



Politechnika Wroclawska
Instytut Inżynierii Lądowej
Zakład Statyki i Bezpieczeństwa
Budowli

Wydział Budownictwa
Lądowego i Wodnego
Rok II
piątek (NP) 9¹⁵-11⁰⁰



ćwiczenie laboratoryjne ze Statyki Budowli 1

Linie wpływu w hiperstatycznych urządzeniach prętowych

rok akademicki:
2000/2001

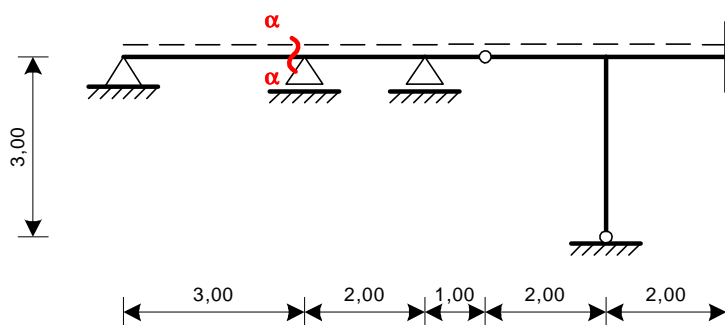
opracował:
Janusz Tadla
prowadzący:
dr inż. Stanisław Biernat

1. Opis zadania laboratoryjnego.

Dla zadanego układu ramowego hiperstatycznego (rysunek nr 1):

- ↪ dokonano analizy kinematycznej (zbadano geometryczną niezmiennosc i statyczną wyznaczalnosc);
- ↪ dobrano układ podstawowy metody sił;
- ↪ sporządzono linie wpływu wszystkich reakcji podporowych i sił przekrojowych w zaznaczonym przekroju $\alpha-\alpha$.

Rozpatrywany układ ramowy:



Rys.1.

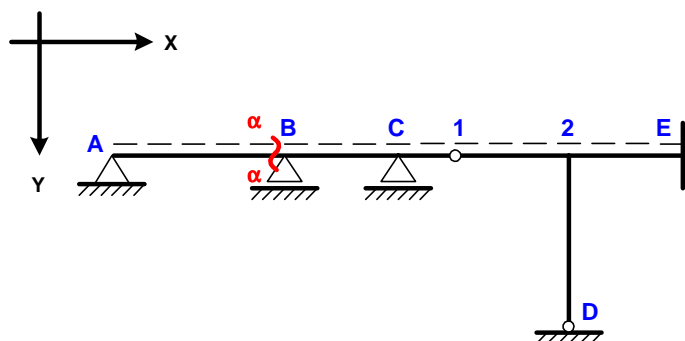
2. Analiza kinematyczna.

Oznaczenia punktów oraz przyjęty układ współrzędnych przedstawia rysunek nr 2.

Warunek ilościowy:

- ilość tarcz: 2
- ilość więzi: 11

$$n = e - 3t = \\ = 11 - 6 = 5$$



Rys. 2.

Warunek jakościowy:

Tarcza 12ED jest w punkcie D sztywno połączona z fundamentem, czyli tworzy z nim jedną tarczę. Wówczas dla tarczy ABC1 wystarczy fakt, że jest ona połączona więzią (np. w punkcie B) z ostoją oraz przegubem z tarczą 12ED (i przegub nie leży na osi więzi B), aby stwierdzić, że jest ona także nieruchoma.

Ostateczny wniosek:

**Rama jest geometrycznie niezmienna (GN)
i pięciokrotnie statycznie niewyznaczalna.**

3. Użyty program oraz parametry obliczeniowe.

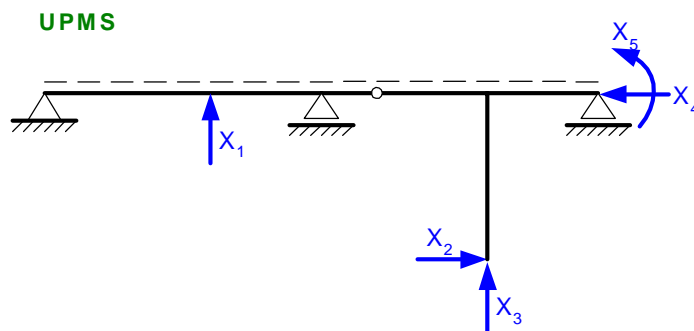
Do obliczeń użyto programu komputerowego „Pręty - płaskie układy prętowe” v 2.0 1991, 92, 93.

Przyjęto następujące parametry obliczeniowe:

- ↪ Sztywność osiowa $EA = 10^6$
- ↪ Sztywność giętna $EJ = 1$
- ↪ Podział toru przebiegu obciążenia:
 - dla przedziału 0 - 3 m => punkty co $1/4 = 0,25$ m
 - dla przedziału 3 - 10 m => punkty co $1/8 = 0,125$ m

4. Układ podstawowy metody sił.

Przyjęto układ podstawowy metody sił przestawiony na rysunku nr 3.



Zgodnie z przyjętym UPMS wielkościami hiperstatycznymi są reakcje podporowe:

- ↪ $X_1 = R_B$
- ↪ $X_2 = H_D$
- ↪ $X_3 = V_D$
- ↪ $X_4 = H_E$
- ↪ $X_5 = M_E$

Rys.3.

5. Wyniki obliczeń komputerowych.

5.1. Numeryczne wyniki obliczeń komputerowych.

Wyniki obliczeń komputerowych zestawiono w poniższej tabeli. Kolumna schemat wskazuje nazwę pliku oraz numer schematu statycznego, z którego odczytano wartości wielkości statycznych.

l.p.	x [m]	H _A [-]	V _A [-]	R _B = X ₁ [-]	R _C [-]	H _D = X ₂ [-]	V _D = X ₃ [-]	H _E = X ₄ [-]	V _E [-]	M _E = X ₅ [m]	N _α [-]	T _α [-]	M _α [m]	plik/ /schemat
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	6,0060E-32	1,0000E+00	1,7568E-29	-1,2162E-29	-3,0030E-31	2,7027E-30	-2,4024E-31	-1,3513E-30	9,0089E-31	-6,0060E-32	0,0000E+00	0,0000E+00	LW01 / s1
2	0,25	2,2366E-04	8,9150E-01	1,4875E-01	-4,5291E-02	-1,1183E-03	1,0065E-02	-8,9465E-04	-5,0323E-03	3,3549E-03	-2,2366E-04	-1,0850E-01	-7,5500E-02	LW06 / s1
3	0,5	4,3794E-04	7,8407E-01	2,9476E-01	-8,8682E-02	-2,1897E-03	1,9707E-02	-1,7518E-03	-9,8535E-03	6,5690E-03	-4,3794E-04	-2,1593E-01	-1,4779E-01	LW01 / s2
4	0,75	6,3345E-04	6,7874E-01	4,3528E-01	-1,2827E-01	-3,1672E-03	2,8505E-02	-2,5338E-03	-1,4252E-02	9,5016E-03	-6,3345E-04	-3,2126E-01	-2,1378E-01	LW06 / s2
5	1	8,0080E-04	5,7686E-01	5,6757E-01	-1,6216E-01	-4,0040E-03	3,6036E-02	-3,2032E-03	-1,8018E-02	1,2012E-02	-8,0080E-04	-4,2314E-01	-2,6943E-01	LW01 / s3
6	1,25	9,3062E-04	4,7864E-01	6,8887E-01	-1,8845E-01	-4,6531E-03	4,1878E-02	-3,7225E-03	-2,0939E-02	1,3959E-02	-9,3062E-04	-5,2136E-01	-3,1408E-01	LW06 / s3
7	1,5	1,0135E-03	3,8598E-01	7,9645E-01	-2,0524E-01	-5,0676E-03	4,5608E-02	-4,0541E-03	-2,2804E-02	1,5203E-02	-1,0135E-03	-6,1402E-01	-3,4206E-01	LW01 / s4
8	1,75	1,0401E-03	2,9966E-01	8,8750E-01	-2,1062E-01	-5,2005E-03	4,6204E-02	-4,1604E-03	-2,3402E-02	1,5601E-02	-1,0401E-03	-7,0034E-01	-3,5102E-01	LW06 / s4
9	2	1,0010E-03	2,2072E-01	9,5946E-01	-2,0270E-01	-5,0050E-03	4,5045E-02	-4,0040E-03	-2,2522E-02	1,5015E-02	-1,0010E-03	-7,7928E-01	-3,3784E-01	LW01 / s5
10	2,25	8,8683E-04	1,5023E-01	1,0094E+00	-1,7958E-01	-4,4341E-03	3,9907E-02	-3,5473E-03	-1,9953E-02	1,3302E-02	-8,8683E-04	-8,4977E-01	-2,9931E-01	LW06 / s5
11	2,5	6,8819E-04	8,9245E-02	1,0346E+00	-1,3936E-01	-3,4409E-03	3,0968E-02	-2,7528E-03	-1,5484E-02	1,0230E-02	-6,8819E-04	-9,1076E-01	-2,3227E-01	LW01 / s6
12	2,75	3,9571E-04	3,8816E-02	1,0324E+00	-8,0131E-02	-1,9785E-03	1,7807E-02	-1,5828E-03	-8,9034E-03	5,3560E-03	-3,9571E-04	-9,6118E-01	-1,3355E-01	LW06 / s6
13	3	6,0060E-31	1,7568E-29	1,0000E+00	4,6622E-29	3,0030E-30	-2,7027E-29	2,4024E-30	2,4024E-30	-9,0089E-30	-6,0060E-31	-1,0000E+0	5,2704E-29	LW01 / s7
14	3,125	-2,3754E-04	-1,4780E-02	9,7178E-01	4,8346E-02	1,1877E-03	-1,0689E-02	9,5017E-04	5,3447E-03	-3,5631E-03	2,3754E-04	-1,4780E-02	-4,4340E-02	LW06 / s7
15	3,25	-4,9268E-04	-2,6605E-02	9,3597E-01	1,0172E-01	2,4634E-03	-2,2171E-02	1,9707E-03	1,1085E-02	-7,3901E-03	4,9268E-04	-2,6605E-02	-7,9815E-02	LW06 / s8
16	3,375	-7,5486E-04	-3,5684E-02	8,9322E-01	1,5945E-01	3,7743E-03	-3,3968E-02	3,0194E-03	1,6984E-02	-1,1323E-02	7,5486E-04	-3,5684E-02	-1,0705E-01	LW06 / s9
17	3,5	-1,0135E-03	-4,2230E-02	8,4417E-01	2,2086E-01	5,0676E-03	-4,5608E-02	4,0541E-03	2,2804E-02	-1,5203E-02	1,0135E-03	-4,2230E-02	-1,2669E-01	LW01 / s8
18	3,625	-1,2581E-03	-4,6453E-02	7,8948E-01	2,8528E-01	6,2905E-03	-5,6614E-02	5,0324E-03	2,8307E-02	-1,8871E-02	1,2581E-03	-4,6453E-02	-1,3936E-01	LW06 / s10
19	3,75	-1,4780E-03	-4,8564E-02	7,2978E-01	3,5204E-01	7,3902E-03	-6,6512E-02	5,9122E-03	3,3256E-02	-2,2170E-02	1,4780E-03	-4,8564E-02	-1,4569E-01	LW06 / s11
20	3,875	-1,6628E-03	-4,8775E-02	6,6573E-01	4,2046E-01	8,3140E-03	-7,4825E-02	6,6512E-03	3,7413E-02	-2,4942E-02	1,6628E-03	-4,8775E-02	-1,4633E-01	LW06 / s12
21	4	-1,8018E-03	-4,7297E-02	5,9797E-01	4,8986E-01	9,0090E-03	-8,1081E-02	7,2072E-03	4,0540E-02	-2,7027E-02	1,8018E-03	-4,7297E-02	-1,4189E-01	LW01 / s9
22	4,125	-1,8845E-03	-4,4341E-02	5,2715E-01	5,5959E-01	9,4225E-03	-8,4802E-02	7,5380E-03	4,2401E-02	-2,8267E-02	1,8845E-03	-4,4341E-02	-1,3302E-01	LW05 / s1
23	4,25	-1,9003E-03	-4,0118E-02	4,5392E-01	6,2896E-01	9,5017E-03	-8,5515E-02	7,6014E-03	4,2757E-02	-2,8505E-02	1,9003E-03	-4,0118E-02	-1,2035E-01	LW05 / s2

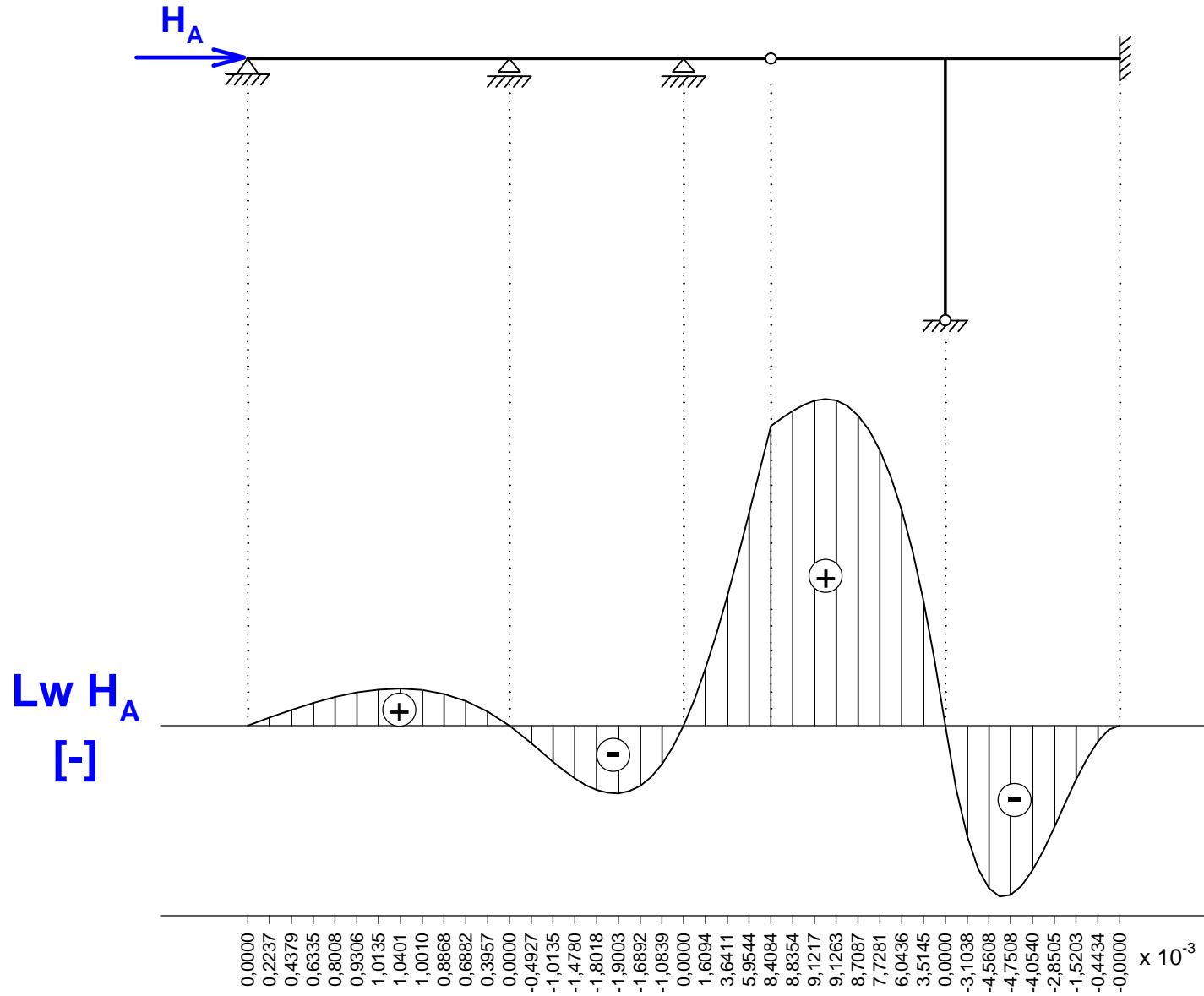
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
24	4,375	-1,8388E-03	-3,4840E-02	3,7891E-01	6,9730E-01	9,1938E-03	-8,2743E-02	7,3550E-03	4,1372E-02	-2,7581E-02	1,8388E-03	-3,4840E-02	-1,0452E-01	LW05 / s3
25	4,5	-1,6892E-03	-2,8716E-02	3,0279E-01	7,6394E-01	8,4460E-03	-7,6013E-02	6,7568E-03	3,8006E-02	-2,5338E-02	1,6892E-03	-2,8716E-02	-8,6148E-02	LW01 / s10
26	4,625	-1,4411E-03	-2,1959E-02	2,2619E-01	8,2820E-01	7,2055E-03	-6,4849E-02	5,7644E-03	3,2424E-02	-2,1616E-02	1,4411E-03	-2,1959E-02	-6,5877E-02	LW05 / s4
27	4,75	-1,0839E-03	-1,4780E-02	1,4976E-01	8,8941E-01	5,4195E-03	-4,8775E-02	4,3356E-03	2,4388E-02	-1,6258E-02	1,0839E-03	-1,4780E-02	-4,4340E-02	LW05 / s5
28	4,875	-6,0705E-04	-7,3902E-03	7,4146E-02	9,4690E-01	3,0353E-03	-2,7317E-02	2,4282E-03	1,3659E-02	-9,1057E-03	6,0705E-04	-7,3902E-03	-2,2171E-02	LW05 / s6
29	5	1,4414E-30	-1,2162E-29	4,6622E-29	1,0000E+00	-7,2072E-30	6,4865E-29	-5,7658E-30	-3,2432E-29	2,1621E-29	-1,4414E-30	-1,2162E-29	-3,6486E-29	LW01 / s11
30	5,125	7,4313E-04	7,2186E-03	-7,2186E-02	1,0482E+00	-3,7156E-03	3,3441E-02	-2,9725E-03	-1,6720E-02	1,1147E-02	-7,4313E-04	7,2186E-03	2,1656E-02	LW05 / s7
31	5,25	1,6094E-03	1,4253E-02	-1,4253E-01	1,0921E+00	-8,0471E-03	7,2424E-02	-6,4377E-03	-3,6212E-02	2,4141E-02	-1,6094E-03	1,4253E-02	4,2759E-02	LW05 / s8
32	5,375	2,5813E-03	2,1128E-02	-2,1128E-01	1,1321E+00	-1,2906E-02	1,1616E-01	-1,0325E-02	-5,8079E-02	3,8719E-02	-2,5813E-03	2,1128E-02	6,3384E-02	LW05 / s9
33	5,5	3,6411E-03	2,7872E-02	-2,7872E-01	1,1689E+00	-1,8206E-02	1,6850E-01	-1,4565E-02	-8,1925E-02	5,4919E-02	-3,6411E-03	2,7872E-02	8,3616E-02	LW01 / s12
34	5,625	4,7714E-03	3,4510E-02	-3,4510E-01	1,2032E+00	-2,3857E-02	2,1471E-01	-1,9086E-02	-1,0736E-01	7,1570E-02	-4,7714E-03	3,4510E-02	1,0353E-01	LW05 / s10
35	5,75	5,9544E-03	4,1068E-02	-4,1068E-01	1,2356E+00	-2,9772E-02	2,6795E-01	-2,3818E-02	-1,3397E-01	8,9315E-02	-5,9544E-03	4,1068E-02	1,2320E-01	LW05 / s11
36	5,875	7,1726E-03	4,7574E-02	-4,7574E-01	1,2668E+00	-3,5863E-02	3,2277E-01	-2,8690E-02	-1,6138E-01	1,0759E-01	-7,1726E-03	4,7574E-02	1,4272E-01	LW05 / s12
37	6	8,4084E-03	5,4054E-02	-5,4054E-01	1,2973E+00	-4,2042E-02	3,7838E-01	-3,3634E-02	-1,8919E-01	1,2612E-01	-8,4084E-03	5,4054E-02	1,6216E-01	LW02 / s1
38	6,125	8,6307E-03	4,9554E-02	-4,9554E-01	1,1893E+00	-4,3154E-02	4,5088E-01	-3,4523E-02	-1,9419E-01	1,2946E-01	-8,6307E-03	4,9554E-02	1,4866E-01	LW04 / s1
39	6,25	8,8354E-03	4,5080E-02	-4,5080E-01	1,0819E+00	-4,4177E-02	5,2259E-01	-3,5342E-02	-1,9879E-01	1,3253E-01	-8,8354E-03	4,5080E-02	1,3524E-01	LW04 / s2
40	6,375	9,0049E-03	4,0659E-02	-4,0659E-01	9,7582E-01	-4,5025E-02	5,9272E-01	-3,6020E-02	-2,0261E-01	1,3507E-01	-9,0049E-03	4,0659E-02	1,2198E-01	LW04 / s3
41	6,5	9,1217E-03	3,6318E-02	-3,6318E-01	8,7162E-01	-4,5608E-02	6,6047E-01	-3,6487E-02	-2,0523E-01	1,3682E-01	-9,1217E-03	3,6318E-02	1,0895E-01	LW02 / s2
42	6,625	9,1680E-03	3,2081E-02	-3,2081E-01	7,7000E-01	-4,5840E-02	7,2505E-01	-3,6672E-02	-2,0628E-01	1,3752E-01	-9,1680E-03	3,2081E-02	9,6243E-02	LW04 / s4
43	6,75	9,1263E-03	2,7977E-02	-2,7977E-01	6,7145E-01	-4,5632E-02	7,8568E-01	-3,6505E-02	-2,0534E-01	1,3689E-01	-9,1263E-03	2,7977E-02	8,3931E-02	LW04 / s5
44	6,875	8,9790E-03	2,4031E-02	-2,4031E-01	5,7675E-01	-4,4896E-02	8,4156E-01	-3,5917E-02	-2,0203E-01	1,3468E-01	-8,9790E-03	2,4031E-02	7,2093E-02	LW04 / s6
45	7	8,7087E-03	2,0270E-02	-2,0270E-01	4,8649E-01	-4,3544E-02	8,9189E-01	-3,4835E-02	-1,9594E-01	1,3063E-01	-8,7087E-03	2,0270E-02	6,0810E-02	LW02 / s3
46	7,125	8,2976E-03	1,6720E-02	-1,6720E-01	4,0129E-01	-4,1488E-02	9,3589E-01	-3,3190E-02	-1,8669E-01	1,2446E-01	-8,2976E-03	1,6720E-02	5,0160E-02	LW04 / s7
47	7,25	7,7281E-03	1,3408E-02	-1,3408E-01	3,2179E-01	-3,8640E-02	9,7276E-01	-3,0912E-02	-1,7388E-01	1,1592E-01	-7,7281E-03	1,3408E-02	4,0224E-02	LW04 / s8
48	7,375	6,9826E-03	1,0360E-02	-1,0360E-01	2,4863E-01	-3,4913E-02	1,0017E+00	-2,7930E-02	-1,5710E-01	1,0473E-01	-6,9826E-03	1,0360E-02	3,1080E-02	LW04 / s9
49	7,5	6,0436E-03	7,6014E-03	-7,6014E-02	1,8243E-01	-3,0218E-02	1,0220E+00	-2,4174E-02	-1,3598E-01	9,0649E-02	-6,0436E-03	7,6014E-03	2,2804E-02	LW02 / s4
50	7,625	4,8934E-03	5,1600E-03	-5,1600E-02	1,2384E-01	-2,4467E-02	1,0327E+00	-1,9574E-02	-1,1010E-01	7,3397E-02	-4,8934E-03	5,1600E-03	1,5480E-02	LW04 / s10
51	7,75	3,5145E-03	3,0617E-03	-3,0617E-02	7,3482E-02	-1,7572E-02	1,0331E+00	-1,4058E-02	-7,9072E-02	5,2713E-02	-3,5145E-03	3,0617E-03	9,1851E-03	LW04 / s11
52	7,875	1,8892E-03	1,3330E-03	-1,3330E-02	3,1991E-02	-9,4462E-03	1,0225E+00	-7,5570E-03	-4,2503E-02	2,8334E-02	-1,8892E-03	1,3330E-03	3,9990E-03	LW04 / s12
53	8	4,5946E-08	8,1081E-08	-8,1081E-07	1,9459E-06	-2,2973E-07	1,0000E+00	-1,8378E-07	3,4662E-06	-3,8108E-06	-4,5946E-08	8,1081E-08	2,4324E-07	LW02 / s5
54	8,125	-1,7815E-03	-9,8968E-04	9,8968E-03	-2,3752E-02	8,9076E-03	9,6353E-01	7,1261E-03	5,1319E-02	-3,4051E-02	1,7815E-03	-9,8968E-04	-2,9690E-03	LW03 / s1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
55	8,25	-3,1038E-03	-1,7243E-03	1,7243E-02	-4,1383E-02	1,5519E-02	9,1306E-01	1,2415E-02	1,1281E-01	-7,3906E-02	3,1038E-03	-1,7243E-03	-5,1729E-03	LW03 / s2
56	8,375	-4,0144E-03	-2,2302E-03	2,2302E-02	-5,3525E-02	2,0072E-02	8,5084E-01	1,6058E-02	1,8261E-01	-1,1735E-01	4,0144E-03	-2,2302E-03	-6,6906E-03	LW03 / s3
57	8,5	-4,5608E-03	-2,5337E-03	2,5337E-02	-6,0809E-02	2,2804E-02	7,7913E-01	1,8243E-02	2,5887E-01	-1,6170E-01	4,5608E-03	-2,5337E-03	-7,6011E-03	LW02 / s6
58	8,625	-4,7904E-03	-2,6613E-03	2,6613E-02	-6,3871E-02	2,3952E-02	7,0020E-01	1,9162E-02	3,3972E-01	-2,0614E-01	4,7904E-03	-2,6613E-03	-7,9839E-03	LW03 / s4
59	8,75	-4,7508E-03	-2,6393E-03	2,6393E-02	-6,3343E-02	2,3754E-02	6,1629E-01	1,9003E-02	4,2330E-01	-2,4705E-01	4,7508E-03	-2,6393E-03	-7,9179E-03	LW02 / s12
60	8,875	-4,4895E-03	-2,4942E-03	2,4942E-02	-5,9860E-02	2,2448E-02	5,2966E-01	1,7958E-02	5,0775E-01	-2,8268E-01	4,4895E-03	-2,4942E-03	-7,4826E-03	LW03 / s5
61	9	-4,0540E-03	-2,2522E-03	2,2522E-02	-5,4053E-02	2,0270E-02	4,4257E-01	1,6216E-02	5,9122E-01	-3,1081E-01	4,0540E-03	-2,2522E-03	-6,7566E-03	LW02 / s7
62	9,125	-3,4919E-03	-1,9399E-03	1,9400E-02	-4,6558E-02	1,7590E-02	3,5727E-01	1,3967E-02	6,7180E-01	-3,2923E-01	3,4919E-03	-1,9399E-03	-5,8197E-03	LW03 / s6
63	9,25	-2,8505E-03	-1,5836E-03	1,5836E-02	-3,8006E-02	1,4252E-02	2,7602E-01	1,1402E-02	7,4773E-01	-3,3573E-01	2,8505E-03	-1,5836E-03	-4,7508E-03	LW02 / s11
64	9,375	-2,1775E-03	-1,2097E-03	1,2097E-02	-2,9033E-02	1,0887E-02	2,0109E-01	8,7098E-03	8,1706E-01	-3,2807E-01	2,1775E-03	-1,2097E-03	-3,6291E-03	LW03 / s7
65	9,5	-1,5203E-03	-8,4458E-03	8,4458E-03	-2,0270E-02	7,6013E-03	1,3471E-01	6,0811E-03	8,7796E-01	-3,0405E-01	1,5203E-03	-8,4458E-03	-2,5337E-02	LW02 / s8
66	9,625	-9,2641E-04	-5,1467E-04	5,1467E-03	-1,2352E-02	4,6321E-03	7,9161E-02	3,7056E-03	9,2856E-01	-2,6146E-01	9,2641E-04	-5,1467E-04	-1,5440E-03	LW03 / s8
67	9,75	-4,4341E-04	-2,4634E-04	2,4634E-03	-5,9121E-03	2,2171E-03	3,6687E-02	1,7736E-03	9,6701E-01	-1,9806E-01	4,4341E-04	-2,4634E-04	-7,3902E-04	LW02 / s10
68	9,875	-1,1877E-04	-6,5983E-05	6,5983E-04	-1,5836E-03	5,9385E-04	9,5478E-03	4,7508E-04	9,9144E-01	-1,1164E-01	1,1877E-04	-6,5983E-05	-1,9795E-04	LW03 / s9
69	10	-2,4324E-30	-1,3513E-30	1,3513E-29	-3,2432E-29	1,2162E-29	1,1554E-28	9,7297E-30	1,0000E+00	1,1351E-28	2,4324E-30	-1,3513E-30	-4,0539E-30	LW02 / s9

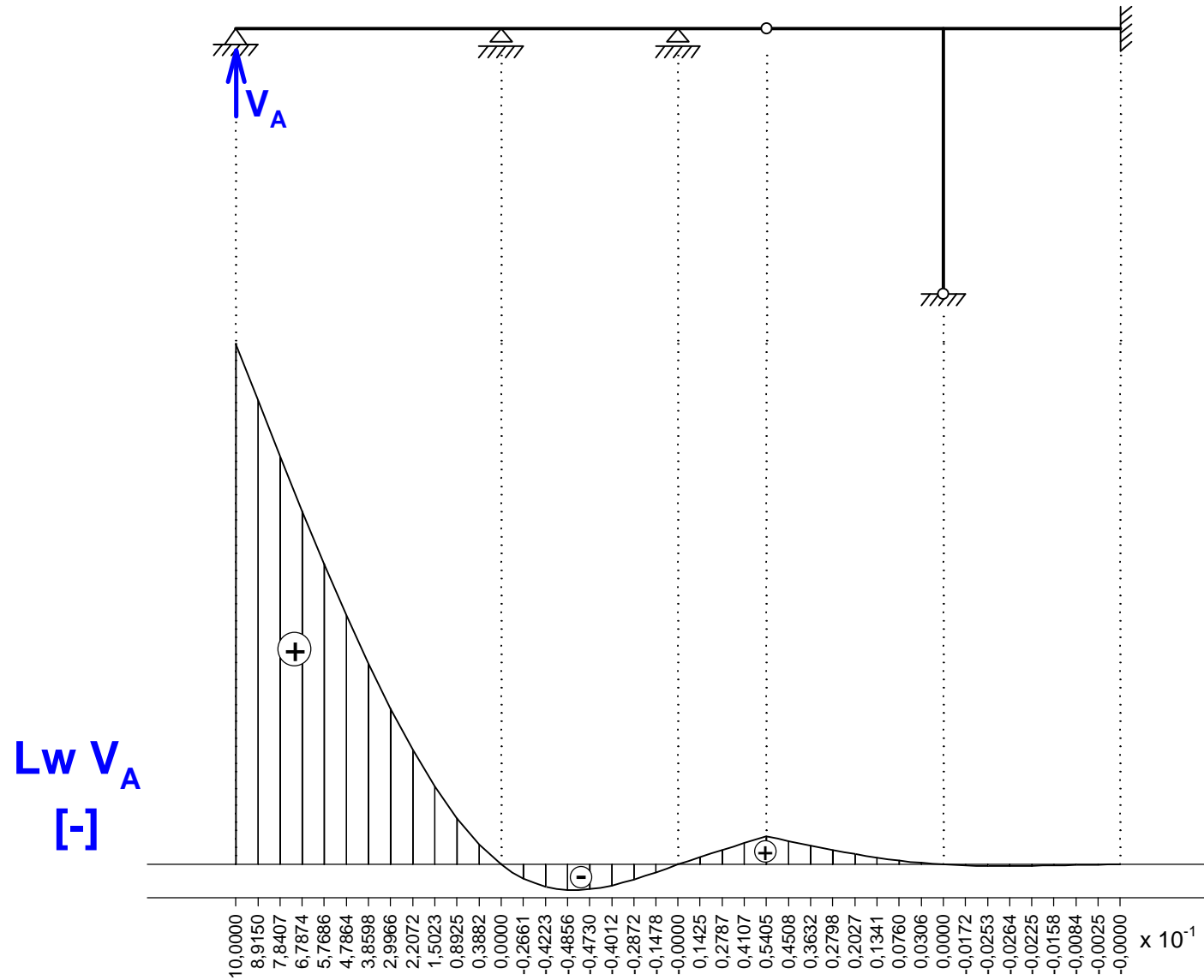
5.2. Linie wpływu.

Na kolejnych wykresach przedstawiono linie wpływu reakcji podporowych i sił przekrojowych.

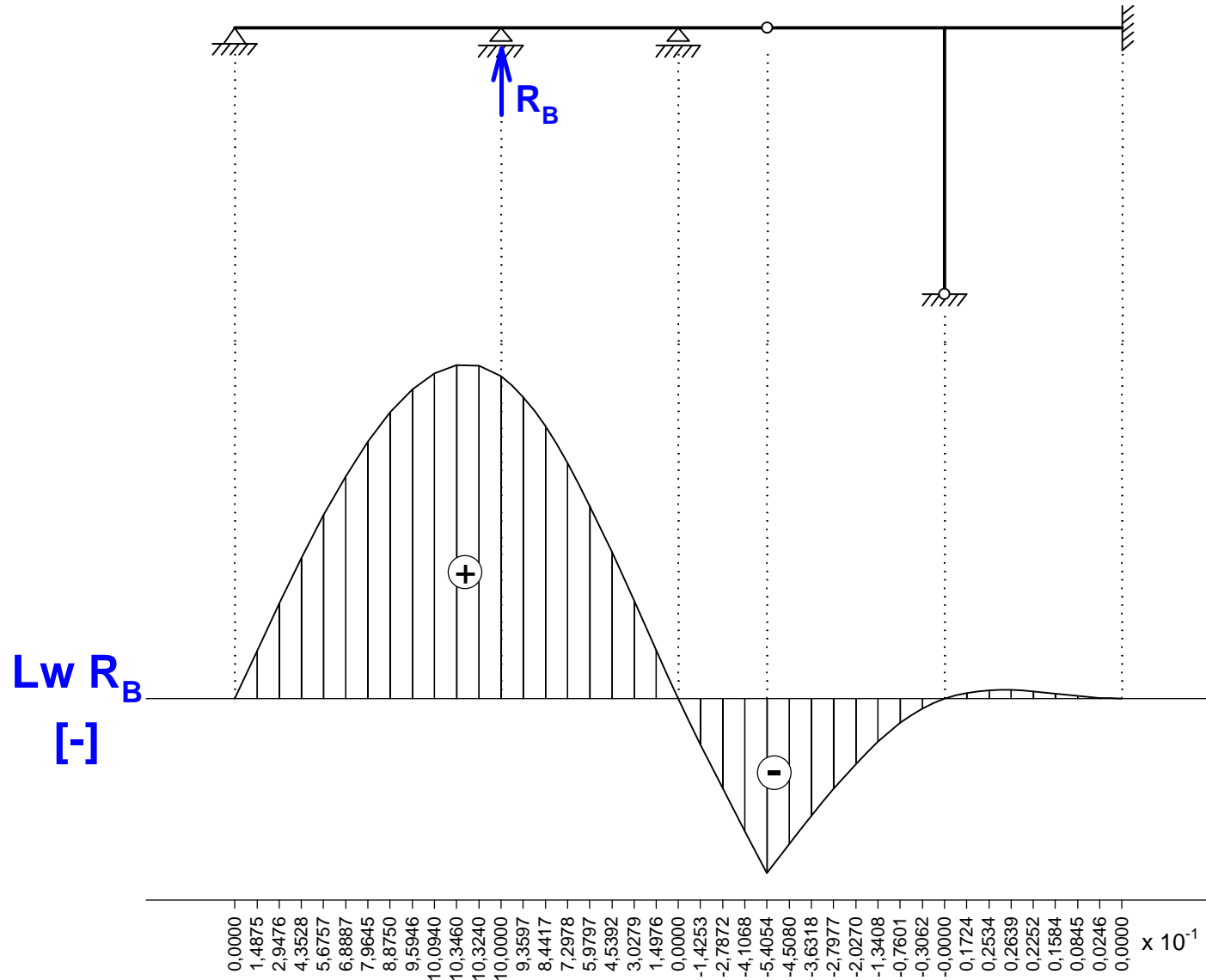
5.2.1. Linia wpływu reakcji H_A .



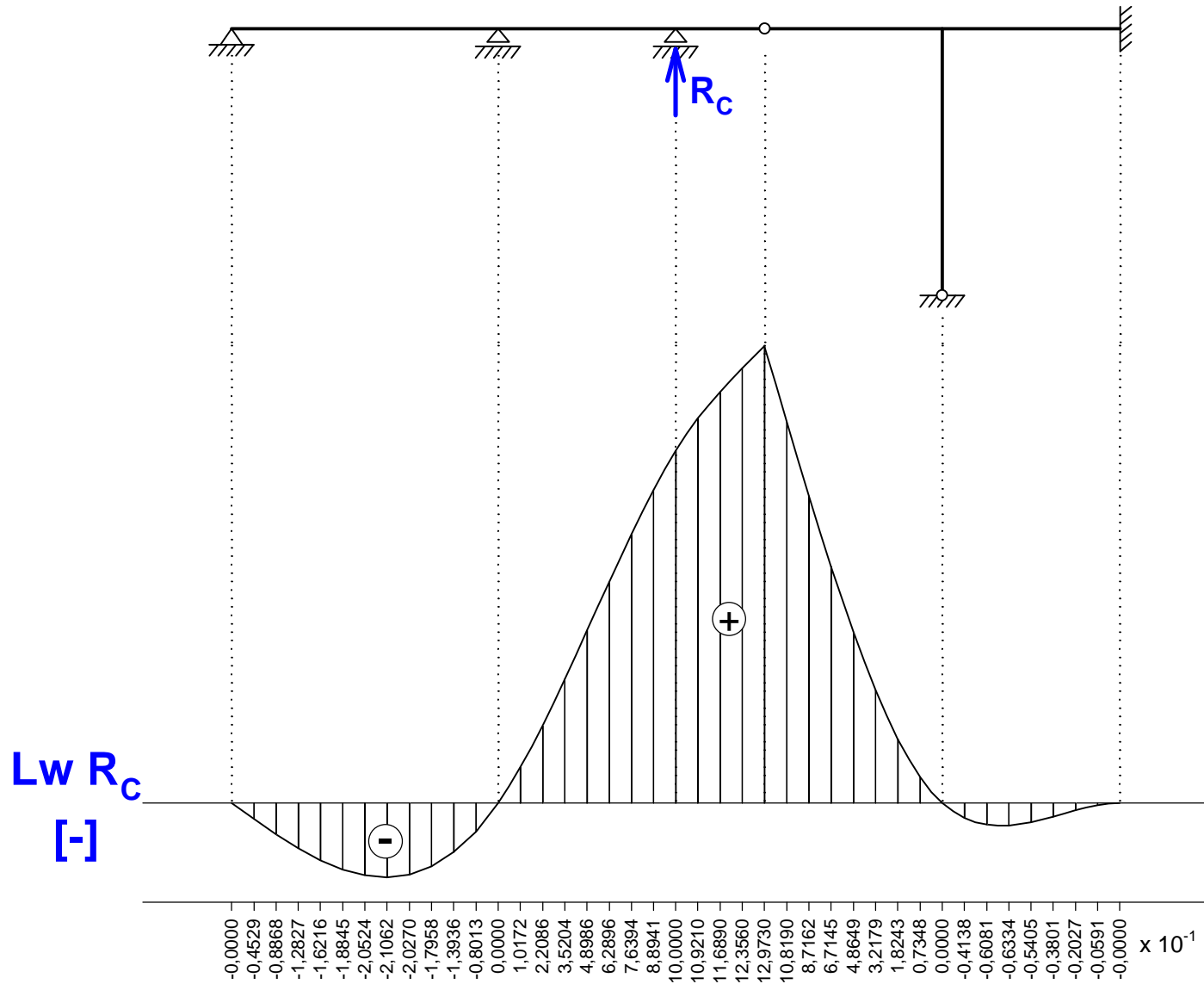
5.2.2. Linia wpływu reakcji V_A .



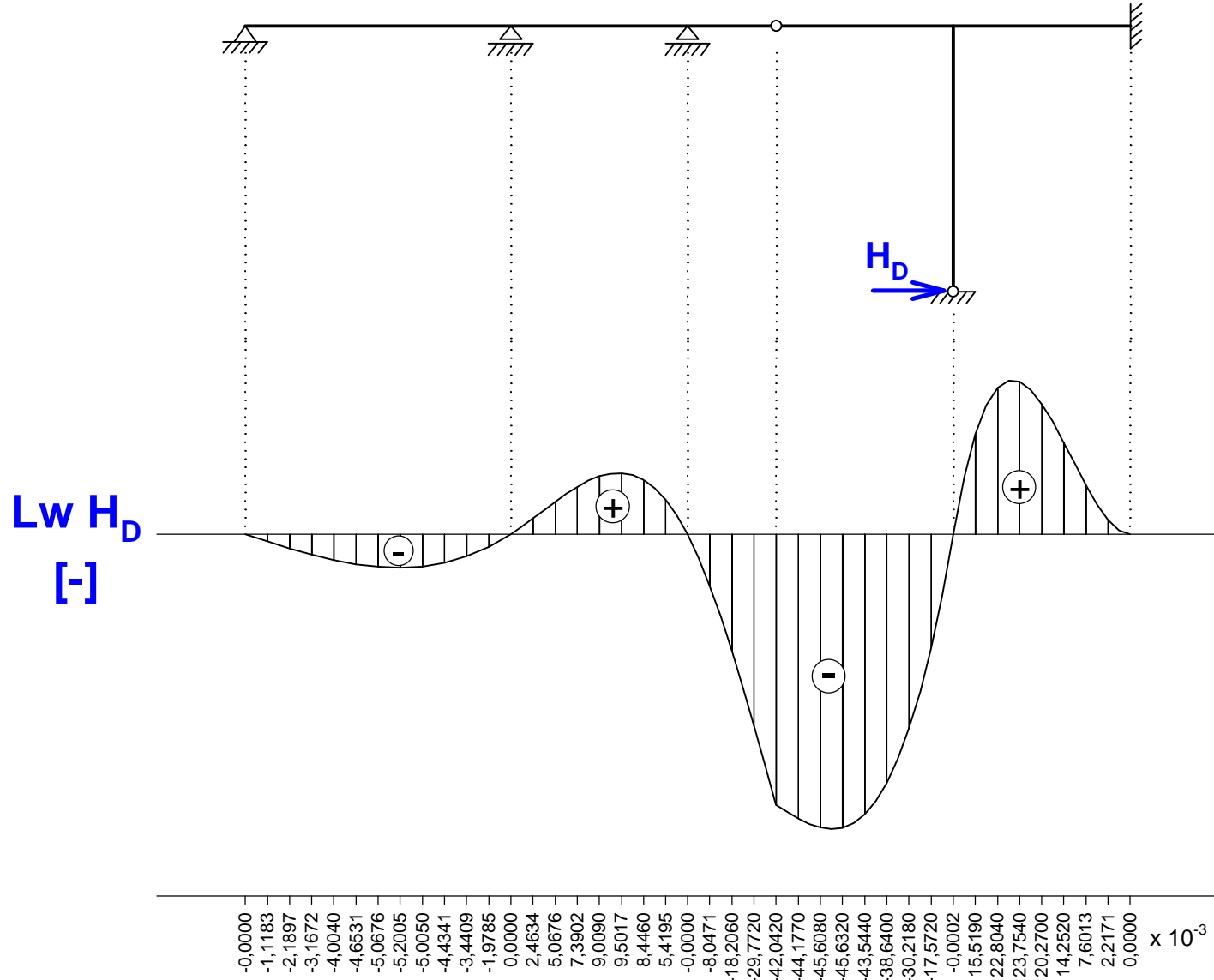
5.2.3. Linia wpływu reakcji $R_B = X_1$.



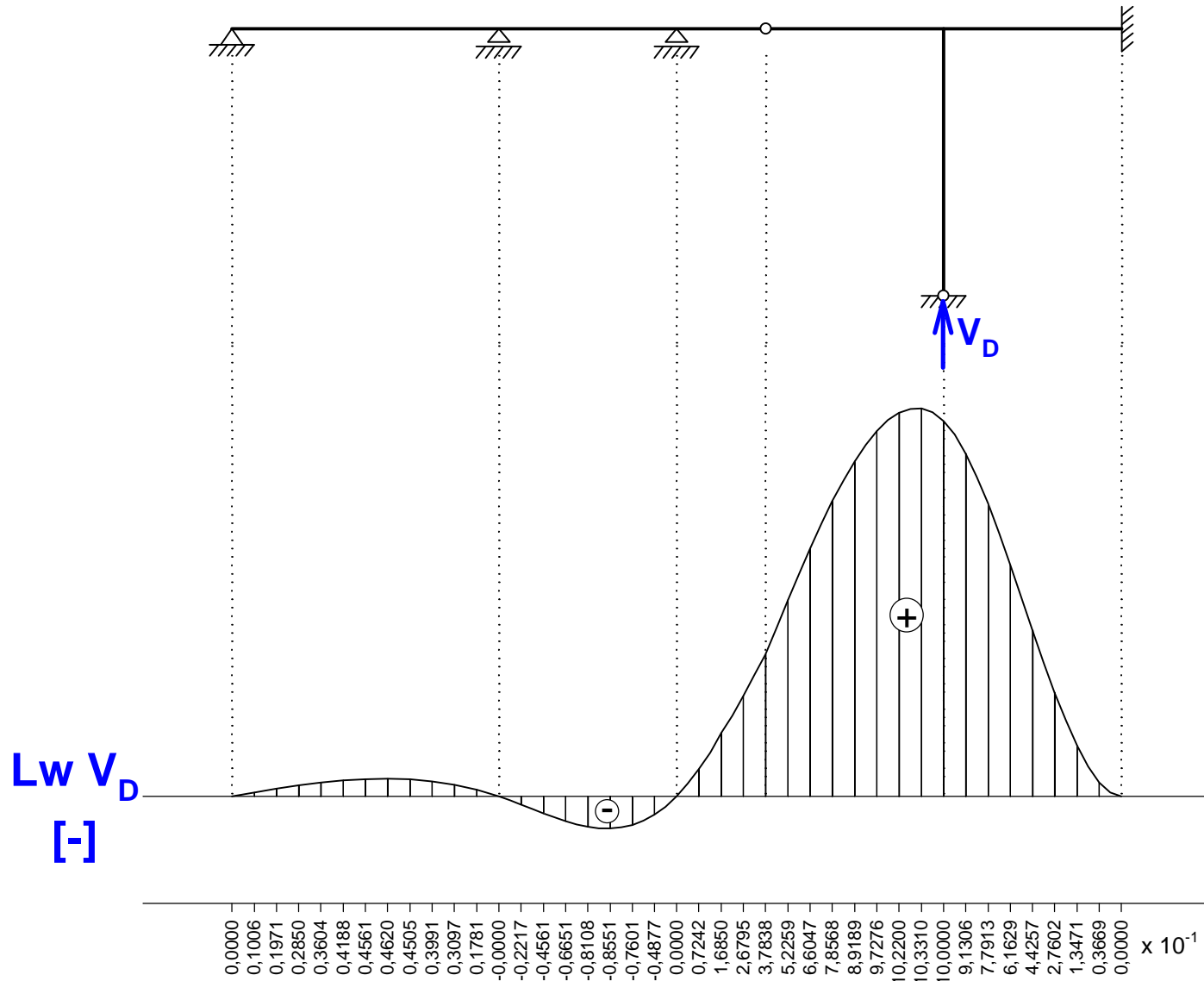
5.2.4. Linia wpływu reakcji R_C .



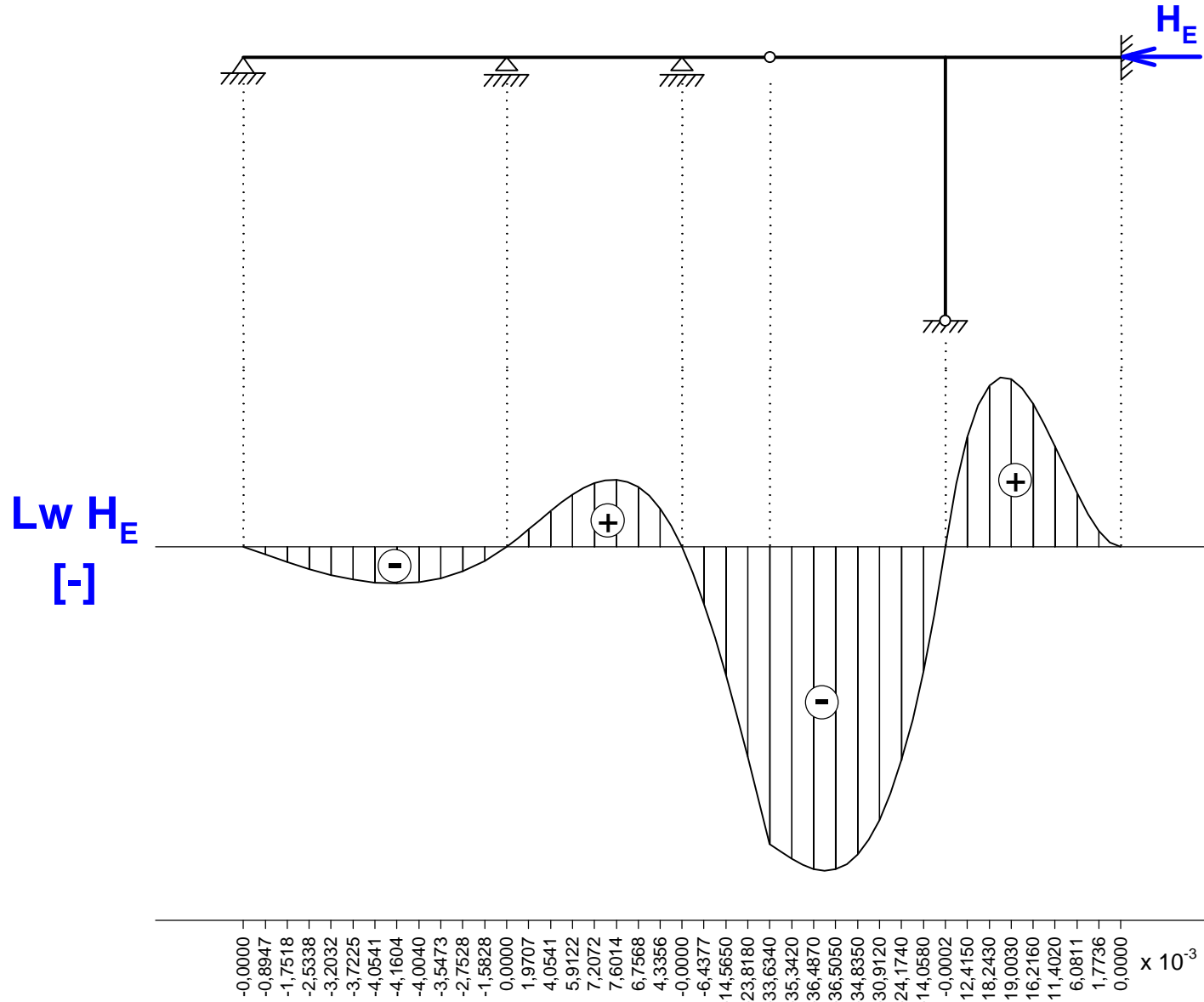
5.2.5. Linia wpływu reakcji $H_D = X_2$.



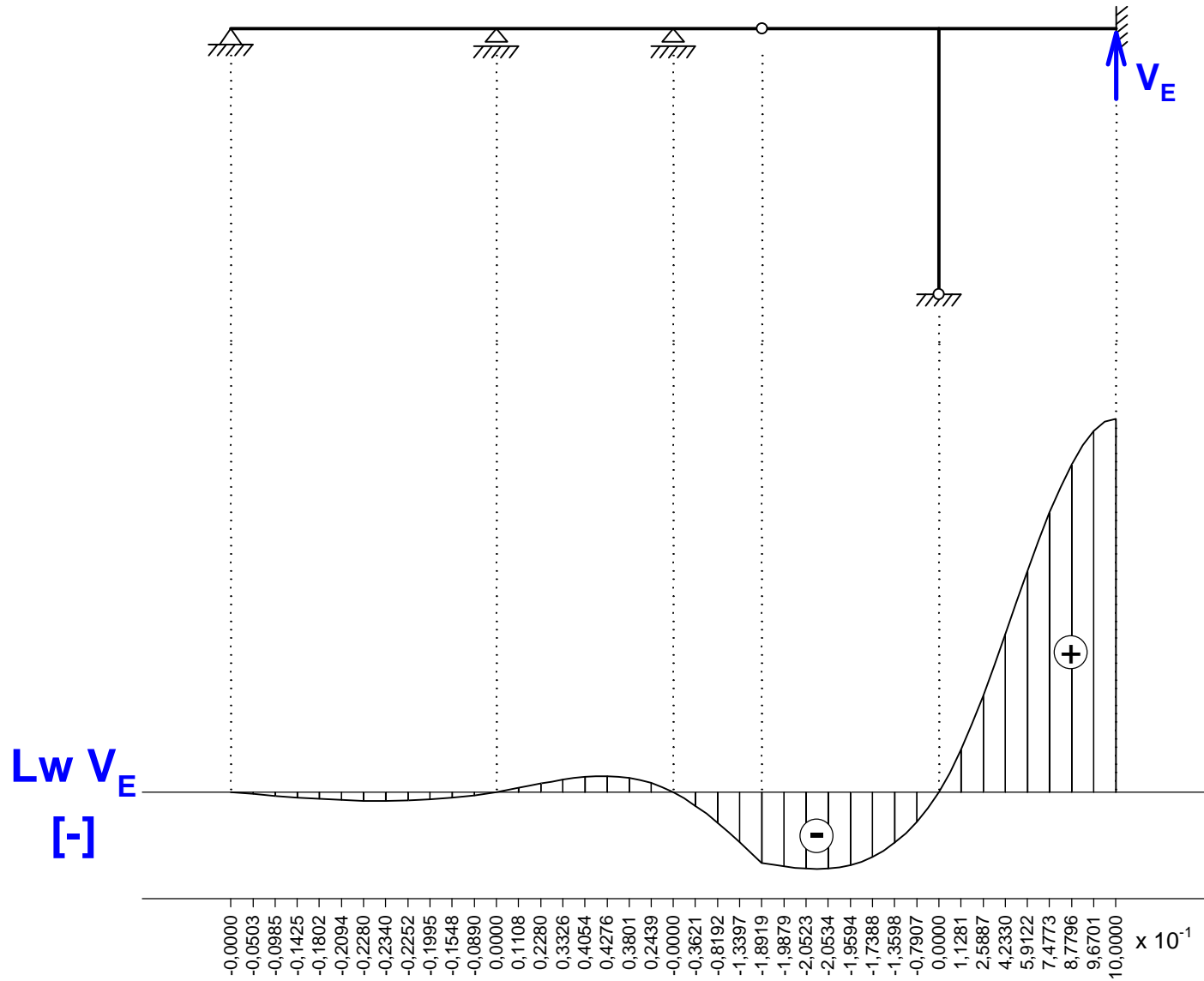
5.2.6. Linia wpływu reakcji $V_D = X_3$.



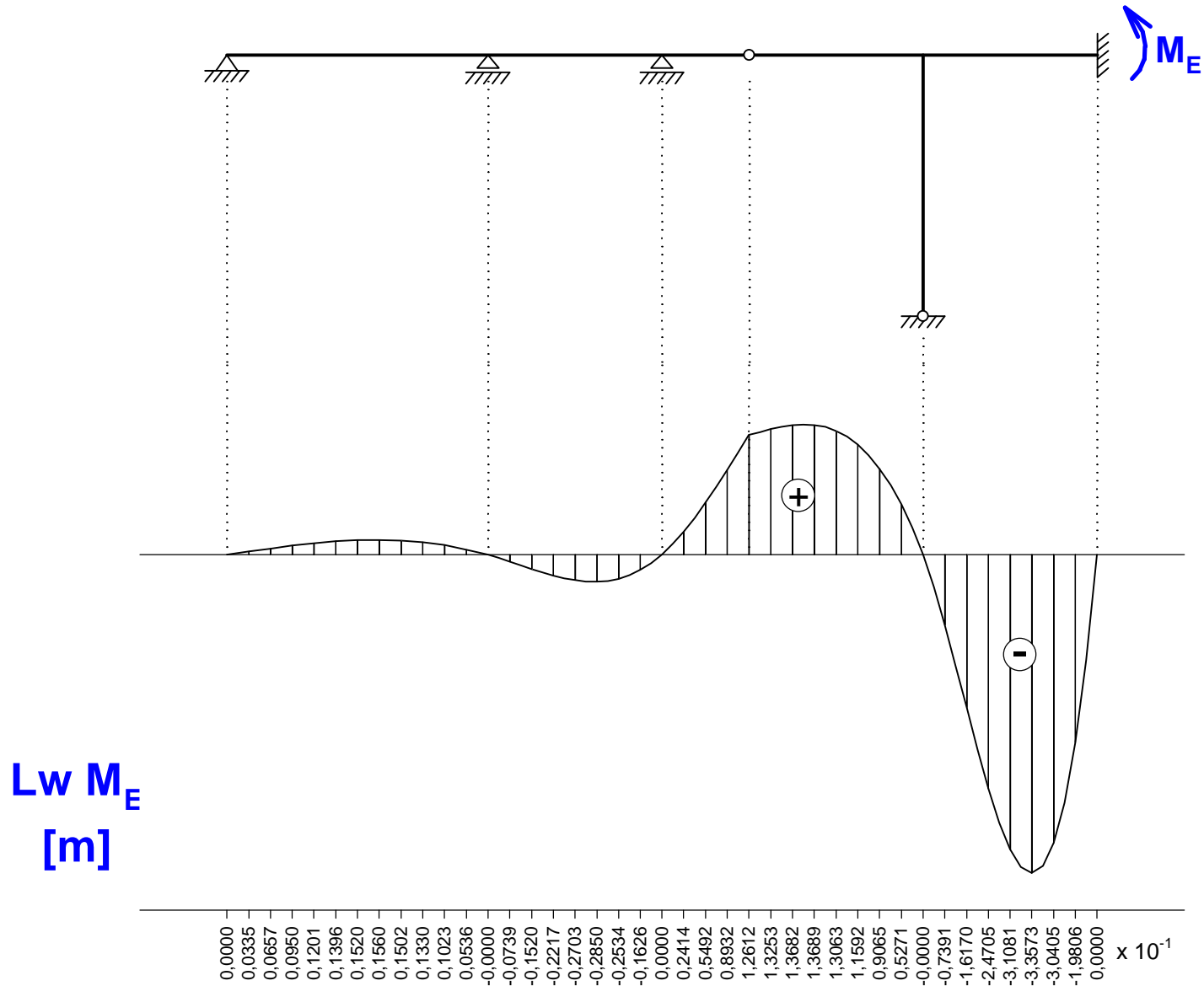
5.2.7. Linia wpływu reakcji $H_E = X_4$.



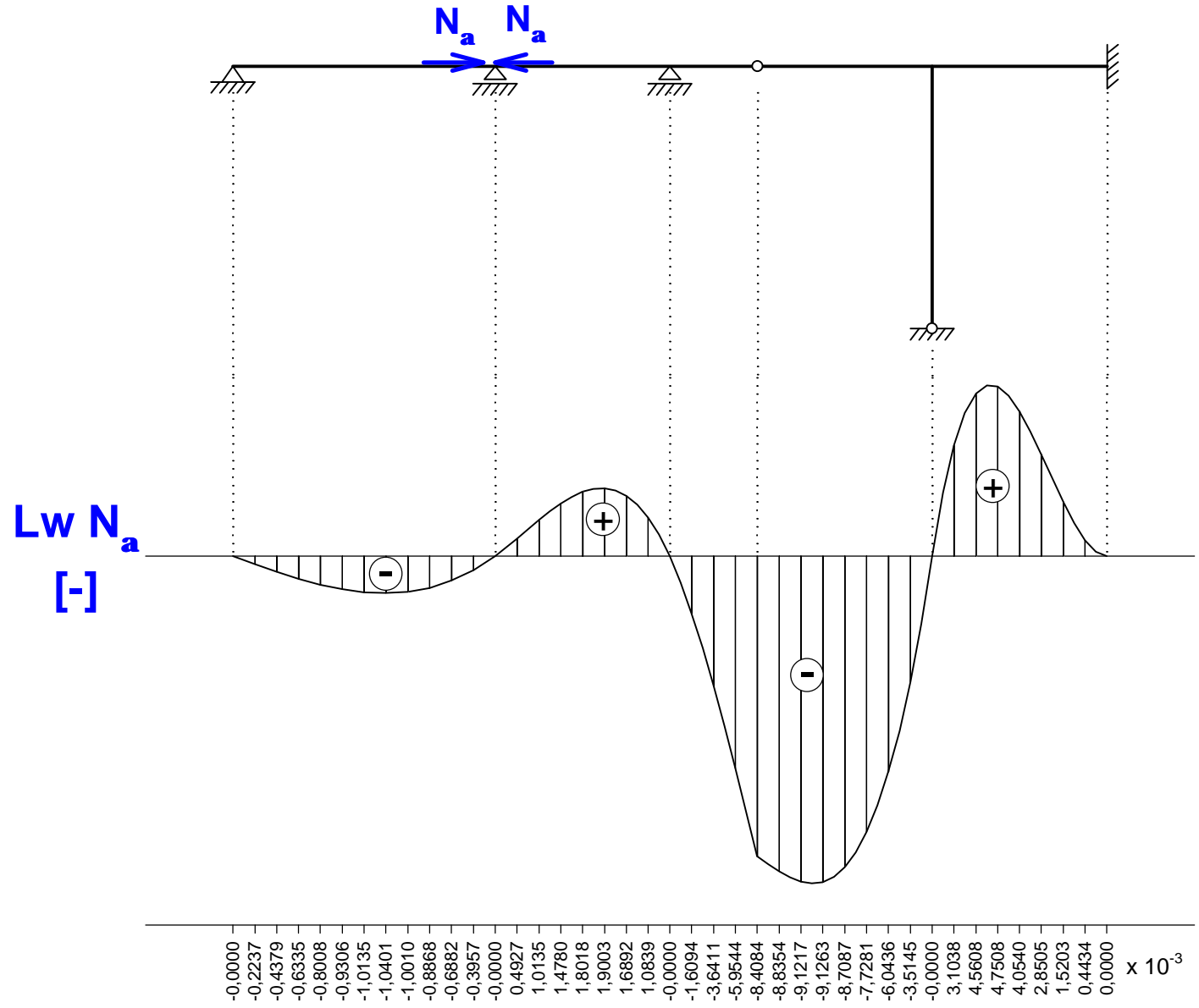
5.2.8. Linia wpływu reakcji V_E .



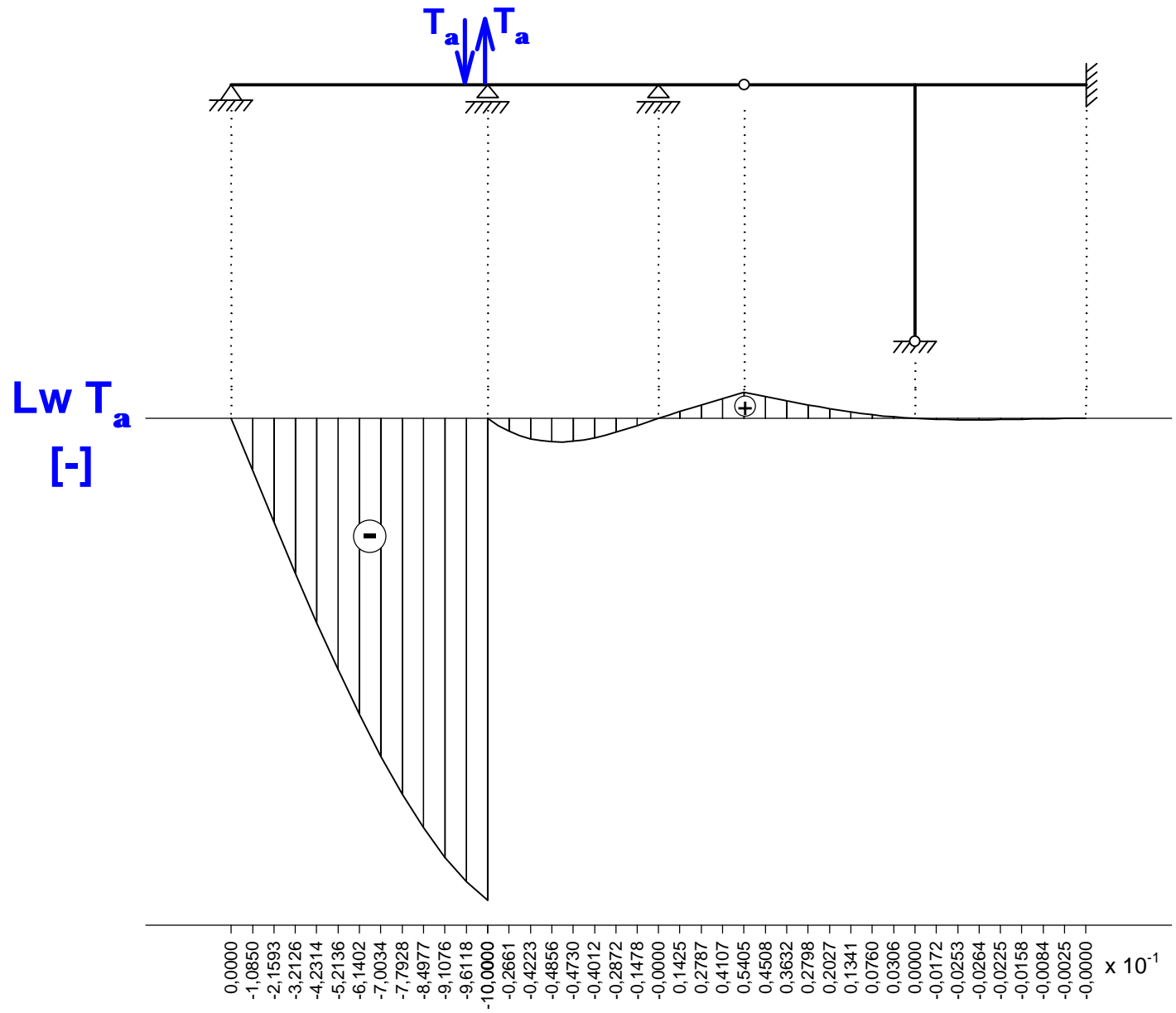
5.2.9. Linia wpływu reakcji $M_E = X_5$.



5.2.10. Linia wpływu siły osiowej N_α .



5.2.11. Linia wpływu siły tnącej T_α .



5.2.12. Linia wpływu momentu zginającego M_α .

