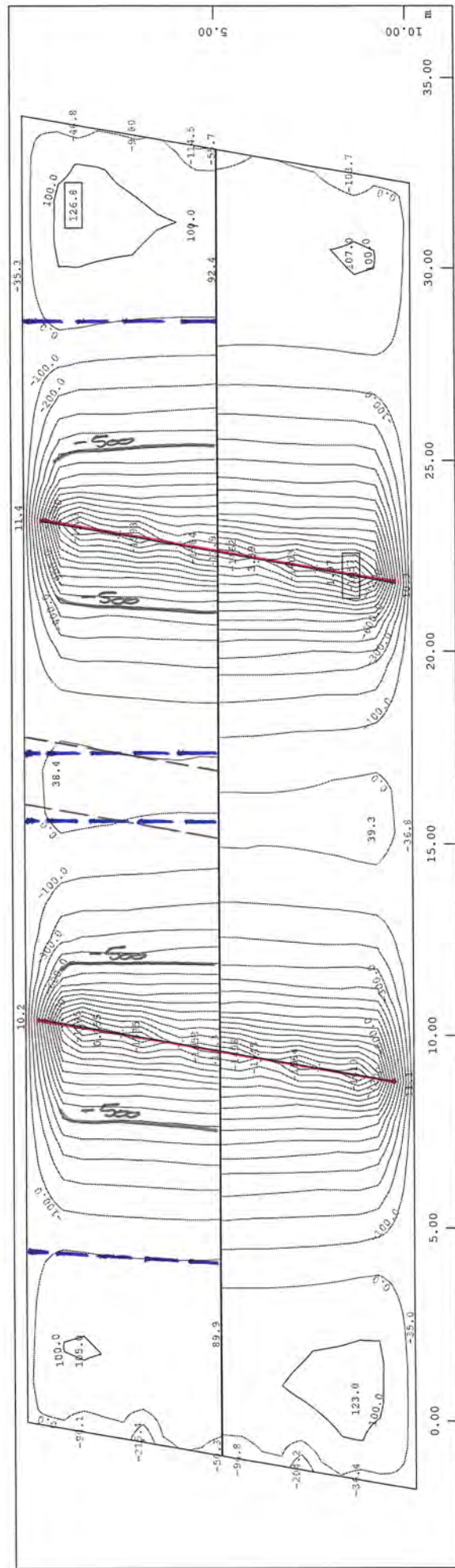
(za pokrivanje negativnega momenta) $\phi 18/10\text{cm}$
(na preostalem delu $\phi 12/20\text{cm}$)





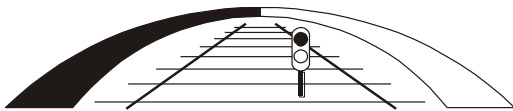
T-X
 Y

224



T-X
 Y

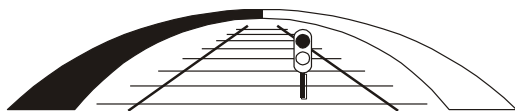
UKS-P/T samo ver. dot. (LT, SK, pram., di G. posedek podprv)



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.
projektiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

5 RISBE

ZG50	0098	007.2160	G	
-------------	-------------	-----------------	----------	--



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

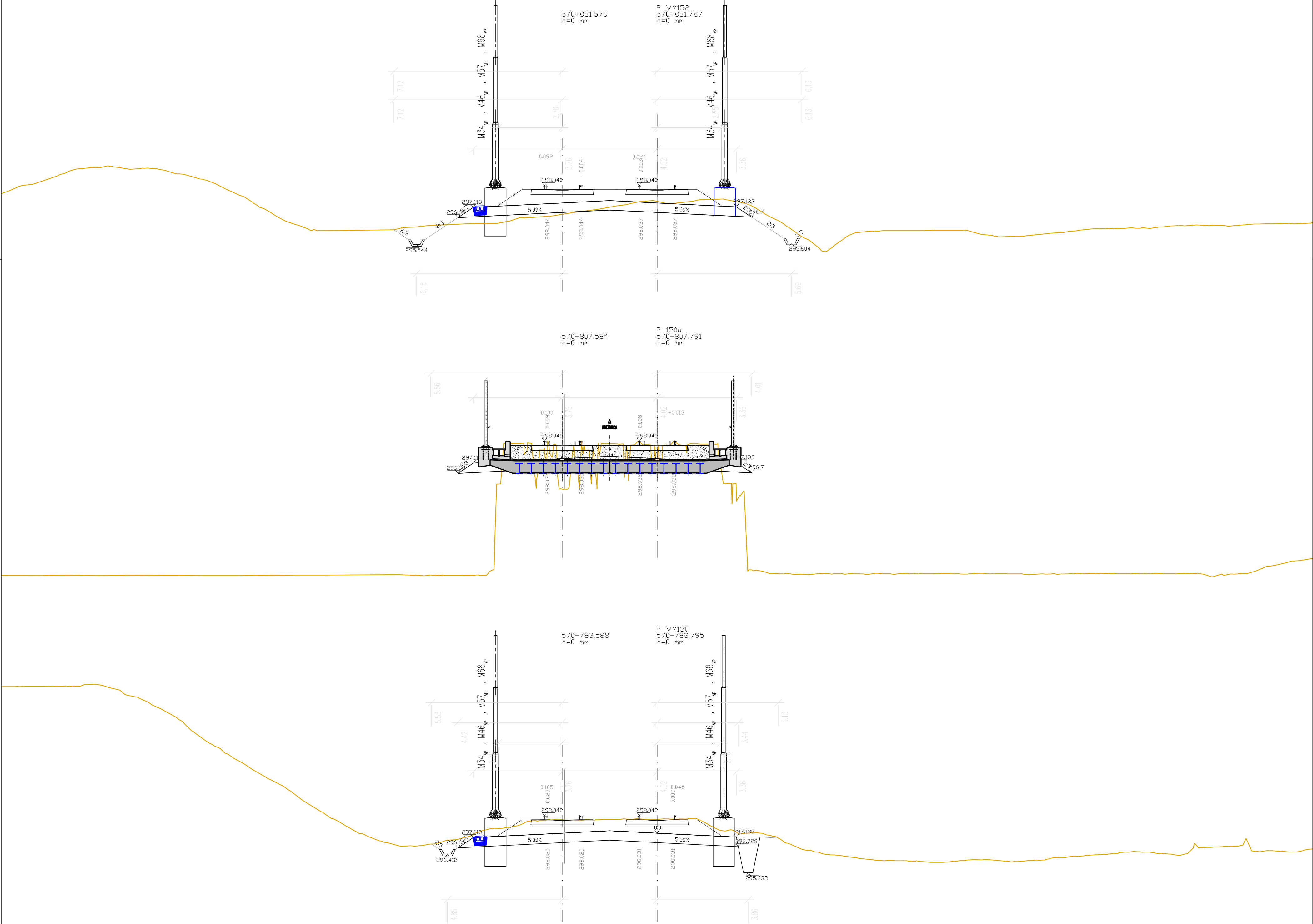
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

PODLOGE ZA PROJEKTIRANJE

ZG50	0098	007.2160	G	
-------------	-------------	-----------------	----------	--



PREČNI PROFILI DESNEGA
TIRA VM150-VM152

MERILO 1:100 3/1

Datum:

Opis spremembe:

Podpis:

Investitor:



Republika Slovenija

Republika Slovenija

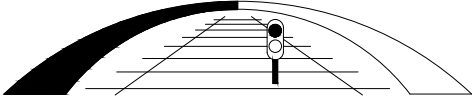
Ministrstvo za infrastrukturo

Direkcija RS za infrastrukturo

Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

Projektant:



sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.

projektiranje, inženiring, svetovanje

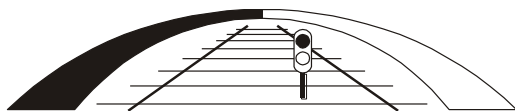
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01 300 76 00, fax: 01 300 76 36

Podizvajalec:

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Objekt: Odsek Ljubljana - Brezovica			Id. št.: Ime:			
Načrt: Time naprave	Odg. vodja projekta:		G-2753	Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.		
	Odg. projektant načrta:		G-2753	Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.		
Vrsta načrta: NACRT GRADBENIH KONTRUKCIJ			Izdelal: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.			
Risba: PREČNI PROFILI DESNEGA TIRA VM150-VM152						
Št. proge: 50	Vrsta projekta: IZN	Merilo: 1:100	Datum: julij 2019	Projekt št.: 3685	Načrt št.: 3/1	Int. št.: 3685 3/1
Št. odseka:	Arhivsko število:	Faza/objekt:	Šifra risbe:	Prostor za črtno kodo:		Risba št.:
ZG50	0098	007.2121.	G.132			2/P



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

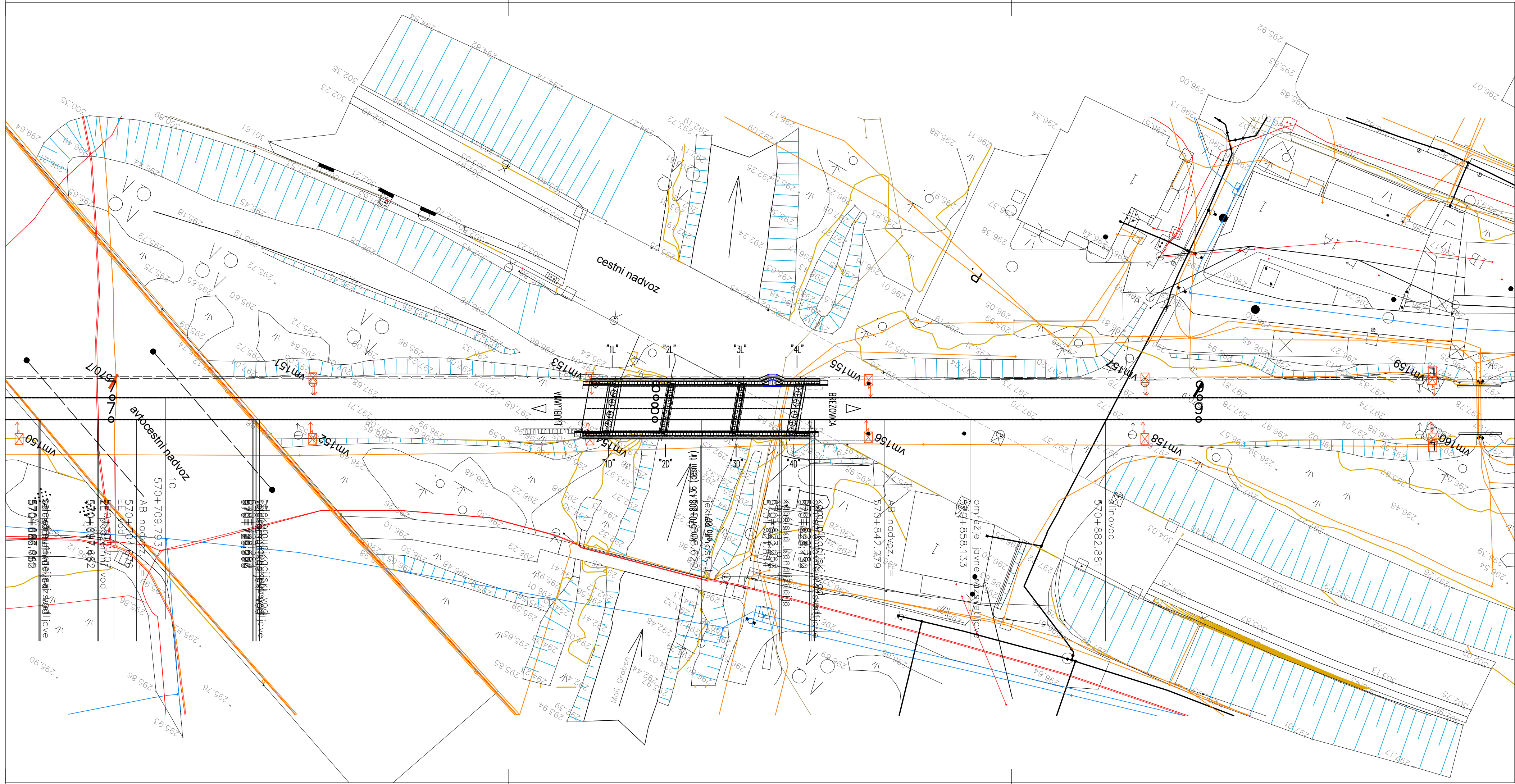
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

SPLOŠNE RISBE

ZG50	0098	007.2160	G	
-------------	-------------	-----------------	----------	--



SITUACIJA

MERILO 1:500

3/21

Datum:

Opis spremembe:

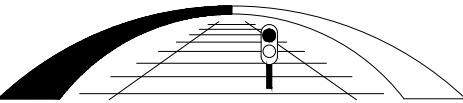
Podpis:

Investitor:



Republika Slovenija

Projektant:



Podizvajalec:

Projekt:

Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Objekt:

Odsek Ljubljana - Brezovica

Načrt:

MOST čez potok Mali Graben v km 570+808.44

Odg. vodja projekta:

G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.

Odg. projektant načrta:

G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.

Izdelal:

G-9372 Matjaž Klopčič, gradb. tehn.

Republika Slovenija

Ministrstvo za infrastrukturo

Direkcija RS za infrastrukturo

Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana

tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.

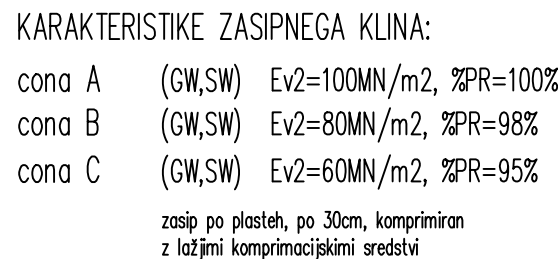
projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01 300 76 00, fax: 01 300 76 36

SITUACIJA					
Št. prage:	Vrsta projekta:	Merilo:	Datum:	Projekt št.:	Načrt št.:
50	IZN	1:500	julij 2019	3685	3/21
Št. odseka:	Arhivska številka:	Faza/objekt:	Šifra risbe:	Prostor za črtno kodo:	Int. št.:
ZG50	0098	007.2160.	G.202		3685_3/21
					Risba št.:
					1/1

po osi levega tira



POGOJI ZA IZVEDBO HIDROIZOLACIJE ZASUTIH POVRŠIN:	ARMATURA: B 500B	
vodotesen beton (PV-II)	ZAŠČITNE PLASTI BETONA:	
omejitev razpok na 0,20 mm	temelji in zasute površine	5,0cm
tesnilni trakovi v delovnih stikih	ostala konstrukcija	4,5cm

VSE OSTRE ROBOVE JE POTREBNO POSNETI S TRIKOTNO LETVICO 3/3cm oz. 5/5cm

GEOMEHANSKI PODATKI MERODAJNI ZA IZVEDBO TEMELJENJA SE NAHAJAJO
V ELABORATU: 9/2 GEOLOŠKO-GEOMEHANSKO POROČILO

SITUACIJE OBSTOJEČIH KOMUNALNIH VODOV IN VSE PRESTAVITVE SO
OBDELANE V NAČRTU: 3/30 IZVEDITEV KRIŽANJ KOMUNALNIH VODOV

MERILO 1:50

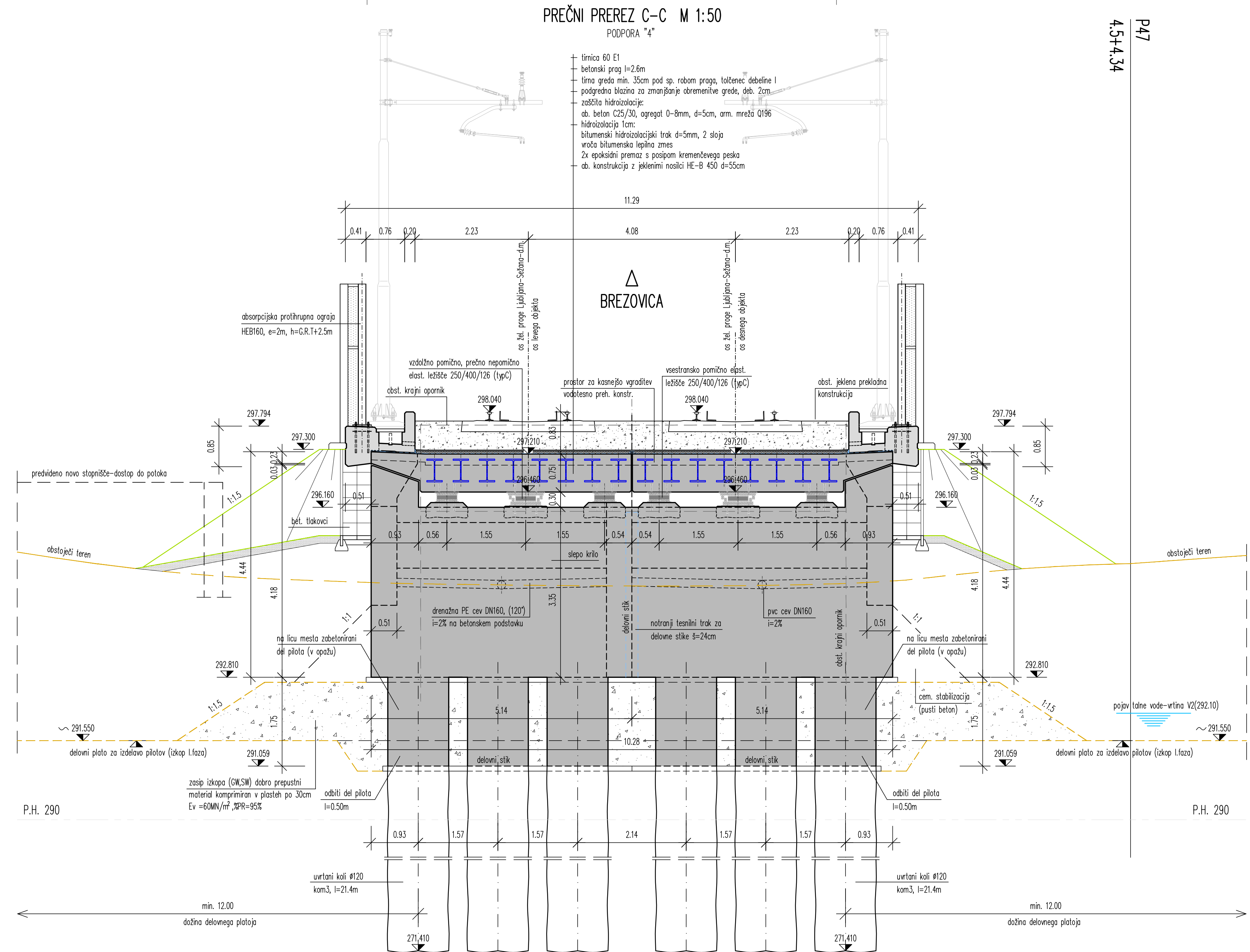
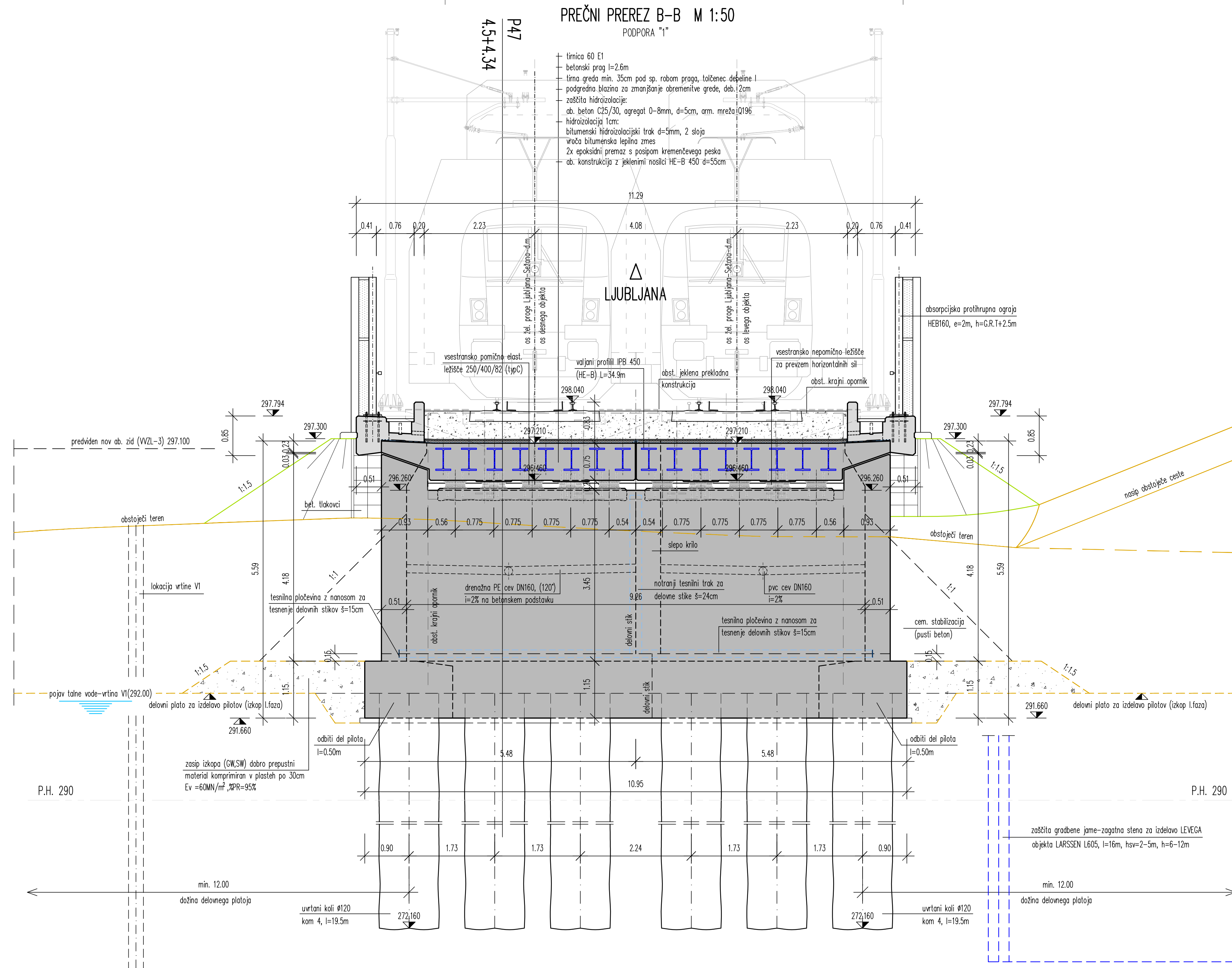
3/21

	
Datum:	Ogled spremembe:
Investitor:	Podpis:
Republika Slovenija	Republika Slovenija Ministrstvo za infrastrukturo Direkcija RS za infrastrukturo Tržička cesta 19, 1000 Ljubljana tel.: +1 478 80 02; fax: +1 478 81 23
Projektant:	s2 - projektivno podjetje ljubljana, d.d. projekting, inženiring, svetovanje Vojkova ulica 8, SI-1000 Ljubljana tel.: +1 300 76 00; fax: +1 300 76 36
	

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Opis: Osodek Ljubljana - Brezovica		IŠ št.: _____	
Nadst: MOST čez potok Matja Graben v km 570+808.44		Opis, vrsta projekta: G-275 Boris Brilly univ.dipl.inz.grad.	Opis, vrsta projekta: G-0405 mag. bo Bocr univ.dipl.inz.grad.
Vrsta izdelave: NACRT GRADBEVNENIH KONSTRUKCIJ		Opis, vrsta projekta: G-6372 Matjaž Klopčič grad. tehn.	
ZDOLŽNI PREREZ A-A			
Št. pri- stopa: 50	Izvir projekta IZN	Merilo: 1:50	Datum: julij 2019
Št. zgoda:	Upravičena oseba:	Projektni št.: 3685	Nadst št.: 3/21
ZG50:	0098	Opis: Preostalo za 0rtno kodo	Int. št. pri- stopa: 3685, 3/21
ZG50:	0098	Opis: 007.2160. G.243	Int. št. pri- stopa: 3/1

3/1



GEOMEHANSKI PODATKI MERODAJNI ZA IZVEDBO TEMELJENJA SE NAHAJAJO
V ELABORATU: 9/2 GEOLOŠKO-GEOMEHANSKO POROČILO

SITUACIJE OBSTOJEČIH KOMUNALNIH VODOV IN VSE PRESTAVITVE SO
OBDELANE V NAČRTU: 3/30 UREDITEV KRIŽANJ KOMUNALNIH VODOV

KVALITETE BETONOV: (SIST EN 206-1, SIST 1026)

KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	TLAČNA TRDNOST	STOPNJA IZPOSTAVLJENOSTI	VODOTESNOST
PODLOŽNI BETON IN CEM. STABILIZACIJA	C12/15 C30/37	XC2, XA2	podvodni beton
AB. PILOTI	C30/37	XC2, XA2, XF1	vodotesni beton PV-II
AB. GREDE NAD PILOTI	C30/37	XC4, XD1, XF3	vodotesni beton PV-II
AB. STENE PODPORNE KONSTRUKCIJE IN KRILA	C30/37	XC4, XD1, XF1	
PREKLADNA KONSTRUKCIJA	C30/37	XC4, XD1, XF3	
AB. KINETA IN ROBNi VENEC	C30/37	XC4, XD1, XF3	vodotesni beton PV-II

POGOJ ZA IZVEDBO HIDROIZOLACIJE ZASUTIH POVRŠIN:

vodotesen beton (PV-II)
omejitel razpok na 0,20 mm
tesnilni trakovi v delovnih stikih

ARMATURA: B 500B

ZAŠČITNE PLASTI BETONA:
temelji in zasute površine 5,0cm
ostala konstrukcija 4,5cm

VSE OSTRE ROBOVE JE POTREBNO POSNETI S TRIKOTNO LETVICO 3/3cm oz. 5/5cm

PREČNI PREREZ B-B, C-C

MERILO 1:50

3/21

Datum: Opis spremembe: Podpis:

Investitor: Republika Slovenija

Projektant: **Republika Slovenija**
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

Podizvajalec: **sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.**
projektiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
tel.: 01 300 76 00, fax.: 01 300 76 36

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Objekt: Odsek Ljubljana - Brezovica

Id. št.: lme:

Nadrt: MOST čez potok Mali Graben

Odg. vodja projekta: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.

Št. odseka: Arhivska številka: Faza/objekt:

Odg. projektant: G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.

Vrsta načrta: NAČRT GRADBENIH KONTRUKCIJ

Izdelal: G-9372 Matjaž Klopčič, gradb. teh.

Risba: PREČNI PREREZ B-B, C-C

Št. proge: 50

Št. odseka: IZN

Merilo: 1:50

Datum: julij 2019

Projekt št.: 3685

Nadrt št.: 3/21

Int. št.: 3685_3/21

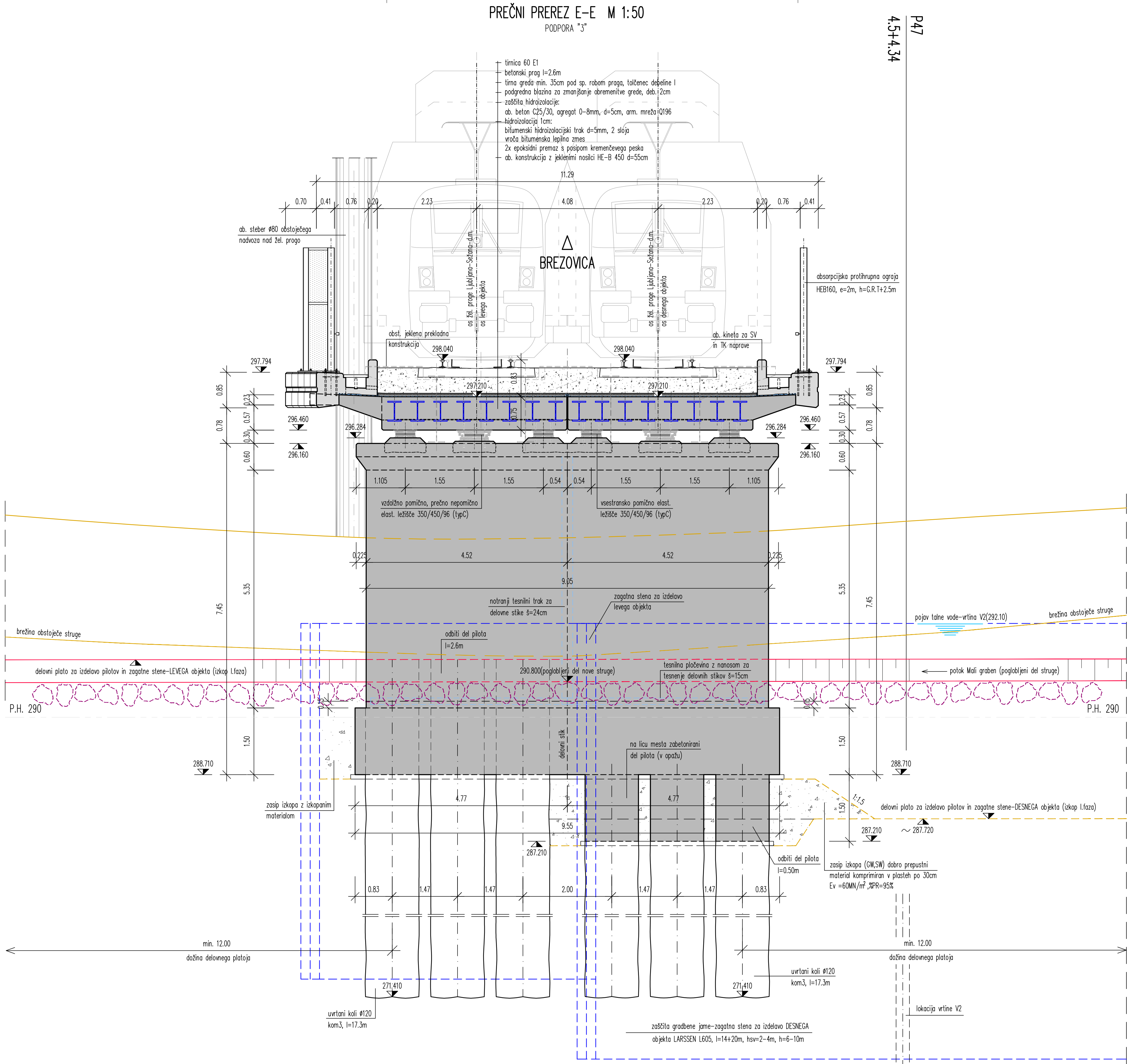
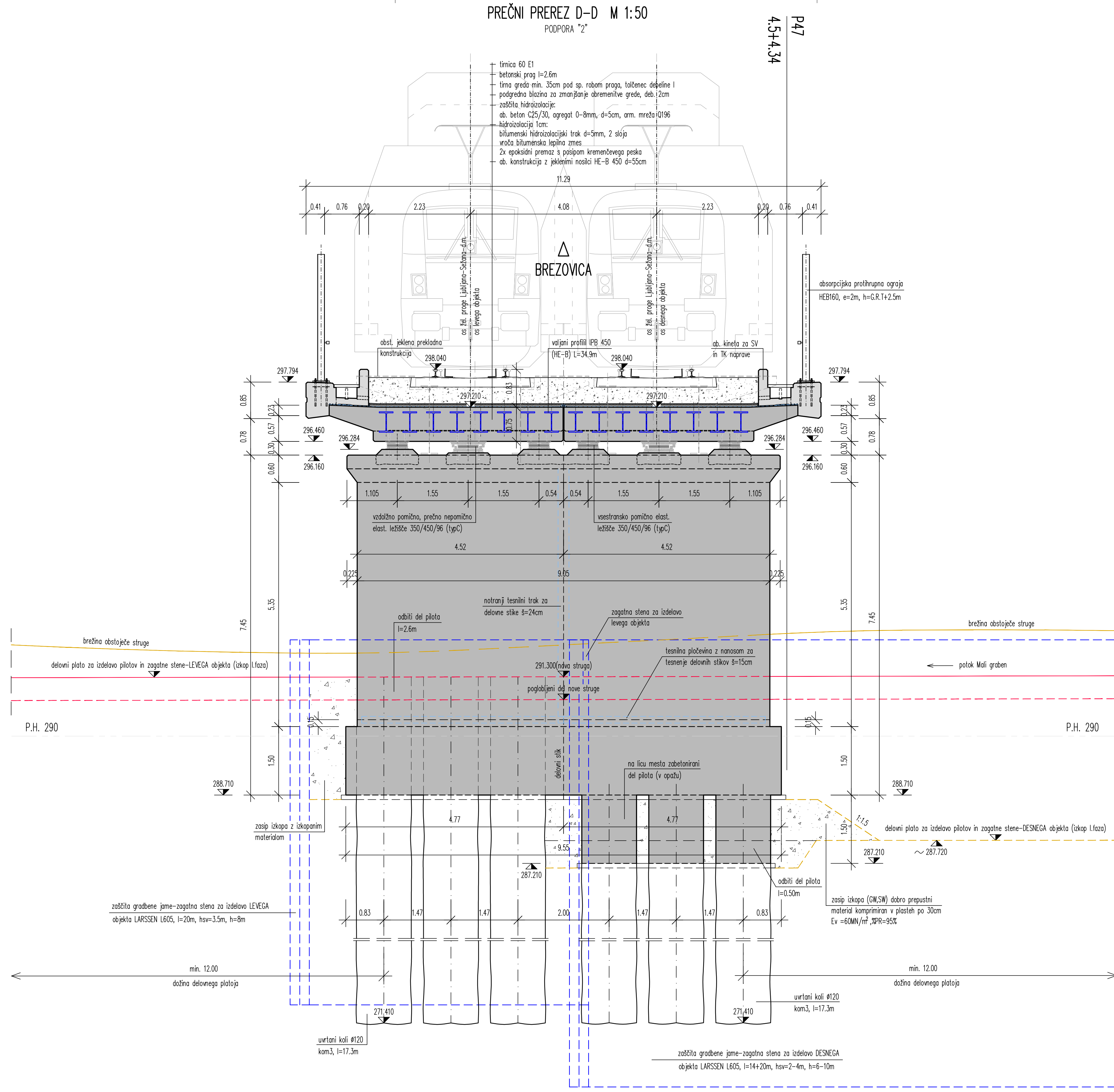
Št. odseka: ZG50

Arhivska številka: 0098

Faza/objekt: 007.2160.

Datum: G.239.1

5/1



KVALITETE BETONOV: (SIST EN 206-1, SIST 1026)

KONSTRUKCIJSKI ELEMENT	TLAČNA TRDNOST	STOPNJA IZPOSTAVLJENOSTI	VODOTESNOST
PODLOŽNI BETON IN CEM. STABILIZACIJA	C12/15		
AB. PILOTI	C30/37	XC2, XA2	podvodni beton
AB. GREDE NAD PILOTI	C30/37	XC2, XA2, XF1	vodotesni beton PV-II
AB. STENE PODPORNE KONSTRUKCIJE IN KRILA	C30/37	XC4, XD1, XF3	vodotesni beton PV-II
PREKLADNA KONSTRUKCIJA	C30/37	XC4, XD1, XF1	
AB. KINETA IN ROBNI VENEC	C30/37	XC4, XD1, XF3	vodotesni beton PV-II

POGOJI ZA IZVEDBO HIDROIZOLACIJE ZASUTIH POVRŠIN:

vodotesen beton (PV-II)
omejilev razpok na 0,20 mm
tesnilni trakovi v delovnih stikih

ARMATURA: B 500B

ZASUTINE PLASTI BETONA:
temelj in zasute površine 5,0cm
ostala konstrukcija 4,5cm

VSE OSTRE ROBOVE JE POTREBNO POSNETI S TRIKOTNO LETVICO 3/3cm oz. 5/5cm

GEOMEHANSKI PODATKI MERODAJNI ZA IZVEDBO TEMELJENJA SE NAHAJAJO V ELABORATU: 9/2 GEOLOŠKO-GEOMEHANSKO POROČILO

SITUACIJE OBSTOJEČIH KOMUNALNIH VODOV IN VSE PRESTAVITVE SO OBDELANE V NAČRTU: 3/30 UREDITEV KRIŽANJ KOMUNALNIH VODOV

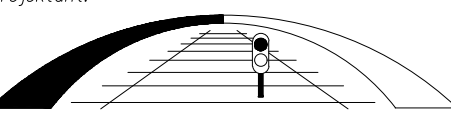
PREČNI PREREZ D-D, E-E

MERILO 1:50

3/21

Datum: _____ Opis spremembe: _____ Podpis: _____

Investitor:  **Republika Slovenija**

Projektant:  **sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.**
projekiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
tel.: 01 300 76 00, fax: 01 300 76 96

Podizvajalec: _____

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Objekt: Odsek Ljubljana - Brezovica

Nadst: MOST čez potok Mali Graben
v km 570+808.44

Id. št.: _____ Ime: _____

Ddg. vodjo projekta: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.

Ddg. projektanta: G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.

Izvajal: G-9372 Matjaž Klopčič, gradb. tehn.

VRSTA NAČRTA: NAČRT GRADBENIH KONSTRUKCIJ

Risaba: PREČNI PREREZ D-D, E-E

Št. proge: 50 Vrsta projekta: IZN Merilo: 1:50 Datum: julij 2019

Št. odseka: Arhivska številka: Faz/objekt: Slika risbe: Prostor za črtno kodo:

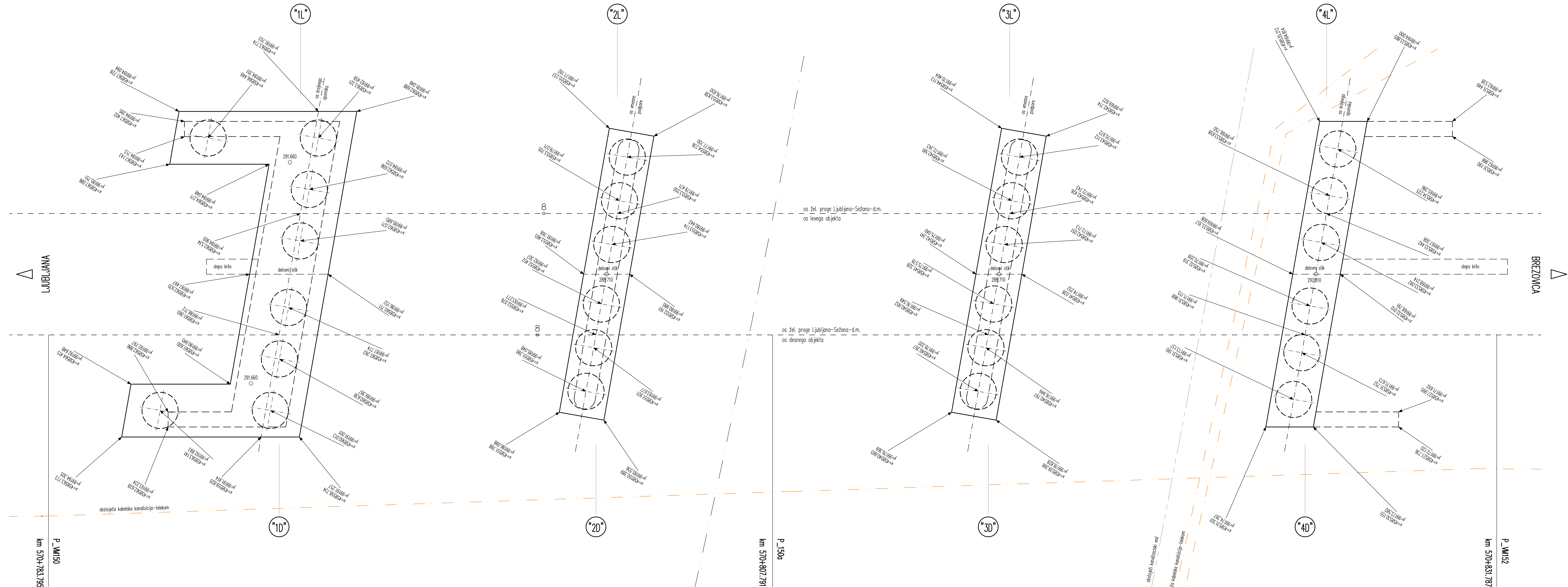
Projek. št.: 3685 Napr. št.: 3/21

Int. št.: 3685/3/21

Risaba št.: _____

ZG50 0098 007.2160. G.239.2

6/1



ZAKOLIČEVALNA RISBA

MERILO 1:50

3/21

Datum: _____ Opis spremembe: _____

Investitor:  Republika
Slovenija

Republika Slovenija
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

Projektant:  **sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.**
projektiranje, inženiring, svetovanje
 Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
 tel.: 01 300 76 00, fax.: 01 300 76 36

Podizvajalec.

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Objekt: Odsek Ljubljana - Brezovica

Id. §t.: *Ime*

Načrt: MOST čez potok Mali Grab
v km 570+808.44

Odg. vodja projekta: **G-2753 Boris Brilly** univ.dipl.inž.gradb.

Vrsta načrta: **NAČRT GRADBENIH KONTRUKCIJ**

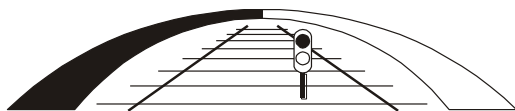
Izdelač: G-9372 Matjaž Klopčič, gradb. tehn.

Risba: **ZAKOLIČEVALNA RISBA**

Št. proge:	Vrsta projekta:	Merilo:	Datum:	Projekt št.:	Načrt št.:	Int. št.:
50	IZN	1:50	julij 2019	3685	3/21	3685_3/21
Št. odseka:	Črtnilna številka:	Črta/objekt:	Šifra črte:	Prostor za črtne kodo:		Bišča

ZG50	0098	007.2160.	G.206
------	------	-----------	-------

7/1



sž - projektivno podjetje ljubljana d.d.

projektiranje, inženiring, svetovanje

Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana

tel.: 01/ 300 76 00, fax.: 01/ 300 76 36

TEHNOLOGIJA GRADNJE

ZG50	0098	007.2160	G	
-------------	-------------	-----------------	----------	--

OBSTOJEČE STANJE

OBSTOJEČI NADVOZ

linija roba obstoječega nadvoza

LJUBLJANA

BREZOVICA

TEHNOLOGIJA GRADNJE OBSTOJEĆE STANJE

MERILO 1:100

3/21

Datum: _____ Opis spremembe: _____ Podpis: _____

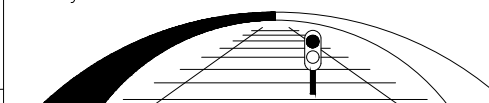
Investitor:



Republika
Slovenija

Republika Slovenija
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

Projektan



sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.
projektiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
tel.: 01 300 76 00, fax.: 01 300 76 36

Podizvajalec:

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica

Objekt: Odsek Ljubljana - Brezovica		Id. št.: Ime:	
Nadrt: MOST čez potok Mali Graben v km 570+808.44		Odg. vodja projekta: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.	
Datum:		Odra. projektant:	

Vrsta načrta:	načrta:	G-0043	Matjaž Klopčič, univ. dipl. inž. gradb.
Načrt gradbenih konstrukcij	Izdelal:	G-9372	Matjaž Klopčič, gradb. tehn.

Risba:						
TEHNOLOGIJA GRADNJE: OBSTOJEČE STANJE						
Št. prog:	Vrsta projekta:	Merilo:	Datum:	Projekt št.:	Načrt št.:	Int. št.:
50	IZN	1:100	julij 2019	3685	3/21	3685_3/21
Št. odseka:	Arhivna številka:	Faza/objekt:	Slika risbe:	Prostor za črtno kodo:	Risba št.:	

ZG50	0098	007.2160.	G.220.1	8/1
------	------	-----------	---------	-----

8/1

I. FAZA GRADNJE

I. FAZA GRADNJE

- zapora desnega tira (48 ur)-promet po levem tiru
- priprava ležišča za montažni jekleni provizorij na obst. oporniku (desni tir), 2x
- vgradnja jeklenega provizorija na desnem tiru l=14.8m, 2x
- preusmeritev prometa na desni tir-zapora levega tira (4.5 meseca)

II. FAZA GRADNJE

- odstranitev levega tira z drogovi VM ter prestavitve SV-TK naprav
- odstranitev obstoječe prekladne jeklene konstrukcije na levem tiru
- izvedba delovnih platform za izdelavo ob. kolov z zabiljem zagatne stene
- delna porušitev obstoječih opornikov
- izvedba vseh ob. kolov pod levim tirom

II. FAZA GRADNJE

TEHNOLOGIJA GRADNJE
I. FAZA , II. FAZA

MERILO 1:100

3/21

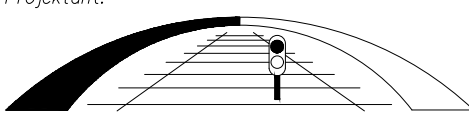
Datum: _____

Opis: sprememba: _____

Podpis: _____

Investitor:  **Republika Slovenija**

Republika Slovenija
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

Projektant: 

sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.
projektiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
tel.: 01 300 76 00, fax: 01 300 76 36

Podizvajalec: _____

Projekt: **Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica**

Objekt: **Odsek Ljubljana - Brezovica**

Načrt: **MOST čez potok Mali Graben v km 570+808.44**

Id. št.: Ime: **G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.**

Odgov. vodja projekta: **G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.**

Odgov. projektant: **G-9372 Matjaž Klopčič gradb. tehn.**

Odgov. izvedba: _____

Vrsta nadzora: **NAČRT GRADBENIH KONTRUKCIJ**

Risba: **TEHNOLOGIJA GRADNJE: I. FAZA, II. FAZA**

Št. proge: **50**

Št. odseka: **Arhivska številka:**

Št. proge: **IZN**

Merilo: **1:100**

Datum: **julij 2019**

Projekt št.: **3685**

Načrt št.: **3/21**

Int. št.: **3685_3/21**

Risba št.: _____

ZG50

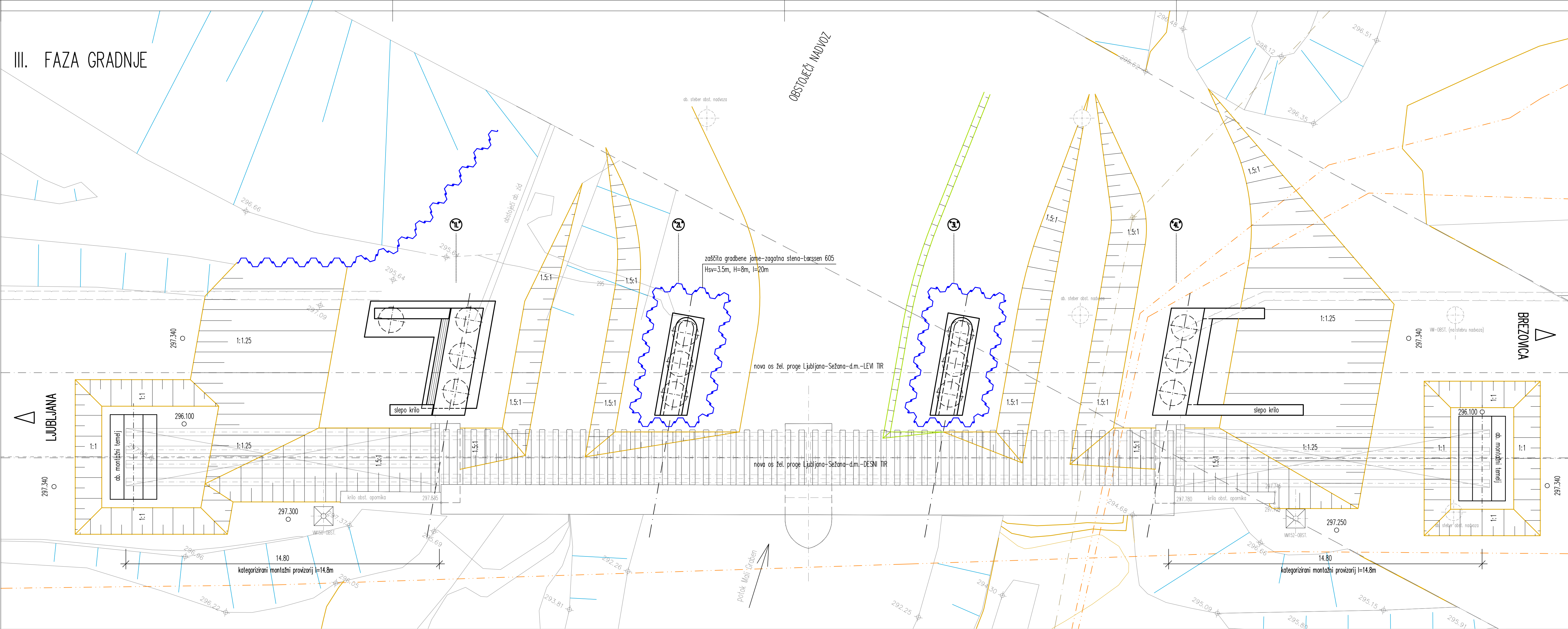
0098

007.2160.

G.220.2

9/I

III. FAZA GRADNJE



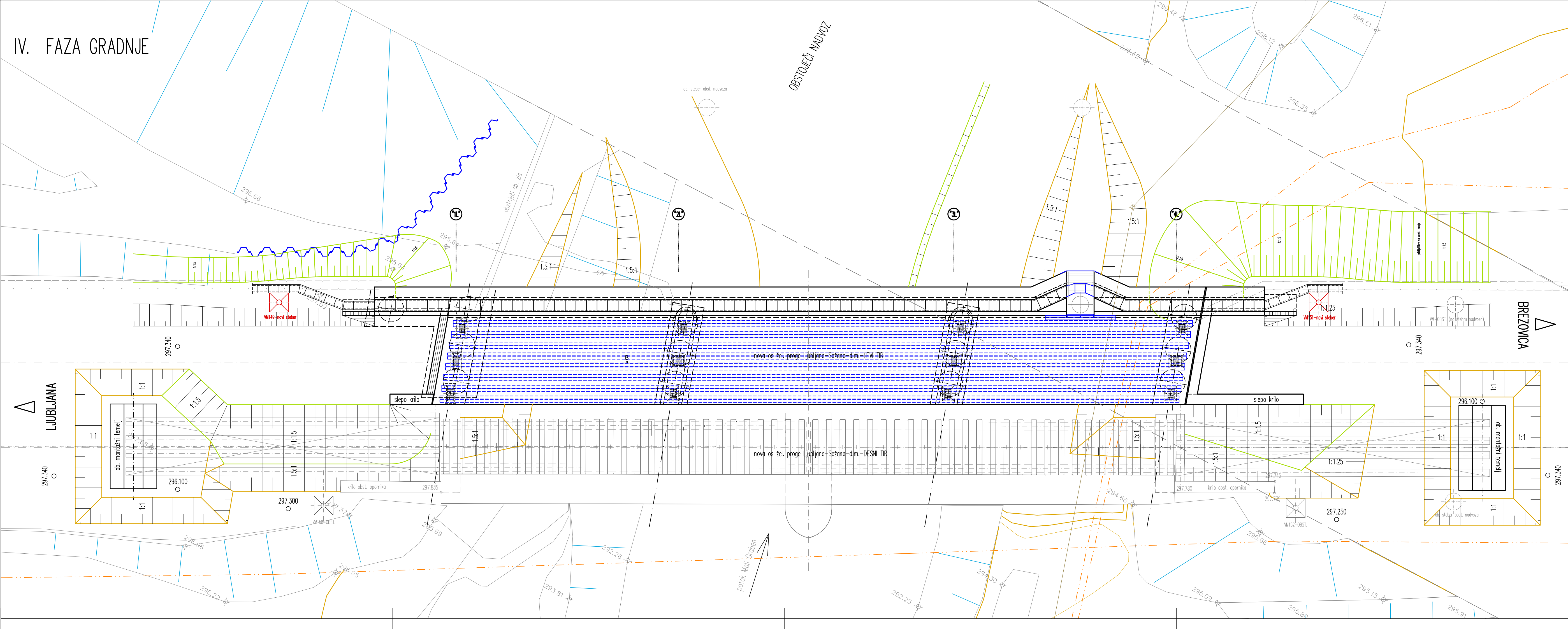
III. FAZA GRADNJE

- zaščita gradbene jame z zaščitno steno-larssen 605
- izkop gradbene jame do globine dna ab. grede podpore 1 in podpor 2, 3
- zasip gradbene jame do globine dna ab. grede podpore 4
- izvedba podpornega sistema novega objekta

IV. FAZA GRADNJE

- zasutje gradbene jame in izvlačenje zagatnic na lokaciji vmesnih podpor
- izvedba prekladne konstrukcije novega objekta
- zasip gradbene jame do višine planuma žel. proge pred podporo 1 in za podporo 4

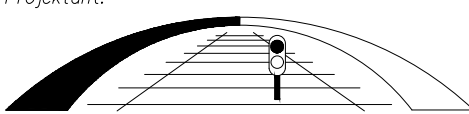
IV. FAZA GRADNJE



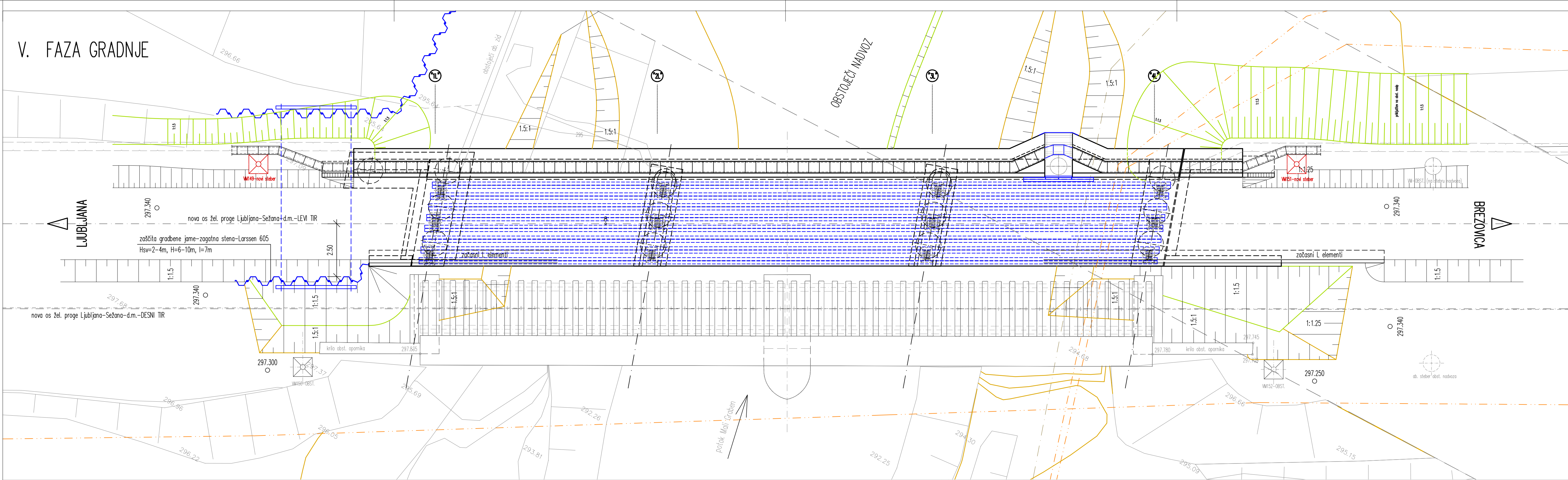
TEHNOLOGIJA GRADNJE
III. FAZA , IV. FAZA

MERILO 1:100

3/21

Datum:	Opis spremembe:	Podpis:
Investitor:	 Republika Slovenija	Republika Slovenija Ministrstvo za infrastrukturo Direkcija RS za infrastrukturo Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23
Projektant:		sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d. projektiranje, inženiring, svetovanje Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana tel.: 01 300 76 00, fax.: 01 300 76 36
Podizvajalec:		
Projekt:	Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica	
Objekt:	Odsek Ljubljana - Brezovica	
Nacr:	Št. proge: 50 Št. odseka: Arhivska številka: IZN	Id. št.: Ime: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb. Odg. vodja projekta: G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb. Odg. projektant: G-9372 Matjaž Klopčič gradb. tehn. Izdalci:
Vrsta nadzora:	NACRT GRADBENIH KONTRUKCIJ	
Risba:	TEHNOLOGIJA GRADNJE: III. FAZA, IV. FAZA	
Št. proge:	Št. odseka:	Št. risbe:
50	0098	3685
IZN	007.2160.	3/21
Julij 2019	G.220.3	3685_3/21
Prostor za črtno kodo:		Risba št.:
		10/I

V. FAZA GRADNJE



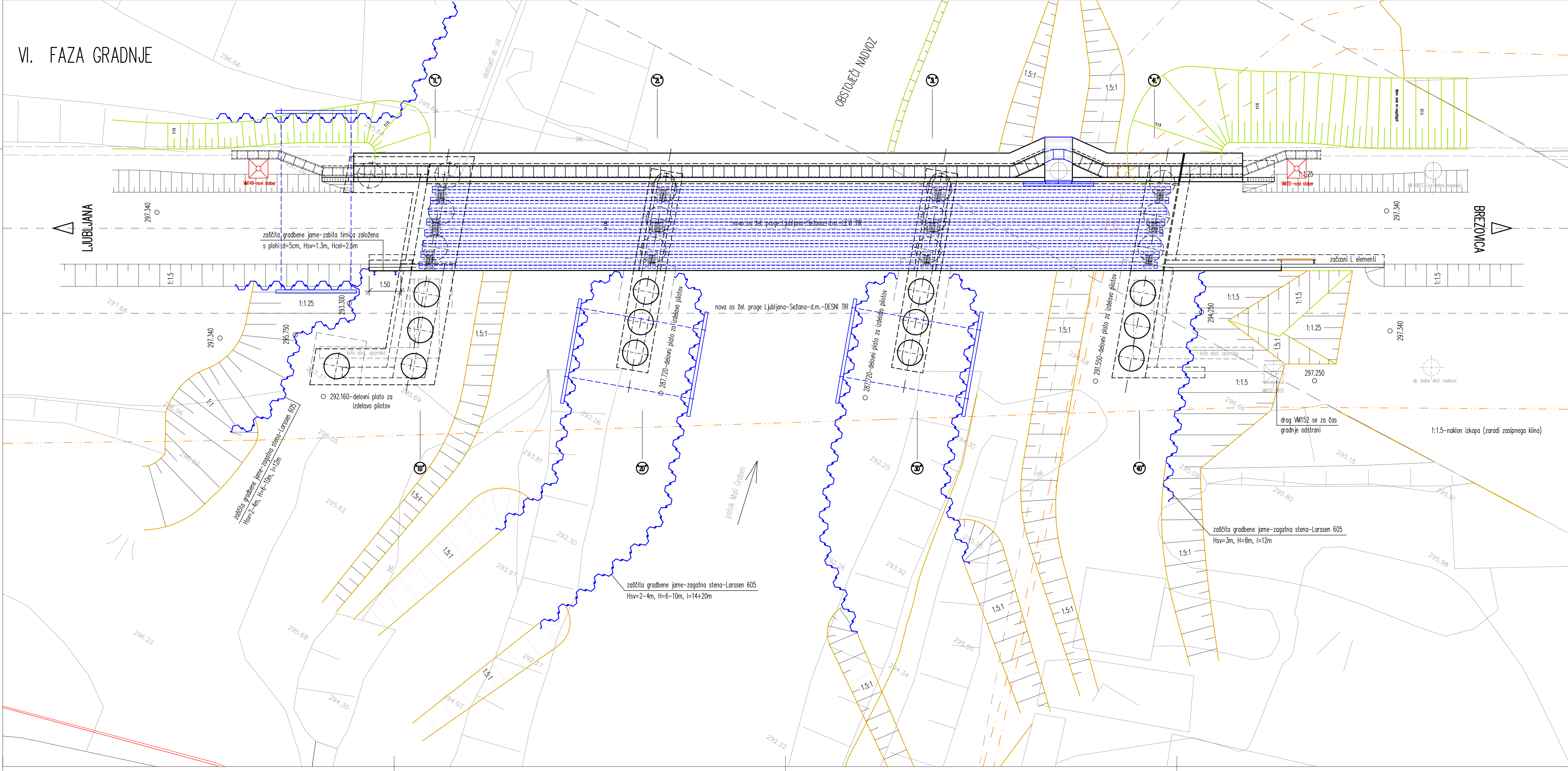
V. FAZA GRADNJE

- postavitve L elementov na objektu in izvedba novega levega tira
- vzpostavitev prometa po novem levem tiru – zapora desnega tira (4,5 meseca)
- izgradnja montažnega jeklenega provizorija s temelji iz desnega tira
- zabitje zagatnic v nadaljevanju slepega križa pri podpori 1 s sidranjem v zaledje (v medtirju, ob hkratnem odvijanju prometa na levem tiru)

VI. FAZA GRADNJE

- odstranitev desnega tira z drogovi VM in odstranitev preostale obstoječe prekladne jeklene konstrukcije
- delni izkop gradbene jame in zabitje zagatnic pri podpori 1
- izdelava zaščite gradbene jame z zagatnicami pri vmesnih podporah
- izvedba delovnih platojev za izdelavo ob. kolov z zabitjem zagatne stene pri podpori 4
- kompletna porušitev in odstranitev vsega preostalega dela obstoječih opornikov
- izvedba vseh ob. kolov pod desnim tirom

VI. FAZA GRADNJE



TEHNOLOGIJA GRADNJE
V. FAZA , VI. FAZA

MERILO 1:100

3/21

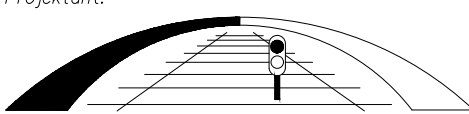
Datum: _____

Opis spremembe: _____

Podpis: _____

Investitor:  Republika Slovenija

Republika Slovenija
Ministrstvo za infrastrukturo
Direkcija RS za infrastrukturo
Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana
tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23

Projektant: 

sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d.
projektiranje, inženiring, svetovanje
Ukmarjeva ulica 6, SI - 1000 Ljubljana
tel.: 01 300 76 00, fax: 01 300 76 36

Podizvajalec: _____

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica					
Objekt: Odsek Ljubljana - Brezovica					
Načrt: MOST čez potok Mali Graben v km 570+808.44		Odg. vodja projekta: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.		Id. št.: Ime:	
Vrsta nadzora: NAČRT GRADBENIH KONTRUKCIJ		Odg. projektant: G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.		Odg. projektant: G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.	
Raba: Tehnologija gradnje: V. FAZA, VI. FAZA		Izdelal: G-9372 Matjaž Klopčič, gradb. tehn.		Izdelal: G-9372 Matjaž Klopčič, gradb. tehn.	
Št. proge: 50	Vrsta projekta: IZN	Merilo: 1:100	Datum: julij 2019	Projekt št.: 3685	Načrt št.: 3/21
Št. odseka: ZG50	Arhivska številka: 0098	Faza/objekt: 007.2160. G.220.4	Prostor za črtno kodo:	Proj. št.:	Int. št.: 3685_3/21
Raba št.:					11/1

- zasutje gradbene jame in izvlačenje zagatnic na lokaciji vmesnih podpor
- izvedba prekladne konstrukcije novega objekta pod desnim tirom
- zasip gradbene jame do višine planuma žel. proge pred podporo 1 in za podporo 4
- odstranitev vseh preostalih zaščit gradbenih jam
- izvedba desnega tira z VM in vzpostavitev prometa

[illegible]

3/21

Datum: _____		Opis spremembe: _____		Podpis: _____	
Investitor:		 Republika Slovenija		Republika Slovenija Ministrstvo za infrastrukturo Direkcija RS za infrastrukturo Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana tel.: 01 478 80 02, fax: 01 478 81 23	
Projektant:				sž - projektivno podjetje ljubljana, d.d. projektiranje, inženiring, svetovanje Ukrajinska ulica 6, SI - 1000 Ljubljana tel.: 01 300 76 00, fax: 01 300 76 36	
Podizvajalec:					

Projekt: Nadgradnja medpostajnega odseka Ljubljana - Brezovica							
Opis: Odsek Ljubljana - Brezovica							
Nadrt: MOST čez potok Mali Graben v km 570+808.44		Odg. vodja projekta: G-2753 Boris Brilly univ.dipl.inž.gradb.		Id. št.: Ime:			
		Odg. projektant nadrt: G-0045 mag. Ivo Bojc univ.dipl.inž.gradb.		Izdelo:			
Vrsta nadrt: NAČRT GRADBENIH KONTRUKCIJ							
Risa: TEHNOLOGIJA GRADNJE: VII. FAZA, VII. FAZA							
Št. prog: 50	Vrsta projekta: IZN	Merilo: 1:100	Datum: julij 2019	Projekt št: 3685	Nadrt št: 3/21	Int. št: 3685_3/21	
Št. odseka: Arhivsko število:	Faza/opis:	Slika risbe:	Prostor za črtno kodo:		Risba št:		
ZG50	0098	007.2160.	G.220.5				12/1