

6. Evaluatie m.b.v. E.E.M.-berekening

De evaluatie m.b.v. e.e.m.-berekeningen bestaat uit :

- controle van de handberekening d.m.v. maximale vervalbelasting op het model.
- controle van de torsie a.g.v. trekduwkrachten bij minimaal verval.

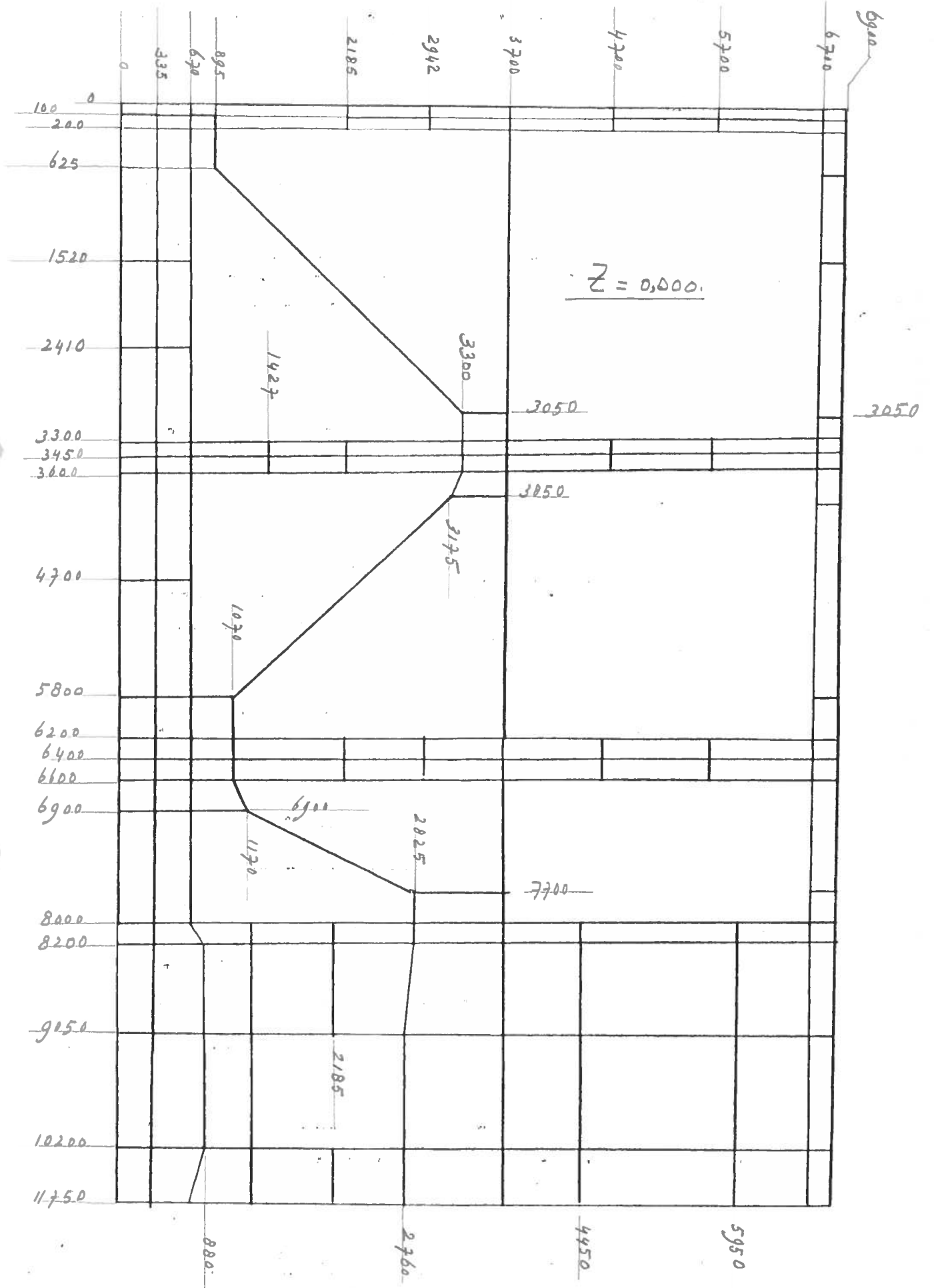
In de controle van de Handberekening kunnen t.o.v. de handberekening verschillen optreden a.g.v. :

- aanwezigheid van de middenvertikaal in het rekenmodel , terwijl deze niet in de handberekening is meegenomen,
- belasting op de beplating in het model betekent ook directe afdracht van de belasting via de verstijfde waterkerende beplating naar de harren. Hierdoor zullen de regels minder belast zijn als in de handberekening is aangenomen.
- meewerkende plaatbreedte in de handberekening is benaderd volgens voorschrift. In modelberekening exact bepaald door de verdeling van de belasting.
- In de handberekening is een andere werkende lengte van de regels aangenomen dan in het model wordt gegenereerd.

Als gevolg van bovenstaande punten en gezien het feit dat zowel de handberekening als de computerberekening zeer grof zijn opgezet. lijkt een verschil tussen beide berekeningsresultaten van 10 a 20 procent acceptabel.

Model :

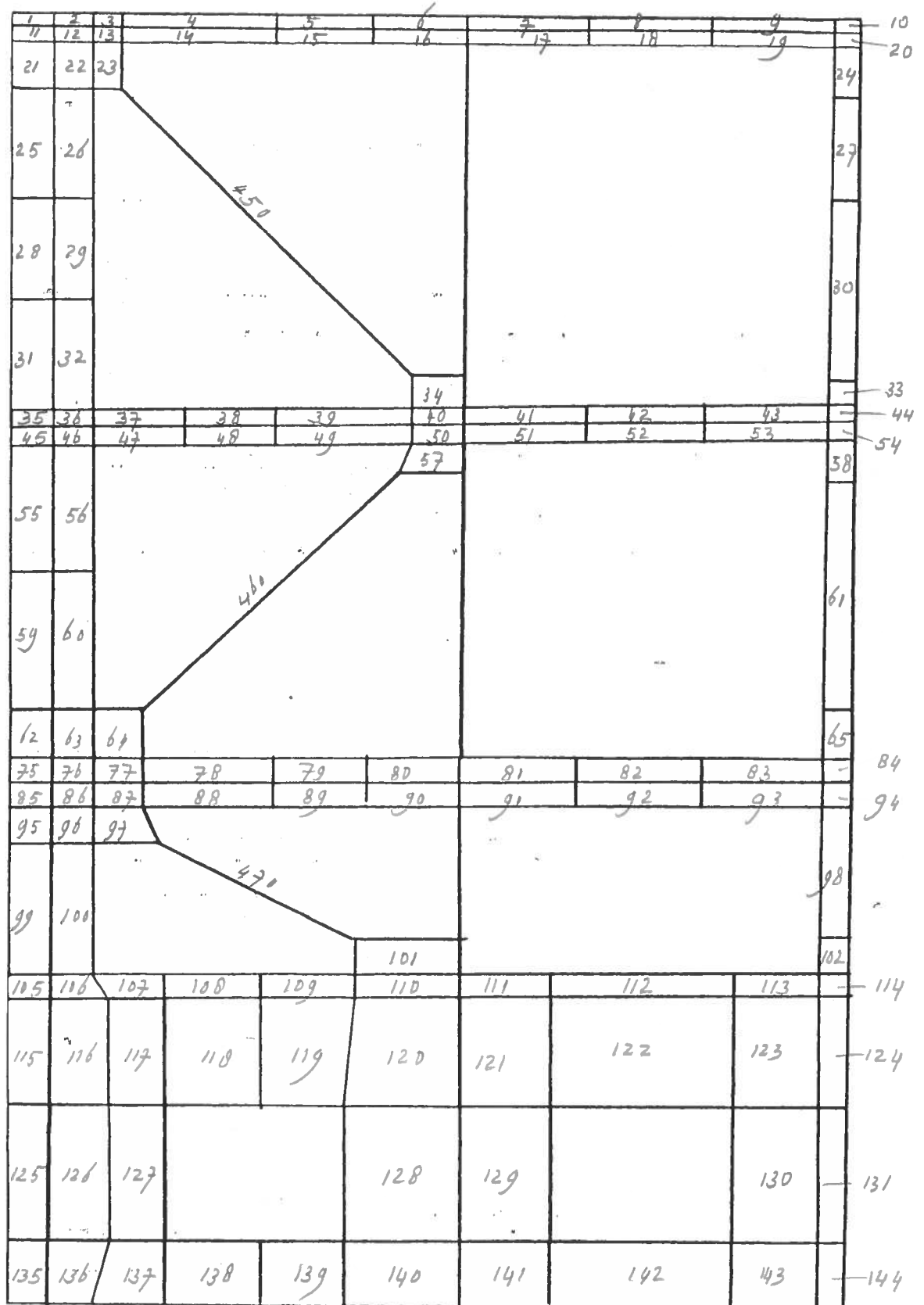
geometrie, knoop- en elementnummering

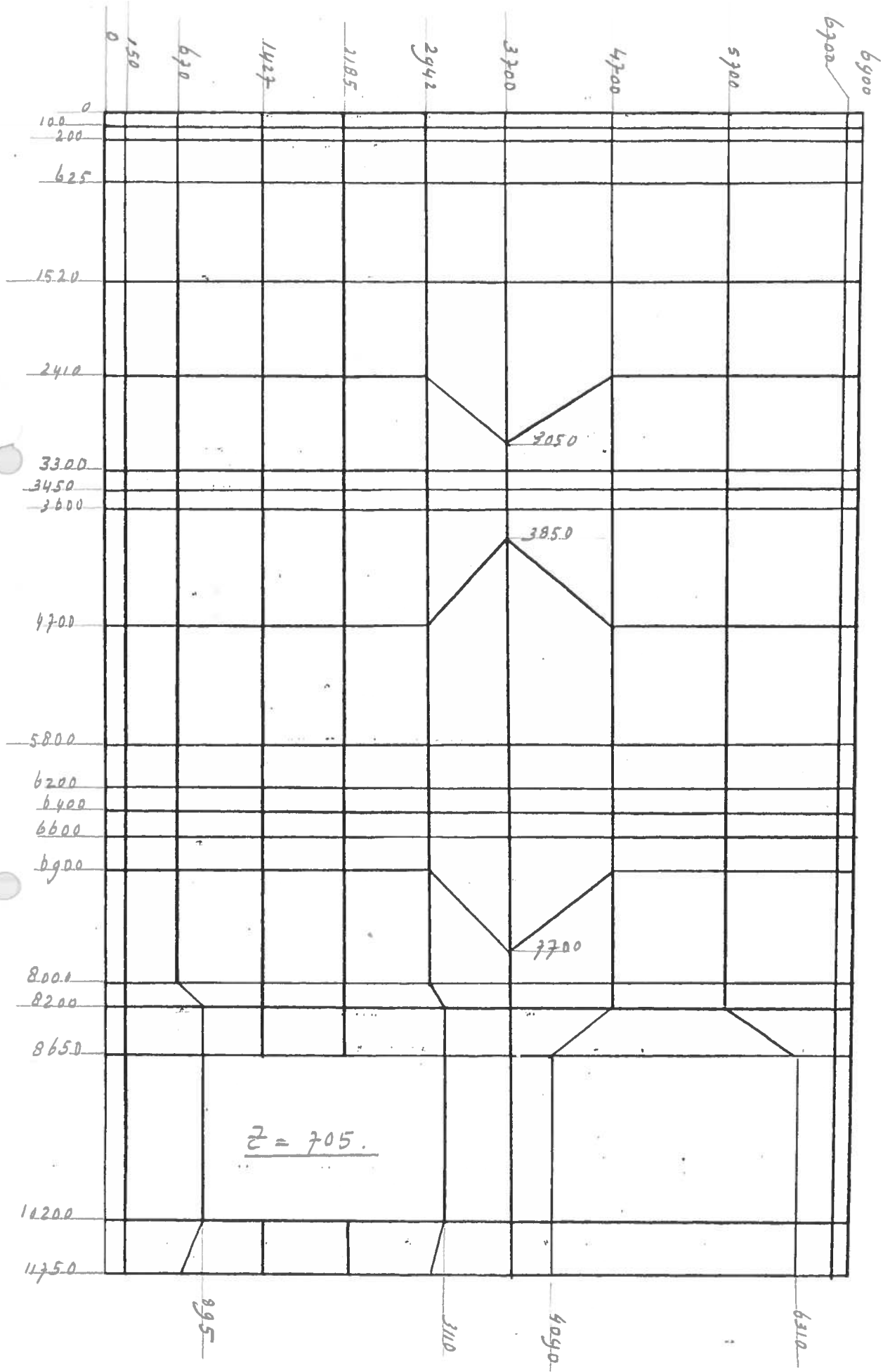


Классификация "орен зыде"

1	21	41	61	81	101	121	141	161	181	201
2	22	42	62	82	102	122	142	162	182	202
3	23	43	63	83	103	123	143	163	183	203
4	24	44	64			124			184	204
5	25	45				125			185	205
6	26	46								
7	27	47	65	84	105	126	144	164	186	206
8	28	48	66	85	106	127	145	165	187	207
9	29	49	67	86	107	128	146	166	188	208
					108	130			189	210
10	30	50								
11	31	51	68			131			191	211
12	32	52	69	87	109	132	147	167	192	212
13	33	53	70	88	110	133	148	168	193	213
14	34	54	71	89	111	134	149	169	194	214
15	35	55	72							
					112	135			195	215
16	36	56	73	90	113	136	150	170	196	216
17	37	57	74	91	114	137	151	171	197	217
18	38	58	75	92	115	138	152	172	198	218
19	39	59	76	93	116	139	153	173	199	219
20	40	60	77	94	117	140	154	174	200	220

element numbering "op. 1 zide"





Knopnummering "dichte zyde"

301	321	341	361	381	401	421	441	461	481	501
302	322	342	362	382	402	422	442	462	482	502
303	323	343	363	383	403	423	443	463	483	503
304	324	344	364	384	404	424	444	464	484	504
305	325	345	365	385	405	425	445	465	485	505
306	326	346	366	386	406		446	466	486	506
307	327	347	367	387	407	427	447	467	487	507
308	328	348	368	388	408	428	448	468	488	508
309	329	349	369	389	409	429	449	469	489	509
310	330	350	370	390	410		450	470	490	510
311	331	351	371	391	411	431	451	471	491	511
312	332	352	372	392	412	432	452	472	492	512
313	333	353	373	393	413	433	453	473	493	513
314	334	354	374	394	414	434	454	474	494	514
315	335	355	375	395	415		455	475	495	515
316	336	356	376	396	416	436	456	476	496	516
317	337	357	377	397	417	437	457	477	497	517
318	338	358	378	398	418	438	458	478	498	518
319	339	359	379	399	419	439	459	479	499	519
320	340	360	380	400	420	440	460	480	500	520

element nummering "dichte zijde"

201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350
351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370
371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
411	412				413	414		415	415
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430

21	600	321
22	550	322
23	601	323
24	602	324
25	603	325
26	604	326
27	605	327
28	560	328
29	606	329
30	607	330
31	608	331
32	609	332
33	570	333
34	610	334
35	611	335
36	612	336
37	580	337
38	613	338
39	590	339
40	614	340

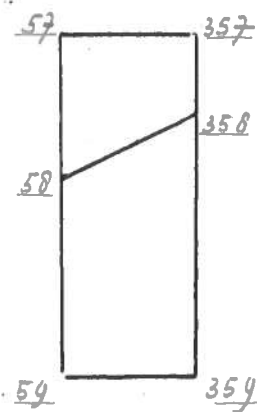
181	620	481
182	558	482
183	621	483
184	622	484
185	623	485
186	624	486
187	625	487
188	568	488
189	626	489
190	627	490
191	628	491
192	629	492
193	578	493
194	630	494
195	631	495
196	632	496
197	588	497
198	633	498
199	598	499
200	634	500

121	421
122	422
123	423
124	424
125	425
126	426
127	427
128	428
129	429
130	430
131	431
132	432
133	433
134	434
135	435
136	436

knoopnummering

haren en

tussenschot.



601	621
602	622
603	623
604	624
605	625
606	626
607	627
608	628
609	629
610	630
611	631
612	632
613	633
614	634
615	635
616	636
617	637
618	638
619	639

641	661
642	662
643	663
644	664
645	665
646	666
647	667
648	668
649	669
650	670
651	671
652	672
653	673
654	674
655	675
656	676
657	677
658	678
659	679

741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755

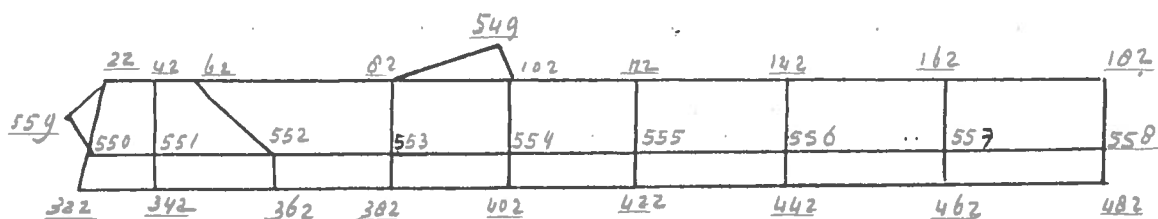
elementnummering

hoeken en midden-

vertikaal

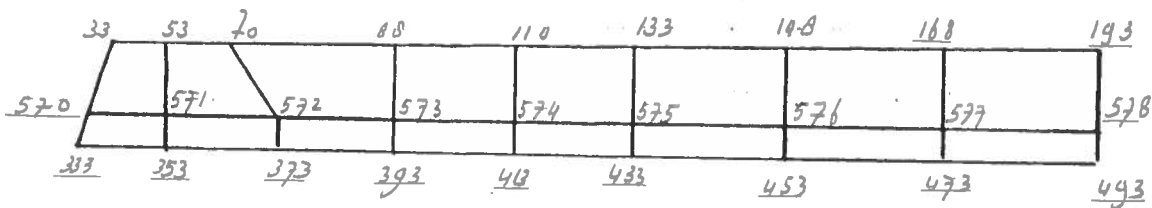
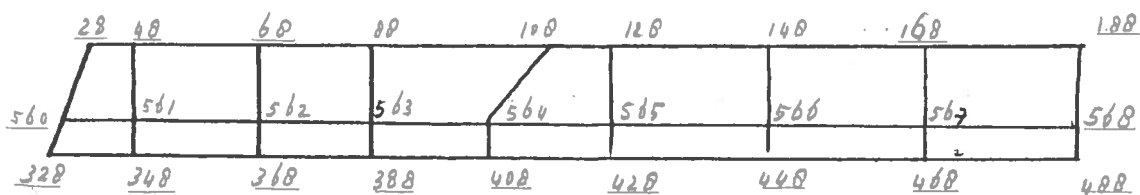


knoopnummering regels:



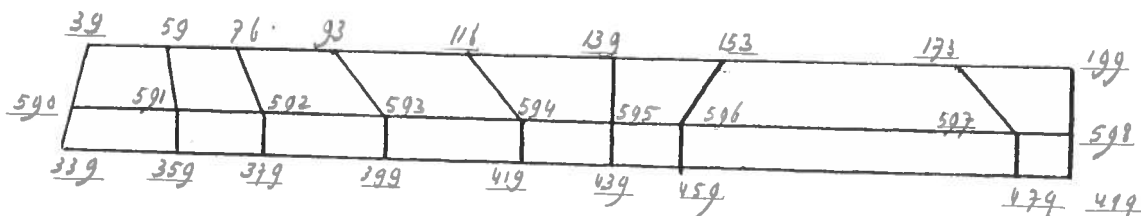
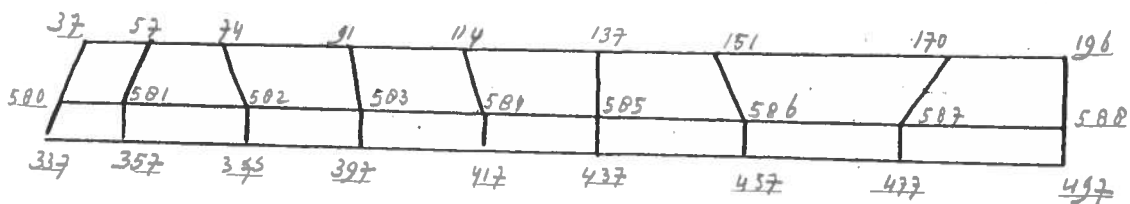
REGEL A.

REGEL B



REGEL C.

REGEL D



REGEL E.

40
635
634

ONDERDRAAI PUNT

516	510	501	502	513	504	505	506	507
517	508	509	510	511	512	513	514	515

element numbering: 12345

520	521	522	523	524	525	526	527
528	529	530	531	532	533	534	535

540	541	542	543	544	545	546	547
548	549	550	551	552	553	554	555

560	561	562	563	564	565	566	567
568	569	570	571	572	573	574	575

580	581	582	583	584	585	586	587
588	589	590	591	592	593	594	595

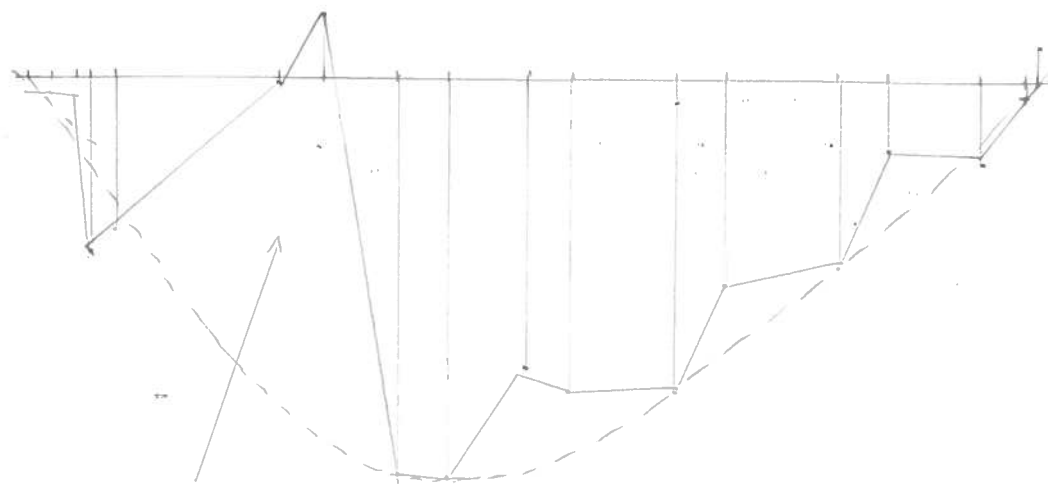
596
597

Evaluatie modelberekeningen :

regel A :

de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen be-
paald :

paard		2	3	4	5	6	7	8	9	10									
		22	23	24	25	26	27	28	29	30									
b	1/2	2	-4	-3	-27	11	-22	-18	32	-48	-58	-37	-43	-26	-26	-4	-10	3	2
b	3/4	-6	0	-4	-22	26	14	15	-14	-57	-48	-36	-39	-27	-23	-7	-12	-7	13
o	1/2	5	-11	-2	-23	15	22	-18	34	-43	-60	-41	-42	-26	-27	-10	-11	3	2
o	3/4	-13	4	-1	-20	25	18	-17	-13	-59	-42	-35	-42	-29	-23	-8	-13	-7	1
b	1/2																		
b	3/4																		
o	1/2																		
o	3/4																		
gemidd.		-2	-1	-3	-23	-19	-1	9	-52	-52	-37	-41	-41	-27	-25	-9	-11	-2	5

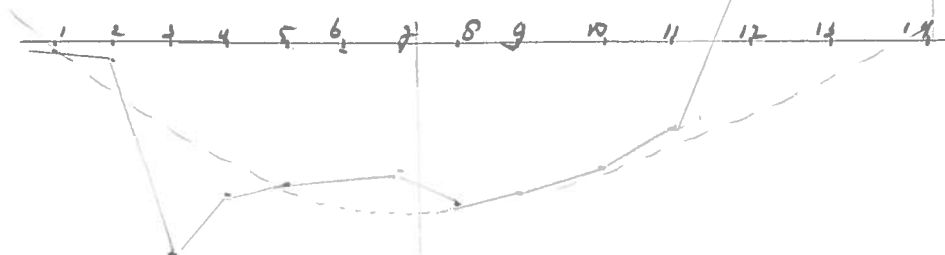


EFFECT A.G.V. TREK-OUW-STANG.

regel B :

de spanningen in de beplating vertoont een zaagtand-beeld met lo-
kaal aanzienlijke amplitudes. Door gemiddelde spanningen te nemen
over 4 elementen hoog en geen specifiek onderscheid te maken tus-
sen de bovenzijde en de onderzijde van de beplating zijn toch be-
trekkelijk nauwkeurige vergelijkingen met de handberekening hieruit
te verkrijgen.

	263	264	265	266	267	268	269							
	273	274	275	276	277	278	278							
	283	284	285	286	287	288	289							
	303	304	305	306	307	308	309							
boven int.p. 1/2	1	-6	-5	15	19	-8	30	-17	45	-35	7	-6	20	-20
boven int.p. 3/4	2	-6	-4	19	5	9	-23	38	-30	42	-17	13	-21	-13
onder int.p. 1/2	4	1	-4	12	19	-9	37	-28	25	-13	3	3	13	-14
onder int.p. 3/4	-3	2	-7	21	5	10	-40	59	-11	+23	-13	9	-15	-7
boven int.p. 1/2	23	-30	68	-48	61	-46	114	-97	76	-63	82	-87	18	-49
boven int.p. 3/4	-39	25	-39	66	-56	+68	-88	107	-63	78	-86	81	-52	15
onder int.p. 1/2	34	-43	70	-54	86	-70	94	-80	91	-77	66	-59	-9	-24
onder int.p. 3/4	-52	36	-45	69	-79	94	-70	87	-76	93	-58	55	-67	-12
boven int.p. 1/2	31	-42	115	-86	136	-119	130	-112	91	-74	107	-112	23	-60
boven int.p. 3/4	-24	20	-103	124	-107	125	-117	136	-76	91	-104	100	-64	33
onder int.p. 1/2	62	-78	142	-113	134	-119	97	-79	122	-105	65	-67	-83	-31
onder int.p. 3/4	-60	52	-130	150	-107	123	-83	110	-116	121	-59	58	19	-35
boven int.p. 1/2	-28	27	14	20	-10	27	8	9	11	3	-37	34	12	-33
boven int.p. 3/4	42	-29	46	-34	13	-48	6	6	11	4	81	-76	-57	66
onder int.p. 1/2	-26	25	12	4	-16	32	24	-9	-4	17	-33	31	13	-34
onder int.p. 3/4	39	-27	48	-35	19	-65	-13	20	22	-7	77	-72	-58	68
gem per snede :	.4	1.4	11.3	8.1	7.7	.3	6.6	8.6	8.0	6.0	4.4	-6.0	-17.0	-8.0
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14



σ_{midden}

$$8.6 + \left(\frac{0.4 - 8.0}{2} \right) = 12.4 \text{ N/mm}^2$$

regel B :

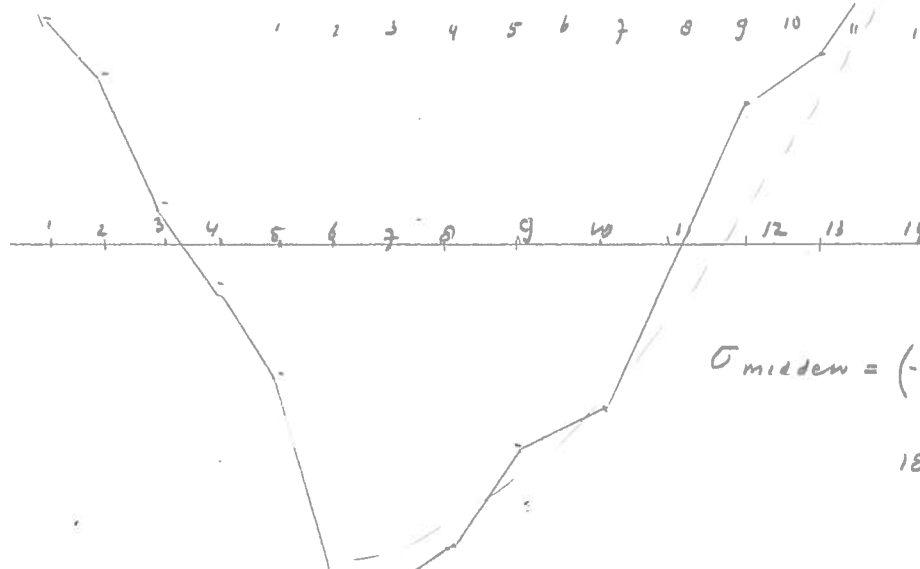
de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen be-
paald :

	36	37	38	39	40	41	42	43	44									
	46	47	48	49	50	51	52	53	54									
b 1/2	26	-42	-99	-47	-61	-99	-93	-79	-55	-62	-106	-93	82	69	-26	-36	4	6
b 3/4	-26	10	-59	-99	-88	-66	-78	-88	-66	-72	-91	-103	75	80	-34	-31	-6	9
o 1/2	24	-30	-87	-62	-68	-90	-90	-83	-62	-46	-96	-99	89	67	-27	-43	-3	-1
o 3/4	-14	8	-73	-82	-79	-82	-82	-85	-60	-78	-98	-98	73	86	-37	-50	-11	1
b 1/2	16	-31	-70	-86	-73	-76	-88	-77	-68	-75	-90	-96	76	78	-33	-32	6	-6
b 3/4	-51	35	-75	-73	-76	-68	-76	-90	-69	-56	-102	-101	78	73	-52	-35	3	4
o 1/2	32	-43	-84	-75	-77	-71	-81	-87	-74	-67	-92	-102	84	74	-34	-36	2	-7
o 3/4	-62	51	-64	-83	-70	-73	-86	-83	-61	-63	-108	-95	74	79	-36	-36	2	-8
gemidd.	-7	-5	-76	-75	-74	-77	-84	-84	-64	-64	-99	-98	-78	-75	-32	-38	0	-1

regel C :

de spanningen in de beplating vertoont een zaagtand-beeld met lo-
kaal aanzienlijke amplitudes. Door gemiddelde spanningen te nemen
over 4 elementen hoog en geen specifiek onderscheid te maken tus-
sen de bovenzijde en de onderzijde van de beplating zijn toch be-
trekkelijk nauwkeurige vergelijkingen met de handberekening hieruit
te verkrijgen.

	323	324	325	326	327	328	329							
	343	344	345	346	347	348	348							
	353	354	355	356	357	358	359							
	363	364	365	366	367	368	369							
boven int.p. 1/2	-21	22	-3	8	2	9	51	-39	-1	11	-24	20	40	-49
boven int.p. 3/4	-14	3	7	-6	-19	34	-15	34	17	-6	-24	12	-22	3
onder int.p. 1/2	-9	8	-3	7	10	1	18	-7	+34	-24	-40	40	35	-44
onder int.p. 3/4	-28	15	7	-7	-27	42	16	13	-18	30	-24	-5	-18	-24
boven int.p. 1/2	53	-72	71	-69	131	-114	104	-84	116	-107	88	-104	41	-71
boven int.p. 3/4	-68	-35	-90	91	-101	121	-89	114	-101	116	-110	92	-80	29
onder int.p. 1/2	78	-97	-89	89	114	-98	121	-101	104	-93	78	-91	-56	-26
onder int.p. 3/4	-93	59	109	-91	-84	104	-107	131	-89	105	-96	81	-36	+19
boven int.p. 1/2	15	-47	73	-73	73	-54	91	-68	83	-68	67	-86	70	-60
boven int.p. 3/4	-44	25	-70	68	-63	78	-67	82	-73	84	-84	61	-51	14
onder int.p. 1/2	40	-76	70	-72	71	-56	98	-75	78	-63	57	-73	26	-31
onder int.p. 3/4	-73	50	-69	65	-66	79	-74	90	68	79	-69	56	-21	+19
boven int.p. 1/2	-16	55	-69	-4	17	-6	10	2	11	6	-4	-11	-21	-7
boven int.p. 3/4	21	-28	-10	6	-19	7	-14	15	-8	7	8	-21	-8	-3
onder int.p. 1/2	-14	-3	5	-9	17	-6	2,8	11	9	-4	-8	-7	-22	-8
onder int.p. 3/4	17	-27	-17	12	-2	6	3	5	-3	2	12	-25	-9	-5
	-7,1	-4,5	-1,0	1,0	3,4	9,2	9,3	7,7	5,1	4,1	-8,1	-3,5	-5,1	-15,1
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14



$$\sigma_{\text{midden}} = \left(\frac{-7,1 - 15,1}{2} \right) 17,7 = 18,8 \text{ N/mm}^2$$

regel C :

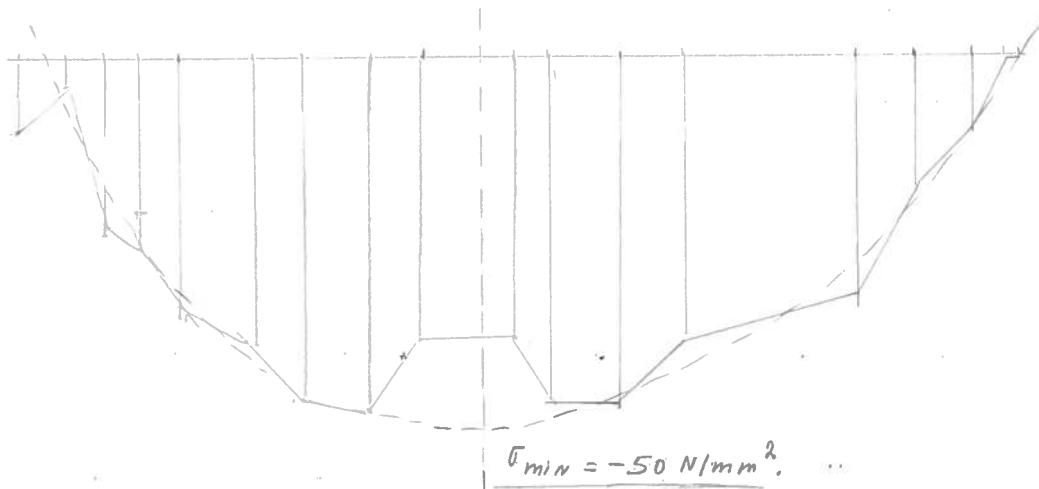
de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen bepaald :

	76	77	78	79	80	81	82	83	84									
	86	87	88	89	90	91	92	93	94									
b 1/2	-37	24	-7	-31	-75	-60	-83	-89	-89	-93	-93	-87	-73	-84	-41	-20	2	-3
b 3/4	-6	11	-16	-42	-61	-67	-86	-93	-101	-94	-90	-90	-85	-78	-28	-36	5	1
o 1/2	-37	24	-9	-25	-64	-66	-89	-82	-84	-98	-97	-83	-71	-89	-46	-28	-2	-11
o 3/4	-6	11	-10	-43	-68	-56	-79	-98	-107	-89	-86	-103	-90	-76	-28	-41	-1	-4
b 1/2	22	-17	-4	-7	-66	-57	-99	-83	-94	-108	-104	-82	-77	-86	-34	-24	5	2
b 3/4	-9	1	-2	-19	-52	-65	-85	-100	-111	-101	-92	-103	-84	-78	-22	-28	5	6
o 1/2	21	-15	-4	-1	-57	-63	-98	-82	-96	-106	-103	-90	-80	-83	-35	-25	-11	-3
o 3/4	-8	0	4	-22	-57	-56	-83	-99	-109	-102	-98	-107	-85	-81	-23	-29	-7	-5
gemidd.	-2	4	-6	-23	-62	-62	-87	-91	-98	-99	-95	-95	-81	-82	33	30	1	-1

regel D :

de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen be-
paald :

paard :		106	107	108	109	110	111	112	113	114									
		116	117	118	119	120	121	122	123	124									
b	1/2	-7	0	-19	-21	-25	-42	-63	-49	-32	-51	-57	-63	-42	-45	-37	5	0	-3
b	3/4	-9	-6	-27	-24	-40	-31	-48	-51	-50	-42	-62	-50	-35	-36	1	-35	-7	4
p	1/2	-1	-2	-15	-23	-33	-33	-54	-56	-37	-45	-53	-74	-60	-28	-27	-10	3	1
o	3/4	-11	-1	-30	-18	-30	-38	-56	-42	-45	-47	-67	-46	-18	-54	-13	-26	-4	7
b	1/2	-3	-14	-28	-25	-46	-29	-48	-40	-56	-24	-63	-35	-50	-18	-19	-15	1	-6
b	3/4	-25	3	-20	-23	-31	-49	-26	-44	-10	-30	-2	-45	-16	-46	-14	-7	-6	3
o	1/2	-4	-14	-31	-23	-43	-30	-51	-34	-59	-24	-10	-34	-42	-25	-16	16	8	-3
o	3/4	-25	1	-18	-26	-31	-47	-19	-48	-10	-33	-1	-41	-22	-40	-16	-5	-4	5
gemidd.		-10	-4	-24	-23	-35	-37	-45	-46	-37	-37	-45	-46	-36	-33	-17	-10	-1	-1



regel D :

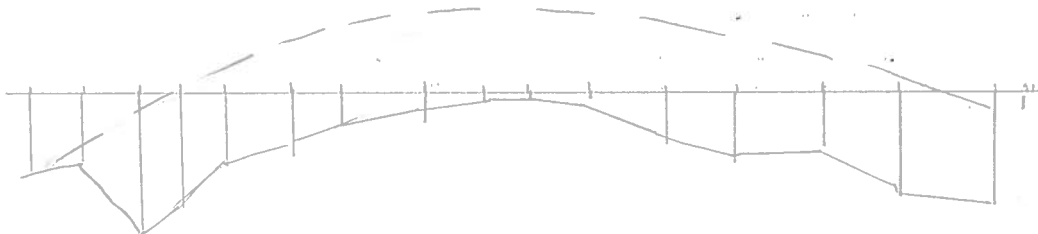
de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen bepaald (beplatingzijde) :

	372	373	374	375	376	377	378	379	380									
	382	383	384	385	386	387	388	389	390									
	392	393	394	395	396	397	398	399	400									
b 1/2	6	-3	-33	29	-13	6	-17	17	-17	14	-18	17	-46	33	-19	3	4	-6
b 3/4	-15	12	-4	-23	14	-31	4	-10	17	-21	17	-23	18	-37	3	-24	-9	5
o 1/2	1	-3	-38	26	-13	5	-16	16	-22	19	17	-14	-46	32	-5	-5	5	-5
o 3/4	-15	11	-1	-28	13	-32	1	-9	25	-30	9	-16	18	-37	-6	-15	-8	5
b 1/2	-15	-16	15	-48	3	-24	14	-25	2	-4	21	-30	-10	-9	-4	-19	2	-8
b 3/4	-27	-22	-51	5	-34	11	-14	6	-12	10	-23	15	-18	-3	-23	-20	-1	12
o 1/2	2	-28	12	-50	-4	-18	8	-17	16	-21	5	-15	-4	-13	-17	-12	8	-13
o 3/4	-37	-7	-53	1	-29	4	-6	-10	-29	24	-8	0	-27	4	-16	-28	-15	13
b 1/2	-27	-17	-24	-30	-1	-24	3	-12	18	-19	-1	-8	14	-36	-23	-16	7	2
b 3/4	4	-21	-30	-20	-30	-5	-16	5	-18	14	-10	-6	-35	10	-32	-37	3	-2
o 1/2	-24	-16	-21	-35	-1	-26	7	-14	14	-17	-1	-13	12	-30	-31	-38	4	1
o 3/4	5	-16	-35	-17	-31	-5	-18	8	-16	8	-20	-5	-31	9	-3	-15	1	-6
gemidd.	-11	-10	-21	-15	-10	-8	-4	-4	-2	-2	-1	-8	-10	-7	-15	-16	+2	-1

HOOFDSE SPANNINGEN

A.G.V. GATEN.

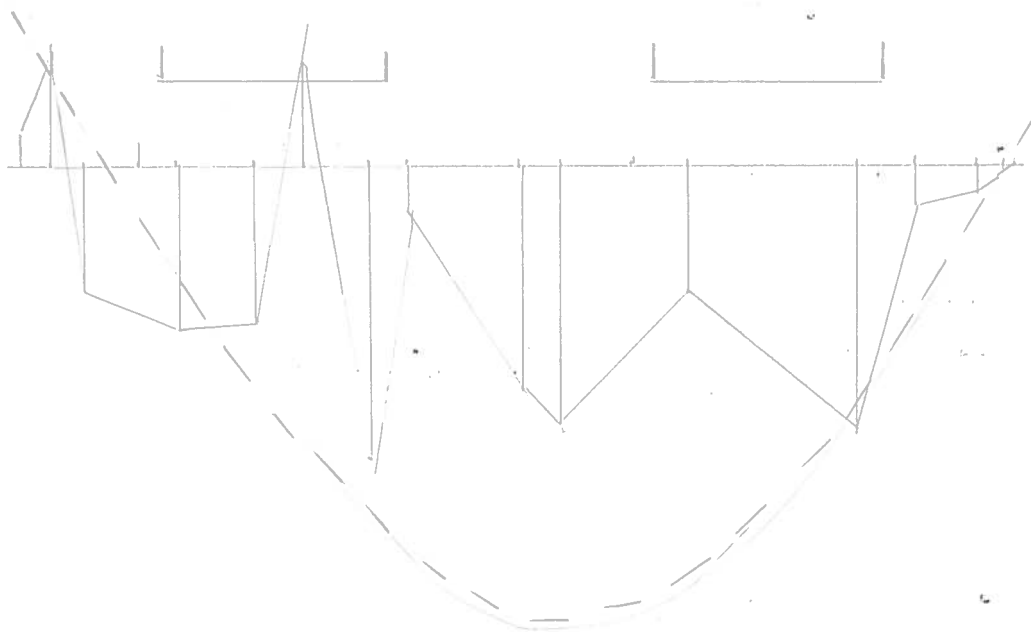
$\pm 11 \text{ N/mm}^2$



regel E :

de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen be-
paald :

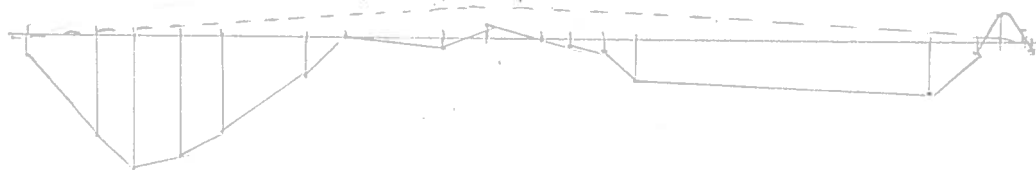
paaid :		136	137	138	139	140	141	142	143	144									
b	1/2	9	-5	3	-19	-4	-45	-16	-35	23	-62	22	-63	-10	-30	6	-6	5	-3
b	3/4	-1	39	-40	22	-38	7	75	-48	-26	8	-90	66	-22	-73	-1	1	-6	4
o	1/2	12	-7	14	-23	-3	-51	4	-67	10	-42	8	-51	-13	-25	1	-4	4	-4
o	3/4	-3	42	-44	12	-44	8	-4	-13	21	-17	-77	52	-17	-10	-15	-4	-7	3
gemidd.		4	17	-16	3	-22	-10	14	-40	-5	-30	-34	1	-16	-33	-5	-3	-1	0



regel E :

de spanningen in de flenzen zijn in onderstaande tabellen bepaald (beplatingzijde):

	422		423		424		425		426		427		428		429		430	
b 1/2	-22	-5	-24	-27	-2	-16	-3	3	5	6	4	12	-6	-7	-10	-5	2	-1
b 3/4	16	-25	-15	-7	-23	+8	3	-6	3	-3	-8	-10	-3	-4	6	12	2	-1
o 1/2	-21	-3	-15	-33	-9	-12	-1	1	2	7	8	14	-8	-9	-8	-3	3	-6
o 3/4	14	-25	-19	0	-19	0	2	-3	2	-7	-8	-14	-5	-6	8	14	2	0
gemidd.	-3	-14	-10	-16	-13	-5	0	-2	+3	0	-1	-2	-6	-7	-1	4	2	-1



De vergelijking vindt plaats d.m.v. de beschouwing van de regels A t/m E en wel in het midden t.p.v. de flens als aan de beplatingszijde.

De rekenresultaten zijn hieronder in tabelvorm weergegeven.

		handber.	compber
regel A	bep1	18.1	-
	A fl.	-69.1	54.
regel B	bep1	11.3	12.
	B fl.	-98.7	-99.
regel C	bep1	17.6	19.
	C fl.	-124.6	-100.
regel D	bep1.	11.5	11.
	D fl.	-55.3	-50.
regel E	bep1	19.2	6.
	E fl.	-106.6	-61.

De invoer van de krachten v/d trekduwstang is in het model d.m.v. twee staven met oneindige stijfheid (afh. rel. simulerend) gebeurd. Dit geeft t.o.v. de handberekening een numeriek gering, maar procentueel aanzienlijk verschil. Aan de onderzijde (regel E) verstoren de doorstroombaten met de aanwezige schotten het spanningsbeeld aanzienlijk. Ook hier ontstaan afwijkingen t.o.v. de handberekening. De resultaten van regel B t/m D komen zeer goed overeen met de handberekening. De afwijkingen t.p.v. A en E zijn verklaarbaar.

Konklusie : de handberekening en de computerberekening komen, zeker gezien de grofheid van modellering en de aannamen t.a.v. het statische systeem in de handber. boven verwachting goed met elkaar overeen. Het model is m.a.w. goed geschikt om een torsie-analyse hiermee uit te voeren.

Torsie controle.

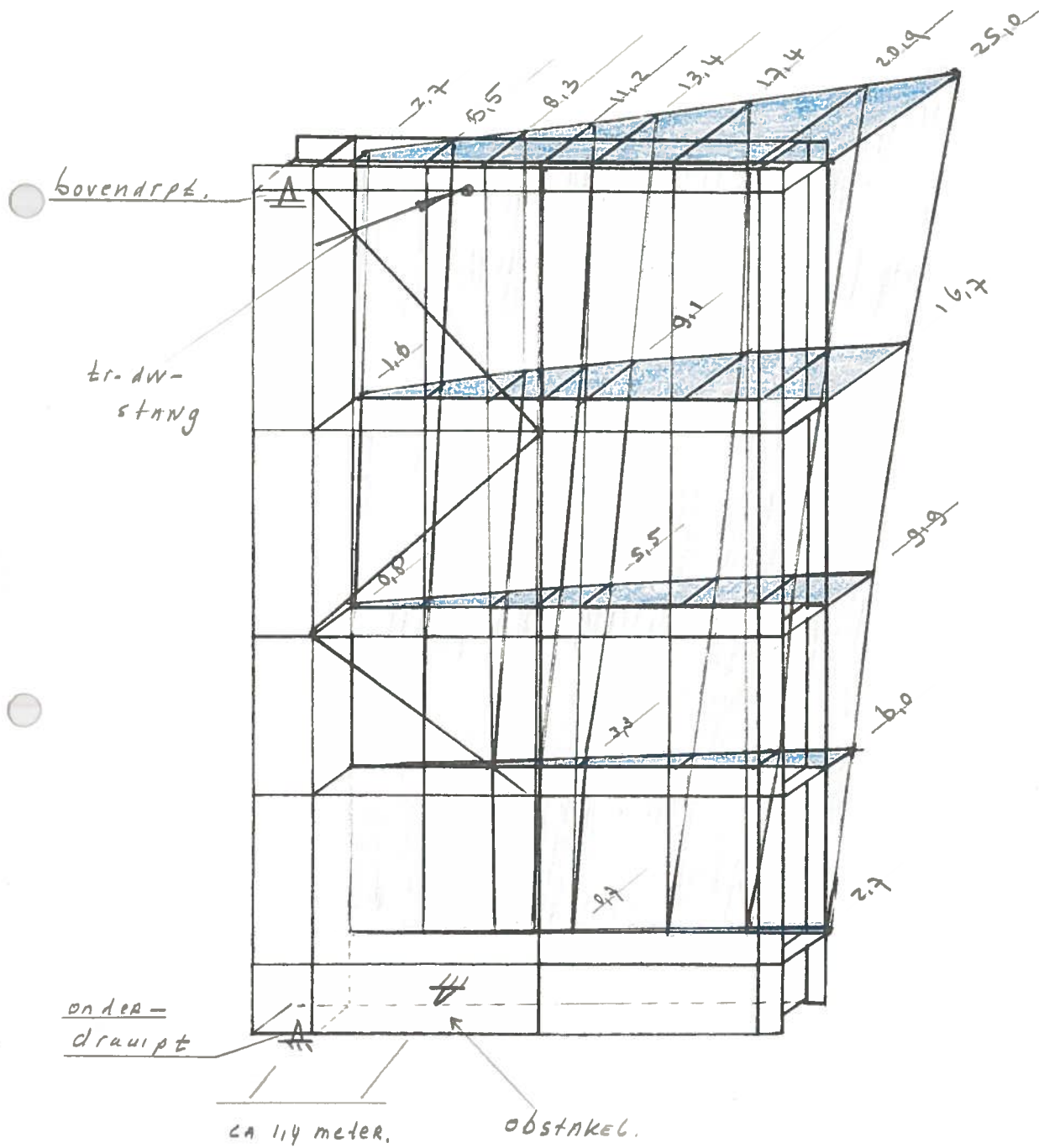
De controle van de torsie gebeurt met het zelfde computer model. Het gedrag van de deur t.a.v. torsie wordt d.m.v. verplaatsingen weergegeven.

Als belasting wordt de kracht van de trek-duwtang op het model aangebracht, in de situatie dat er zich een obstakel o.d. onderzijde op $\pm 1,4$ meter van het draaipunt bevindt:

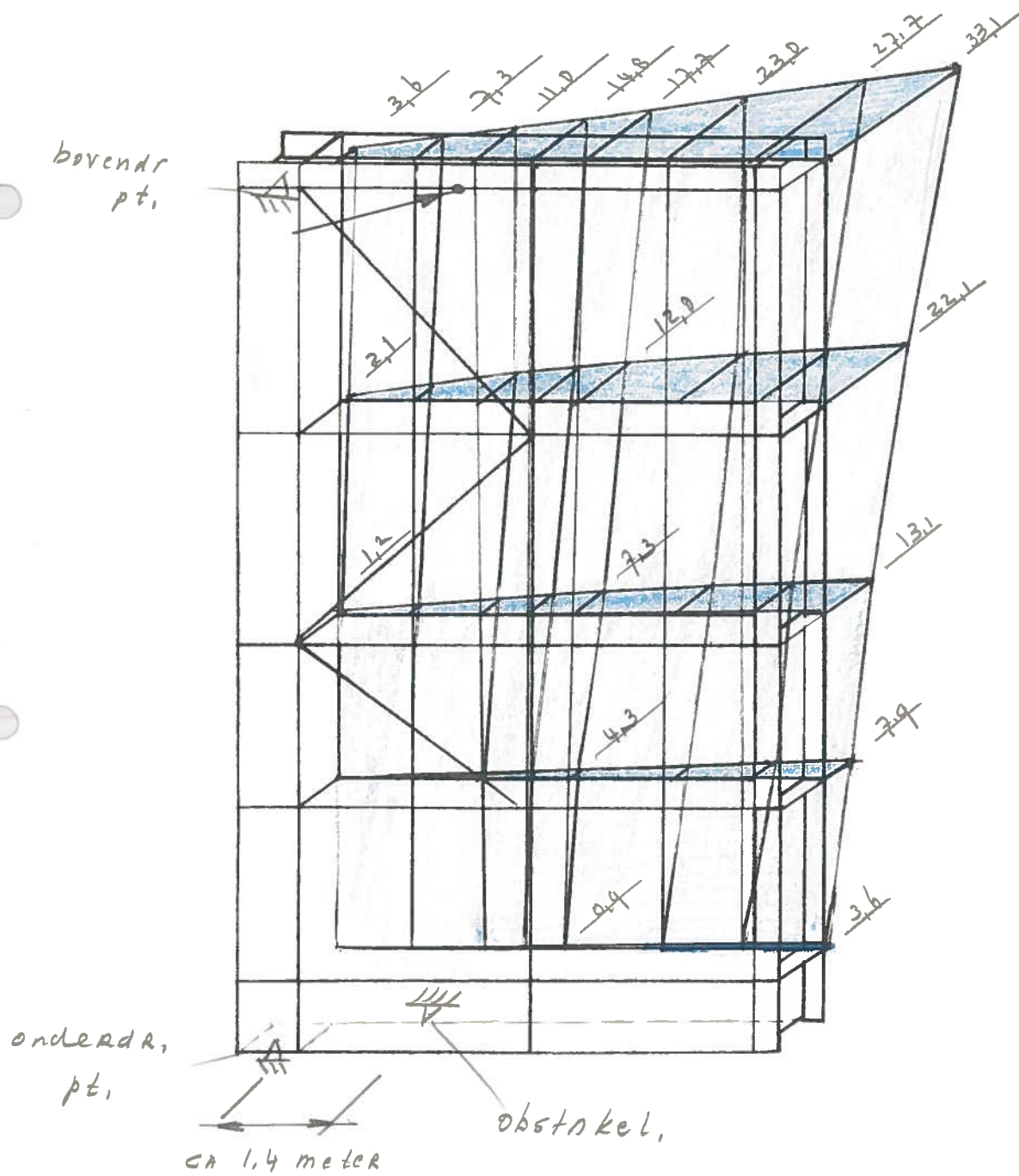
Op de volgende bladzijden zijn de verplaatsingen o.g.v. i

normaal bedrijf	$F = 132 \text{ kN}$
extreem bedrijf	$F = 175 \text{ kN}$

verplantingen tijdens normaal bedrijf



verplaatsingen tijdens "extreem" bedrijf



Konklusie :

De betrekkelijk kleine verplaatsingen in loodrechte richting op de deur duiden op een styve deur. De verplaatsingen geven aan, dat de keuze om alleen aan één zijde v.d. deur een verband aan te brengen de juiste is. De spanningen in alle plaatvelden en profielen is zeer laag ($< 25 \text{ N/mm}^2$). De konstruktie voldoet ruimschoots.