

D.1 002.678.00 1009135 Snelwegkruisingen met de nieuwe 380kV verbinding Rilland - Tilburg



**DATUM:** 17-05-2022

**STATUS TENNET:** DEFINITIEF

**REVISIE TENNET:** 1.0

**Memo Aan:**

██████████ TenneT TSO  
██████████ TenneT TSO

**Kopie:**

██████████ DNV  
██████████ DNV

**Memo Nr.:** 10298323-TDT 22-0460 Rev. 1

**Van:** Energy Systems

**Datum:** 04-05-2022

**Meridian doc. nr.** 002.678.00 1009135

**Opgesteld door:** ██████████

**Snelwegkruisingen met de nieuwe 380kV verbinding Rilland – Tilburg (RLL-TLB380, VKA 2.0.1)**

De nieuwe 380kV verbinding Rilland – Tilburg (RLL-TLB380) kruist op 18 locaties met de snelwegen van Rijkswaterstaat.

Specifiek stelt de norm NEN-EN 50341-2-15:2019 dat bij snelwegkruisingen er dient te worden voldaan aan twee eisen als het gaat om de afstanden naar wegdek. Namelijk de afstand bij maximale doorhang van de geleider(s) en bij breuk van een fase-bundel in één van de aanliggende spanvelden van het spanveld dat de snelweg kruist..

Deze memo toont de toetsing die is uitgevoerd voor de 18 locaties waar de hoogspanningslijn met de snelwegen kruist.

De volgende spanvelden zijn geïdentificeerd als kruisingen met snelwegen (stroomwegen):

1. Spanveld 1008 (S+0\_s)-1009 (S+0\_s), kruising verzorgingsplaats het Rak;
2. Spanveld 1012 (S-3\_s)-1013 (S-3\_s), snelwegkruising A58 oprit en snelwegkruising oprit A4;
3. Spanveld 1036 (S+3\_c)-1037 (HB+0\_c), snelwegkruising A58 oprit en afrit;
4. Spanveld 1037 (HB+0\_c)-1038 (S+0\_c), snelwegkruising A58 oprit en afrit;
5. Spanveld 1056 (S+6\_c)-1057 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit;
6. Spanveld 1057 (S+9\_c)-1059 (S+6\_c), snelwegkruising A17 afrit;
7. Spanveld 1062 (HA+3\_s)-1063 (HA+3\_s), snelwegkruising A17 oprit en afrit;
8. Spanveld 1072 (S+9\_c)-1073 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit (tankstation);
9. Spanveld 1074 (S+6\_c)-1075 (S+3\_c), snelwegkruising A17 oprit;
10. Spanveld 1075 (S+3\_c)-1076 (S+12\_c),snelwegkruising A17 afrit;
11. Spanveld 1080 (S+6\_c)-1081 (S+0\_c), snelwegkruising A17 oprit en afrit;
12. Spanveld 1087 (S+6\_c)-1088 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit en snelwegkruising A59;
13. Spanveld 1088 (S+9\_c)-1089 (WA+0\_c), snelwegkruising A17 oprit;
14. Spanveld 1094 (HA+3\_c)-1095 (HA+3\_c),snelwegkruising A17;
15. Spanveld 1095 (HA+3\_c)-1096 (S+0\_c), snelwegkruising A17 oprit en afrit;
16. Spanveld 1114 (HA+3\_ca)-1115 (S+12\_c), snelwegkruising A16 en afrit A16;
17. Spanveld 1156 (S+6\_c)-1157 (S+6\_c), snelwegkruising A59;
18. Spanveld 1161 (S+0\_c)-1162 (S+0\_c), snelwegkruising A27.



Voor de toetsing zijn de volgende normen en eisen van toepassing:

- Lijnen – "Standaard Programma van Eisen" met referentie PVE.05.000 versie 3.2, 2019;
- NEN-EN 50341-1:2013, "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV Part 1: General requirements –Common Specification";
- EN 50341-2-15: April, 2019, "Overhead electrical lines exceeding AC 1 kV Part 2 National Normative Aspects (NNA) for THE NETHERLANDS".

De volgende afstanden zijn specifiek van toepassing kruisingen met snelwegen:

- Maximale zeeg 12,7 meter;
- 9,4 meter bij draadbreek in het aanliggende spanveld.

### **Resultaat**

In appendix A en appendix B zijn voor elk spanveld als bovenbeschreven 18 kruisingslocaties met snelwegen tekeningen opgesteld. Voor elk van de kruisingslocaties wordt voldaan aan de afstand bij maximale zeeg en bij fase-bundelbreuk van de onderste fase-bundel in de aanliggende spanvelden.

## APPENDIX A

### Tekeningen snelwegkruisingen bij geleiderbreuk

---

De volgende tekeningen zijn opgesteld voor de snelwegkruisingen:

1. Spanveld 1008 (S+0\_s)-1009 (S+0\_s), kruising verzorgingsplaats het Rak met fase-bundel breuk in veld 1007-1008 (back span)
2. Spanveld 1008 (S+0\_s)-1009 (S+0\_s), kruising verzorgingsplaats het Rak met fase-bundel breuk in veld 1008-1009 (ahead span)
3. Spanveld 1012 (S-3\_s)-1013 (S-3\_s), snelwegkruising A58 oprit en snelwegkruising oprit A4 met fase-bundel breuk in veld 1011-1012 (back span)
4. Spanveld 1012 (S-3\_s)-1013 (S-3\_s), snelwegkruising A58 oprit en snelwegkruising oprit A4 met fase-bundel breuk in veld 1013-1014 (ahead span)
5. Spanveld 1036 (S+3\_c)-1037 (HB+0\_c), snelwegkruising A58 oprit en afrit met fase-bundel breuk in veld 1035-1036 (back span)
6. Spanveld 1037 (HB+0\_c)-1038 (S+0\_c), snelwegkruising A58 oprit en afrit met fase-bundel breuk in veld 1038-1039 (ahead span)
7. Spanveld 1056 (S+6\_c)-1057 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit met fase-bundel breuk in veld 1055-1056 (back span)
8. Spanveld 1056 (S+6\_c)-1057 (S+9\_c), snelwegkruising A17 afrit met fase-bundel breuk in veld 1057-1058 (ahead span)
9. Spanveld 1057 (S+9\_c)-1059 (S+6\_c), snelwegkruising A17 afrit met fase-bundel breuk in veld 1056-1057 (back span)
10. Spanveld 1057 (S+9\_c)-1059 (S+6\_c), snelwegkruising A17 afrit met fase-bundel breuk in veld 1057-1058 (ahead span)
11. Spanveld 1062 (HA+3\_s)-1063 (HA+3\_s), snelwegkruising A17 oprit en afrit, geen fase bundel breuk van toepassing i.v.m. twee afspanmasten.
12. Spanveld 1072 (S+9\_c)-1073 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit (tankstation) met fase-bundel breuk in veld 1071-1072 (back span)
13. Spanveld 1072 (S+9\_c)-1073 (S+9\_c), snelwegkruising A17 afrit (tankstation) met fase-bundel breuk in veld 1073-1074 (ahead span)
14. Spanveld 1074 (S+6\_c)-1075 (S+3\_c), snelwegkruising A17 oprit met fase-bundel breuk in veld 1073-1074 (back span)
15. Spanveld 1074 (S+6\_c)-1075 (S+3\_c), snelwegkruising A17 oprit met fase-bundel breuk in veld 1075-1076 (ahead span)
16. Spanveld 1075 (S+3\_c)-1076 (S+12\_c), snelwegkruising A17 afrit met fase-bundel breuk in veld 1074-1075 (back span)
17. Spanveld 1075 (S+3\_c)-1076 (S+12\_c), snelwegkruising A17 afrit met fase-bundel breuk in veld 1076-1077 (ahead span)
18. Spanveld 1080 (S+6\_c)-1081 (S+0\_c), snelwegkruising A17 oprit en afrit met fase-bundel breuk in veld 1079-1080 (back span)
19. Spanveld 1080 (S+6\_c)-1081 (S+0\_c), snelwegkruising A17 oprit en afrit met fase-bundel breuk in veld 1081-1082 (ahead span)
20. Spanveld 1087 (S+6\_c)-1088 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit en snelwegkruising A59 met fase-bundel breuk in veld 1086-1087 (back span)
21. Spanveld 1087 (S+6\_c)-1088 (S+9\_c), snelwegkruising A17 oprit en snelwegkruising A59 met fase-bundel breuk in veld 1088-1089 (ahead span)
22. Spanveld 1088 (S+9\_c)-1089 (WA+0\_c), snelwegkruising A17 oprit met fase-bundel breuk in veld 1087-1088 (back span)
23. Spanveld 1094 (HA+3\_c)-1095 (HA+3\_c), snelwegkruising A17 geen fase-bundel breuk van toepassing i.v.m. twee afspanmasten
24. Spanveld 1095 (HA+3\_c)-1096 (S+0\_c), snelwegkruising A17 oprit en afrit met fase-bundel breuk in veld 1096-1097 (ahead span)
25. Spanveld 1114 (HA+3\_ca)-1115 (S+12\_c), snelwegkruising A16 en afrit A16 met fase-bundel breuk in veld 1115-1116 (ahead span)
26. Spanveld 1156 (S+6\_c)-1157 (S+6\_c), snelwegkruising A59 met fase-bundel breuk in veld 1155-1156 (back span)
27. Spanveld 1156 (S+6\_c)-1157 (S+6\_c), snelwegkruising A59 met fase-bundel breuk in veld 1157-1158 (ahead span)
28. Spanveld 1161 (S+0\_c)-1162 (S+0\_c), snelwegkruising A27 met fase-bundel breuk in veld 1160-1161 (back span)
29. Spanveld 1161 (S+0\_c)-1162 (S+0\_c), snelwegkruising A27 met fase-bundel breuk in veld 1162-1163 (ahead span)

































**Vereist afstanden**

Type	Weg	Weg	Weg	Weg
Weg	1072	1073	1074	1075
Weg	1076	1077	1078	1079
Weg	1080	1081	1082	1083
Weg	1084	1085	1086	1087
Weg	1088	1089	1090	1091
Weg	1092	1093	1094	1095
Weg	1096	1097	1098	1099
Weg	1100	1101	1102	1103
Weg	1104	1105	1106	1107
Weg	1108	1109	1110	1111
Weg	1112	1113	1114	1115
Weg	1116	1117	1118	1119
Weg	1120	1121	1122	1123
Weg	1124	1125	1126	1127
Weg	1128	1129	1130	1131
Weg	1132	1133	1134	1135
Weg	1136	1137	1138	1139
Weg	1140	1141	1142	1143
Weg	1144	1145	1146	1147
Weg	1148	1149	1150	1151
Weg	1152	1153	1154	1155
Weg	1156	1157	1158	1159
Weg	1160	1161	1162	1163
Weg	1164	1165	1166	1167
Weg	1168	1169	1170	1171
Weg	1172	1173	1174	1175
Weg	1176	1177	1178	1179
Weg	1180	1181	1182	1183
Weg	1184	1185	1186	1187
Weg	1188	1189	1190	1191
Weg	1192	1193	1194	1195
Weg	1196	1197	1198	1199
Weg	1200	1201	1202	1203
Weg	1204	1205	1206	1207
Weg	1208	1209	1210	1211
Weg	1212	1213	1214	1215
Weg	1216	1217	1218	1219
Weg	1220	1221	1222	1223
Weg	1224	1225	1226	1227
Weg	1228	1229	1230	1231
Weg	1232	1233	1234	1235
Weg	1236	1237	1238	1239
Weg	1240	1241	1242	1243
Weg	1244	1245	1246	1247
Weg	1248	1249	1250	1251
Weg	1252	1253	1254	1255
Weg	1256	1257	1258	1259
Weg	1260	1261	1262	1263
Weg	1264	1265	1266	1267
Weg	1268	1269	1270	1271
Weg	1272	1273	1274	1275
Weg	1276	1277	1278	1279
Weg	1280	1281	1282	1283
Weg	1284	1285	1286	1287
Weg	1288	1289	1290	1291
Weg	1292	1293	1294	1295
Weg	1296	1297	1298	1299
Weg	1300	1301	1302	1303
Weg	1304	1305	1306	1307
Weg	1308	1309	1310	1311
Weg	1312	1313	1314	1315
Weg	1316	1317	1318	1319
Weg	1320	1321	1322	1323
Weg	1324	1325	1326	1327
Weg	1328	1329	1330	1331
Weg	1332	1333	1334	1335
Weg	1336	1337	1338	1339
Weg	1340	1341	1342	1343
Weg	1344	1345	1346	1347
Weg	1348	1349	1350	1351
Weg	1352	1353	1354	1355
Weg	1356	1357	1358	1359
Weg	1360	1361	1362	1363
Weg	1364	1365	1366	1367
Weg	1368	1369	1370	1371
Weg	1372	1373	1374	1375
Weg	1376	1377	1378	1379
Weg	1380	1381	1382	1383
Weg	1384	1385	1386	1387
Weg	1388	1389	1390	1391
Weg	1392	1393	1394	1395
Weg	1396	1397	1398	1399
Weg	1400	1401	1402	1403
Weg	1404	1405	1406	1407
Weg	1408	1409	1410	1411
Weg	1412	1413	1414	1415
Weg	1416	1417	1418	1419
Weg	1420	1421	1422	1423
Weg	1424	1425	1426	1427
Weg	1428	1429	1430	1431
Weg	1432	1433	1434	1435
Weg	1436	1437	1438	1439
Weg	1440	1441	1442	1443
Weg	1444	1445	1446	1447
Weg	1448	1449	1450	1451
Weg	1452	1453	1454	1455
Weg	1456	1457	1458	1459
Weg	1460	1461	1462	1463
Weg	1464	1465	1466	1467
Weg	1468	1469	1470	1471
Weg	1472	1473	1474	1475
Weg	1476	1477	1478	1479
Weg	1480	1481	1482	1483
Weg	1484	1485	1486	1487
Weg	1488	1489	1490	1491
Weg	1492	1493	1494	1495
Weg	1496	1497	1498	1499
Weg	1500	1501	1502	1503
Weg	1504	1505	1506	1507
Weg	1508	1509	1510	1511
Weg	1512	1513	1514	1515
Weg	1516	1517	1518	1519
Weg	1520	1521	1522	1523
Weg	1524	1525	1526	1527
Weg	1528	1529	1530	1531
Weg	1532	1533	1534	1535
Weg	1536	1537	1538	1539
Weg	1540	1541	1542	1543
Weg	1544	1545	1546	1547
Weg	1548	1549	1550	1551
Weg	1552	1553	1554	1555
Weg	1556	1557	1558	1559
Weg	1560	1561	1562	1563
Weg	1564	1565	1566	1567
Weg	1568	1569	1570	1571
Weg	1572	1573	1574	1575
Weg	1576	1577	1578	1579
Weg	1580	1581	1582	1583
Weg	1584	1585	1586	1587
Weg	1588	1589	1590	1591
Weg	1592	1593	1594	1595
Weg	1596	1597	1598	1599
Weg	1600	1601	1602	1603
Weg	1604	1605	1606	1607
Weg	1608	1609	1610	1611
Weg	1612	1613	1614	1615
Weg	1616	1617	1618	1619
Weg	1620	1621	1622	1623
Weg	1624	1625	1626	1627
Weg	1628	1629	1630	1631
Weg	1632	1633	1634	1635
Weg	1636	1637	1638	1639
Weg	1640	1641	1642	1643
Weg	1644	1645	1646	1647
Weg	1648	1649	1650	1651
Weg	1652	1653	1654	1655
Weg	1656	1657	1658	1659
Weg	1660	1661	1662	1663
Weg	1664	1665	1666	1667
Weg	1668	1669	1670	1671
Weg	1672	1673	1674	1675
Weg	1676	1677	1678	1679
Weg	1680	1681	1682	1683
Weg	1684	1685	1686	1687
Weg	1688	1689	1690	1691
Weg	1692	1693	1694	1695
Weg	1696	1697	1698	1699
Weg	1700	1701	1702	1703
Weg	1704	1705	1706	1707
Weg	1708	1709	1710	1711
Weg	1712	1713	1714	1715
Weg	1716	1717	1718	1719
Weg	1720	1721	1722	1723
Weg	1724	1725	1726	1727
Weg	1728	1729	1730	1731
Weg	1732	1733	1734	1735
Weg	1736	1737	1738	1739
Weg	1740	1741	1742	1743
Weg	1744	1745	1746	1747
Weg	1748	1749	1750	1751
Weg	1752	1753	1754	1755
Weg	1756	1757	1758	1759
Weg	1760	1761	1762	1763
Weg	1764	1765	1766	1767
Weg	1768	1769	1770	1771
Weg	1772	1773	1774	1775
Weg	1776	1777	1778	1779
Weg	1780	1781	1782	1783
Weg	1784	1785	1786	1787
Weg	1788	1789	1790	1791
Weg	1792	1793	1794	1795
Weg	1796	1797	1798	1799
Weg	1800	1801	1802	1803
Weg	1804	1805	1806	1807
Weg	1808	1809	1810	1811
Weg	1812	1813	1814	1815
Weg	1816	1817	1818	1819
Weg	1820	1821	1822	1823
Weg	1824	1825	1826	1827
Weg	1828	1829	1830	1831
Weg	1832	1833	1834	1835
Weg	1836	1837	1838	1839
Weg	1840	1841	1842	1843
Weg	1844	1845	1846	1847
Weg	1848	1849	1850	1851
Weg	1852	1853	1854	1855
Weg	1856	1857	1858	1859
Weg	1860	1861	1862	1863
Weg	1864	1865	1866	1867
Weg	1868	1869	1870	1871
Weg	1872	1873	1874	1875
Weg	1876	1877	1878	1879
Weg	1880	1881	1882	1883
Weg	1884	1885	1886	1887
Weg	1888	1889	1890	1891
Weg	1892	1893	1894	1895
Weg	1896	1897	1898	1899
Weg	1900	1901	1902	1903
Weg	1904	1905	1906	1907
Weg	1908	1909	1910	1911
Weg	1912	1913	1914	1915
Weg	1916	1917	1918	1919
Weg	1920	1921	1922	1923
Weg	1924	1925	1926	1927
Weg	1928	1929	1930	1931
Weg	1932	1933	1934	1935
Weg	1936	1937	1938	1939
Weg	1940	1941	1942	1943
Weg	1944	1945	1946	1947
Weg	1948	1949	1950	1951
Weg	1952	1953	1954	1955
Weg	1956	1957	19	

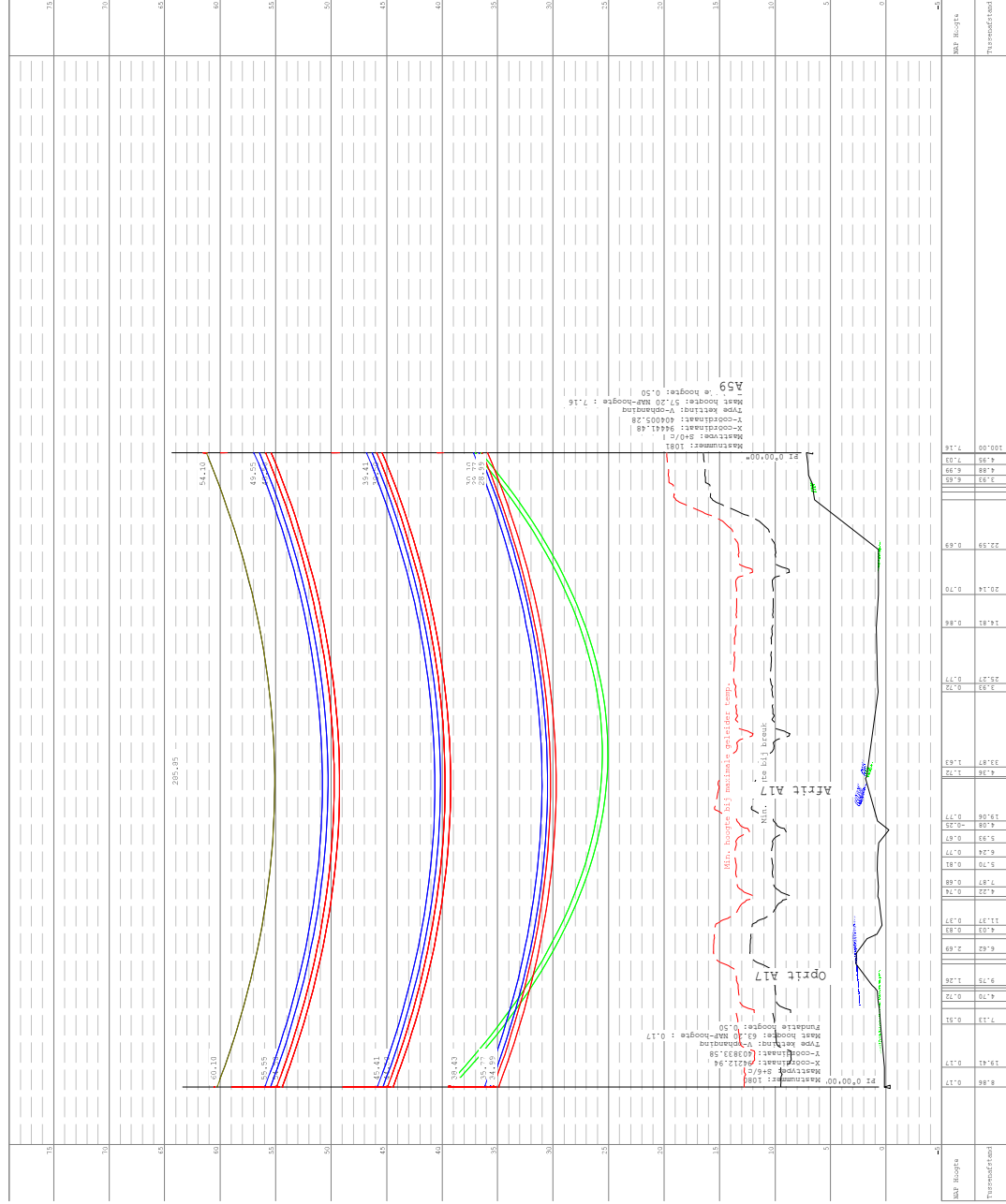
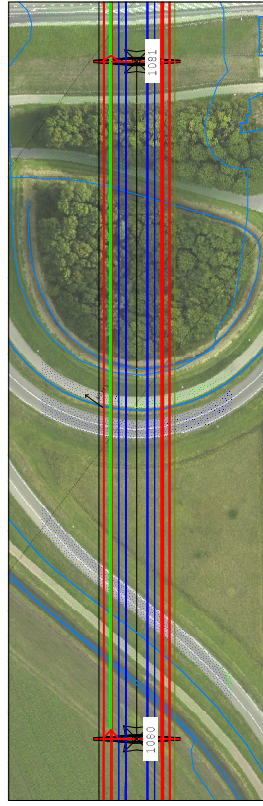












**Vereist afstanden**

Type	Span	Spanlengte
Span	10.80	35.43
Span	10.81	35.48
Span	10.82	35.53
Span	10.83	35.58
Span	10.84	35.63
Span	10.85	35.68
Span	10.86	35.73
Span	10.87	35.78
Span	10.88	35.83
Span	10.89	35.88
Span	10.90	35.93
Span	10.91	35.98
Span	10.92	36.03
Span	10.93	36.08
Span	10.94	36.13
Span	10.95	36.18
Span	10.96	36.23
Span	10.97	36.28
Span	10.98	36.33
Span	10.99	36.38
Span	11.00	36.43
Span	11.01	36.48
Span	11.02	36.53
Span	11.03	36.58
Span	11.04	36.63
Span	11.05	36.68
Span	11.06	36.73
Span	11.07	36.78
Span	11.08	36.83
Span	11.09	36.88
Span	11.10	36.93
Span	11.11	36.98
Span	11.12	37.03
Span	11.13	37.08
Span	11.14	37.13
Span	11.15	37.18
Span	11.16	37.23
Span	11.17	37.28
Span	11.18	37.33
Span	11.19	37.38
Span	11.20	37.43
Span	11.21	37.48
Span	11.22	37.53
Span	11.23	37.58
Span	11.24	37.63
Span	11.25	37.68
Span	11.26	37.73
Span	11.27	37.78
Span	11.28	37.83
Span	11.29	37.88
Span	11.30	37.93
Span	11.31	37.98
Span	11.32	38.03
Span	11.33	38.08
Span	11.34	38.13
Span	11.35	38.18
Span	11.36	38.23
Span	11.37	38.28
Span	11.38	38.33
Span	11.39	38.38
Span	11.40	38.43
Span	11.41	38.48
Span	11.42	38.53
Span	11.43	38.58
Span	11.44	38.63
Span	11.45	38.68
Span	11.46	38.73
Span	11.47	38.78
Span	11.48	38.83
Span	11.49	38.88
Span	11.50	38.93
Span	11.51	38.98
Span	11.52	39.03
Span	11.53	39.08
Span	11.54	39.13
Span	11.55	39.18
Span	11.56	39.23
Span	11.57	39.28
Span	11.58	39.33
Span	11.59	39.38
Span	11.60	39.43
Span	11.61	39.48
Span	11.62	39.53
Span	11.63	39.58
Span	11.64	39.63
Span	11.65	39.68
Span	11.66	39.73
Span	11.67	39.78
Span	11.68	39.83
Span	11.69	39.88
Span	11.70	39.93
Span	11.71	39.98
Span	11.72	40.03
Span	11.73	40.08
Span	11.74	40.13
Span	11.75	40.18
Span	11.76	40.23
Span	11.77	40.28
Span	11.78	40.33
Span	11.79	40.38
Span	11.80	40.43
Span	11.81	40.48
Span	11.82	40.53
Span	11.83	40.58
Span	11.84	40.63
Span	11.85	40.68
Span	11.86	40.73
Span	11.87	40.78
Span	11.88	40.83
Span	11.89	40.88
Span	11.90	40.93
Span	11.91	40.98
Span	11.92	41.03
Span	11.93	41.08
Span	11.94	41.13
Span	11.95	41.18
Span	11.96	41.23
Span	11.97	41.28
Span	11.98	41.33
Span	11.99	41.38
Span	12.00	41.43

= Gevelde toestand na breuk in aanliggend veld

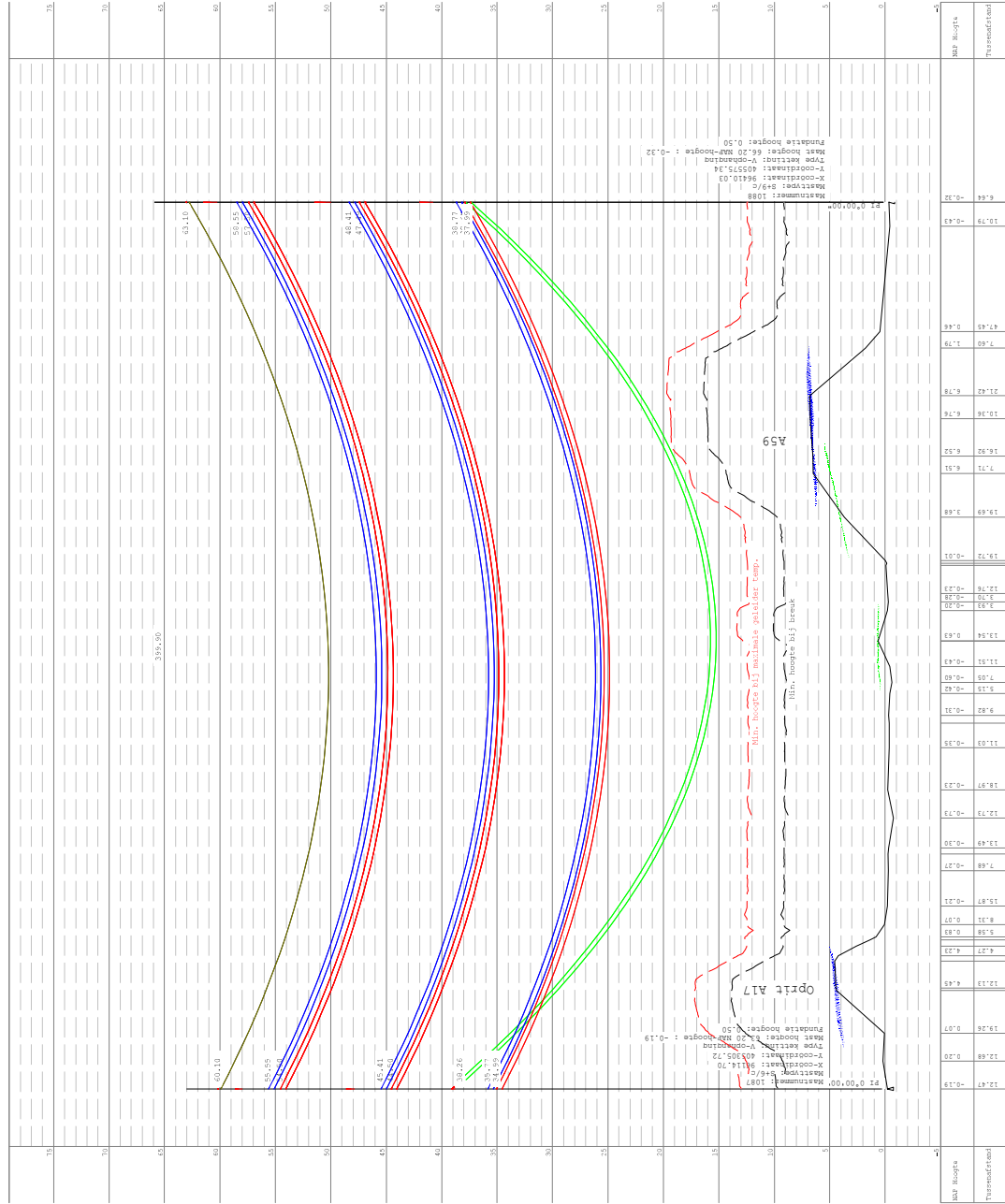
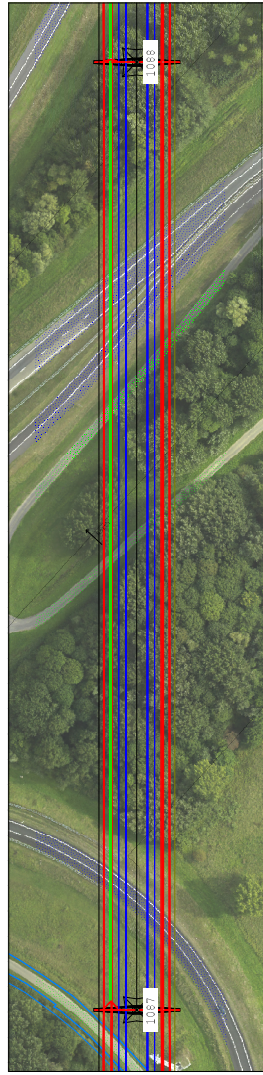
1	10-10-2022	RPA Wegdekset	
2	13-11-2022	Bereike uitlagen	
3		Bereike uitlagen	
4		Bereike uitlagen	
5		Bereike uitlagen	
6		Bereike uitlagen	
7		Bereike uitlagen	
8		Bereike uitlagen	
9		Bereike uitlagen	
10		Bereike uitlagen	
11		Bereike uitlagen	
12		Bereike uitlagen	
13		Bereike uitlagen	
14		Bereike uitlagen	
15		Bereike uitlagen	
16		Bereike uitlagen	
17		Bereike uitlagen	
18		Bereike uitlagen	
19		Bereike uitlagen	
20		Bereike uitlagen	
21		Bereike uitlagen	
22		Bereike uitlagen	
23		Bereike uitlagen	
24		Bereike uitlagen	
25		Bereike uitlagen	
26		Bereike uitlagen	
27		Bereike uitlagen	
28		Bereike uitlagen	
29		Bereike uitlagen	
30		Bereike uitlagen	
31		Bereike uitlagen	
32		Bereike uitlagen	
33		Bereike uitlagen	
34		Bereike uitlagen	
35		Bereike uitlagen	
36		Bereike uitlagen	
37		Bereike uitlagen	
38		Bereike uitlagen	
39		Bereike uitlagen	
40		Bereike uitlagen	
41		Bereike uitlagen	
42		Bereike uitlagen	
43		Bereike uitlagen	
44		Bereike uitlagen	
45		Bereike uitlagen	
46		Bereike uitlagen	
47		Bereike uitlagen	
48		Bereike uitlagen	
49		Bereike uitlagen	
50		Bereike uitlagen	
51		Bereike uitlagen	
52		Bereike uitlagen	
53		Bereike uitlagen	
54		Bereike uitlagen	
55		Bereike uitlagen	
56		Bereike uitlagen	
57		Bereike uitlagen	
58		Bereike uitlagen	
59		Bereike uitlagen	
60		Bereike uitlagen	
61		Bereike uitlagen	
62		Bereike uitlagen	
63		Bereike uitlagen	
64		Bereike uitlagen	
65		Bereike uitlagen	
66		Bereike uitlagen	
67		Bereike uitlagen	
68		Bereike uitlagen	
69		Bereike uitlagen	
70		Bereike uitlagen	
71		Bereike uitlagen	
72		Bereike uitlagen	
73		Bereike uitlagen	
74		Bereike uitlagen	
75		Bereike uitlagen	
76		Bereike uitlagen	
77		Bereike uitlagen	
78		Bereike uitlagen	
79		Bereike uitlagen	
80		Bereike uitlagen	
81		Bereike uitlagen	
82		Bereike uitlagen	
83		Bereike uitlagen	
84		Bereike uitlagen	
85		Bereike uitlagen	
86		Bereike uitlagen	
87		Bereike uitlagen	
88		Bereike uitlagen	
89		Bereike uitlagen	
90		Bereike uitlagen	
91		Bereike uitlagen	
92		Bereike uitlagen	
93		Bereike uitlagen	
94		Bereike uitlagen	
95		Bereike uitlagen	
96		Bereike uitlagen	
97		Bereike uitlagen	
98		Bereike uitlagen	
99		Bereike uitlagen	
100		Bereike uitlagen	

Projectnaam: Tennifer Engineering 20180 HV Oost  
 Projectnummer: 10124715  
 Projectlocatie: Rijksweg 10124715  
 Projecttype: Rijksweg  
 Projectstatus: In uitvoering  
 Projectstart: 10-10-2022  
 Projecteinde: 13-11-2022  
 Projectleider: Rijksweg  
 Projectteam: Rijksweg









**Vereist afstanden**

Type	1087 (span)	1088 (span)	1089 (span)
Span	12.47	12.68	12.47
Spanhoogte	0.18	0.20	0.18
Spanbreedte	12.68	12.89	12.47
Spanafstand	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47
Spanafstand met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop met overloop	12.47	12.68	12.47

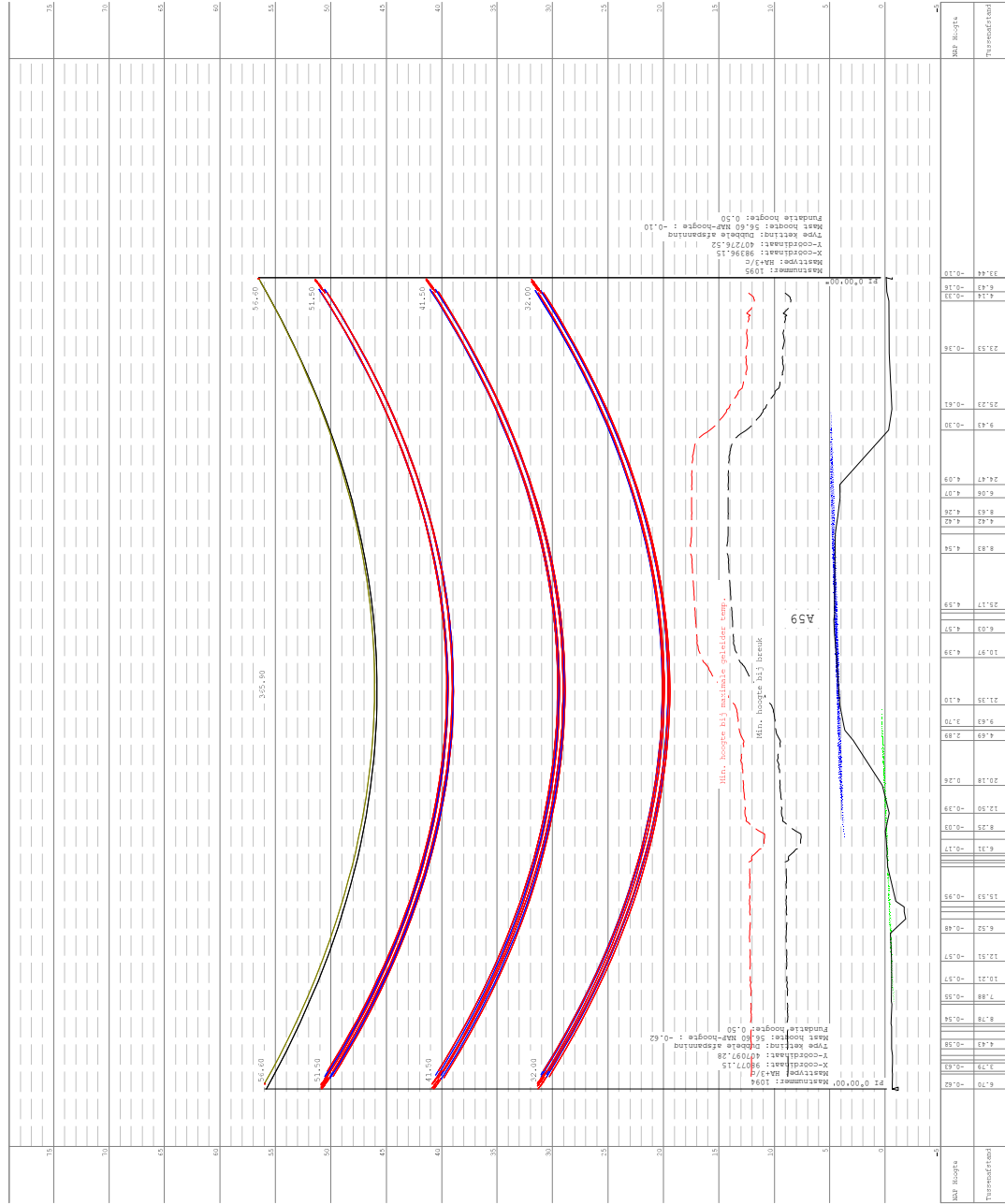
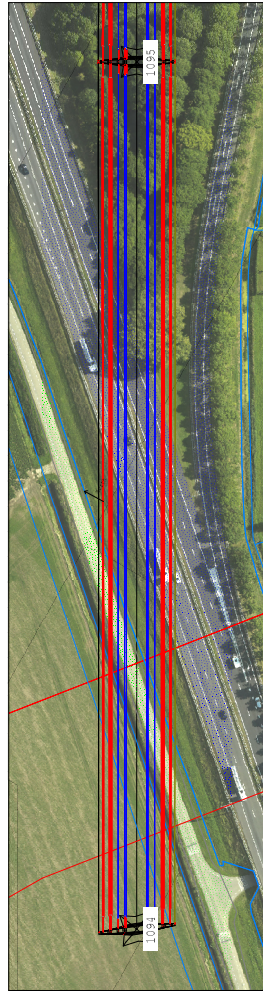
= Geleidelijk toestand na breuk in aanliggend veld

1	1087-1088	RPA Wegdekset	
2	1088-1089	Beveiliging	
<p><b>Projectgegevens:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnaam:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnummer:</b> 10124715</p> <p><b>Projectlocatie:</b> RPA</p> <p><b>Projecttype:</b> RPA</p> <p><b>Projectstatus:</b> 10124715-10124715</p> <p><b>Projectdocument:</b> 10124715-10124715-10124715</p>			
<p><b>Projectgegevens:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnaam:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnummer:</b> 10124715</p> <p><b>Projectlocatie:</b> RPA</p> <p><b>Projecttype:</b> RPA</p> <p><b>Projectstatus:</b> 10124715-10124715</p> <p><b>Projectdocument:</b> 10124715-10124715-10124715</p>			
<p><b>Projectgegevens:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnaam:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnummer:</b> 10124715</p> <p><b>Projectlocatie:</b> RPA</p> <p><b>Projecttype:</b> RPA</p> <p><b>Projectstatus:</b> 10124715-10124715</p> <p><b>Projectdocument:</b> 10124715-10124715-10124715</p>			
<p><b>Projectgegevens:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnaam:</b> Tennet Engineering 201801-1087-1088</p> <p><b>Projectnummer:</b> 10124715</p> <p><b>Projectlocatie:</b> RPA</p> <p><b>Projecttype:</b> RPA</p> <p><b>Projectstatus:</b> 10124715-10124715</p> <p><b>Projectdocument:</b> 10124715-10124715-10124715</p>			









**Vereist afstanden**

Type	Spanlengte	Spanhoogte	Spanbreedte
Span	305.80	32.00	30.00
Spanlengte	305.80	32.00	30.00
Spanhoogte	305.80	32.00	30.00
Spanbreedte	305.80	32.00	30.00
Spanlengte	305.80	32.00	30.00
Spanhoogte	305.80	32.00	30.00
Spanbreedte	305.80	32.00	30.00
Spanlengte	305.80	32.00	30.00
Spanhoogte	305.80	32.00	30.00
Spanbreedte	305.80	32.00	30.00
Spanlengte	305.80	32.00	30.00
Spanhoogte	305.80	32.00	30.00
Spanbreedte	305.80	32.00	30.00
Spanlengte	305.80	32.00	30.00
Spanhoogte	305.80	32.00	30.00
Spanbreedte	305.80	32.00	30.00

= Gevelde toestand na breuk in aanliggend veld

1	1-10-2022	RFA Wegwsket	
2	1-10-2022	Bereike uitlagen	
3		Bereike uitlagen	
4		Bereike uitlagen	
5		Bereike uitlagen	
6		Bereike uitlagen	
7		Bereike uitlagen	
8		Bereike uitlagen	
9		Bereike uitlagen	
10		Bereike uitlagen	
11		Bereike uitlagen	
12		Bereike uitlagen	
13		Bereike uitlagen	
14		Bereike uitlagen	
15		Bereike uitlagen	
16		Bereike uitlagen	
17		Bereike uitlagen	
18		Bereike uitlagen	
19		Bereike uitlagen	
20		Bereike uitlagen	
21		Bereike uitlagen	
22		Bereike uitlagen	
23		Bereike uitlagen	
24		Bereike uitlagen	
25		Bereike uitlagen	
26		Bereike uitlagen	
27		Bereike uitlagen	
28		Bereike uitlagen	
29		Bereike uitlagen	
30		Bereike uitlagen	
31		Bereike uitlagen	
32		Bereike uitlagen	
33		Bereike uitlagen	
34		Bereike uitlagen	
35		Bereike uitlagen	
36		Bereike uitlagen	
37		Bereike uitlagen	
38		Bereike uitlagen	
39		Bereike uitlagen	
40		Bereike uitlagen	
41		Bereike uitlagen	
42		Bereike uitlagen	
43		Bereike uitlagen	
44		Bereike uitlagen	
45		Bereike uitlagen	
46		Bereike uitlagen	
47		Bereike uitlagen	
48		Bereike uitlagen	
49		Bereike uitlagen	
50		Bereike uitlagen	
51		Bereike uitlagen	
52		Bereike uitlagen	
53		Bereike uitlagen	
54		Bereike uitlagen	
55		Bereike uitlagen	
56		Bereike uitlagen	
57		Bereike uitlagen	
58		Bereike uitlagen	
59		Bereike uitlagen	
60		Bereike uitlagen	
61		Bereike uitlagen	
62		Bereike uitlagen	
63		Bereike uitlagen	
64		Bereike uitlagen	
65		Bereike uitlagen	
66		Bereike uitlagen	
67		Bereike uitlagen	
68		Bereike uitlagen	
69		Bereike uitlagen	
70		Bereike uitlagen	
71		Bereike uitlagen	
72		Bereike uitlagen	
73		Bereike uitlagen	
74		Bereike uitlagen	
75		Bereike uitlagen	
76		Bereike uitlagen	
77		Bereike uitlagen	
78		Bereike uitlagen	
79		Bereike uitlagen	
80		Bereike uitlagen	
81		Bereike uitlagen	
82		Bereike uitlagen	
83		Bereike uitlagen	
84		Bereike uitlagen	
85		Bereike uitlagen	
86		Bereike uitlagen	
87		Bereike uitlagen	
88		Bereike uitlagen	
89		Bereike uitlagen	
90		Bereike uitlagen	
91		Bereike uitlagen	
92		Bereike uitlagen	
93		Bereike uitlagen	
94		Bereike uitlagen	
95		Bereike uitlagen	
96		Bereike uitlagen	
97		Bereike uitlagen	
98		Bereike uitlagen	
99		Bereike uitlagen	
100		Bereike uitlagen	

**tennet**  
Trading power further

Projectnummer: 1002.675.00.1015684

Projectnaam: 1002.675.00.1015684

Projectlocatie: 1002.675.00.1015684

Projecttype: 1002.675.00.1015684

Projectstatus: 1002.675.00.1015684

Projectstart: 1002.675.00.1015684

Projectstop: 1002.675.00.1015684

Projectbudget: 1002.675.00.1015684

Projectkosten: 1002.675.00.1015684

Projectopbrengst: 1002.675.00.1015684

Projectrisico: 1002.675.00.1015684

Projectimpact: 1002.675.00.1015684

Projectaanpak: 1002.675.00.1015684

Projectorganisatie: 1002.675.00.1015684

Projectleider: 1002.675.00.1015684

Projectteam: 1002.675.00.1015684

Projectdocumenten: 1002.675.00.1015684

Projectversies: 1002.675.00.1015684

Projecthistorie: 1002.675.00.1015684

Projectlog: 1002.675.00.1015684

Projectrapporten: 1002.675.00.1015684

Projectoverzicht: 1002.675.00.1015684

Projectdetails: 1002.675.00.1015684

Projectaanpak: 1002.675.00.1015684

Projectorganisatie: 1002.675.00.1015684

Projectleider: 1002.675.00.1015684

Projectteam: 1002.675.00.1015684

Projectdocumenten: 1002.675.00.1015684

Projectversies: 1002.675.00.1015684

Projecthistorie: 1002.675.00.1015684

Projectlog: 1002.675.00.1015684

Projectrapporten: 1002.675.00.1015684

Projectoverzicht: 1002.675.00.1015684

Projectdetails: 1002.675.00.1015684

















Pagina 4 van 4

## **APPENDIX B**

### **Tekeningen snelwegkruisingen bij maximale zeeg**

---

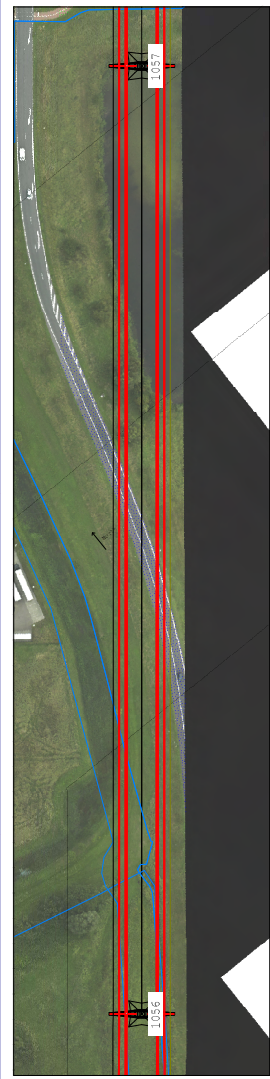












Geleiders		Verreikt afstanden	
TYPE	HOOGTE	TYPE	VERREIKT
100 kV	14.000 m	100 kV	11.000 m
150 kV	15.000 m	150 kV	12.000 m
220 kV	16.000 m	220 kV	13.000 m
300 kV	17.000 m	300 kV	14.000 m
400 kV	18.000 m	400 kV	15.000 m
500 kV	19.000 m	500 kV	16.000 m
600 kV	20.000 m	600 kV	17.000 m
700 kV	21.000 m	700 kV	18.000 m
800 kV	22.000 m	800 kV	19.000 m
900 kV	23.000 m	900 kV	20.000 m
1000 kV	24.000 m	1000 kV	21.000 m
1100 kV	25.000 m	1100 kV	22.000 m
1200 kV	26.000 m	1200 kV	23.000 m
1300 kV	27.000 m	1300 kV	24.000 m
1400 kV	28.000 m	1400 kV	25.000 m
1500 kV	29.000 m	1500 kV	26.000 m
1600 kV	30.000 m	1600 kV	27.000 m
1700 kV	31.000 m	1700 kV	28.000 m
1800 kV	32.000 m	1800 kV	29.000 m
1900 kV	33.000 m	1900 kV	30.000 m
2000 kV	34.000 m	2000 kV	31.000 m
2100 kV	35.000 m	2100 kV	32.000 m
2200 kV	36.000 m	2200 kV	33.000 m
2300 kV	37.000 m	2300 kV	34.000 m
2400 kV	38.000 m	2400 kV	35.000 m
2500 kV	39.000 m	2500 kV	36.000 m
2600 kV	40.000 m	2600 kV	37.000 m
2700 kV	41.000 m	2700 kV	38.000 m
2800 kV	42.000 m	2800 kV	39.000 m
2900 kV	43.000 m	2900 kV	40.000 m
3000 kV	44.000 m	3000 kV	41.000 m
3100 kV	45.000 m	3100 kV	42.000 m
3200 kV	46.000 m	3200 kV	43.000 m
3300 kV	47.000 m	3300 kV	44.000 m
3400 kV	48.000 m	3400 kV	45.000 m
3500 kV	49.000 m	3500 kV	46.000 m
3600 kV	50.000 m	3600 kV	47.000 m
3700 kV	51.000 m	3700 kV	48.000 m
3800 kV	52.000 m	3800 kV	49.000 m
3900 kV	53.000 m	3900 kV	50.000 m
4000 kV	54.000 m	4000 kV	51.000 m
4100 kV	55.000 m	4100 kV	52.000 m
4200 kV	56.000 m	4200 kV	53.000 m
4300 kV	57.000 m	4300 kV	54.000 m
4400 kV	58.000 m	4400 kV	55.000 m
4500 kV	59.000 m	4500 kV	56.000 m
4600 kV	60.000 m	4600 kV	57.000 m
4700 kV	61.000 m	4700 kV	58.000 m
4800 kV	62.000 m	4800 kV	59.000 m
4900 kV	63.000 m	4900 kV	60.000 m
5000 kV	64.000 m	5000 kV	61.000 m
5100 kV	65.000 m	5100 kV	62.000 m
5200 kV	66.000 m	5200 kV	63.000 m
5300 kV	67.000 m	5300 kV	64.000 m
5400 kV	68.000 m	5400 kV	65.000 m
5500 kV	69.000 m	5500 kV	66.000 m
5600 kV	70.000 m	5600 kV	67.000 m
5700 kV	71.000 m	5700 kV	68.000 m
5800 kV	72.000 m	5800 kV	69.000 m
5900 kV	73.000 m	5900 kV	70.000 m
6000 kV	74.000 m	6000 kV	71.000 m
6100 kV	75.000 m	6100 kV	72.000 m
6200 kV	76.000 m	6200 kV	73.000 m
6300 kV	77.000 m	6300 kV	74.000 m
6400 kV	78.000 m	6400 kV	75.000 m
6500 kV	79.000 m	6500 kV	76.000 m
6600 kV	80.000 m	6600 kV	77.000 m
6700 kV	81.000 m	6700 kV	78.000 m
6800 kV	82.000 m	6800 kV	79.000 m
6900 kV	83.000 m	6900 kV	80.000 m
7000 kV	84.000 m	7000 kV	81.000 m
7100 kV	85.000 m	7100 kV	82.000 m
7200 kV	86.000 m	7200 kV	83.000 m
7300 kV	87.000 m	7300 kV	84.000 m
7400 kV	88.000 m	7400 kV	85.000 m
7500 kV	89.000 m	7500 kV	86.000 m
7600 kV	90.000 m	7600 kV	87.000 m
7700 kV	91.000 m	7700 kV	88.000 m
7800 kV	92.000 m	7800 kV	89.000 m
7900 kV	93.000 m	7900 kV	90.000 m
8000 kV	94.000 m	8000 kV	91.000 m
8100 kV	95.000 m	8100 kV	92.000 m
8200 kV	96.000 m	8200 kV	93.000 m
8300 kV	97.000 m	8300 kV	94.000 m
8400 kV	98.000 m	8400 kV	95.000 m
8500 kV	99.000 m	8500 kV	96.000 m
8600 kV	100.000 m	8600 kV	97.000 m
8700 kV	101.000 m	8700 kV	98.000 m
8800 kV	102.000 m	8800 kV	99.000 m
8900 kV	103.000 m	8900 kV	100.000 m
9000 kV	104.000 m	9000 kV	101.000 m
9100 kV	105.000 m	9100 kV	102.000 m
9200 kV	106.000 m	9200 kV	103.000 m
9300 kV	107.000 m	9300 kV	104.000 m
9400 kV	108.000 m	9400 kV	105.000 m
9500 kV	109.000 m	9500 kV	106.000 m
9600 kV	110.000 m	9600 kV	107.000 m
9700 kV	111.000 m	9700 kV	108.000 m
9800 kV	112.000 m	9800 kV	109.000 m
9900 kV	113.000 m	9900 kV	110.000 m
10000 kV	114.000 m	10000 kV	111.000 m
10100 kV	115.000 m	10100 kV	112.000 m
10200 kV	116.000 m	10200 kV	113.000 m
10300 kV	117.000 m	10300 kV	114.000 m
10400 kV	118.000 m	10400 kV	115.000 m
10500 kV	119.000 m	10500 kV	116.000 m
10600 kV	120.000 m	10600 kV	117.000 m
10700 kV	121.000 m	10700 kV	118.000 m
10800 kV	122.000 m	10800 kV	119.000 m
10900 kV	123.000 m	10900 kV	120.000 m
11000 kV	124.000 m	11000 kV	121.000 m
11100 kV	125.000 m	11100 kV	122.000 m
11200 kV	126.000 m	11200 kV	123.000 m
11300 kV	127.000 m	11300 kV	124.000 m
11400 kV	128.000 m	11400 kV	125.000 m
11500 kV	129.000 m	11500 kV	126.000 m
11600 kV	130.000 m	11600 kV	127.000 m
11700 kV	131.000 m	11700 kV	128.000 m
11800 kV	132.000 m	11800 kV	129.000 m
11900 kV	133.000 m	11900 kV	130.000 m
12000 kV	134.000 m	12000 kV	131.000 m
12100 kV	135.000 m	12100 kV	132.000 m
12200 kV	136.000 m	12200 kV	133.000 m
12300 kV	137.000 m	12300 kV	134.000 m
12400 kV	138.000 m	12400 kV	135.000 m
12500 kV	139.000 m	12500 kV	136.000 m
12600 kV	140.000 m	12600 kV	137.000 m
12700 kV	141.000 m	12700 kV	138.000 m
12800 kV	142.000 m	12800 kV	139.000 m
12900 kV	143.000 m	12900 kV	140.000 m
13000 kV	144.000 m	13000 kV	141.000 m
13100 kV	145.000 m	13100 kV	142.000 m
13200 kV	146.000 m	13200 kV	143.000 m
13300 kV	147.000 m	13300 kV	144.000 m
13400 kV	148.000 m	13400 kV	145.000 m
13500 kV	149.000 m	13500 kV	146.000 m
13600 kV	150.000 m	13600 kV	147.000 m
13700 kV	151.000 m	13700 kV	148.000 m
13800 kV	152.000 m	13800 kV	149.000 m
13900 kV	153.000 m	13900 kV	150.000 m
14000 kV	154.000 m	14000 kV	151.000 m
14100 kV	155.000 m	14100 kV	152.000 m
14200 kV	156.000 m	14200 kV	153.000 m
14300 kV	157.000 m	14300 kV	154.000 m
14400 kV	158.000 m	14400 kV	155.000 m
14500 kV	159.000 m	14500 kV	156.000 m
14600 kV	160.000 m	14600 kV	157.000 m
14700 kV	161.000 m	14700 kV	158.000 m
14800 kV	162.000 m	14800 kV	159.000 m
14900 kV	163.000 m	14900 kV	160.000 m
15000 kV	164.000 m	15000 kV	161.000 m
15100 kV	165.000 m	15100 kV	162.000 m
15200 kV	166.000 m	15200 kV	163.000 m
15300 kV	167.000 m	15300 kV	164.000 m
15400 kV	168.000 m	15400 kV	165.000 m
15500 kV	169.000 m	15500 kV	166.000 m
15600 kV	170.000 m	15600 kV	167.000 m
15700 kV	171.000 m	15700 kV	168.000 m
15800 kV	172.000 m	15800 kV	169.000 m
15900 kV	173.000 m	15900 kV	170.000 m
16000 kV	174.000 m	16000 kV	171.000 m
16100 kV	175.000 m	16100 kV	172.000 m
16200 kV	176.000 m	16200 kV	173.000 m
16300 kV	177.000 m	16300 kV	174.000 m
16400 kV	178.000 m	16400 kV	175.000 m
16500 kV	179.000 m	16500 kV	176.000 m
16600 kV	180.000 m	16600 kV	177.000 m
16700 kV	181.000 m	16700 kV	178.000 m
16800 kV	182.000 m	16800 kV	179.000 m
16900 kV	183.000 m	16900 kV	180.000 m
17000 kV	184.000 m	17000 kV	181.000 m
17100 kV	185.000 m	17100 kV	182.000 m
17200 kV	186.000 m	17200 kV	183.000 m
17300 kV	187.000 m	17300 kV	184.000 m
17400 kV	188.000 m	17400 kV	185.000 m
17500 kV	189.000 m	17500 kV	186.000 m
17600 kV	190.000 m	17600 kV	187.000 m
17700 kV	191.000 m	17700 kV	188.000 m
17800 kV	192.000 m	17800 kV	189.000 m
17900 kV	193.000 m	17900 kV	190.000 m
18000 kV	194.000 m	18000 kV	191.000 m
18100 kV	195.000 m	18100 kV	192.000 m
18200 kV	196.000 m	18200 kV	193.000 m
18300 kV	197.000 m	18300 kV	194.000 m
18400 kV	198.000 m	18400 kV	195.000 m
18500 kV	199.000 m	18500 kV	196.000 m
18600 kV	200.000 m	18600 kV	197.000 m
18700 kV	201.000 m	18700 kV	198.000 m
18800 kV	202.000 m	18800 kV	199.000 m
18900 kV	203.000 m	18900 kV	200.000 m
19000 kV	204.000 m	19000 kV	201.000 m
19100 kV	205.000 m	19100 kV	202.000 m
19200 kV	206.000 m	19200 kV	203.000 m
19300 kV	207.000 m	19300 kV	204.000 m
19400 kV	208.000 m	19400 kV	205.000 m
19500 kV	209.000 m	19500 kV	206.000 m
19600 kV	210.000 m	19600 kV	207.000 m
19700 kV	211.000 m	19700 kV	208.000 m
19800 kV	212.000 m	19800 kV	209.000 m
19900 kV	213.000 m	19900 kV	210.000 m
20000 kV	214.000 m	20000 kV	211.000 m
20100 kV	215.000 m	20100 kV	212.000 m
20200 kV	216.000 m	20200 kV	213.000 m
20300 kV	217.000 m	20300 kV	214.000 m
20400 kV	218.000 m	20400 kV	215.000 m
20500 kV	219.000 m	20500 kV	216.000 m
20600 k			











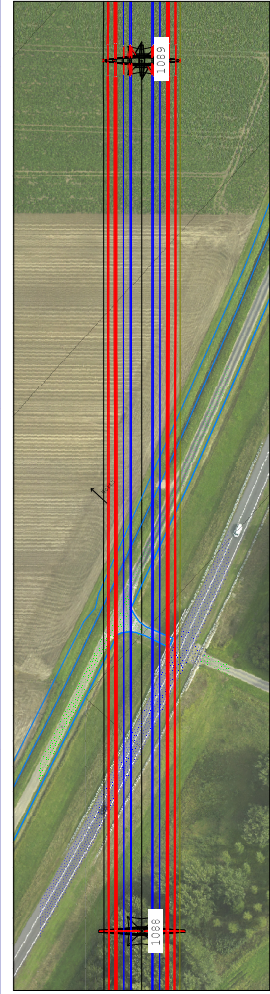












Typ	Hoofddoel	Stroom	Spanning	Hoofddoel	Spanning
1080	1080	1080	1080	1080	1080
1081	1081	1081	1081	1081	1081
1082	1082	1082	1082	1082	1082
1083	1083	1083	1083	1083	1083
1084	1084	1084	1084	1084	1084

Typ	Hoofddoel	Spanning	Hoofddoel	Spanning
1085	1085	1085	1085	1085
1086	1086	1086	1086	1086
1087	1087	1087	1087	1087
1088	1088	1088	1088	1088
1089	1089	1089	1089	1089
1090	1090	1090	1090	1090
1091	1091	1091	1091	1091
1092	1092	1092	1092	1092
1093	1093	1093	1093	1093
1094	1094	1094	1094	1094
1095	1095	1095	1095	1095
1096	1096	1096	1096	1096
1097	1097	1097	1097	1097
1098	1098	1098	1098	1098
1099	1099	1099	1099	1099
1100	1100	1100	1100	1100

Verbinding	Hoofddoel	Spanning	Verbinding	Hoofddoel	Spanning
1101	1101	1101	1101	1101	1101
1102	1102	1102	1102	1102	1102
1103	1103	1103	1103	1103	1103
1104	1104	1104	1104	1104	1104
1105	1105	1105	1105	1105	1105
1106	1106	1106	1106	1106	1106
1107	1107	1107	1107	1107	1107
1108	1108	1108	1108	1108	1108
1109	1109	1109	1109	1109	1109
1110	1110	1110	1110	1110	1110

1080-1099: Geleiders, 1100-1109: Isolatoren, 1110-1119: Accessoires



№	Hoofddoel	Spanning	Hoofddoel	Spanning
1	1080	1080	1080	1080
2	1081	1081	1081	1081
3	1082	1082	1082	1082
4	1083	1083	1083	1083
5	1084	1084	1084	1084
6	1085	1085	1085	1085
7	1086	1086	1086	1086
8	1087	1087	1087	1087
9	1088	1088	1088	1088
10	1089	1089	1089	1089
11	1090	1090	1090	1090
12	1091	1091	1091	1091
13	1092	1092	1092	1092
14	1093	1093	1093	1093
15	1094	1094	1094	1094
16	1095	1095	1095	1095
17	1096	1096	1096	1096
18	1097	1097	1097	1097
19	1098	1098	1098	1098
20	1099	1099	1099	1099
21	1100	1100	1100	1100
22	1101	1101	1101	1101
23	1102	1102	1102	1102
24	1103	1103	1103	1103
25	1104	1104	1104	1104
26	1105	1105	1105	1105
27	1106	1106	1106	1106
28	1107	1107	1107	1107
29	1108	1108	1108	1108
30	1109	1109	1109	1109
31	1110	1110	1110	1110
32	1111	1111	1111	1111
33	1112	1112	1112	1112
34	1113	1113	1113	1113
35	1114	1114	1114	1114
36	1115	1115	1115	1115
37	1116	1116	1116	1116
38	1117	1117	1117	1117
39	1118	1118	1118	1118
40	1119	1119	1119	1119
41	1120	1120	1120	1120
42	1121	1121	1121	1121
43	1122	1122	1122	1122
44	1123	1123	1123	1123
45	1124	1124	1124	1124
46	1125	1125	1125	1125
47	1126	1126	1126	1126
48	1127	1127	1127	1127
49	1128	1128	1128	1128
50	1129	1129	1129	1129
51	1130	1130	1130	1130
52	1131	1131	1131	1131
53	1132	1132	1132	1132
54	1133	1133	1133	1133
55	1134	1134	1134	1134
56	1135	1135	1135	1135
57	1136	1136	1136	1136
58	1137	1137	1137	1137
59	1138	1138	1138	1138
60	1139	1139	1139	1139
61	1140	1140	1140	1140
62	1141	1141	1141	1141
63	1142	1142	1142	1142
64	1143	1143	1143	1143
65	1144	1144	1144	1144
66	1145	1145	1145	1145
67	1146	1146	1146	1146
68	1147	1147	1147	1147
69	1148	1148	1148	1148
70	1149	1149	1149	1149
71	1150	1150	1150	1150
72	1151	1151	1151	1151
73	1152	1152	1152	1152
74	1153	1153	1153	1153
75	1154	1154	1154	1154
76	1155	1155	1155	1155
77	1156	1156	1156	1156
78	1157	1157	1157	1157
79	1158	1158	1158	1158
80	1159	1159	1159	1159
81	1160	1160	1160	1160
82	1161	1161	1161	1161
83	1162	1162	1162	1162
84	1163	1163	1163	1163
85	1164	1164	1164	1164
86	1165	1165	1165	1165
87	1166	1166	1166	1166
88	1167	1167	1167	1167
89	1168	1168	1168	1168
90	1169	1169	1169	1169
91	1170	1170	1170	1170
92	1171	1171	1171	1171
93	1172	1172	1172	1172
94	1173	1173	1173	1173
95	1174	1174	1174	1174
96	1175	1175	1175	1175
97	1176	1176	1176	1176
98	1177	1177	1177	1177
99	1178	1178	1178	1178
100	1179	1179	1179	1179
101	1180	1180	1180	1180
102	1181	1181	1181	1181
103	1182	1182	1182	1182
104	1183	1183	1183	1183
105	1184	1184	1184	1184
106	1185	1185	1185	1185
107	1186	1186	1186	1186
108	1187	1187	1187	1187
109	1188	1188	1188	1188
110	1189	1189	1189	1189
111	1190	1190	1190	1190
112	1191	1191	1191	1191
113	1192	1192	1192	1192
114	1193	1193	1193	1193
115	1194	1194	1194	1194
116	1195	1195	1195	1195
117	1196	1196	1196	1196
118	1197	1197	1197	1197
119	1198	1198	1198	1198
120	1199	1199	1199	1199
121	1200	1200	1200	1200
122	1201	1201	1201	1201
123	1202	1202	1202	1202
124	1203	1203	1203	1203
125	1204	1204	1204	1204
126	1205	1205	1205	1205
127	1206	1206	1206	1206
128	1207	1207	1207	1207
129	1208	1208	1208	1208
130	1209	1209	1209	1209
131	1210	1210	1210	1210
132	1211	1211	1211	1211
133	1212	1212	1212	1212
134	1213	1213	1213	1213
135	1214	1214	1214	1214
136	1215	1215	1215	1215
137	1216	1216	1216	1216
138	1217	1217	1217	1217
139	1218	1218	1218	1218
140	1219	1219	1219	1219
141	1220	1220	1220	1220
142	1221	1221	1221	1221
143	1222	1222	1222	1222
144	1223	1223	1223	1223
145	1224	1224	1224	1224
146	1225	1225	1225	1225
147	1226	1226	1226	1226
148	1227	1227	1227	1227
149	1228	1228	1228	1228
150	1229	1229	1229	1229
151	1230	1230	1230	1230
152	1231	1231	1231	1231
153	1232	1232	1232	1232
154	1233	1233	1233	1233
155	1234	1234	1234	1234
156	1235	1235	1235	1235
157	1236	1236	1236	1236
158	1237	1237	1237	1237
159	1238	1238	1238	1238
160	1239	1239	1239	1239
161	1240	1240	1240	1240
162	1241	1241	1241	1241
163	1242	1242	1242	1242
164	1243	1243	1243	1243
165	1244	1244	1244	1244
166	1245	1245	1245	1245
167	1246	1246	1246	1246
168	1247	1247	1247	1247
169	1248	1248	1248	1248
170	1249	1249	1249	1249
171	1250	1250	1250	1250
172	1251	1251	1251	1251
173	1252	1252	1252	1252
174	1253	1253	1253	1253
175	1254	1254	1254	1254
176	1255	1255	1255	1255
17				



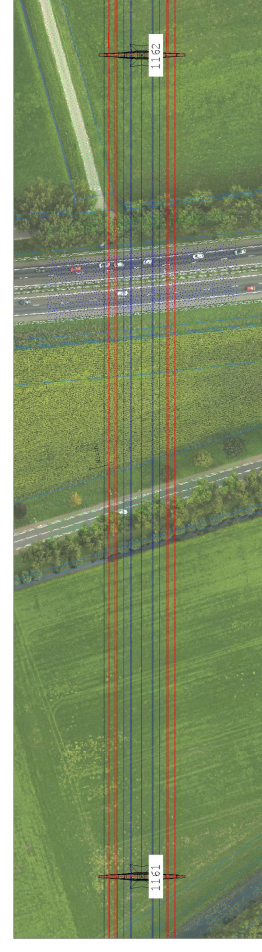












Berekening afstanden

Type	Beleider	Start	Stop	Startpunt	Stoppunt	Type	Startpunt	Stoppunt
100' 00"	1161	1161	1162	1161 m	1162 m	100' 00"	1161 m	1162 m
100' 00"	1162	1162	1163	1162 m	1163 m	100' 00"	1162 m	1163 m
100' 00"	1163	1163	1164	1163 m	1164 m	100' 00"	1163 m	1164 m
100' 00"	1164	1164	1165	1164 m	1165 m	100' 00"	1164 m	1165 m
100' 00"	1165	1165	1166	1165 m	1166 m	100' 00"	1165 m	1166 m
100' 00"	1166	1166	1167	1166 m	1167 m	100' 00"	1166 m	1167 m
100' 00"	1167	1167	1168	1167 m	1168 m	100' 00"	1167 m	1168 m
100' 00"	1168	1168	1169	1168 m	1169 m	100' 00"	1168 m	1169 m
100' 00"	1169	1169	1170	1169 m	1170 m	100' 00"	1169 m	1170 m
100' 00"	1170	1170	1171	1170 m	1171 m	100' 00"	1170 m	1171 m
100' 00"	1171	1171	1172	1171 m	1172 m	100' 00"	1171 m	1172 m
100' 00"	1172	1172	1173	1172 m	1173 m	100' 00"	1172 m	1173 m
100' 00"	1173	1173	1174	1173 m	1174 m	100' 00"	1173 m	1174 m
100' 00"	1174	1174	1175	1174 m	1175 m	100' 00"	1174 m	1175 m
100' 00"	1175	1175	1176	1175 m	1176 m	100' 00"	1175 m	1176 m
100' 00"	1176	1176	1177	1176 m	1177 m	100' 00"	1176 m	1177 m
100' 00"	1177	1177	1178	1177 m	1178 m	100' 00"	1177 m	1178 m
100' 00"	1178	1178	1179	1178 m	1179 m	100' 00"	1178 m	1179 m
100' 00"	1179	1179	1180	1179 m	1180 m	100' 00"	1179 m	1180 m
100' 00"	1180	1180	1181	1180 m	1181 m	100' 00"	1180 m	1181 m
100' 00"	1181	1181	1182	1181 m	1182 m	100' 00"	1181 m	1182 m
100' 00"	1182	1182	1183	1182 m	1183 m	100' 00"	1182 m	1183 m
100' 00"	1183	1183	1184	1183 m	1184 m	100' 00"	1183 m	1184 m
100' 00"	1184	1184	1185	1184 m	1185 m	100' 00"	1184 m	1185 m
100' 00"	1185	1185	1186	1185 m	1186 m	100' 00"	1185 m	1186 m
100' 00"	1186	1186	1187	1186 m	1187 m	100' 00"	1186 m	1187 m
100' 00"	1187	1187	1188	1187 m	1188 m	100' 00"	1187 m	1188 m
100' 00"	1188	1188	1189	1188 m	1189 m	100' 00"	1188 m	1189 m
100' 00"	1189	1189	1190	1189 m	1190 m	100' 00"	1189 m	1190 m
100' 00"	1190	1190	1191	1190 m	1191 m	100' 00"	1190 m	1191 m
100' 00"	1191	1191	1192	1191 m	1192 m	100' 00"	1191 m	1192 m
100' 00"	1192	1192	1193	1192 m	1193 m	100' 00"	1192 m	1193 m
100' 00"	1193	1193	1194	1193 m	1194 m	100' 00"	1193 m	1194 m
100' 00"	1194	1194	1195	1194 m	1195 m	100' 00"	1194 m	1195 m
100' 00"	1195	1195	1196	1195 m	1196 m	100' 00"	1195 m	1196 m
100' 00"	1196	1196	1197	1196 m	1197 m	100' 00"	1196 m	1197 m
100' 00"	1197	1197	1198	1197 m	1198 m	100' 00"	1197 m	1198 m
100' 00"	1198	1198	1199	1198 m	1199 m	100' 00"	1198 m	1199 m
100' 00"	1199	1199	1200	1199 m	1200 m	100' 00"	1199 m	1200 m
100' 00"	1200	1200	1201	1200 m	1201 m	100' 00"	1200 m	1201 m
100' 00"	1201	1201	1202	1201 m	1202 m	100' 00"	1201 m	1202 m
100' 00"	1202	1202	1203	1202 m	1203 m	100' 00"	1202 m	1203 m
100' 00"	1203	1203	1204	1203 m	1204 m	100' 00"	1203 m	1204 m
100' 00"	1204	1204	1205	1204 m	1205 m	100' 00"	1204 m	1205 m
100' 00"	1205	1205	1206	1205 m	1206 m	100' 00"	1205 m	1206 m
100' 00"	1206	1206	1207	1206 m	1207 m	100' 00"	1206 m	1207 m
100' 00"	1207	1207	1208	1207 m	1208 m	100' 00"	1207 m	1208 m
100' 00"	1208	1208	1209	1208 m	1209 m	100' 00"	1208 m	1209 m
100' 00"	1209	1209	1210	1209 m	1210 m	100' 00"	1209 m	1210 m
100' 00"	1210	1210	1211	1210 m	1211 m	100' 00"	1210 m	1211 m
100' 00"	1211	1211	1212	1211 m	1212 m	100' 00"	1211 m	1212 m
100' 00"	1212	1212	1213	1212 m	1213 m	100' 00"	1212 m	1213 m
100' 00"	1213	1213	1214	1213 m	1214 m	100' 00"	1213 m	1214 m
100' 00"	1214	1214	1215	1214 m	1215 m	100' 00"	1214 m	1215 m
100' 00"	1215	1215	1216	1215 m	1216 m	100' 00"	1215 m	1216 m
100' 00"	1216	1216	1217	1216 m	1217 m	100' 00"	1216 m	1217 m
100' 00"	1217	1217	1218	1217 m	1218 m	100' 00"	1217 m	1218 m
100' 00"	1218	1218	1219	1218 m	1219 m	100' 00"	1218 m	1219 m
100' 00"	1219	1219	1220	1219 m	1220 m	100' 00"	1219 m	1220 m
100' 00"	1220	1220	1221	1220 m	1221 m	100' 00"	1220 m	1221 m
100' 00"	1221	1221	1222	1221 m	1222 m	100' 00"	1221 m	1222 m
100' 00"	1222	1222	1223	1222 m	1223 m	100' 00"	1222 m	1223 m
100' 00"	1223	1223	1224	1223 m	1224 m	100' 00"	1223 m	1224 m
100' 00"	1224	1224	1225	1224 m	1225 m	100' 00"	1224 m	1225 m
100' 00"	1225	1225	1226	1225 m	1226 m	100' 00"	1225 m	1226 m
100' 00"	1226	1226	1227	1226 m	1227 m	100' 00"	1226 m	1227 m
100' 00"	1227	1227	1228	1227 m	1228 m	100' 00"	1227 m	1228 m
100' 00"	1228	1228	1229	1228 m	1229 m	100' 00"	1228 m	1229 m
100' 00"	1229	1229	1230	1229 m	1230 m	100' 00"	1229 m	1230 m
100' 00"	1230	1230	1231	1230 m	1231 m	100' 00"	1230 m	1231 m
100' 00"	1231	1231	1232	1231 m	1232 m	100' 00"	1231 m	1232 m
100' 00"	1232	1232	1233	1232 m	1233 m	100' 00"	1232 m	1233 m
100' 00"	1233	1233	1234	1233 m	1234 m	100' 00"	1233 m	1234 m
100' 00"	1234	1234	1235	1234 m	1235 m	100' 00"	1234 m	1235 m
100' 00"	1235	1235	1236	1235 m	1236 m	100' 00"	1235 m	1236 m
100' 00"	1236	1236	1237	1236 m	1237 m	100' 00"	1236 m	1237 m
100' 00"	1237	1237	1238	1237 m	1238 m	100' 00"	1237 m	1238 m
100' 00"	1238	1238	1239	1238 m	1239 m	100' 00"	1238 m	1239 m
100' 00"	1239	1239	1240	1239 m	1240 m	100' 00"	1239 m	1240 m
100' 00"	1240	1240	1241	1240 m	1241 m	100' 00"	1240 m	1241 m
100' 00"	1241	1241	1242	1241 m	1242 m	100' 00"	1241 m	1242 m
100' 00"	1242	1242	1243	1242 m	1243 m	100' 00"	1242 m	1243 m
100' 00"	1243	1243	1244	1243 m	1244 m	100' 00"	1243 m	1244 m
100' 00"	1244	1244	1245	1244 m	1245 m	100' 00"	1244 m	1245 m
100' 00"	1245	1245	1246	1245 m	1246 m	100' 00"	1245 m	1246 m
100' 00"	1246	1246	1247	1246 m	1247 m	100' 00"	1246 m	1247 m
100' 00"	1247	1247	1248	1247 m	1248 m	100' 00"	1247 m	1248 m
100' 00"	1248	1248	1249	1248 m	1249 m	100' 00"	1248 m	1249 m
100' 00"	1249	1249	1250	1249 m	1250 m	100' 00"	1249 m	1250 m
100' 00"	1250	1250	1251	1250 m	1251 m	100' 00"	1250 m	1251 m
100' 00"	1251	1251	1252	1251 m	1252 m	100' 00"	1251 m	1252 m
100' 00"	1252	1252	1253	1252 m	1253 m	100' 00"	1252 m	1253 m
100' 00"	1253	1253	1254	1253 m	1254 m	100' 00"	1253 m	1254 m
100' 00"	1254	1254	1255	1254 m	1255 m	100' 00"	1254 m	1255 m
100' 00"	1255	1255	1256	1255 m	1256 m	100' 00"	1255 m	1256 m
100' 00"	1256	1256	1257	1256 m	1257 m	100' 00"	1256 m	1257 m
100' 00"	1257	1257	1258	1257 m	1258 m	100' 00"	1257 m	1258 m
100' 00"	1258	1258	1259	1258 m	1259 m	100' 00"	1258 m	1259 m
100' 00"	1259	1259	1260	1259 m	1260 m	100' 00"	1259 m	1260 m
100' 00"	1260	1260	1261	1260 m	1261 m	100' 00"	1260 m	1261 m
100' 00"	1261	1261	1262	1261 m	1262 m	100' 00"	1261 m	1262 m
100' 00"	1262	1262	1263	1262 m	1263 m	100' 00"	1262 m	1263 m
100' 00"	1263	1263	1264	1263 m	1264 m	100' 00"	1263 m	1264 m
100' 00"	1264	1264	1265	1264 m	1265 m	100' 00"	1264 m	1265 m
100' 00"	1265	1265	1266	1265 m	1266 m	100' 00"	1265 m	1266 m
100' 00"	1266	1266	1267	1266 m	1267 m	100' 00"	1266 m	1267 m
100' 00"	1267	1267	1268	1267 m	1268 m	100' 00"	1267 m	1268 m
100' 00"	1268	1268	1269	1268 m	1269 m	100' 00"	1268 m	1269 m
100' 00"	1269	1269	1270	1269 m	1270 m	100' 00"	1269 m	1270 m
100' 00"	1270	1270	1271	1270 m	1271 m	100' 00"	1270 m	1271 m
100' 00"	1271	1271	1272	1271 m	1272 m	100' 00"	1271 m	1272 m
100' 00"	1272	1272	1273	1272 m	1273 m	100' 00"	1272 m	1273 m
100' 00"	1273	1273	1274	1273 m	1274 m	100' 00"	1273 m	1274 m
100' 00"	1274	1274	1275	1274 m	1275 m	100' 00"		

E.1 002.678.20 1078796 Def planboekje met bijlage

E.1 002.678.20 1078796 Def planboekje met bijlage





# HERINRICHTING EN HERPLANT VZP Het Rak en t'Scheld A58

10-11-2022



## **INHOUDSOPGAVE**

1. INLEIDING
2. ANALYSE
3. VISIE EN UITGANGSPUNTEN
4. PLAN
5. BOOMCOMPENSATIE
6. UITWERKING

## 1. INLEIDING

Bij binnenkomst van Zeeland over de A58 treft men de verzorgingsplaatsen Het Rak (zuid) en 't Scheld (noord). Beide in beheer bij Rijkswaterstaat. De verzorgingsplaatsen, die bij de in- en uitgang van Zeeland liggen, worden veelvuldig gebruikt door onder andere vrachtwagenchauffeurs en toeristen. Vooral Het Rak heeft een groen karakter met een groot aantal volwassen bomen (essen). Deze vormen vensters naar het open polderlandschap aan de zuidzijde van de A58. Vanaf de verzorgingsplaatsen is vrij zicht op deze polders mogelijk.

TenneT is bezig met het realiseren van de nieuwe 380kV verbinding door Zeeland. Het traject loopt langs de snelweg en ter hoogte van 't Rak loopt een deel van het traject over de verzorgingsplaats heen. Vanuit veiligheid is het niet wenselijk dat er houtopstanden onder het hoogspanningstraject groeien. Daarom moet er in totaal 87 essen bij Het Rak gekapt worden. Deze bomen moeten worden herplant. Voor een deel kan dit plaatsvinden op de verzorgingsplaatsen Het Rak en 't Scheld zelf. Niet alle bomen kunnen op deze locaties worden gecompenseerd. Voor de overige bomen wordt een andere locatie gezocht.

Dit plan beschrijft de mogelijkheden tot boomcompensatie binnen de verzorgingsplaatsen. Daarnaast is ook gekeken hoe de ruimtelijke kwaliteit op VZP Het Rak in de toekomst gewaarborgd kan blijven. Met het verwijderen van de bomen valt immers een belangrijke kwaliteit weg. Daarom is naar een nieuwe inrichting gezocht die de VZP toekomstbestendig maakt.

Daarin is meegenomen dat de VZP's in de huidige situatie niet altijd even aantrekkelijk en vaak niet ingericht zijn vanuit de behoefte van de gebruikers. De verzorgingsplaatsen zijn vaak overbelast, zeker in de zomerperiode en het voorzieningenniveau is vrij laag. In de 'Visie Ruimtelijke Kwaliteit Zee en Delta' (RWS/Buro Ruimte & Groen, 2022) is daarom voorgesteld om de verzorgingsplaatsen een kwaliteitsimpuls te geven en te komen tot een eenduidige inrichting door het ontwikkelen van een inrichtingsplan.



Ligging verzorgingsplaatsen



Verzorgingsplaatsen Het Rak (voorgrond) en 't Scheld (achtergrond) vanuit de lucht

## 2. ANALYSE

### 2.1 Landschap

De verzorgingsplaatsen liggen beide in de grootschalige nieuwlandpolders ten oosten van Rilland. Dit zijn relatief jonge polders (Völckerpolder en Damespolder) met een open karakter waardoor vergezichten vanaf de weg en de VZP's mogelijk zijn.

De dijkstructuur die de polders afbakt is duidelijk herkenbaar vanaf de verzorgingsplaatsen. Een bijzonder element in het landschap is de zogenoemde 'zaai'dijk die langs de Vierlingweg ligt, ten westen van Het Rak. Deze dijk is afgevlakt en wordt agrarisch bewerkt. Daardoor heeft deze een typisch asymmetrisch profiel.

Aan dit oorspronkelijke polderlandschap zijn de afgelopen decennia veel nieuwe ontwikkelingen toegevoegd die ruimtelijk sterk het beeld bepalen. Naast de infrastructuur van weg (A58/A4), spoor (verbinding Vlissingen-Bergen op Zoom) en water (Schelde-Rijnkanaal) zijn hoogspanningsverbindingen en windmolens aanwezig. Daar komt straks de 380 KV-verbinding nog bij. Allemaal grootschalige, lijnvormige elementen die sterk aanwezig zijn in het landschap.

### 2.2 Landschapvisie

In de 'Visie Ruimtelijke Kwaliteit' (RWS/BRG) staat zijn een aantal kernkwaliteiten voor het Deltalandschap en weglandschap beschreven. Belangrijk voor deze visie zijn de volgende kernkwaliteiten:

- Het landschap bepaalt grotendeels het wegbeeld;
- de weidsheid in de relatief open polders;
- het overwegend landelijk karakter waarbij het landschap grotendeels het wegbeeld bepaalt.

Het zicht op het weidse polderlandschap vanaf de weg en verzorgingsplaatsen dient behouden en versterkt te worden. De verzorgingsplaatsen zelf staan aangeduid als locaties die hersteld of vernieuwd dient te worden. Zij verdienen een kwaliteitsimpuls.



Uitsnede uit visiekaart A58 (bron: Visie Ruimtelijke kwaliteit Zee en Delta)



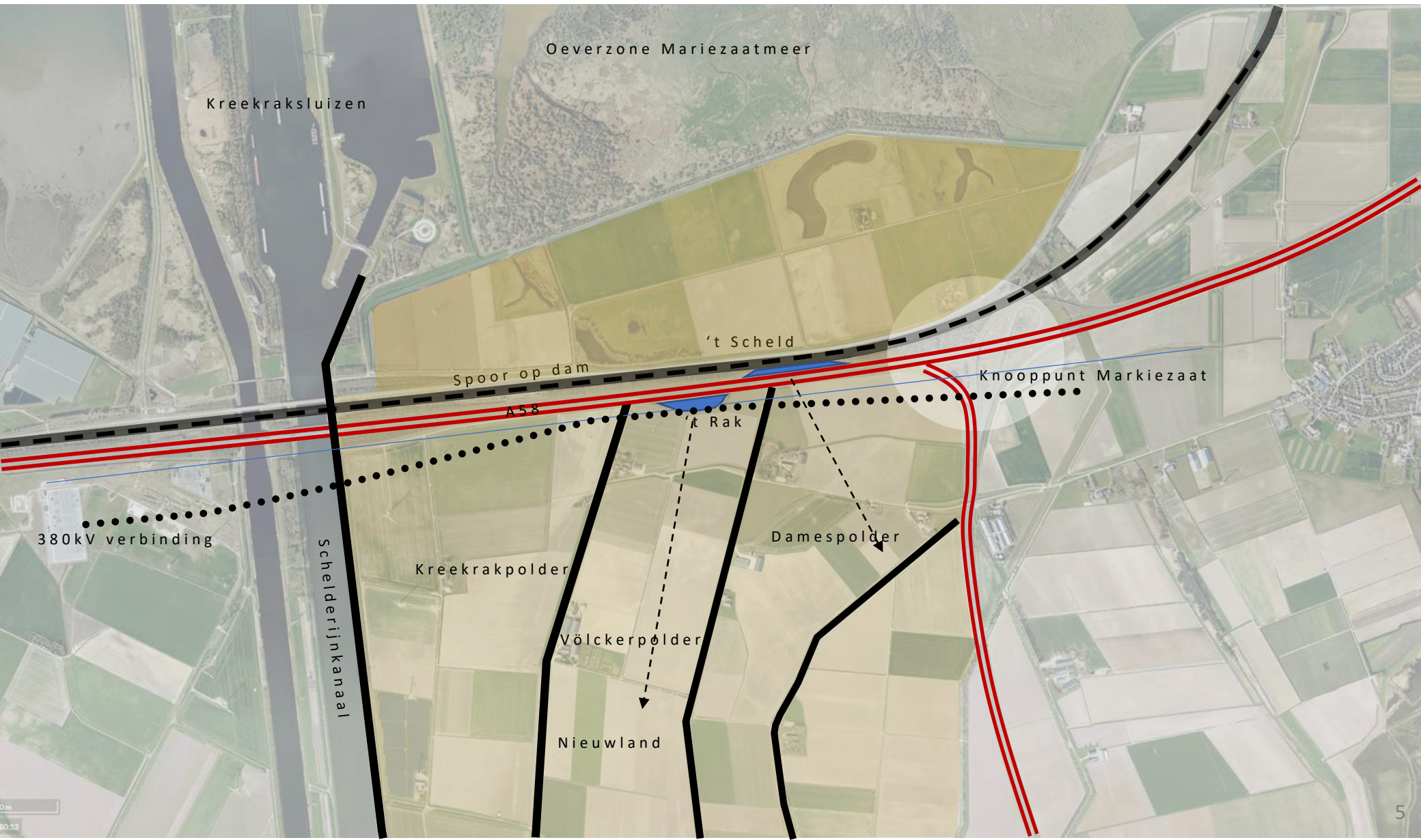
De 'zaaidijk' ten zuidwesten van Het Rak



Vensters op het landschap



Landschapsanalysekaart







*Impressie nieuwe 380 kV verbinding over 't Rak (bron: [www.tennet.projectatlas.app/zuid-west-380kv-oost](http://www.tennet.projectatlas.app/zuid-west-380kv-oost))*



## 2.2 Het Rak

VZP Het Rak is een lommerrijke verzorgingsplaats met een fors aantal volwassen essen. Deze geven beschutting aan de parkeerplaatsen. Naast de boombeplantingen is er in de west- en oostzijde een bosje aanwezig met bomen en ondergroei. Het hart van de verzorgingsplaats is wat opener van karakter met een kleine waterpartij en terreinophoging. Op de verzorgingsplaats staan een aantal picknickbanken en ondergrondse afvalbakken. Verdere voorzieningen ontbreken. Kenmerkend is het zicht onder de bomen door op het polderlandschap aan de zuidzijde.

### Kwaliteiten

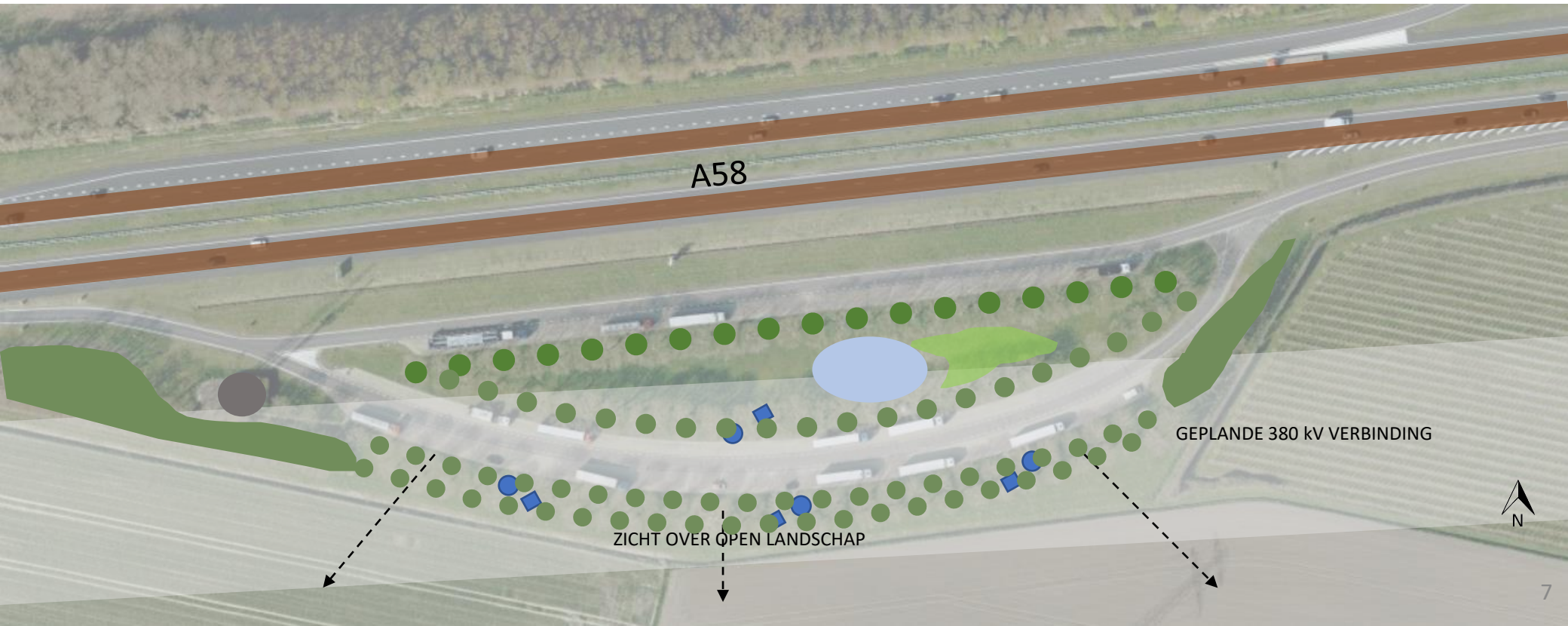
- Ruim zicht over het landschap
- Groot aantal volwassen bomen (es) geven sfeer en groen karakter
- Vrij ruim opgezette verzorgingsplaats

### Diskwaliteiten

- Poel niet zichtbaar (dichtgegroeid);
- Geen voorzieningen en geen groeninpassing ter plaatse van noordelijke parkeerstrook;
- Na uitvoering kapwerkzaamheden wordt het groene, lommerrijke karakter aangetast;
- Veel elementenverhardingen met intensiever beheer.

### Legenda

- Afvalbakken
- ◆ Zitbanken
- Poel
- ophoging
- Zendmast
- Bestaande bomen /houtopstanden







Zicht op Völckerpolder



Noordelijke parkeerstrook en brede berm



Dichtgegroeide poel en verhoging in maaiveld



Begin invoegstrook



Te verwijderen essen



### 2.3 't Scheld

Verzorgingsplaats 't Scheld ligt aan de noordzijde van de A58. Er is één rijweg met aan beide zijden parkeergelegenheid. Daaraan gekoppeld is een loopstrook aanwezig met picknickbanken en afvalbakken. Ook is er een apart looppad aan de andere zijde van de sloot (toegankelijk met een bruggetje) waar nog enkele bankjes zijn opgesteld. In het midden van de VZP is een servicestrip aanwezig. Voorheen bevonden zich hier voorzieningen als een toilet, infopunt, etc. Deze zijn vanwege beheerproblemen, vandalisme, etc verwijderd. Daardoor oogt de strook wat desolaat. De staat van onderhoud van de verhardingen is hier ook matig.

Aan beide zijden van de verzorgingsplaats staat een bomenrij en aan de zuidzijde tevens een haag. In het midden is de haag onderbroken waardoor er uitzicht over het landschap is. Aan de noordzijde ligt een dijk met daarop de spoorlijn. De tussenliggende leidingstrook is onbeplant.

#### Kwaliteiten

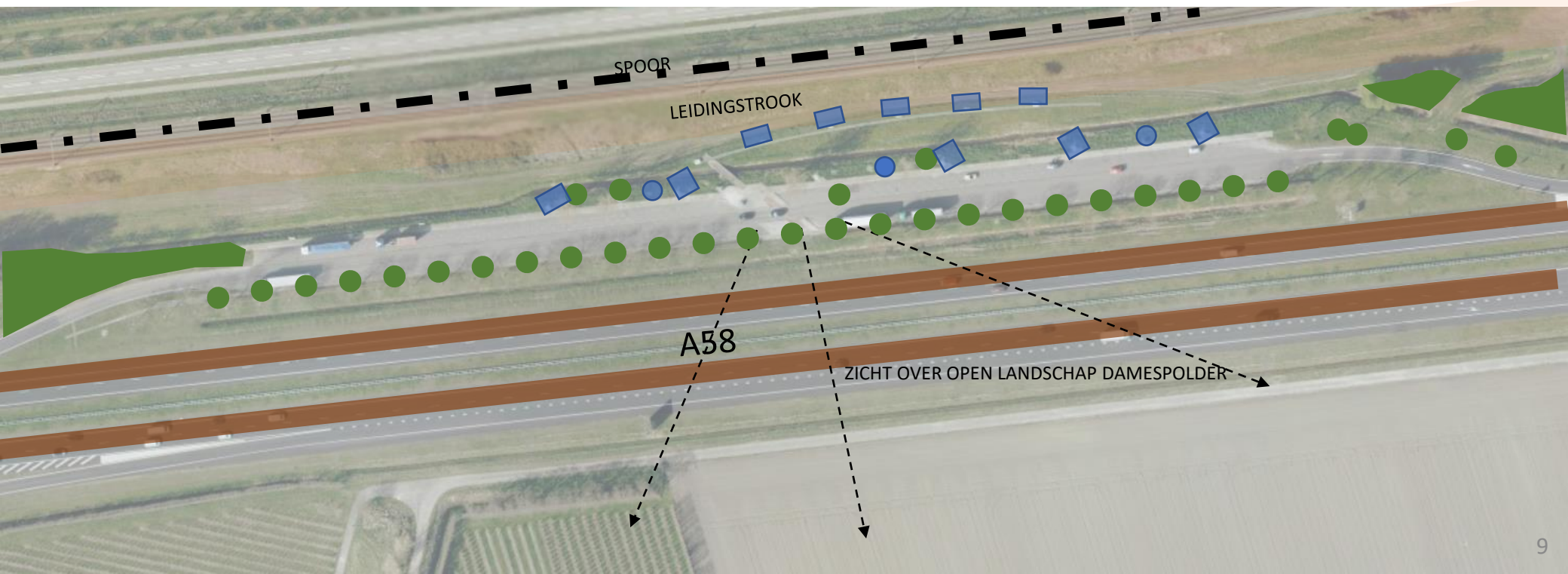
- Uitzicht over het landschap aan de zuidzijde
- Redelijk voorzieningenniveau wat betreft bankjes en afvalcontainers

#### Diskwaliteiten

- De verzorgingsplaats is aan de krappe kant, zeker in de zomerperiode staat deze bomvol. Door de ligging tussen spoor en weg is de VZP behoorlijk smal.
- De staat van onderhoud laat te wensen over; voorzieningen functioneren niet meer, verhardingen zijn slecht, etc.;
- Het pad aan de overzijde is leuk maar loopt dood en heeft weinig relatie met de rest van de VZP.
- Het bomenbestand is aangetast; doordat bomen zijn uitgevallen of verwijderd is de bomenstructuur, vooral aan de noordzijde niet krachtig.

#### Legenda

- Afvalbakken
- Zitbanken
- Bestaande bomen /houtopstanden

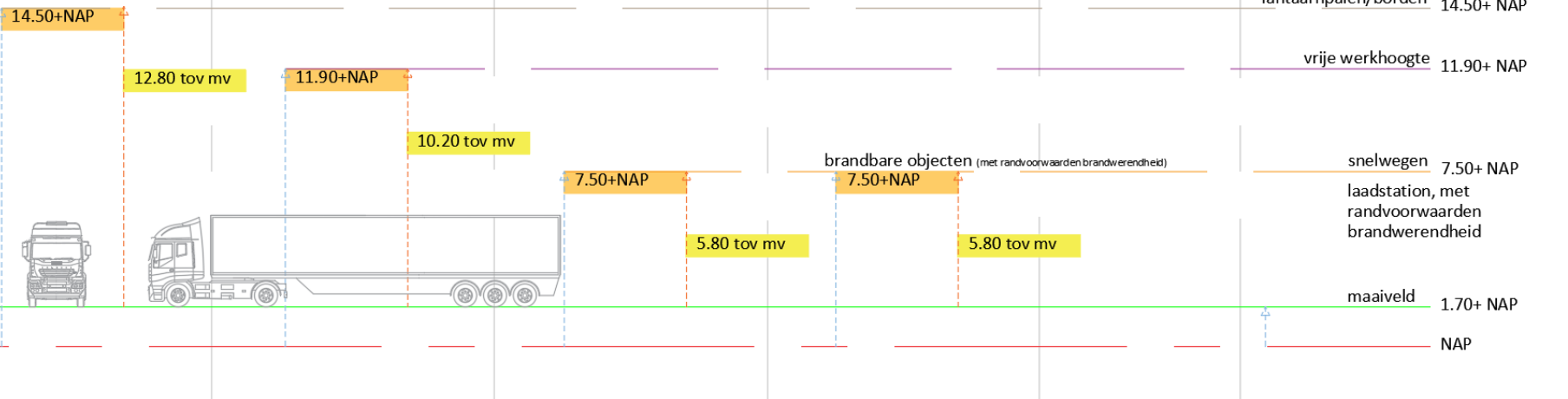








## 2.4 Randvoorwaarden Tennet





### 3. VISIE EN UITGANGSPUNTEN

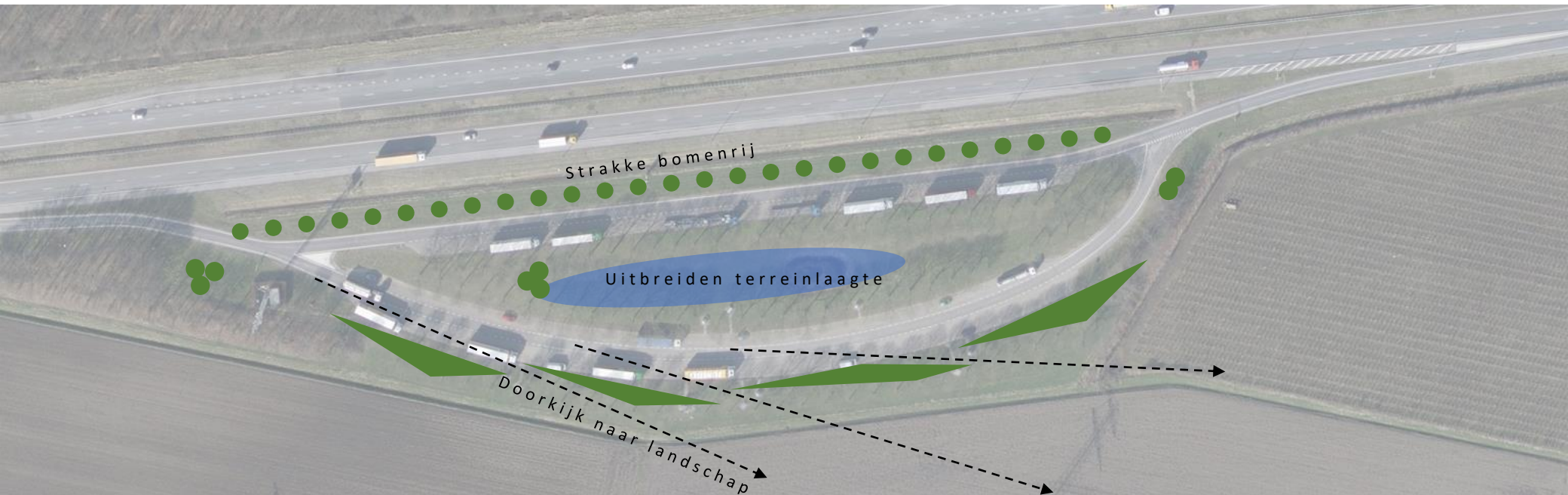
Belangrijk uitgangspunt is om de ruimtelijke kwaliteit van de VZP's te behouden en te versterken. Daarnaast moet de sociale veiligheid gewaarborgd blijven en het omliggende landschap beleefbaar. Streven is om nieuwe thema's als klimaatadaptie en biodiversiteit een plaats te geven. Wat materialisatie en inrichting betreft wordt zoveel mogelijk aangesloten bij de bestaande standaard van RWS.

Met de noodzakelijke kap van de essen vindt een kaalslag plaats en dreigt sfeer en geborgenheid te verdwijnen. Er kunnen onder het hoogspanningstracé om veiligheidsredenen ook geen bomen terug geplant worden. Daarom is gezocht naar andere ruimtelijke elementen die zorgen voor een goede inpassing en inrichting van de verzorgingsplaats.

Als uitgangspunt voor de inpassing is gezocht naar aansluiting bij het omliggende landschap. Het uitzicht over de polder is een kernkwaliteit en moet dus behouden blijven. Daarnaast is de dijkstructuur die het gebied begrenst een herkenbaar element in het landschap.

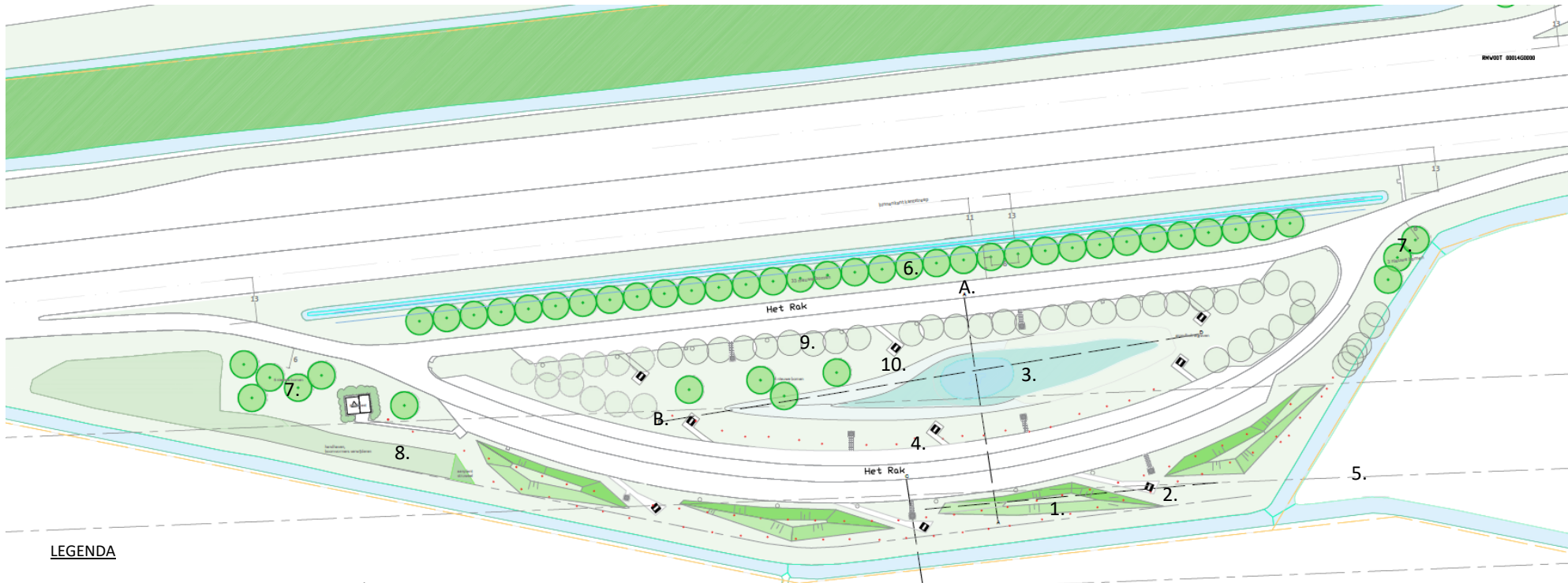
Om hier bij aan te sluiten is gekozen voor een inpassing met verhoogde grondlichamen in de vorm van driehoekige 'schollen'. Deze hebben strakke vormen en zijn maximaal 1.20 hoog, zodat het landschap er niet achter verdwijnt en sociale veiligheid gewaarborgd blijft. Ze liggen los en verschoven ten opzichte van elkaar. Zo ontstaat er ruimte tussen de schollen waardoor doorzichten richting het landschap ontstaan, ook vanuit de auto. Daarnaast is er tussen de schollen ruimte voor picknicksets. De schollen worden ingezaaid met een kruidenmengsel. De poel/terreinlaagte in het midden wordt uitgebreid met flauwe oevers en opgeschoond zodat de poel meer beleefbaar wordt en een eyecatcher vormt in het hart van de VZP. In het verlengde hiervan wordt een terreinlaagte/wadi aangelegd. Hiermee wordt ook vormgegeven aan de wens van Rijkswaterstaat om maatregelen te nemen in het kader van klimaatadaptie en biodiversiteit.

De noordelijke parkeerstrook krijgt aanvullende voorzieningen in de vorm van enkele rustplaatsen met picknickset en afvalbak. Om meer geborgenheid te bieden wordt een nieuwe bomenrij aangeplant tussen VZP en A58. Een strakke lijn langs de parkeerstrook met één boomsoort vormt een krachtig gebaar wat de verzorgingsplaats markeert. Hiermee wordt tevens invulling gegeven aan de noodzakelijke herplant. Ook bij de entree en exit en in het midden bij de poel is ruimte voor enkele boomgroepen. In totaal is er ruimte op Het Rak en 't Scheld om 63 bomen te compenseren.



## 4. PLAN

### 4.1 inrichtingsvoorstel Het Rak

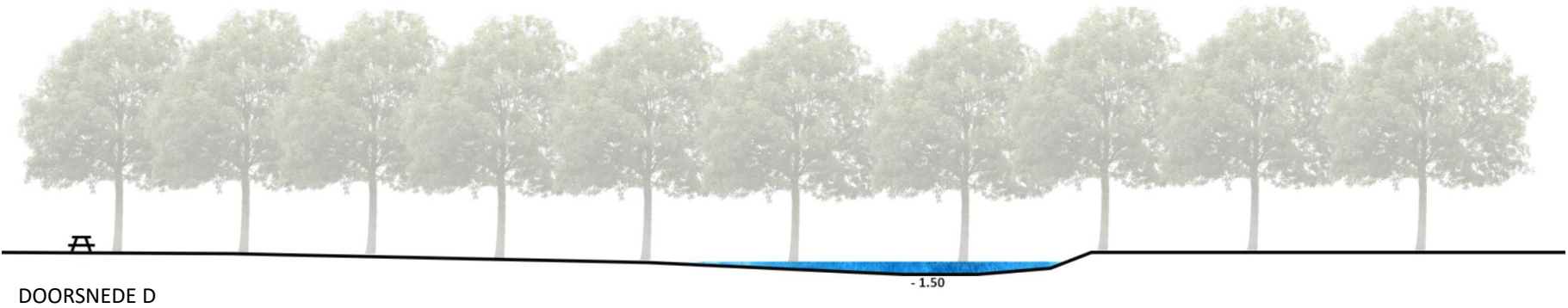


#### LEGENDA

1. Grondtaluds t.b.v. afscherming voertuigen/inpassing en creëren geborgenheid. Taluds van max. 1.2 m hoog, waardoor sociale veiligheid gewaarborgd blijft;
2. Rustplekken met picknicksets (3x) zuidelijke strook met uitzicht op het achterliggende landschap. Afvalcontainers blijven op huidige plek gehandhaafd;
3. Aanpassen bestaande vijver met terreinlaagte/wadi en natuurvriendelijke oevers: visueel aantrekkelijk, waterberging, ecologische meerwaarde door flauw aflopende, natuurlijke taluds en veiliger voor kinderen. Af te graven grondophoging en uitkomende grond gebruiken ten behoeve van te creëren taluds. Enkele bomen toevoegen daar waar ruimte is;
4. Rustplekken/picknicksets (3) en afvalbakken (2) aan binnenzijde met zicht op waterpartij;
5. Hoogspanningstracé 380 KV: geen bomen/beplanting;
6. Nieuwe bomenrij (33st) ter compensatie, plantafstand ca 8m, wegsloot 2m naar binnen leggen (13m uit kant wegstreep);
7. Boomgroepen toevoegen daar waar ruimte is bij 'kop en staart' van de verzorgingsplaats (6+3 stuks);
8. Bestaand bosje handhaven, boomvormers terugzetten onder hoogspanningsstrook en aanplant op kop;
9. Bestaande bomenrij es;
10. Uitbreiden voorzieningen aan zuidzijde parkeerplaats: 2 afvalcontainers en 3 picknicksets.

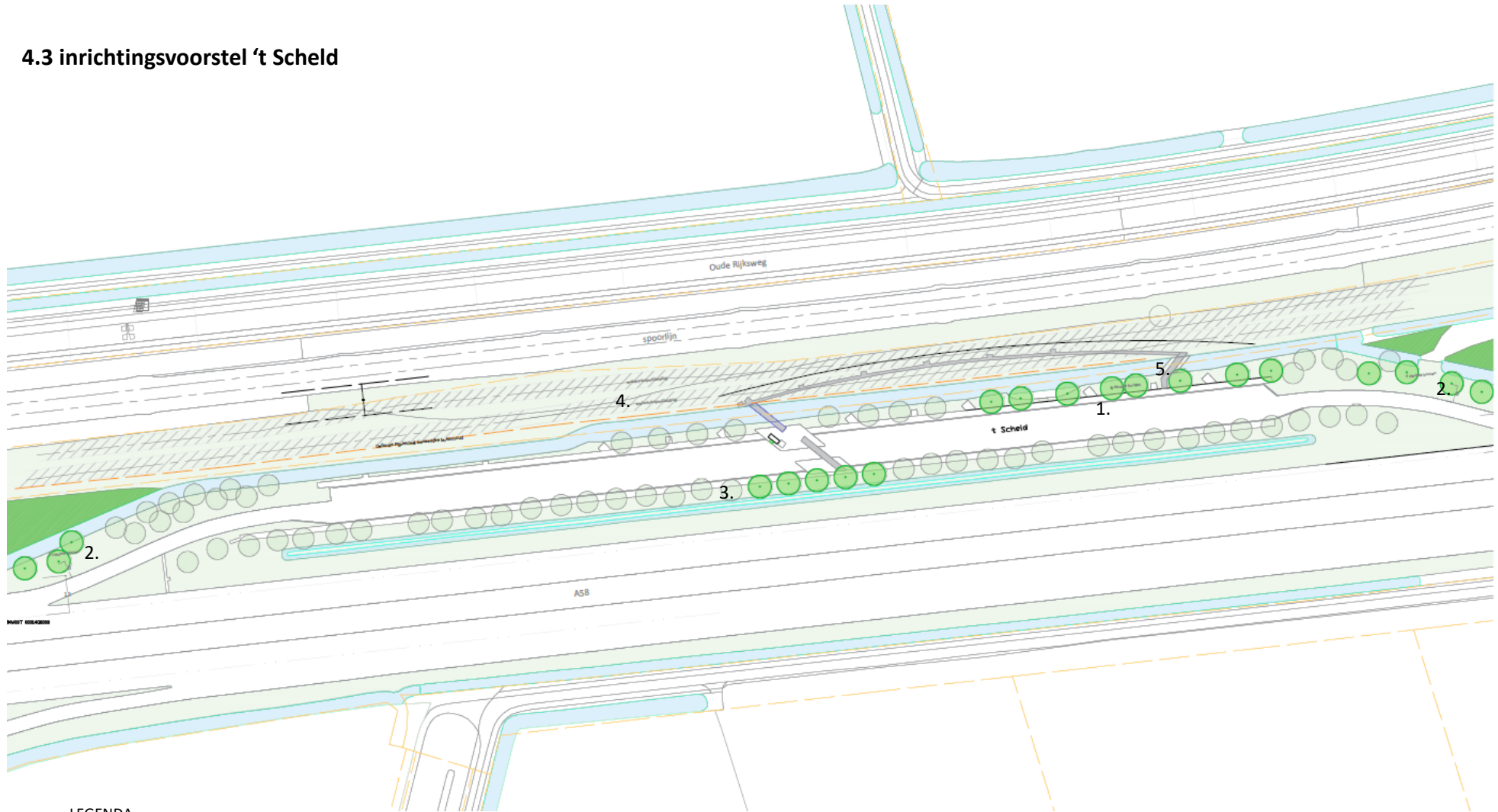


## 4.2 doorsneden Het Rak





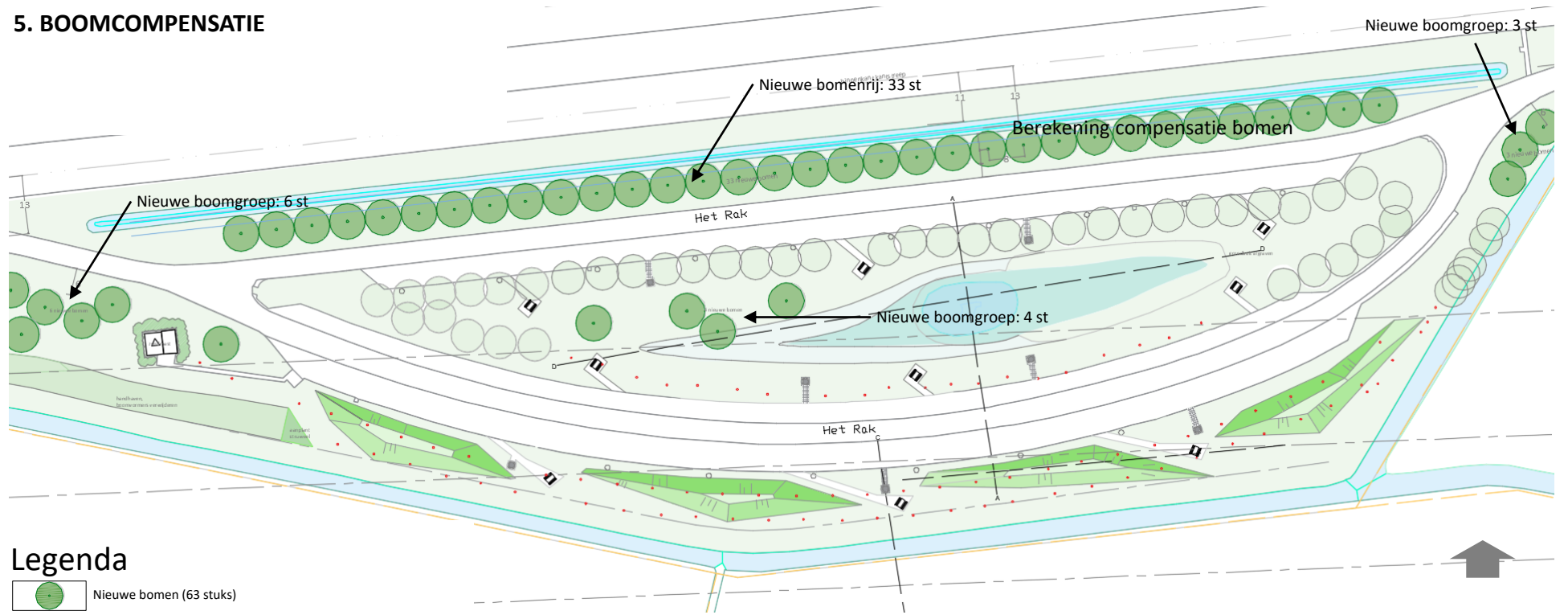
### 4.3 inrichtingsvoorstel 't Scheld






#### LEGENDA

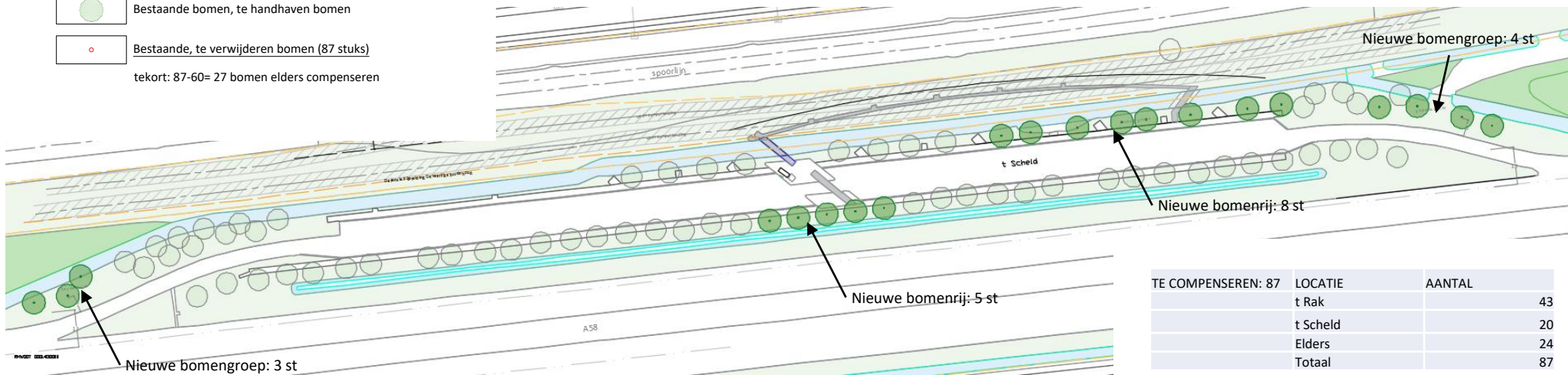
1. Aanvullen bestaande bomenrij langs loopstrook en sloot (8 stuks);
2. Aanvullen boomgroepen daar waar ruimte is bij 'kop en staart' van de verzorgingsplaats (3+4stuks);
3. Bestaande bomen (es) handhaven, bij opening in midden rij doorzetten;
4. Tracés watertransportleidingen met beschermingszones: geen bomen mogelijk;
5. Aanbrengen dam met duiker in sloot en doortrekken pad zodat circuit ontstaat (t.b.v. recreanten en beheer)

## 5. BOOMCOMPENSATIE



### Legenda

-  Nieuwe bomen (63 stuks)
-  Bestaande bomen, te handhaven bomen
-  Bestaande, te verwijderen bomen (87 stuks)  
tekort: 87-60= 27 bomen elders compenseren



TE COMPENSEREN: 87	LOCATIE	AANTAL
	t Rak	43
	t Scheid	20
	Elders	24
	Totaal	87



## 6. UITWERKING

### 6.1 Materialisatie



Geborsteld beton voor paden en ondergrond picknicksets



Picknicksets en afvalbak in lijn van 't Scheld en andere verzorgingsplaatsen Zeeland



Lichtmast aansluitend bij bestaande lichtmasten

## 6.2 Beplantingsindicatie



*Tilia europaea/cordata cv (1)*



*Acer platanoides cv (1)*



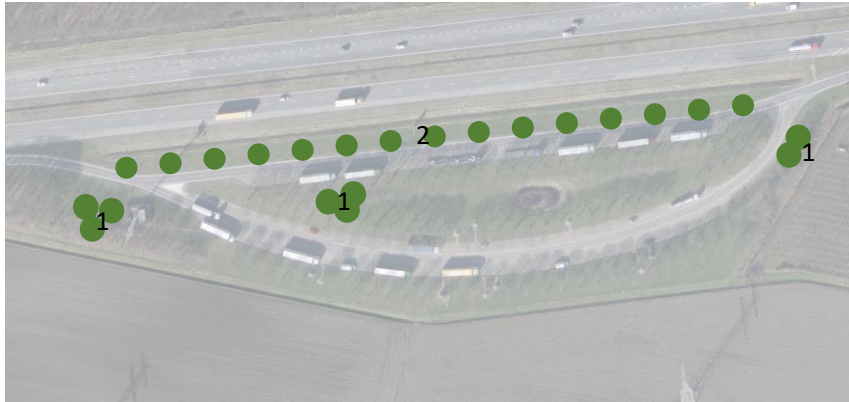
*Ulmus cv (2)*



*Fraxinus excelsior (3)*



*Populus canadensis 'Zeeland'(4)*







*Grondtaluds 'Schollen' met kruidenrijk bloemenmengsel*



*Natuurlijke oeervegetatie*



*Kruidenrijk gras*

## **BIJLAGE**

I. Totaaltekening inrichtingsplan A0

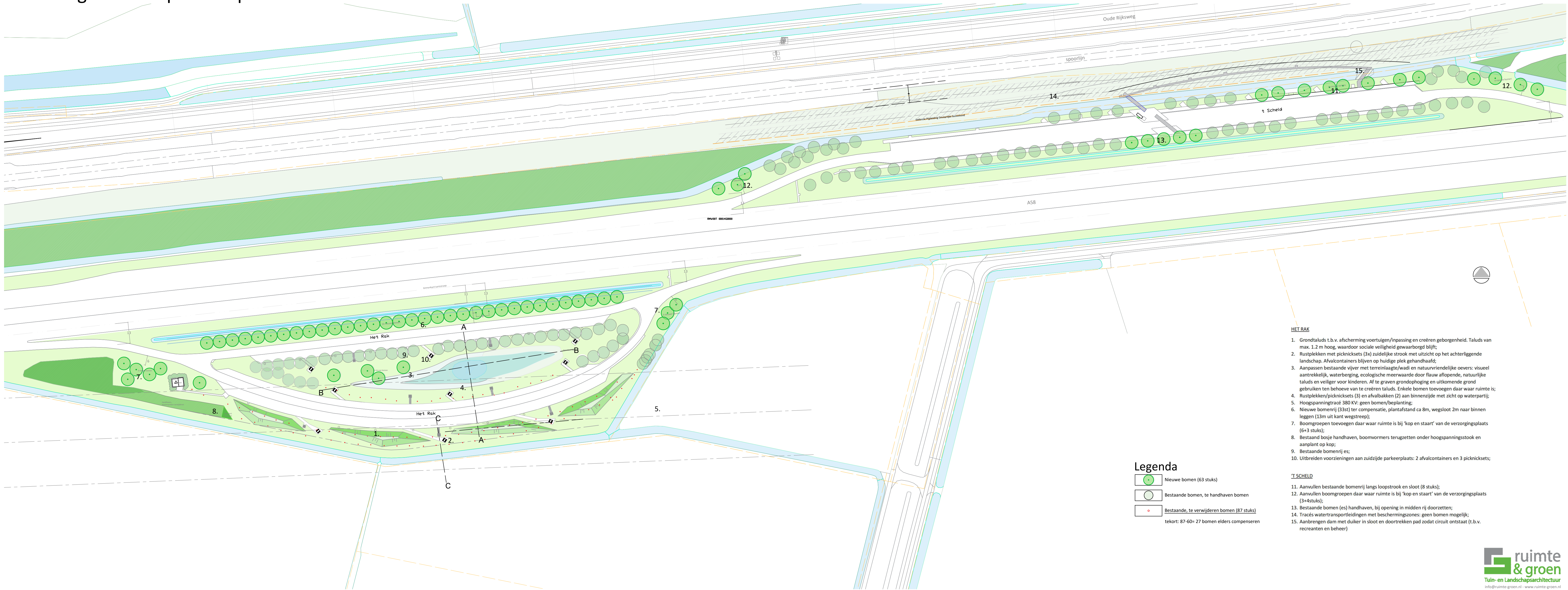






# Verzorgingsplaatsen Het Rak en 'T Scheld - A58

inrichtings- en compensatieplan - schaal 1:500 - 27-10-2022



### Legenda

- Nieuwe bomen (63 stuks)
- Bestaande bomen, te handhaven bomen
- Bestaande, te verwijderen bomen (87 stuks)  
tekort: 87-60= 27 bomen elders compenseren

### HET RAK

1. Grondtaluds t.b.v. afscherming voertuigen/inpassing en creëren geborgenheid. Taluds van max. 1.2 m hoog, waardoor sociale veiligheid gewaarborgd blijft;
2. Rustplekken met picknicksets (3x) zuidelijke strook met uitzicht op het achterliggende landschap. Afvalcontainers blijven op huidige plek gehandhaafd;
3. Aanpassen bestaande vijver met terreinlaagte/wadi en natuurvriendelijke oevers: visueel aantrekkelijk, waterberging, ecologische meerwaarde door flauw aflopende, natuurlijke taluds en veiliger voor kinderen. Af te graven grondophoging en uitkomende grond gebruiken ten behoeve van te creëren taluds. Enkele bomen toevoegen daar waar ruimte is;
4. Rustplekken/picknicksets (3) en afvalbakken (2) aan binnenzijde met zicht op waterpartij;
5. Hoogspanningstracé 380 KV: geen bomen/beplanting;
6. Nieuwe bomenrij (33st) ter compensatie, plantafstand ca 8m, wegsloot 2m naar binnen leggen (13m uit kant wegstreep);
7. Boomgroepen toevoegen daar waar ruimte is bij 'kop en staart' van de verzorgingsplaats (6+3 stuks);
8. Bestaand bosje handhaven, boomvormers terugzetten onder hoogspanningsstook en aanplant op kop;
9. Bestaande bomenrij es;
10. Uitbreiden voorzieningen aan zuidzijde parkeerplaats: 2 afvalcontainers en 3 picknicksets;

### 'T SCHELD

11. Aanvullen bestaande bomenrij langs loopstrook en sloot (8 stuks);
12. Aanvullen boomgroepen daar waar ruimte is bij 'kop en staart' van de verzorgingsplaats (3+4stuks);
13. Bestaande bomen (es) handhaven, bij opening in midden rij doorzetten;
14. Tracés watertransportleidingen met beschermingszones: geen bomen mogelijk;
15. Aanbrengen dam met duiker in sloot en doortrekken zodt circuit ontstaat (t.b.v. recreanten en beheer)



F.1 002.678.20 1030740 2 Vergunningsrapportage V\_RWS\_Zee en Delta\_A58 en N289  
Provincie Zeeland

# Kruising 2 HDD's met A58, Spoor en N289

Vergunningsrapport Rijkswaterstaat, provincie  
Zeeland en ProRail



## Verantwoording

**Titel:** Kruising 2 HDD's met A58, Spoor en N289  
**Onderwerp:** Vergunningsrapport Rijkswaterstaat en Provincie Zeeland  
**Projectnummer:** 51001237  
**Klant:** TenneT  
**Referentienummer:** NL22-648800269-22733  
**Versie:** D1

**Datum:** 26-04-2022

**Auteur:**

**E-mailadres:**

**Gecontroleerd door:**  
**Paraaf gecontroleerd:**

**Vrijgegeven door:**  
**Paraaf vrijgegeven:**



# Inhoudsopgave

1.	Inleiding .....	5
1.1	Situatie .....	5
1.2	Leeswijzer .....	6
2.	Uitgangspunten .....	7
2.1	Gebruikte documenten .....	7
2.2	Vigerende normen en richtlijnen .....	7
2.3	Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen .....	7
2.4	Diepteligging .....	8
2.5	Inwendige overdruk .....	8
2.6	Grondwaterstand .....	8
2.7	Belasting- en ondersteuningshoek .....	8
2.8	Importatiefactor .....	9
2.9	Geotechnische parameters .....	9
2.10	Boortechnische gegevens .....	10
2.11	Verkeersbelasting .....	10
2.12	Boogstralen .....	11
3.	Ontwerp .....	12
3.1	Gegevens HDD .....	12
3.2	Berekening horizontaal gestuurde boring .....	13
3.3	Boorparameters .....	13
3.4	Intredepunt .....	13
3.5	Uittredepunt en uitlegstrook .....	14
4.	Berekeningsresultaten .....	15
4.1	Trekkrachtberekening .....	16
4.2	Sterkteberekening bedrijfsfase .....	16
4.3	Muddrukberekening .....	16
4.4	Implosie .....	16
4.5	Kwelwegbeschouwing .....	17
4.5.1	Zoute ondergrond .....	17
4.5.2	Kwel uit het eerste watervoerende pakket .....	18
4.5.3	Kwel tussen de peilgebieden .....	19
4.5.4	Kwelmaatregelen .....	21
5.	Risico's .....	22
6.	Conclusie .....	24
6.1	Algemeen .....	24
6.2	Uitkomsten ontwerp en berekening HDD .....	24

Bijlage 1 – Ontwerptekening.....	25
Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek.....	26
Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline .....	27

# 1. Inleiding

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuid-West 380 kV Oost ondergronds te verkabelen. Het projectgebied loopt vanaf Rilland aan de westzijde tot aan Tilburg aan de oostzijde. Bij het ondergronds brengen van de kabels moeten circa 45 kruisingen sleufloos worden uitgevoerd door middel van horizontaal gestuurde boringen (HDD's) en persingen.

Dit rapport betreft de kruising met de Rijksweg A58, de spoorlijn en de provinciale weg N289. De HDD's (met codering VKDP HDD02) zijn vergunningsplichtig bij Rijkswaterstaat, provincie Zeeland en ProRail met het ontwerp en berekeningen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, Richtlijn Boortechnieken en de eisen van ProRail.

## 1.1 Situatie

Het tracé van de HDD's start ten zuiden van de A58 en ten oosten van de brug over het Schelde-Rijnkanaal en bestaat uit twee 150kV-circuits. Hierdoor moeten twee afzonderlijke parallelle HDD-bundels worden gemaakt. Eén bundel bestaat uit 4 mantelbuizen PE100 Ø315 mm SDR 11. Per bundel wordt in drie van de mantelbuizen een hoogspanningskabel ingetrokken, één mantelbuis is beschikbaar als reserve.

De twee HDD's liggen naast elkaar, met een dagmaat van 5 meter tussen de boorgaten. De HDD's hebben een lengte van circa 420 m en een maximale diepte van NAP -13,5 m (hart van de boring). De HDD's kruisen vanuit het zuiden gezien achtereenvolgens de Rijksweg A58, de spoorlijn Roosendaal – Vlissingen (Geocode 127, km 22,5) en de provinciale weg N289 en komen boven net voor de leidingenstraat van LSNed.

Het intredepunt ligt aan de zuidzijde van de A58 in het akkerland waar ook de bestaande mastenroute loopt. Het intredepunt ligt niet onder de mastenroute. Het uitredepunt ligt aan de noordzijde van de N289, zodat de mantelbuizen in de leidingenstraat van LSNed zijn uit te leggen.





Figuur 1 Overzicht situatie VKDP HDD02

## 1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bevat de uitgangspunten, hoofdstuk 3 het ontwerp en de berekeningen, hoofdstuk 4 bevat de berekeningsresultaten, hoofdstuk 5 de risico's en aandachtspunten en hoofdstuk 6 de conclusies. Als bijlagen zijn toegevoegd de ontwerptekening, grondgegevens en de berekeningen.

## 2. Uitgangspunten

### 2.1 Gebruikte documenten

Bij het opstellen van de berekeningen is gebruik gemaakt van de volgende documenten:

- Ontwerptekening van VKDP HDD2, tekeningnummer VKDP HDD2 versie A (d.d. 20-4-2022, de ProRail vergunningstekening) en E (d.d. 17-03-2022) opgesteld door Sweco (bijlage 1);
- Geotechnisch onderzoek uit Dinoloket (bijlage 2);
- Maaiveldhoogten zijn ontleend aan de Algemene Hoogtekaart van Nederland (AHN-3);
- KLIC-levering 21O094476 en 21O094477 opgevraagd d.d. 21-09-2021;
- Peilbesluiten waterschap Scheldestromen, geraadpleegd d.d. 14-03-2022, website: <https://repository.officiële-overheidspublicaties.nl/CVDR/CVDR333586/1/xml/i241828.pdf>.

### 2.2 Vigerende normen en richtlijnen

Het ontwerp van de boring voldoet aan:

- NEN 3650:2020;
- NEN 3651:2020;
- Richtlijn Boortechnieken v1.0 juni 2019 van Rijkswaterstaat;
- Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50);
- ProRail Spoorkruising derden, RLN 00427-2 (Sleufloze Techniek);
- Indieningvereisten: Ten behoeve van het aanvragen van een vergunning op grond van artikel 19 Spoorwegwet en het aanvragen van een ontheffing op grond van artikel 13 lid 3 van de Regeling omgevingsregime hoofdspoorwegen, ProRail, 01-07-2021-versie-18 (zie bijlage 1).

### 2.3 Minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen

- NEN 3650-1: 2020, bijlage F.4.3 stelt: De afstand (dagmaat) tussen een parallelleiding of -boring moet minimaal 5 m bedragen, tenzij wordt aangetoond dat een kleinere afstand toelaatbaar is.
- De minimale dagmaat tot bestaande en nieuwe boringen conform de Richtlijn Boortechnieken is:
  - o De minimale dagmaat bij een kruising met een bestaande HDD-boring is 5,0 meter, onafhankelijk van de grondslag;

- o De minimale dagmaat in zandgrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 5,0 meter;
- o De minimale dagmaat in klei-/veengrond bij parallelligging tot een bestaande HDD-boring is 10,0 meter;
- o Bij gelijktijdige uitvoering van meerdere HDD-boringen is het risico op schade minder groot omdat de ligging onderling beter bekend is en omdat kabels en leidingen nog niet in bedrijf zijn. In deze situatie kan de onderlinge dagmaat verkleind worden, zodanig dat stuurcorrecties onbelemmerd kunnen plaatsvinden. De vergunningaanvrager dient een afwijkende dagmaat te onderbouwen, waarbij aantoonbaar wordt gemaakt dat er geen risico ontstaat voor het rijkswaterstaatswerk.

De Richtlijn is specifiekier dan de NEN 3650, voor het ontwerp houden we daarom de Richtlijn Boortechnieken aan.

## 2.4 Diepteligging

De diepteligging dient aan de volgende eisen te voldoen:

- De HDD's dienen minimaal 12 m beneden het laagst gelegen maaiveld binnen de druklijn 1:1,5 te liggen (paragraaf 7.1 van RLN0047-2 Spookruising derden).
  - o De bovenkant van de leiding is op een diepte van 16,90 m geprojecteerd ten opzichte van het laagst gelegen maaiveld. De leiding voldoet hiermee aan de dekkings- en afstandseisen.
- De HDD's dienen een minimale gronddekking te hebben ter plaatse van de verharding van minimaal 1,5 meter (in cohesieve grond) (Richtlijn Boortechnieken v1.0 juni 2019, NEN3650-1 par. F4.2 en NEN 3651 par. 8.1.5).
  - o Bij zowel de provinciale weg als de rijksweg liggen de HDD's dieper dan 17 m ten opzichte van maaiveld.

Het ontwerp voldoet aan de eisen voor de diepteligging.

## 2.5 Inwendige overdruk

Het betreft mantelbuizen. Er is dus niet gerekend met inwendige overdruk.

## 2.6 Grondwaterstand

De grondwaterstand is ontleend uit de data van DINO-loket (B49D0400-001). De grondwaterstand fluctueert gedurende het jaar maar bedraagt gemiddeld circa NAP 0,35 m.

## 2.7 Belasting- en ondersteuningshoek

Conform NEN 3650 (C.4.1.3 van NEN3650-1) en NEN 3651 bedraagt voor een HDD de:

- belastingfactor voor trekkracht : 1,8;
- belastinghoek : 30°;
- ondersteuningshoek : 30°.



## 2.8 Importantiefactor

Voor de HDD is conform paragraaf 6.5 van NEN 3651 een importantiefactor van 1,0 gehanteerd.

## 2.9 Geotechnische parameters

De geotechnische gegevens en parameters gebruikt zijn gebaseerd op grondonderzoek uit Dinoloket en uit de Sweco-database met historisch grondonderzoek. De ID-nummers, dieptes en de afstanden tot het boortracé van de gebruikte boringen en sonderingen staan in Tabel 2-1. De volledige boringen en sonderingen staan in bijlage 2 van deze rapportage. Op basis van dit grondonderzoek heeft Sweco een maatgevend bodemprofiel langs het geplande boortracé opgesteld. Dit bodemprofiel is gecontroleerd met behulp van het 3-D ondergrondmodel GeoTOP. Dit is een model van de grondlagen in de Nederlandse ondiepe ondergrond, opgesteld door de Geologische Dienst Nederland, onderdeel van TNO.

**Tabel 2-1** *Overzicht van het gebruikte grondonderzoek.*

ID-nummer	Type	Diepte [NAP m]	Afstand tot boortrace [m]
B49D2247	Boring	-25	50
B49D1111	Boring	-13	20
1108.S07	Sondering	-18	80

De twee beschikbare boringen en de sondering langs het geplande boortracé geven de bovenkant van de vaste zandlaag weer op -13 m NAP. Deze boringen en sondering laten zien dat boven deze zandlaag de grond bestaat uit relatief slappe klei- en veenlagen. Gezien het zeer kleine aantal boringen kan niet met zekerheid vastgesteld worden of de relatief slappe lagen over het gehele tracé voorkomen. Hieruit kunnen we concluderen dat aanvullend grondonderzoek noodzakelijk is om een grondprofiel met grotere nauwkeurigheid vast te stellen. Om veiligheidsmarge in de berekening in te bouwen, zijn de slappe klei- en veenlagen over het gehele boortracé aangehouden. Tabel 2.1 laat de in de berekeningen aangehouden grondparameters voor de in het grondonderzoek herkende grondlagen langs het profiel zien.

**Tabel 2-2 Grondparameters gebruikt in de berekening.**

Niveau bovenkant [m t.o.v. NAP]	Niveau onderkant [m t.o.v. NAP]	Lithologie	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_n$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]	Su top/bottom [kN/m <sup>2</sup> ]	E [kN/m <sup>2</sup> ]
2,0	-3,5	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	7500
-3,5	-6,0	Klei, organisch, slap	13	13	0,0	15,0	35,0	500
-6,0	-11,0	Veen, slap	11	11	1,0	15,0	35,0	200
-11,0	-13,0	Zand, schoon, los	17	19	0,0	30,0	0,0	15000
-13,0	30,0	Zand, schoon, vast	19	21	0,0	35,0	0,0	45000

## 2.10 Boortechnische gegevens

De boortechnische parameters voor het ontwerp en de muddrukberoeeningen zijn betrokken uit het Handboek Horizontaal Gestuurd Boren (BTL-rapport 50), NEN 3650:2020 en NEN 3651:2020. De voor de berekeningen gehanteerde waarden zijn terug te vinden in de invoer van de muddrukberoeeningen in bijlage 3.

## 2.11 Verkeersbelasting

Ter plaatse van de kruising met de A58 is verkeersklasse I gehanteerd conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020. Voor de overige wegen is verkeersklasse II conform figuur C17 uit NEN3650-1:2020 gehanteerd.

## 2.12 Boogstralen

Het beleid van TenneT is dat HDD's met een gyroscoop geboord worden. De minimaal mogelijke boogstraal van een gyroscoop bedraagt volgens leverancier Brownline 180 m.

In dit ontwerp is sprake van verticale bochten van 250 m. De boogstralen voldoen hiermee aan de minimaal vereiste straal van 180 m voor de gyroscoop.

Met de toepassing van een gyroscoop kan tijdens de pilotboring worden bijgestuurd om afwijkingen te compenseren. Het boren met gyroscoop zorgt er daarom voor dat de afwijkingstolerantie bij de uitvoering van de HDD's binnen de afwijkingstolerantie blijven zoals benoemd in de Richtlijn Boortechnieken.

**Tabel 2-1 afwijkingstoleranties HDD**

RICHTING	MAXIMALE UITVOERINGS-AFWIJKING
Verticaal*	+1/-1 m
Horizontaal:	
- in lengterichting; t.p.v. uittredepunt	+5/-2 m
- in dwarsrichting; t.p.v. uittredepunt	+1/-1 m
- in dwarsrichting; tracé tussen in- en uittredepunt	+5/-5 m
Bochtstralen	< 10%

*Figuur 2, afwijkingstoleranties HDD's (Bron: tabel 2.1 uit de Richtlijn Boortechnieken)*

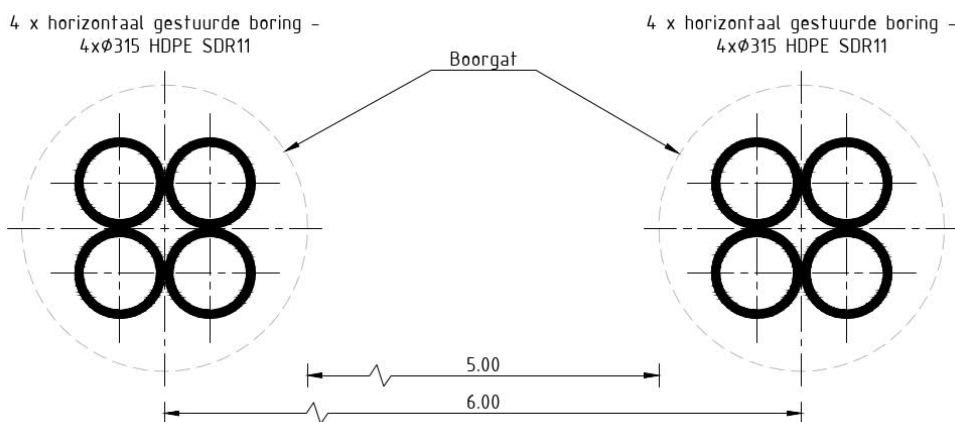


## 3. Ontwerp

### 3.1 Gegevens HDD

Het ontwerp van de twee HDD's heeft de volgende kenmerkende parameters:

- materiaal: PE 100 4xØ315 mm SDR 11;
- lengte: 420 m;
- maximale diepte hart buis: NAP -13.83 m;
- intredehoek: 15°;
- uittredehoek: 15°;
- verticale boogstralen: 250 m;
- horizontale boogstralen: n.v.t.



Figuur 3 Doorsnede van de 2 HDD's

Aan de hand van NEN 3650 en NEN 3651 en de Richtlijn Boortechneik is een ontwerp gemaakt voor de HDD's. De voornaamste randvoorwaarden voor het ontwerp zijn:

- De HDD's dienen een zodanig tracé te volgen dat er voldoende dekking aanwezig is in het gehele tracé om een blow-out te voorkomen;
- De HDD's dient de snelweg loodrecht te kruisen;
- De sterkte van de leiding dient zodanig te zijn dat deze intact blijft gedurende de aanleg en in de bedrijfsfase.

## 3.2 Berekening horizontaal gestuurde boring

De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- kwelwegbeschouwing.

Bij de berekeningen is het profiel van de huidige situatie gebruikt, aangezien deze ten tijde van de uitvoering van de HDD nog aanwezig is en maatgevend is voor de muddruk en trekkracht.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd in bijlage 3.

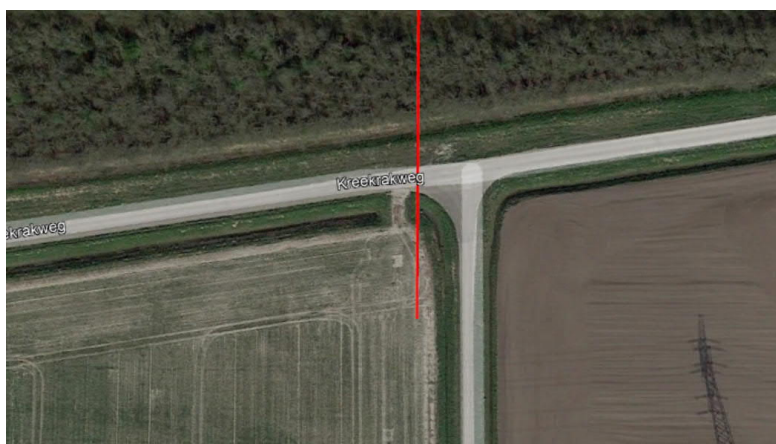
## 3.3 Boorparameters

Bij de berekeningen zijn de volgende boorparameters aangehouden:

- boorinstallatie : mini-rig;
- diameter boorstang : 0,17 m;
- volumegewicht bentoniet : 11,5 kN/m<sup>3</sup>;
- Gewicht drillrig : circa 18.000 kg (18 ton);
- Diameter pilothole : Ø300 mm;
- Ruimerdiameter : Ø500 mm;
- Ruimgat : Ø1000 mm.

## 3.4 Intredepunt

Het intredepunt ligt aan de zuidzijde van het tracé in het bouwland (zie *Figuur 4*). De locatie is bereikbaar via de Kreekrakweg. Indien het werkverkeer de locatie vanuit het noorden benadert, dient rekening te worden gehouden met de doorrijhoogte onderdoor de brug over het kanaal.



*Figuur 4 Intredepunt VKDP HDD02*

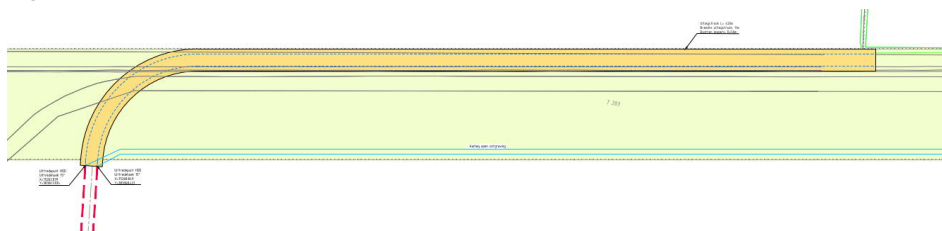
### 3.5 Uittredepunt en uitlegstrook

Het uittredepunt ligt in bouwland aan de noordzijde van het boortracé (zie *Figuur 5*). De locatie is bereikbaar via de Markiezaatsweg vanuit de oostzijde van het uittredepunt.

De uitlegstrook ligt in het bouwland en een haakse bocht naar het oosten (zie *Figuur 6*). Met LSNed is afgestemd om gebruik te maken van de leidingstraat voor de uitlegstrook. Bij het uittredepunt en de uitlegstrook dient de aannemer rekening te houden met het werken onder en nabij hoogspanningsmasten.



*Figuur 5* Uittredepunt VKDP HDD02



*Figuur 6* Uitlegstrook VKDP HDD02

## 4. Berekeningsresultaten

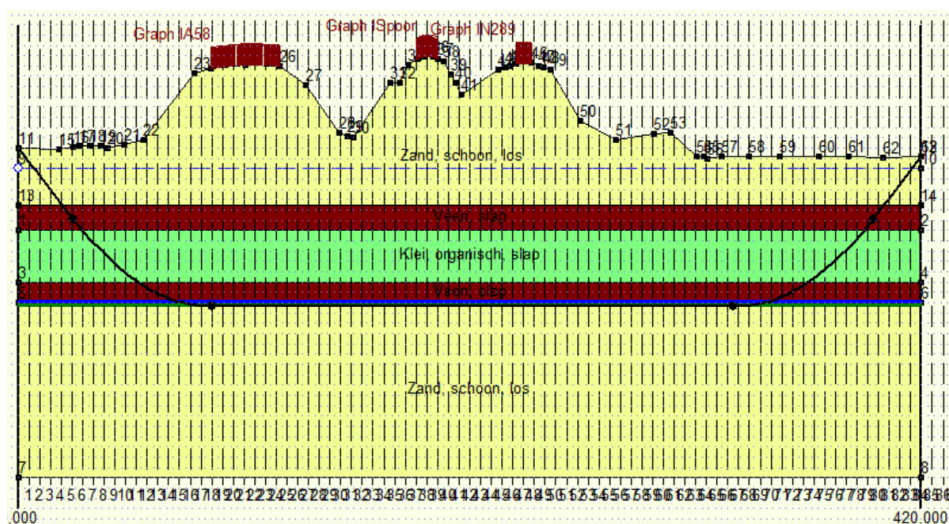
De volgende berekeningen zijn voor de horizontaal gestuurde boring uitgevoerd:

- een trekkrachtberekening;
- een sterkteberekening voor de bedrijfsfase;
- een muddrukberekening;
- een implosieberekening;
- een kwelwegbeschouwing.

Er is één berekening, dus maar één profiel, opgesteld voor beide HDD's. Uitgangspunt is dat de verschillen tussen de profielen van de twee HDD's verwaarloosbaar klein zijn.

Bij de berekeningen is het profiel van de huidige situatie gebruikt, aangezien deze ten tijde van de uitvoering van de HDD nog aanwezig is en maatgevend is voor de muddruk en trekkracht.

De berekeningen zijn uitgevoerd met het rekenprogramma D-Geo Pipeline versie 20.1 en zijn toegevoegd als bijlage 3. In dit hoofdstuk zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.



Figuur 7 D-Geo Pipeline-model van HDD's



## 4.1 Trekkkrachtberekening

De berekende maximale trekkracht bedraagt  $304 \cdot 1,8 = 547$  kN bij niet-gevulde leidingen. Dit leidt tot een maximale spanning tijdens de intrekfase van  $5,9$  N/mm<sup>2</sup> aan het einde van de intrekoperatie. Toelaatbaar is  $10$  N/mm<sup>2</sup>.

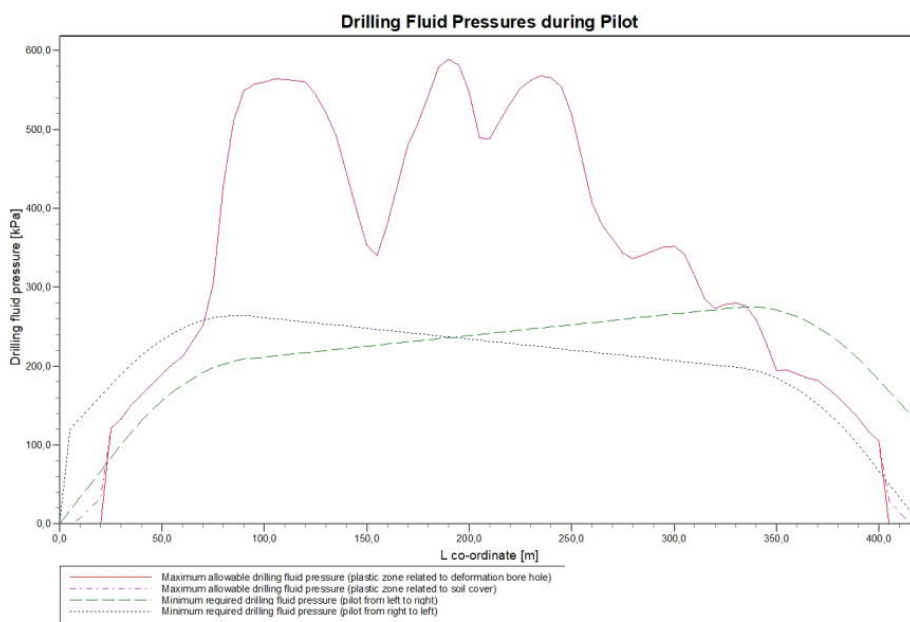
## 4.2 Sterkteberekening bedrijfsfase

Voor de mantelbuizen is een sterkteberekening in de bedrijfsfase gemaakt. Hieruit volgt een maximaal optredende spanning van  $7,8$  N/mm<sup>2</sup>. Toelaatbaar is  $8$  N/mm<sup>2</sup> waarbij is uitgegaan van PE 100 SDR 11.

Uit de sterkteberekening blijkt dat een deflectie van  $15,8$  mm ( $5,03\% \times D_0$ ) optreedt. Toelaatbaar is een maximale deflectie van  $25,2$  mm ( $8,00\% \times S \times D_0$ ).

## 4.3 Muddrukberekening

Bij de geplande diepteligging van de HDD's bestaat tijdens de pilotboring, getuige de berekeningsresultaten, de kans op muduitbraak in de laatste 80 m van het tracé. Geadviseerd wordt bij nadering van het uittredepunt, bij met name de voor muduitbraak maatgevende pilotboring, de druk op de boorspoeling te verminderen. Bij het ruimen en de intrekoperatie wordt geen blow-out berekend.



Figuur 8 Muddrukberekening tijdens pilot boring

## 4.4 Implosie

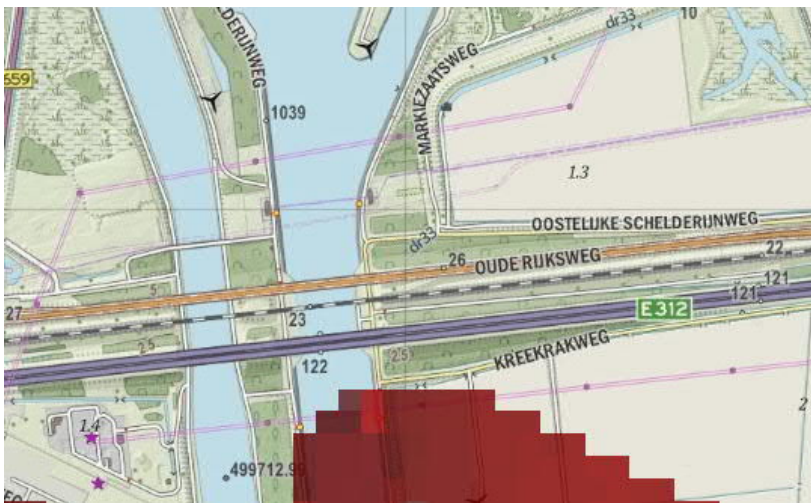
Zowel tijdens de intrekoperatie als de bedrijfstoestand blijkt uit de berekeningen dat geen implosie optreedt. De berekende alzijdige overdruk op de leiding bedraagt circa  $140$  kN/m<sup>2</sup>, terwijl  $280$  kN/m<sup>2</sup> toelaatbaar is.

## 4.5 Kwelwegbeschouwing

Langs een HDD kan op twee wijzen kwel ontstaan. Ten eerste kan kwel ontstaan indien sprake is van overspannen water in de diepere grondlagen. In dat geval is de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket hoger dan de freatische waterstand. Ten tweede kan kwel ontstaan indien een HDD twee verschillende peilgebieden verbindt. Hierdoor kan een kortsluitstroom langs de HDD ontstaan. In onderstaande paragraaf zijn beide situaties beschouwd.

### 4.5.1 Zoute ondergrond

Door de nabije aanwezigheid van de zee is de ondergrond van Zeeland op veel plekken verzadigd met zout water. Er treedt infiltratie op van zoet regenwater. Het regenwater zorgt voor een zoete bovenlaag van de bodem, maar veel dieper komt de zoete invloed niet. In de omgeving van de HDD komt in diepere grondlagen een hoog chloride-gehalte voor. Voor de locatie van HDD VKDP 2 zijn geen metingen beschikbaar (zie *Figuur 9*). De kans op zout grondwater is aanwezig.



Figuur 9 Grensvlak met chloridegehalte nabij HDD-kruising

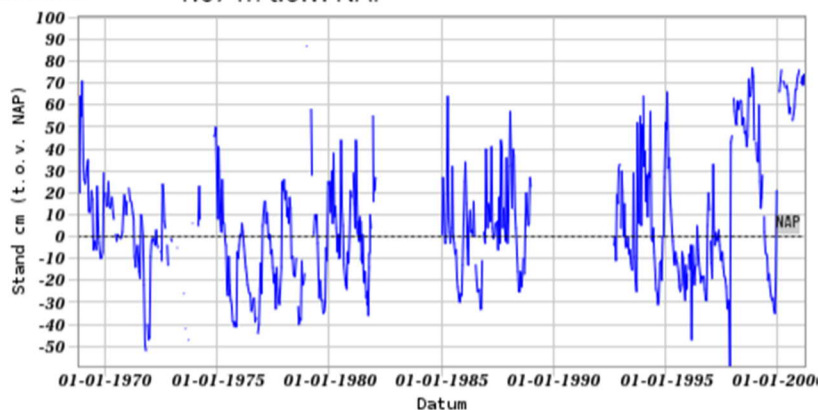
#### 4.5.2 Kwel uit het eerste watervoerende pakket

De HDD's liggen in het deelgebied Zuid-Beveland-Oost waar waterschap Scheldestromen het peilbeheer voert.

Ter illustratie zijn de meetgegevens uit DINOloket van peilbuis B49D0097 hieronder weergegeven. Deze peilbuis ligt op circa 1 km afstand van het boortracé. Te zien is dat de freatische grondwaterstand B49D0097-001 in periodes lager ligt dan de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket B49D0097-002. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

#### Grondwaterstanden

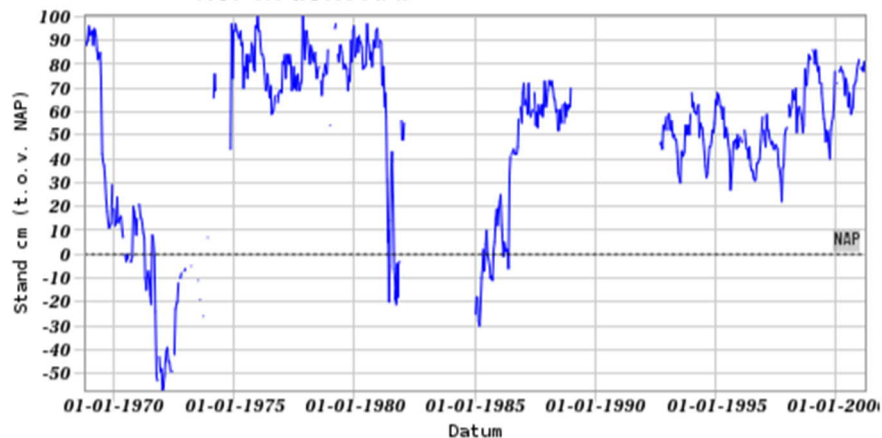
Identificatie: B49D0097  
 Identificatie buis: B49D0097-001  
 Coördinaten: 76960, 382580 (RD)  
 Maaiveld: 1.67 m t.o.v. NAP



Figuur 10 Freatische grondwaterstand B30H0125-001 uit Dinoloket, filter op NAP -6,5 m

## Grondwaterstanden

Identificatie: B49D0097  
 Identificatie buis: B49D0097-002  
 Coördinaten: 76960, 382580 (RD)  
 Maaiveld: 1.67 m t.o.v. NAP



Figuur 11 Grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket, B30H0125-002 uit Dinoloket, filter op NAP -11,9 – 13,96 m

### 4.5.3 Kwel tussen de peilgebieden

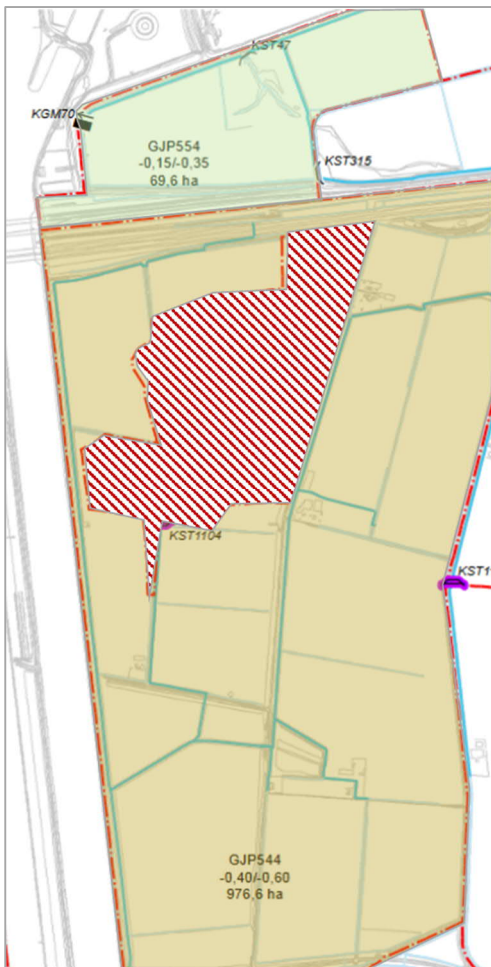
Uit de peilbesluitenkaart van waterschap Scheldestromen blijkt dat de noord- en zuidzijde van de HDD's niet tot dezelfde peilgebieden behoren. De noordzijde van de A58 ligt in het peilgebied GJP545 en zuidzijde behoort tot gebied GJP544.

Gezien de waterstandsverschillen tussen de peilgebieden is het mogelijk dat kwel optreedt bij een verkorting van de natuurlijke kwelweg door de HDD.

**Tabel 4-1 Peilgebieden**

Peilgebied	Zomerpeil (m NAP)	Winterpeil (m NAP)
GJP554	-0,15	-0,35
GJP544	-0,40	-0,60





Figuur 12 Overzicht peilbesluit

De kwelwegen zijn berekend volgens Bligh-Lane:

*Natuurlijke kwelweg < kwelweg via HDD*

$$L_0 \times \frac{1}{3} < L_{vert} + L_{hor} \times \frac{1}{6}$$

Waarin:

$L_0$ : kortste natuurlijke kwelweg

$L_{vert}$ : kwelweg in verticale richting

$L_{hor}$ : kwelweg in horizontale richting (< 45°)

De factoren 1/3 en 1/6 zijn weegfactoren conform Bligh-Lane voor stroming langs een contactvlak van twee grondlagen, respectievelijk het contactvlak tussen grond en boorgang.

In tabel 4-2 zijn de kortste natuurlijke kwelwegen en kortste kwelwegen langs de HDD weergegeven. Voor de kortste natuurlijke kwelweg is de minimale afstand tussen twee watergangen uit een peilgebied gehanteerd die door de HDD gekruist wordt. Hieruit blijkt dat kwel tussen de peilgebieden via de HDD's op kan treden.

**Tabel 4-2 Berekening van de kortste kwelwegen**

Van peilgebied	Naar peilgebied	Kortste natuurlijke kwelweg [m]	Kortste kwelweg via HDD [m]
GJP554	GJP544	$197/3 = 65,6$	$9+197/6+18 = 60$

#### 4.5.4 Kwelmaatregelen

De stijghoogte in het eerste watervoerende pakket is op deze locatie hoger dan de laagste gemiddelde grondwaterstand. De bovenliggende kleilagen sluiten het eerste watervoerende pakket af. Doordat de HDD's de afsluitende kleilagen doorkruisen bestaat het risico dat langs de boorgang van de HDD's kwel uit de diepere grondlagen ontstaat. Het is daarom noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen.

Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

## 5. Risico's

- Veilig werken in de nabijheid van hoogspanningsmasten. Deze lijn is in bedrijf ten tijde van de werkzaamheden. Het heeft de voorkeur om de HDD die het meest dichtbij de masten ligt als eerste uit te voeren, zodat deze in ieder geval voldoende afstand heeft tot de fundering van de mast.
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor.
- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD's. De aannemer dient daarom na iedere pilotboring te controleren of de volgende HDD's nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels.
- Het nemen van de in paragraaf 4.5.4 benoemde kwelmaatregelen. Voorafgaand aan de uitvoering dienen de plannen hiervoor goedgekeurd te worden door waterschap Scheldestromen.
- De uitlegstrook ligt in de leidingenstraat van LSNed.
- De aanwezigheid van brak grondwater in de ondergrond. De aannemer dient hier bij de samenstelling van het bentoniet rekening mee te houden.
- De mantelbuizen dienen met een sleeve afgesloten te worden om een kwelstroom door de buis onderdoor de waterkering te voorkomen.
- De boring en het materieel worden opgesteld aan de westzijde van de boring bij het 150 kV-station Rilland.
- Uitlegstrook: de mantelbuizen worden uitgelegd aan de oostzijde van de HDD in bouwland. De uitlegstrook ligt parallel en kruist de 150 kV mastenroute.
- Om de werkterreinen te betreden zullen bouwinritten nodig zijn en de aannemer dient de benodigde verkeersplannen met de gemeente te bespreken.
- Spiegellassen aanbrengen conform NEN7200.
- Bij het spiegellassen van de leidingdelen dienen alle inwendige lasrillen verwijderd te worden; in overleg met de toezichthouder moeten de verwijderde lasrillen aangetoond kunnen worden.
- TenneT schrijft het gebruik van een gyroscoop als plaatsbepalingssysteem tijdens de pilotboring voor.

- Afwijking van de boorlijn heeft consequenties voor de daarna volgende HDD. De aannemer dient daarom na de pilotboring te controleren of de volgende HDD nog aangepast moeten worden. Ook dient de aannemer rekening te houden met de volgorde van uitvoeren in verband met afstanden tot obstakels, zoals hoogspanningsmasten.



## 6. Conclusie

### 6.1 Algemeen

TenneT is voornemens om delen van de bovengrondse 150 kV-verbindingen binnen het projectgebied van Zuidwest-Oost ondergronds te verkabelen.

Deze rapportage betreft de kruising met de A58, het treinspoor en de N289. Dit document betreft de vergunningsrapportage voor Rijkswaterstaat en de provincie Zeeland met het ontwerp en berekeningen conform NEN 3650:2020, NEN 3651:2020, de Richtlijn Boortechnieken, de eisen van ProRail en de beleidsregels van Rijkswaterstaat

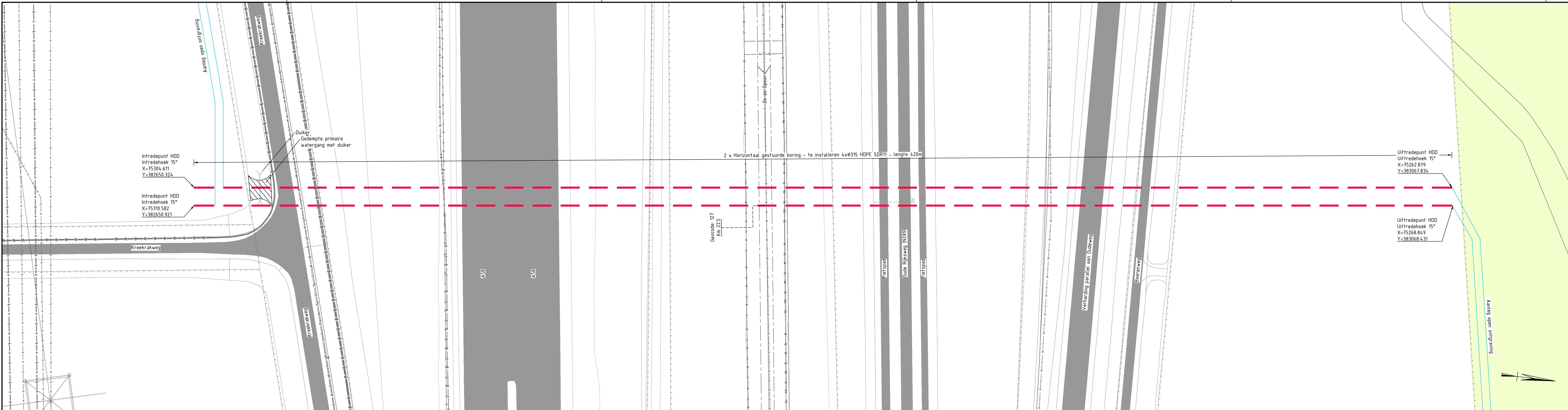
### 6.2 Uitkomsten ontwerp en berekening HDD

De HDD's, weergegeven op de tekeningen die zijn bijgevoegd als bijlage 1, zijn ontworpen en berekend volgens de vigerende eisen.

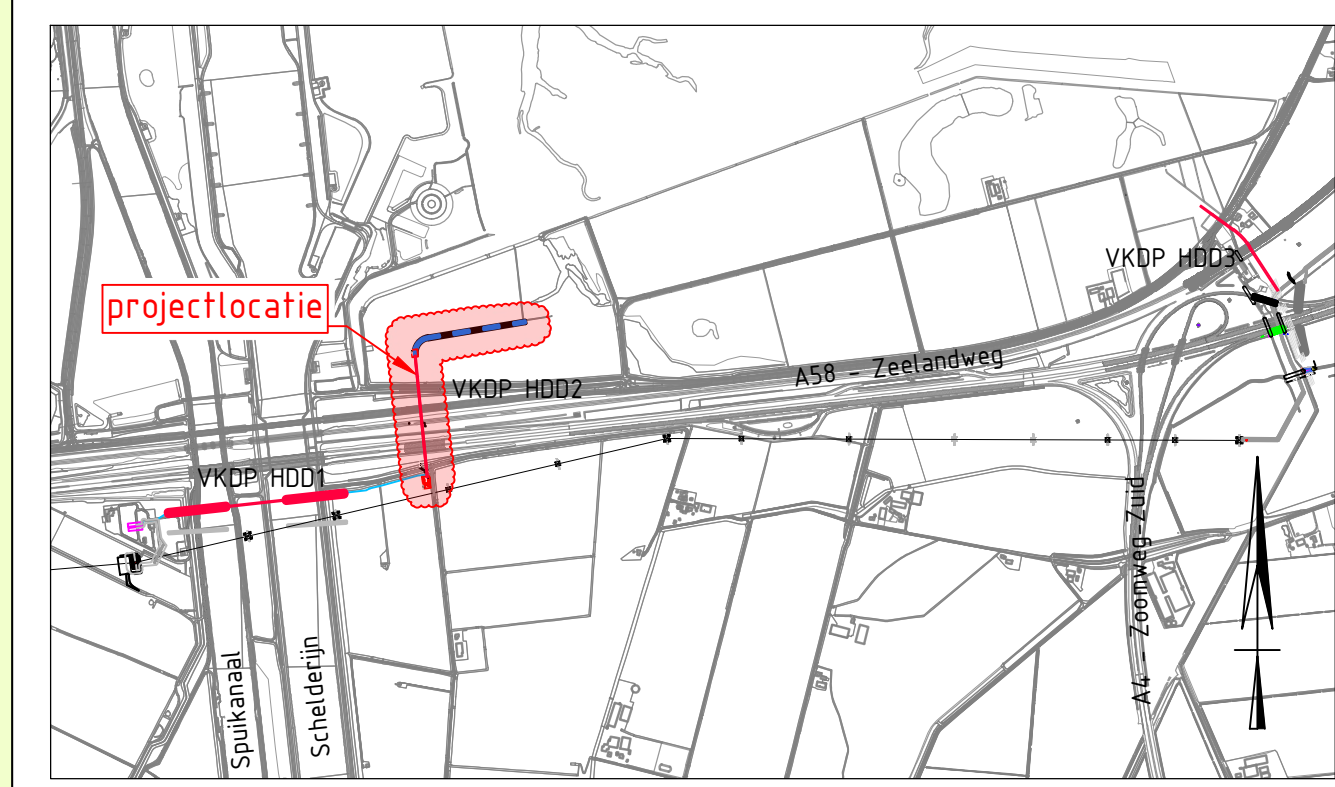
Het is noodzakelijk om kwelmaatregelen te nemen. Als kwelmaatregel stellen wij voor om aan beide zijden van de HDD's een grout-prop aan te brengen door middel van het nagrouten van de boorgang met mantelbuizen vanaf het maaiveld tot 2 à 3 m in het watervoerende pakket. De ruimte tussen de kabel en mantelbuis dient afgesloten te worden met een sleeve aan de uiteinden van de mantelbuizen.

Uit de berekeningen blijkt dat de gekozen tracés van de twee parallelle HDD's met PE 100 4xØ315 mm SDR 11 voldoen aan de eisen.

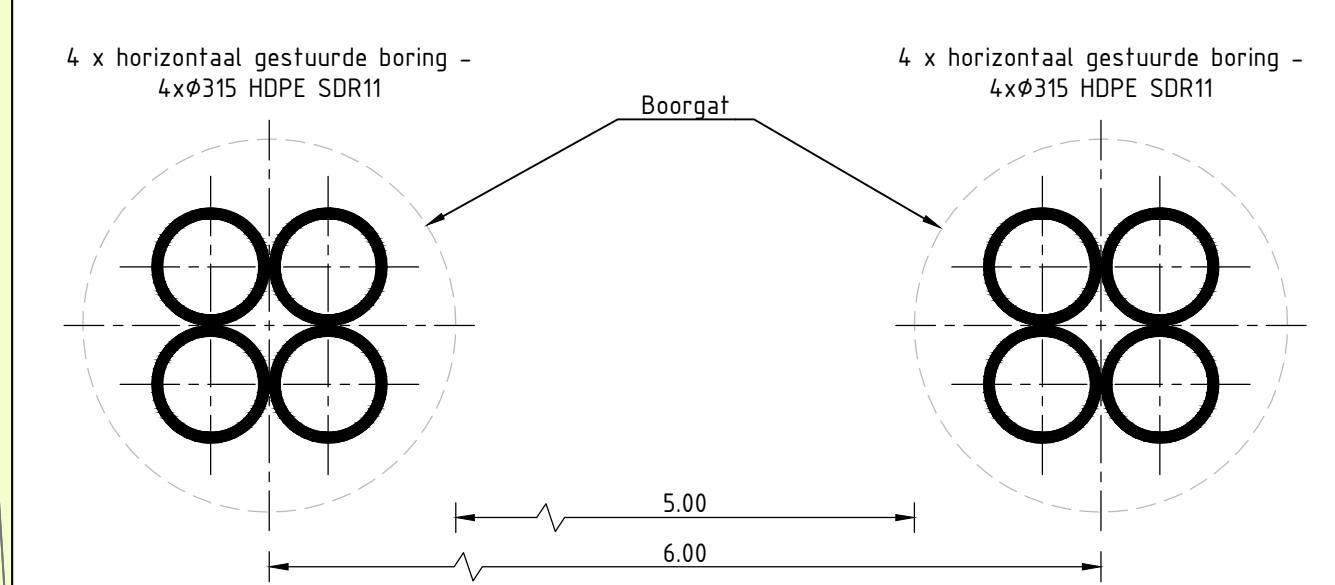
# Bijlage 1 – Ontwerptekening



Bovenaanzicht HDD schaal 1:500



Overzicht  
Schaal n.v.t.



Principe doorsnede  
Schaal 1:20

Legenda

- Kadastrale grens
- Leiding gevaarlijke inhoud
- Datatransport
- Landelijk hoogspanningsnet
- Laagspanning
- Middenspanning
- Gasleiding hoge druk
- Gasleiding lage druk
- Waterleiding
- Drukriolering
- Riolering vrijverval
- Horizontaal gestuurde boring (HDD)
- Verharding (as/falt)
- Bestaande topo
- Bebouwing
- Primaire waterkering
- Leidingsstrook LSned
- Verharding/wegen

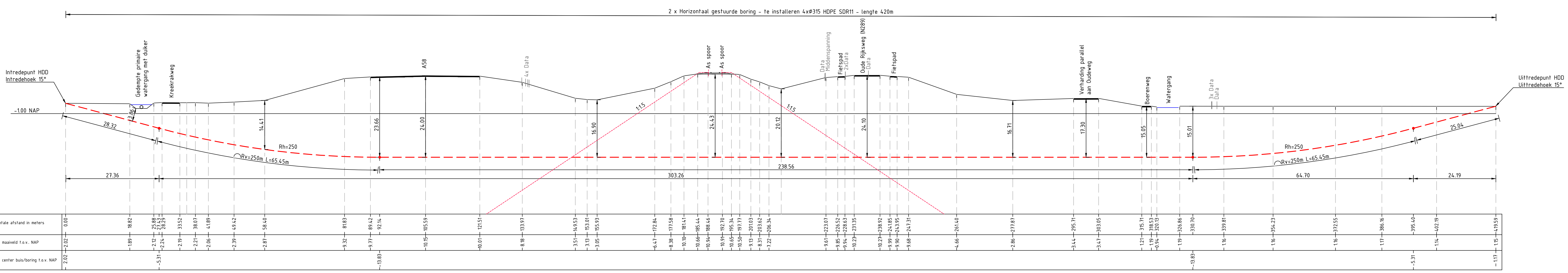
Definitief

Maten in meters, tenzij anders aangegeven  
Materialen in millimeters  
Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

E	T.b.v. vergoedingsaanvraag	17-03-2022	JPR	MJ	JD
D	Definitief ontwerp	19-08-2020	BB	MJ	JD
C	Diverse kleine wijzigingen - Definitief gemaakt	03-07-2020	BB	MJ	JD
B	Variant 2	07-06-2020	BB	MJ	JD
A	Voorlopig ontwerp	07-05-2020	BB	MJ	JD
Rev	Bevestiging	Salmu rev.	Get.	Sec.	Gonds.

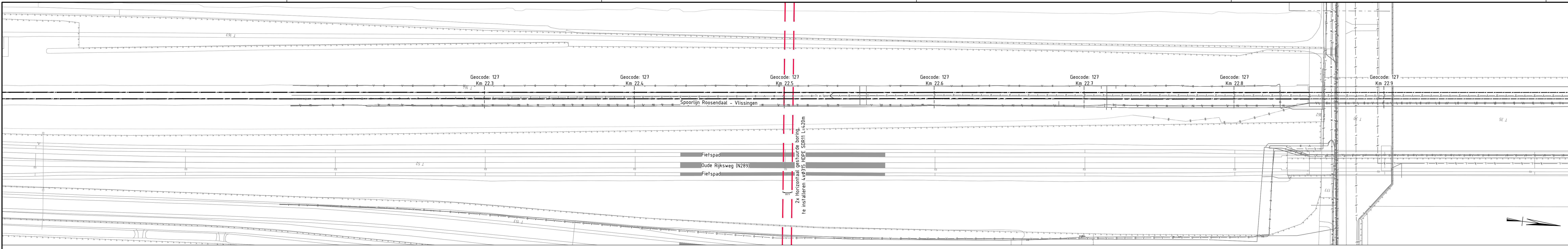
Opsteller:  
**TenneT TSO B.V.**  
Project:  
HDD's 150 kv ZWO  
Onderdeel:  
VKDP-HDD2, Riltand-Volkerdorp-Markiezzaat

Projectnummer	Tekeningnummer	Versie	Datum van uitgave	Ontwerpfase	Contractnummer
368722	VKDP HDD2	E	17-03-2022	Definitief ontwerp	
Blad	Van	Schaal	Formaat	Kanbaar	Get.
1	2	1:500/1:20	A1 L (1260x594)	De Bikt	BB MJ JD

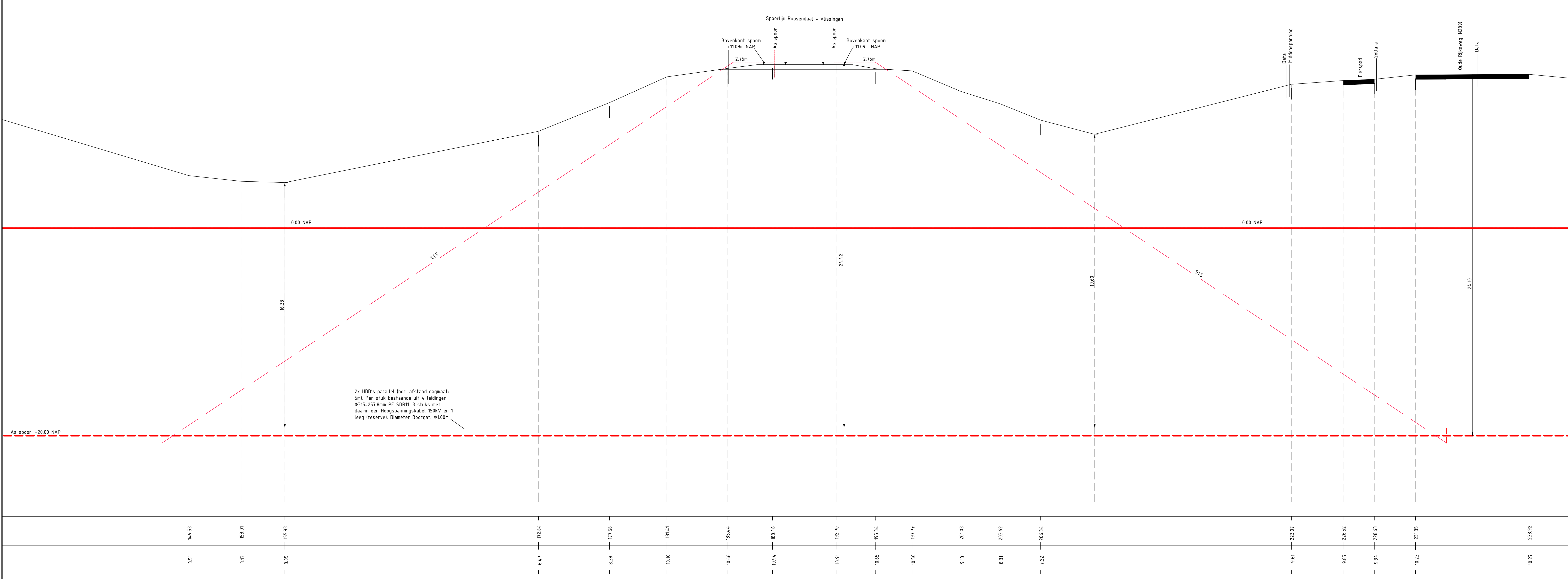


Lengteprofiel schaal 1:500

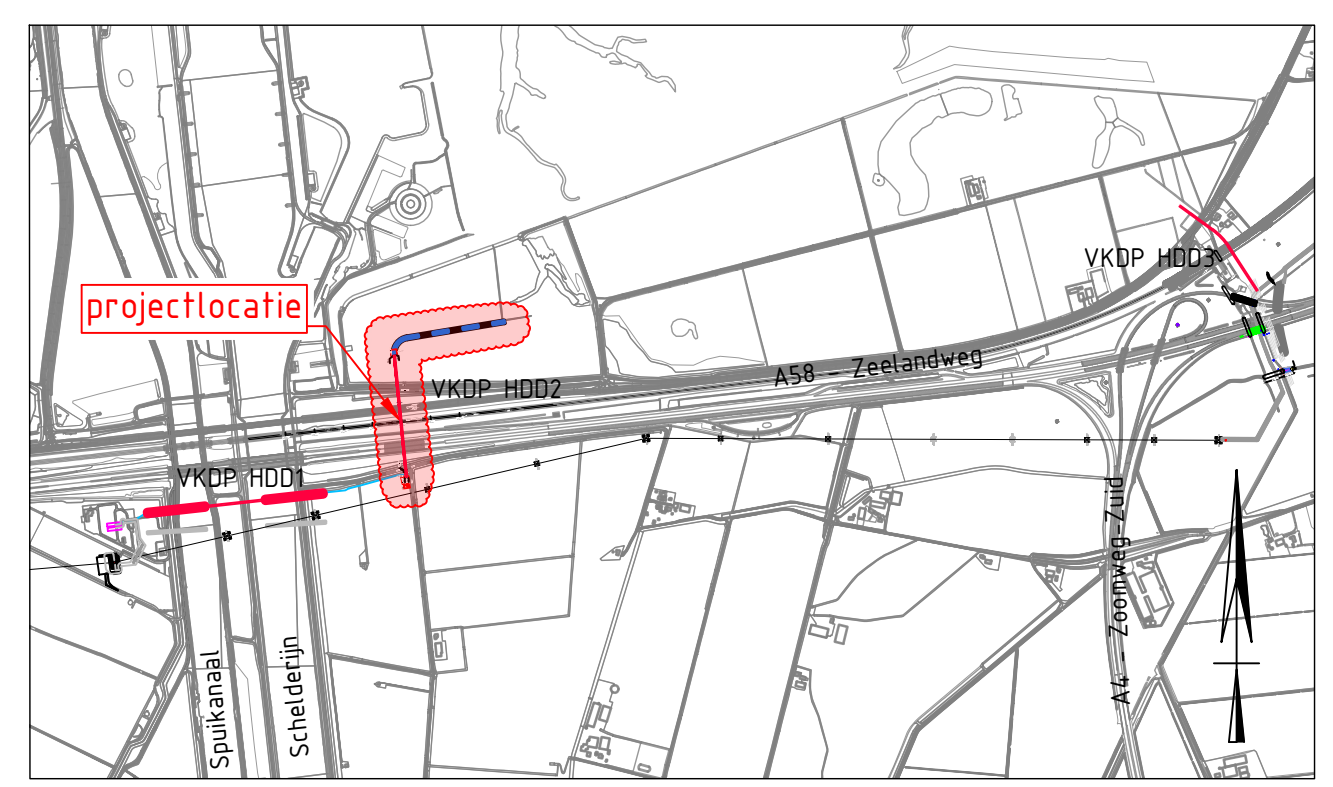




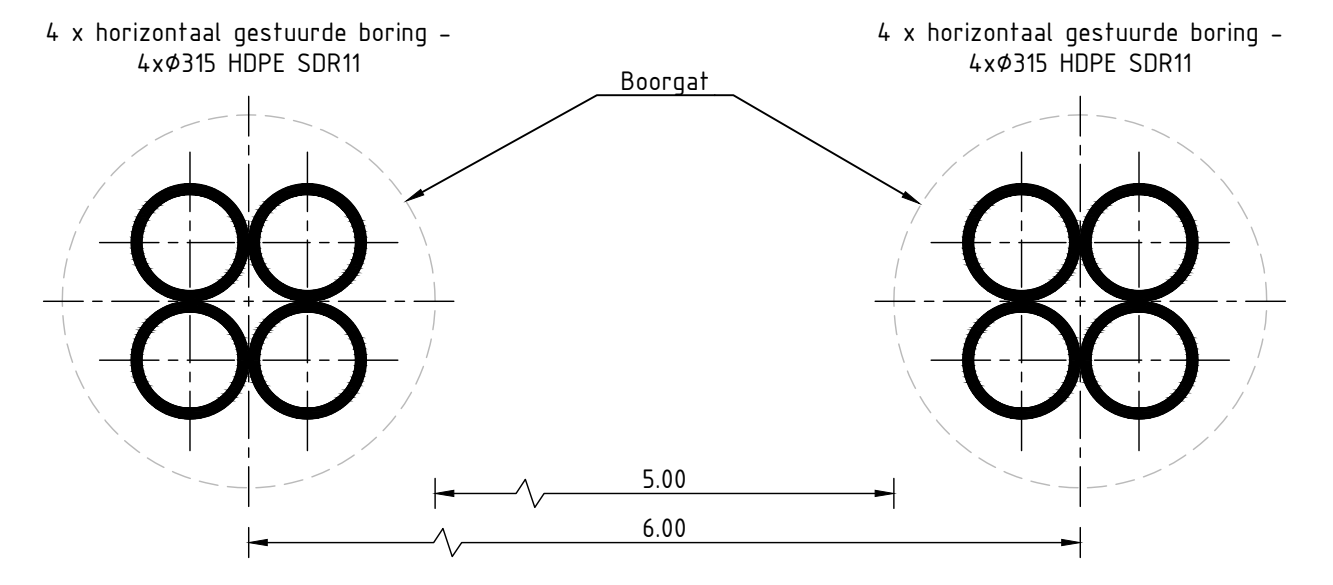
Bovenaanzicht HDD schaal 1:1000



Lengteprofiel schaal 1:100



Overzicht  
Schaal n.v.t.



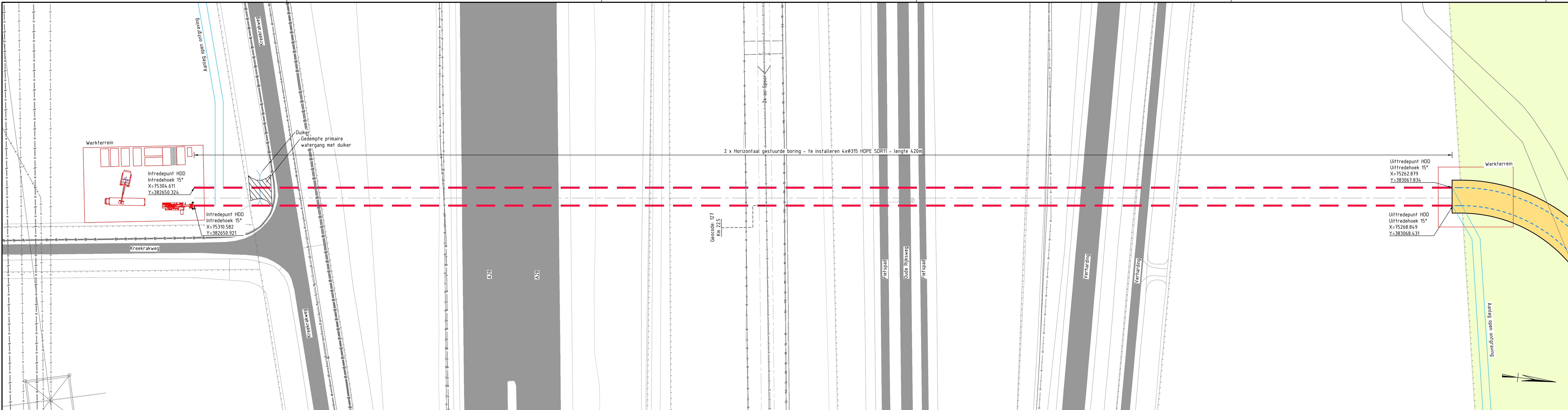
Principe doorsnede  
Schaal 1:20

- Legenda**
- Kadastrale grens
  - Leiding gevaarlijke inhoud
  - Datatransport
  - Landelijk hoogspanningsnet
  - Laagspanning
  - Middenspanning
  - Gasleiding hoge druk
  - Gasleiding lage druk
  - Waterleiding
  - Drukiolering
  - Riolering vrijverval
  - Horizontaal gestuurde boring (HDD)
  - Verharding (asfalt)
  - Bestaande topo
  - Bebouwing
  - Primaire waterkering
  - Leidingsstrook LSNet
  - Verharding/wegen
  - 16 Locatie sondering met nummer

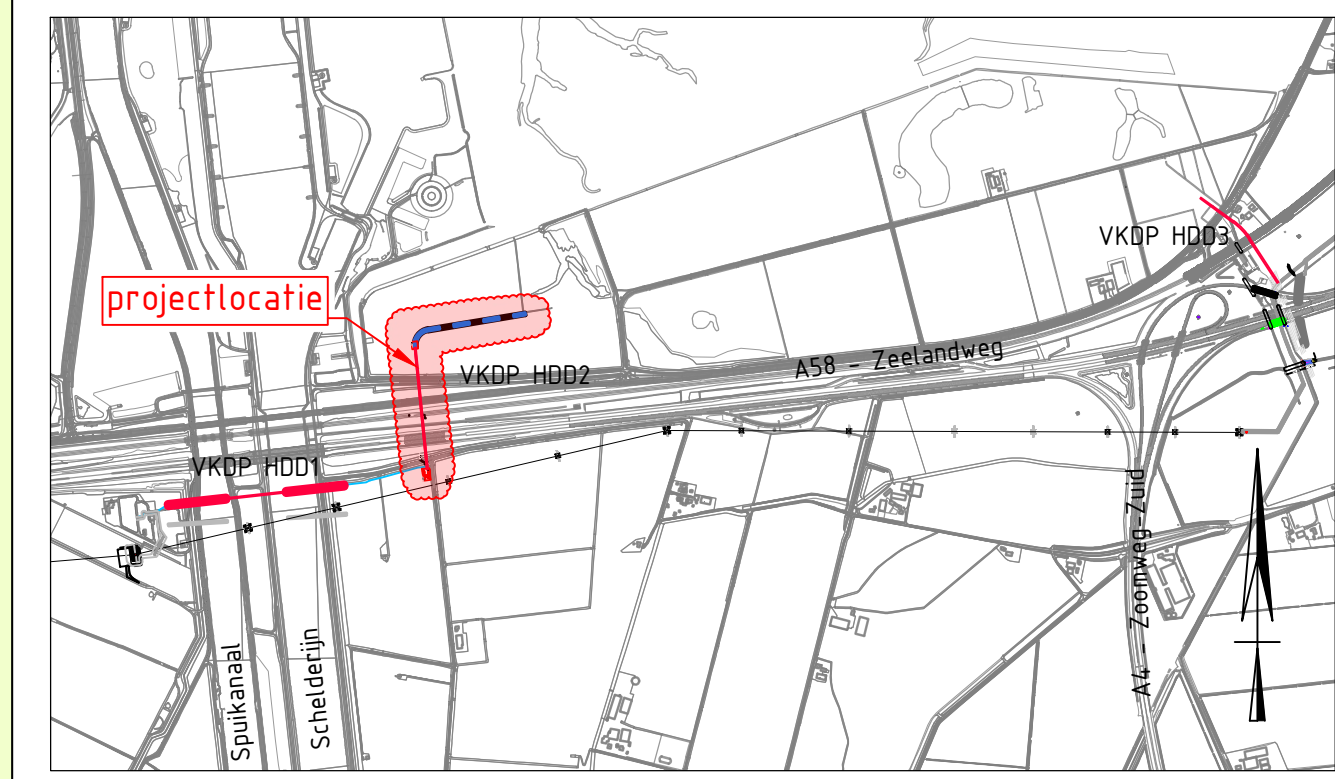
**Vergunningstekening**

A	T.b.v. vergunningaanvraag	20-04-2022	BB	MJ	JD
Rev	Directievrage	Salut rev	Set	Set	Goud
<p>Opdrachtgever: <b>TenneT TSO B.V.</b>          Project: <b>HDD's 150 kV ZWO</b>          Onderwerp: <b>VKDP-HDD2, Riltland-Volkerdorp-Markiezzaat</b>  <b>Kruising HDD met spoorlijn Roosendaal - Vlissingen; Geocode 127 - 22.5km</b></p>					
Projectnummer	Tekeningnummer	Revisie	Datum van uitgave	Dringingsfase	Contractnummer
368722	VKDP HDD2-ProRail	A	20-04-2022	Definitief ontwerp	
Blaad	Van	Schaal	Formaat	Kanbaar	Get
1	Zie tekening		ATL (1260x594)	de Bilt	BB MJ JD

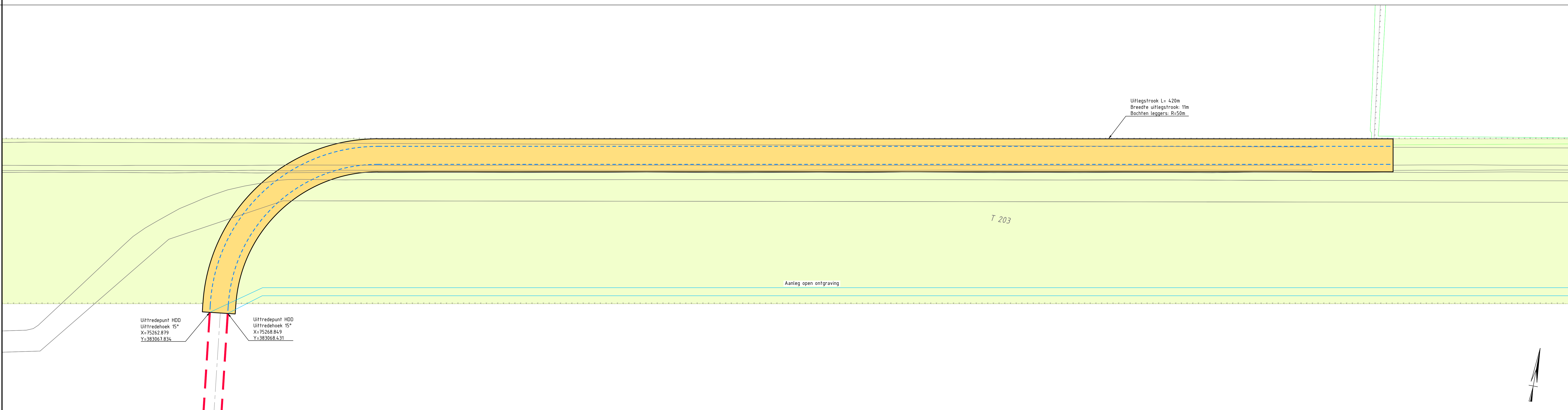




Bovenaanzicht schaal 1:500



Overzicht  
Schaal n.v.t.



Bovenaanzicht uitlegstrook schaal 1:500

### Legenda

	Kadastrale grens		16 Localie sondering met nummer
	Leiding gevaarlijke inhoud		
	Datatransport		
	Landelijk hoogspanningsnet		
	Laagspanning		
	Middenspanning		
	Gasleiding hoge druk		
	Gasleiding lage druk		
	Waterleiding		
	Drukiolering		
	Riolering vrijverval		
	Horizontaal gestuurde boring (HDD)		
	Verharding (asfalt)		
	Bestaande topo		
	Bebouwing		
	Primaire waterkering		
	Uitlegstrook		
	Leidingsstrook LSned		
	Verharding/wegen		

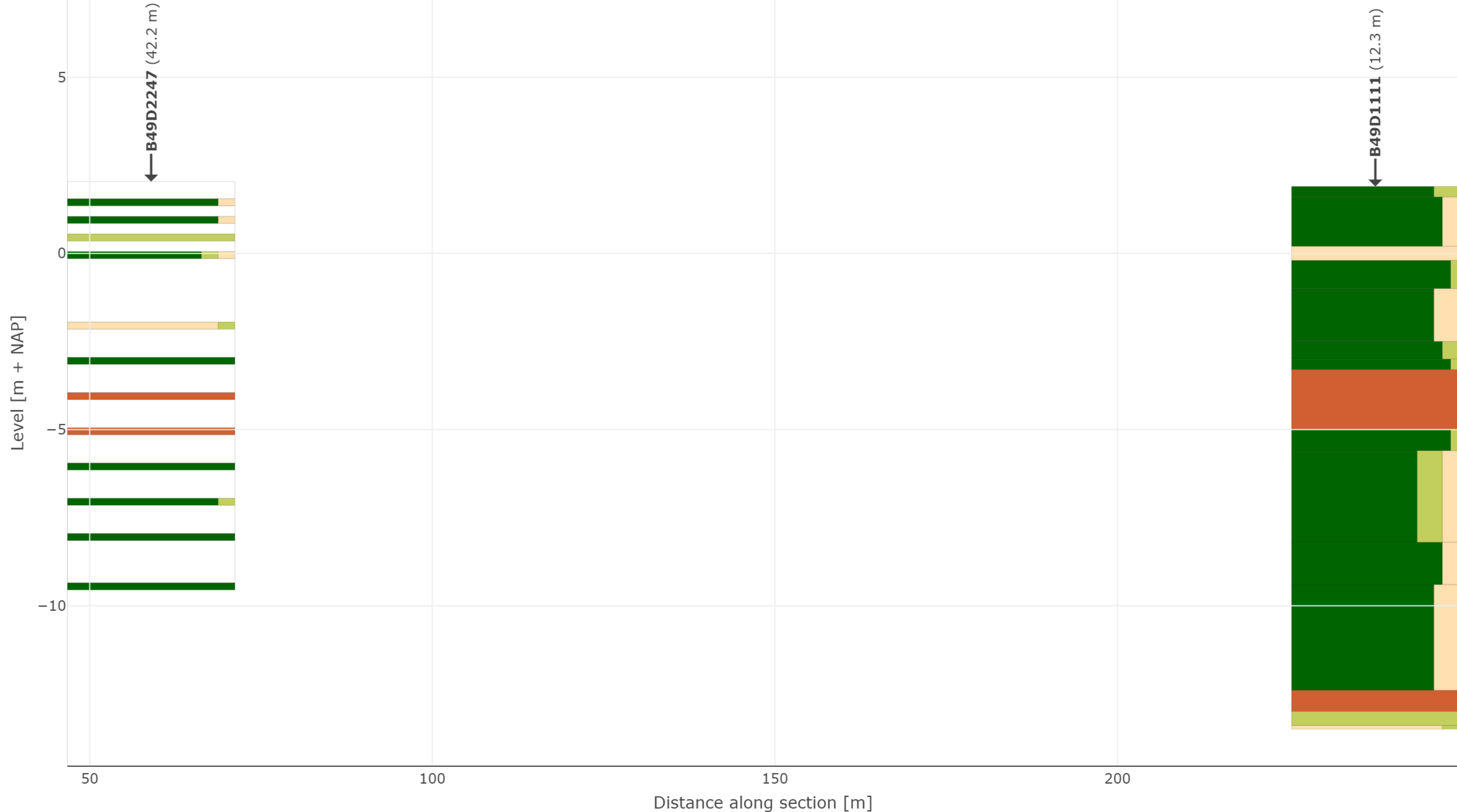
Maten in meters, tenzij anders aangegeven  
 Materialen in millimeters  
 Hoogtematen in meters t.o.v. N.A.P.

Rev.	Definitief	Verwijst naar	Datum van uitgave	Definitief	Contractnummer
E	T.b.v. vergoedingsaanvraag		17-03-2022	JPR	
D	Definitief ontwerp		19-08-2020	BB	
C	Definitief gemaakt		03-07-2020	BB	
B	Variant 2		25-06-2020	BB	
A	Voorlopig ontwerp		07-05-2020	BB	
Rev.	Bevestiging		Schakel rev.	Get.	Sec. Goud.

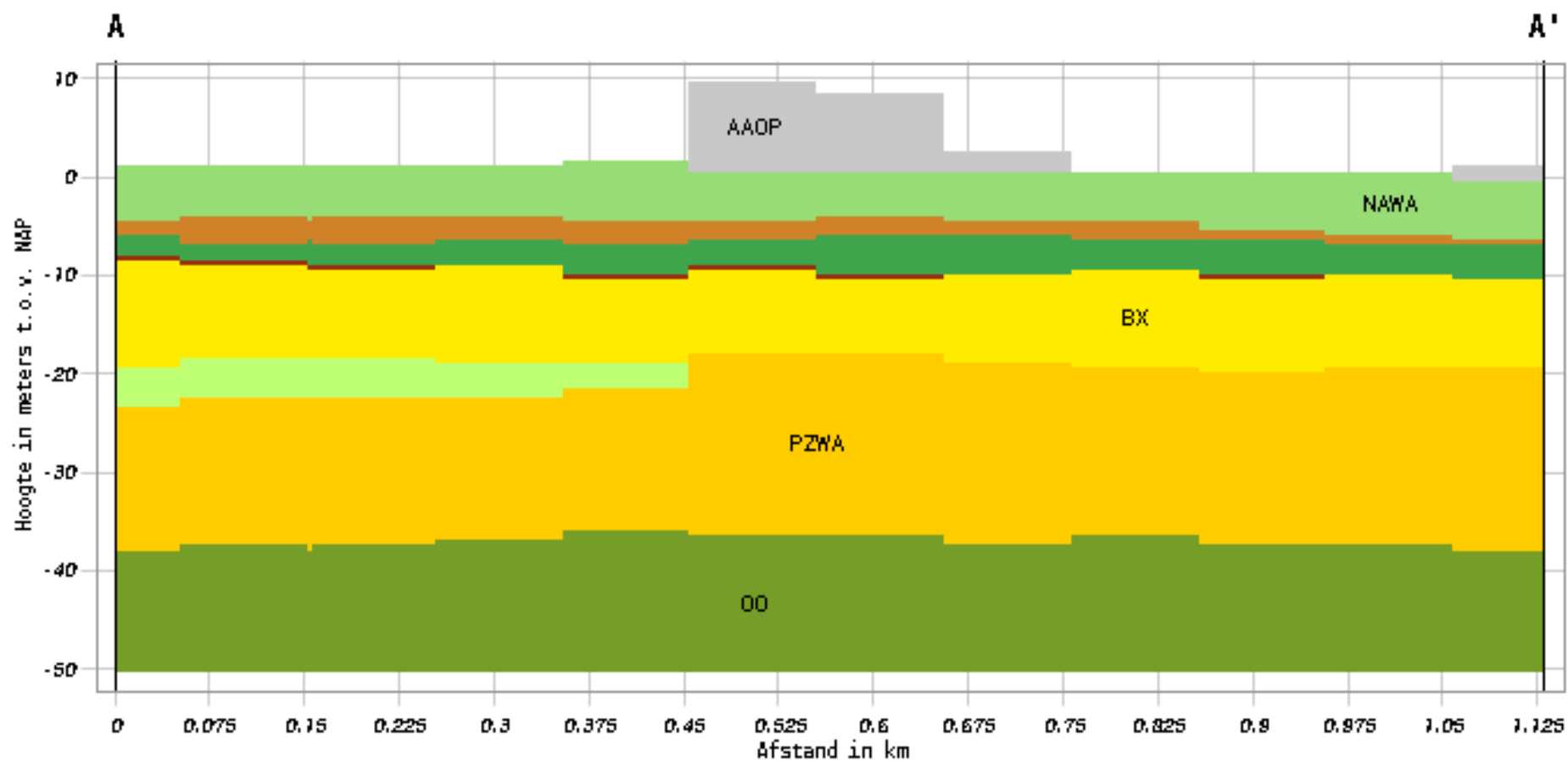
Opdrachtgever:  
**TenneT TSO B.V.**  
 Project:  
**HDD's 150 kv ZWO**  
 Onderdeel:  
**VKDP-HDD2, Riltand-Volckerdorp-Markiezaat  
 Uitlegstrook**

Projectnummer	Takennummer	Revisie	Datum van uitgave	Definitief	Contractnummer
368722	VKDP-HDD2-U	E	17-03-2022	Definitief	
Blad	Van	Schaal	Formaat	Aanbieder	Get.
2	1500	A1 L (1260x594)	De Bkt	BB	MJ
				JD	JD

# Bijlage 2 – Geotechnisch onderzoek

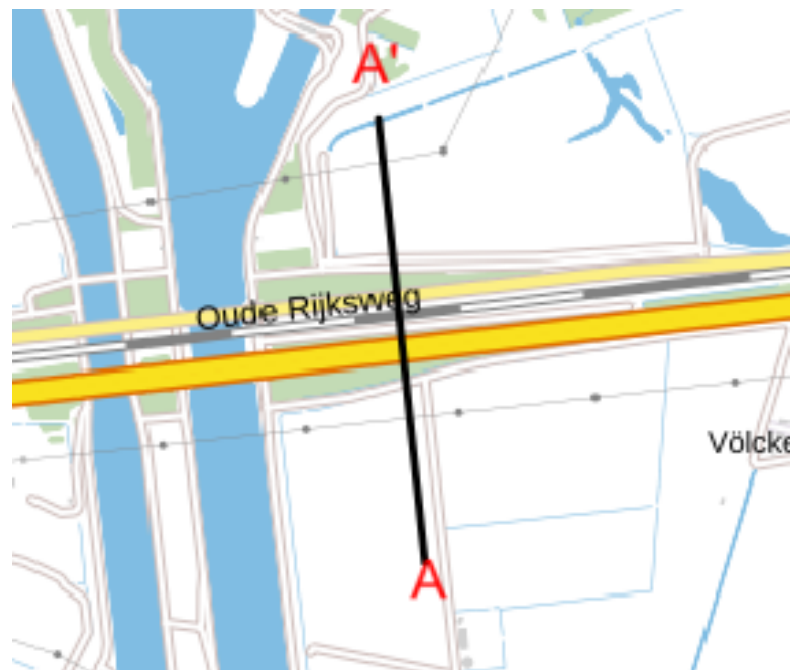
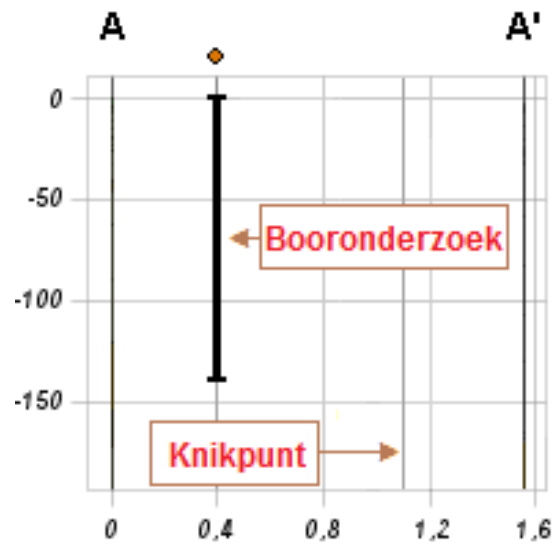
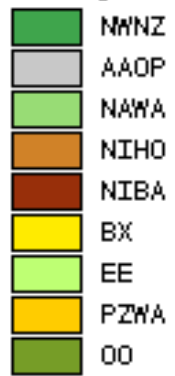


## Verticale Doorsnede BRO GeoTOP v1.4



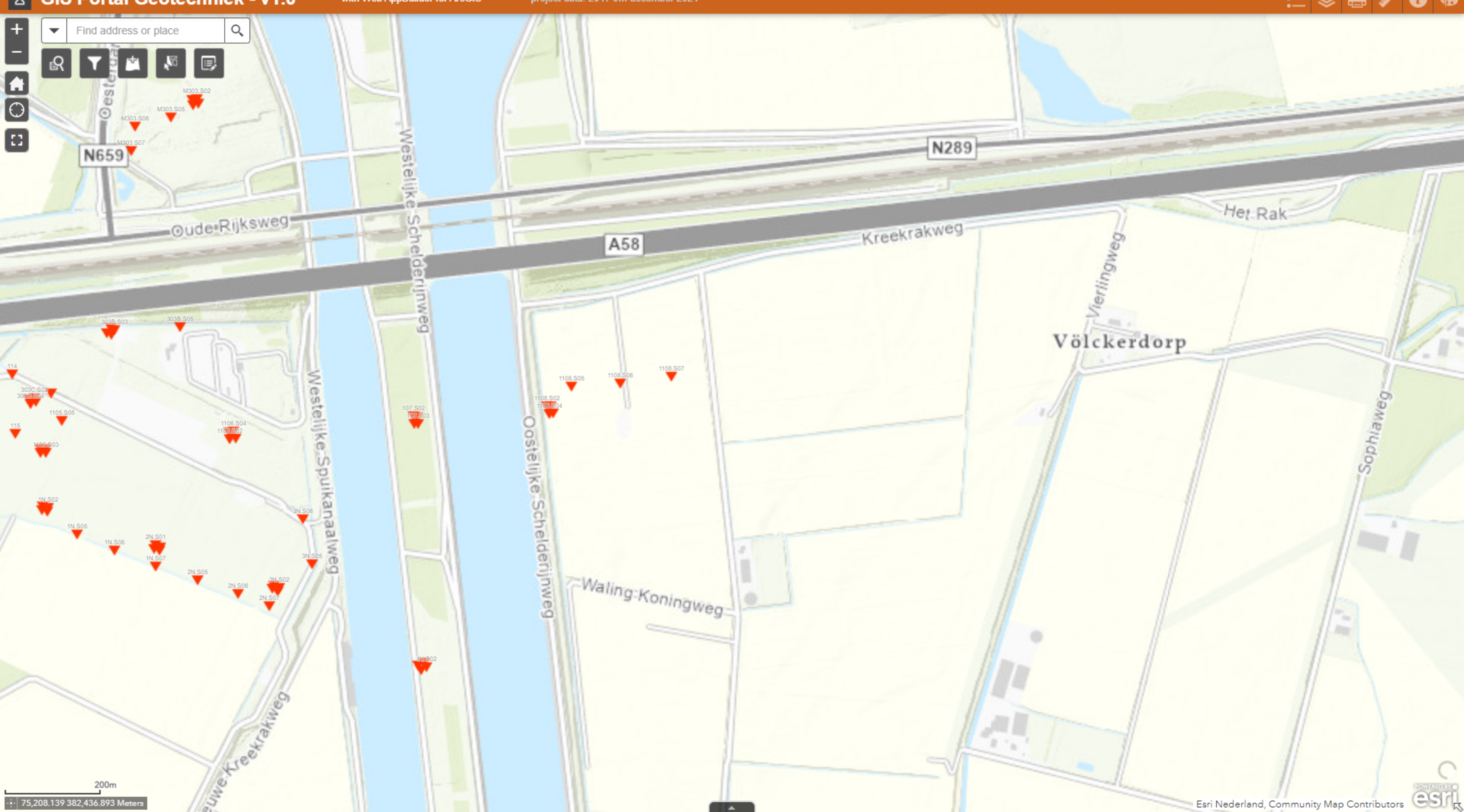


Geologische eenheid



Find address or place

Map navigation icons: Home, Back, Forward, Print, Refresh, Info, Full Screen



200m  
75,208.139 382,436.893 Meters





● borehole ● not shown on sectionplot — section



# Bijlage 3 – Berekening D-Geo Pipeline



## **Report for D-Geo Pipeline 20.1**

Model : Horizontal Directional Drilling  
Developed by Deltares

Date of report: 21-3-2022  
Time of report: 17:04:54  
Report with version: 20.1.2.31161  
Calculated with version: 20.1.2.31161

File name: HDD berekening

## 1 Table of Contents

1	Table of Contents	2
2	Messages	4
2.1	Calculation Warnings	4
3	Input Data	5
3.1	Model Used	5
3.2	Layer Boundaries	5
3.3	PI-lines	5
3.4	Phreatic Line	5
3.5	Soil Profiles	5
3.6	Selected Boundaries	6
3.7	Soil Material Data	6
3.8	Geometry	7
3.8.1	Geometry Section, Detailed	7
3.8.2	Geometry Top View	7
3.9	Calculation Verticals	8
3.10	Traffic Load	9
3.11	Configuration of the Pipeline	9
3.12	Product Pipe Material Data	10
3.13	Pipe Engineering Data	11
3.14	Drilling Fluid Data	11
3.15	Factors	11
3.16	Calculation Options	12
4	Drilling Fluid Pressures	13
4.1	Drilling Fluid Data	13
4.2	Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure	17
4.3	Drilling Fluid Pressure Plots	19
4.3.1	Drilling Fluid Pressures during Pilot	19
4.3.2	Drilling Fluid Pressures during Prereaming	19
4.3.3	Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation	20
5	Soil Mechanical Data	21
5.1	Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1	21
5.2	Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2	24
5.3	Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3	27
5.4	Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4	30
5.5	Young's Modulus per Layer per Vertical	33
6	Data for Stress Analysis	38
6.1	General Data	38
6.2	Buoyancy Control	38
6.3	Calculation Pulling Force	38
7	Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	40
7.1	Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1	40
7.2	Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1	40
7.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	40
7.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	41
7.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	41
7.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	41
7.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	41
7.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1	42
7.4	Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1	42
8	Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	43
8.1	Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2	43
8.2	Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2	43
8.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	43
8.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	44
8.2.3	Load Combination 2: Application Internal Pressure	44
8.2.4	Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	44
8.2.5	Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	44
8.3	Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2	45
8.4	Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2	45
9	Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	47
9.1	Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3	47
9.2	Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3	47
9.2.1	Load Combination 1A: Start Pullback Operation	47
9.2.2	Load Combination 1B: End Pullback Operation	48

---

9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	48
9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	48
9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	48
9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3	49
9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3	49
10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	50
10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4	50
10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4	50
10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation	50
10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation	51
10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure	51
10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)	51
10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)	51
10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4	52
10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4	52

## 2 Messages

### 2.1 Calculation Warnings

One or more layers above the border between the top undrained and underlying drained layers have a  $S_u$ -value of 0.



### 3 Input Data

#### 3.1 Model Used

Model Used : Horizontal Directional Drilling

#### 3.2 Layer Boundaries

Boundary number	Co-ordinates [m]				
5 - L -	0,000	18,820	25,880	28,290	33,520
5 - Z -	2,020	1,890	2,120	2,240	2,190
5 - L -	38,070	41,890	49,420	58,400	81,830
5 - Z -	2,210	2,060	2,390	2,870	9,320
5 - L -	89,420	105,590	121,510	133,970	149,530
5 - Z -	9,770	10,150	10,010	8,180	3,510
5 - L -	153,010	155,930	172,840	177,580	181,410
5 - Z -	3,130	3,050	8,380	8,380	10,100
5 - L -	185,440	188,460	192,700	195,340	197,770
5 - Z -	10,660	10,940	10,910	10,650	10,500
5 - L -	201,030	203,620	206,340	223,070	226,520
5 - Z -	9,130	8,310	7,220	9,610	9,850
5 - L -	228,630	231,550	238,920	241,850	243,950
5 - Z -	9,940	10,230	10,270	9,990	9,900
5 - L -	247,310	261,400	277,870	295,710	303,050
5 - Z -	9,680	4,660	2,860	3,440	3,470
5 - L -	315,710	318,530	320,130	326,860	339,810
5 - Z -	1,210	1,190	0,940	1,190	1,160
5 - L -	354,230	372,550	386,160	402,190	419,590
5 - Z -	1,160	1,160	1,170	1,140	1,150
5 - L -	420,000				
5 - Z -	1,150				
4 - L -	0,000	420,000			
4 - Z -	-3,500	-3,500			
3 - L -	0,000	420,000			
3 - Z -	-6,000	-6,000			
2 - L -	0,000	420,000			
2 - Z -	-11,000	-11,000			
1 - L -	0,000	420,000			
1 - Z -	-13,000	-13,000			
0 - L -	0,000	420,000			
0 - Z -	-30,000	-30,000			

#### 3.3 PI-lines

PI-line number	Co-ordinates [m]				
1 - L -	0,000	420,000			
1 - Z -	0,000	0,000			

#### 3.4 Phreatic Line

Piezo-line 1 is used as phreatic line (groundwater).

#### 3.5 Soil Profiles

Layer number	Material name	Piezo-line at top	Piezo-line at bottom
5	Zand, schoon, los	1	1
4	Veen, slap	1	1
3	Klei, organisch, slap	1	1
2	Veen, slap	1	1
1	Zand, schoon, los	1	1

### 3.6 Selected Boundaries

The boundary between (cohesive) undrained top layers and underlying (non-cohesive) drained layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, los

The boundary between compressible top layers and underlying non-compressible layers, is situated at the top of layer number 1: Zand, schoon, los

### 3.7 Soil Material Data

Name	Gamma-unsat			Gamma-sat		
	Single [kN/m <sup>3</sup> ]	Low [kN/m <sup>3</sup> ]	High [kN/m <sup>3</sup> ]	Single [kN/m <sup>3</sup> ]	Low [kN/m <sup>3</sup> ]	High [kN/m <sup>3</sup> ]
Klei, organisch, slap	-	13,00	15,00	-	13,00	15,00
Zand, schoon, los	-	17,00	18,00	-	19,00	20,00
Veen, slap	-	10,00	12,00	-	10,00	12,00

Name	Cohesion			Phi		
	Single [kN/m <sup>2</sup> ]	Low [kN/m <sup>2</sup> ]	High [kN/m <sup>2</sup> ]	Single [deg]	Low [deg]	High [deg]
Klei, organisch, slap	-	0,00	5,00	-	15,00	17,50
Zand, schoon, los	-	0,00	0,00	-	30,00	32,50
Veen, slap	-	1,00	2,50	-	15,00	15,00

Name	Su-top			Su-bottom		
	Single [kN/m <sup>2</sup> ]	Low [kN/m <sup>2</sup> ]	High [kN/m <sup>2</sup> ]	Single [kN/m <sup>2</sup> ]	Low [kN/m <sup>2</sup> ]	High [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei, organisch, slap	-	10,00	50,00	-	10,00	50,00
Zand, schoon, los	-	0,00	0,00	-	0,00	0,00
Veen, slap	-	10,00	20,00	-	10,00	20,00

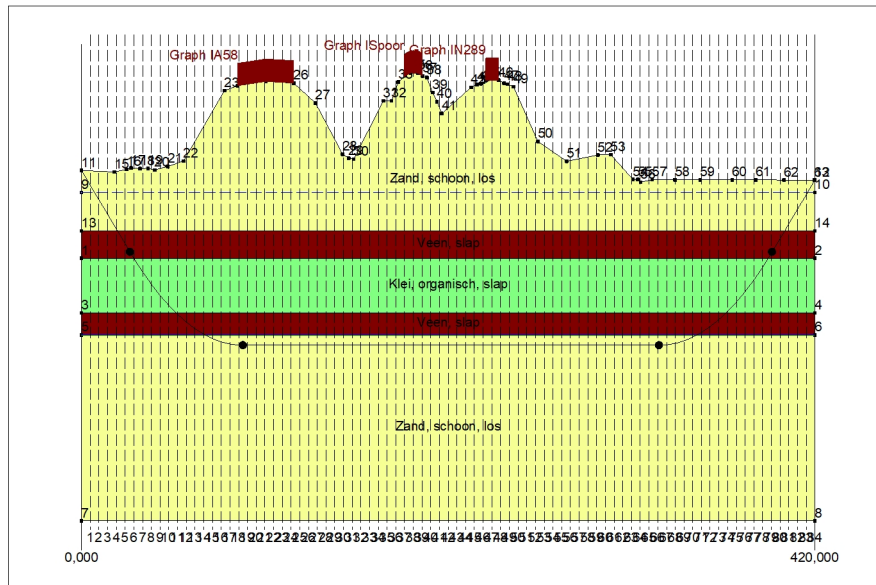
Name	Emod-top			Emod-bottom		
	Single [kN/m <sup>2</sup> ]	Low [kN/m <sup>2</sup> ]	High [kN/m <sup>2</sup> ]	Single [kN/m <sup>2</sup> ]	Low [kN/m <sup>2</sup> ]	High [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei, organisch, slap	-	-	-	-	-	-
Zand, schoon, los	-	-	-	-	-	-
Veen, slap	-	-	-	-	-	-

Name	Soil type	Emod 100		
		Single [kN/m <sup>2</sup> ]	Low [kN/m <sup>2</sup> ]	High [kN/m <sup>2</sup> ]
Klei, organisch, slap	Clay	-	2000,00	4000,00
Zand, schoon, los	Sand	-	45000,00	75000,00
Veen, slap	Peat	-	500,00	1000,00

Name	Adhesion A [kN/m <sup>2</sup> ]	Delta D [deg]	Nu [-]
Klei, organisch, slap	-	-	0,20
Zand, schoon, los	-	-	0,30
Veen, slap	-	-	0,40

### 3.8 Geometry

#### 3.8.1 Geometry Section, Detailed



#### 3.8.2 Geometry Top View

### 3.9 Calculation Verticals

Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
1	5,000	0,680
2	10,000	-0,659
3	15,000	-1,999
4	20,000	-3,339
5	25,000	-4,679
6	30,000	-6,008
7	35,000	-7,244
8	40,000	-8,372
9	45,000	-9,393
10	50,000	-10,309
11	55,000	-11,119
12	60,000	-11,827
13	65,000	-12,431
14	70,000	-12,934
15	75,000	-13,336
16	80,000	-13,637
17	85,000	-13,837
18	90,000	-13,937
19	95,000	-13,950
20	100,000	-13,950
21	105,000	-13,950
22	110,000	-13,950
23	115,000	-13,950
24	120,000	-13,950
25	125,000	-13,950
26	130,000	-13,950
27	135,000	-13,950
28	140,000	-13,950
29	145,000	-13,950
30	150,000	-13,950
31	155,000	-13,950
32	160,000	-13,950
33	165,000	-13,950
34	170,000	-13,950
35	175,000	-13,950
36	180,000	-13,950
37	185,000	-13,950
38	190,000	-13,950
39	195,000	-13,950
40	200,000	-13,950
41	205,000	-13,950
42	210,000	-13,950
43	215,000	-13,950
44	220,000	-13,950
45	225,000	-13,950
46	230,000	-13,950
47	235,000	-13,950
48	240,000	-13,950
49	245,000	-13,950
50	250,000	-13,950
51	255,000	-13,950
52	260,000	-13,950
53	265,000	-13,950
54	270,000	-13,950
55	275,000	-13,950
56	280,000	-13,950
57	285,000	-13,950
58	290,000	-13,950
59	295,000	-13,950
60	300,000	-13,950
61	305,000	-13,950
62	310,000	-13,950



Vertical no.	L-coord. [m]	Z-coord. [m]
63	315,000	-13,950
64	320,000	-13,950
65	325,000	-13,950
66	330,000	-13,950
67	335,000	-13,914
68	340,000	-13,778
69	345,000	-13,543
70	350,000	-13,206
71	355,000	-12,769
72	360,000	-12,231
73	365,000	-11,590
74	370,000	-10,847
75	375,000	-10,000
76	380,000	-9,047
77	385,000	-7,989
78	390,000	-6,823
79	395,000	-5,548
80	400,000	-4,209
81	405,000	-2,869
82	410,000	-1,529
83	415,000	-0,190
84	420,000	1,150

Locations of the calculation verticals; L represents distance along the pipeline projection in the horizontal plane, incremented with the entry co-ordinate.

### 3.10 Traffic Load

A58		
L start	89,42	[m]
L end	121,51	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
Spoor		
L start	185,00	[m]
L end	195,00	[m]
Load model (graph type)	Graph I	
N289		
L start	231,50	[m]
L end	238,92	[m]
Load model (graph type)	Graph I	

### 3.11 Configuration of the Pipeline

X co-ordinate left point	0,000	[m]
Y co-ordinate left point	0,000	[m]
Z co-ordinate left point	2,020	[m]
X co-ordinate right point	420,000	[m]
Y co-ordinate right point	0,000	[m]
Z co-ordinate right point	1,150	[m]
Angle left	15,0000	[deg]
Angle right	15,0000	[deg]
Bending radius left, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius right, vertical in/out	250,000	[m]
Bending radius pipe on rollers	500,000	[m]
Lowest level of pipe (center bore hole)	-13,950	[m]
Angle of pipe (between radii)	0,0000	[deg]
Number of horizontal bends	0	

The pulling direction of the product pipe is from left to right.

### 3.12 Product Pipe Material Data

Input data pipe nr. 1		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 2		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 3		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]
Input data pipe nr. 4		
Material	Polyethene	
Quality	PE100	
Young's modulus (short)	975,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Young's modulus (long)	350,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (short)	10,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Allowable strength (long)	8,00	[N/mm <sup>2</sup> ]
Tensile factor (alpha)	0,65	[-]
Linear settlement coefficient (alpha_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Outer diameter product pipe	315,00	[mm]
Wall thickness (Nominal)	28,70	[mm]
Unit weight pipe material	9,54	[kN/m <sup>3</sup> ]
Design pressure	0,00	[bar]
Test pressure	0,00	[bar]
Temperature variation	0,00	[deg C]

### 3.13 Pipe Engineering Data

Pipe filled with water on rollers	No	
Part of cross section filled with fluid	0	[%]
Unit weight fluid	10,00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Bedding angle	30	[deg]
Load angle	30	[deg]
Relative displacement	10,00	[mm]
Compression index	6,00	[-]
Modulus of subgrade reaction drilling fluid (Kv)	500,00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Phi drilling fluid	15,00	[deg]
Cohesion drilling fluid	5,00	[kN/m <sup>2</sup> ]
Factor of friction pipe-roller (f1)	0,10	[-]
Friction pipe-drilling fluid (f2)	0,000050	[N/mm <sup>2</sup> ]
Factor of friction pipe-soil (f3)	0,20	[-]

### 3.14 Drilling Fluid Data

Outer diameter pilot hole	0,350	[m]
Outer diameter pilot pipe	0,127	[m]
Outer diameter preream hole	0,500	[m]
Outer diameter drillpipe	0,127	[m]
Outer diameter bore hole	1,000	[m]
Outer diameter product pipe	0,630	[m]
Pump flow rate pilot	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate pre-reaming	500,0000	[liter/minute]
Pump flow rate ream and pull-back	500,0000	[liter/minute]
Circulation loss factor pilot	0,30	[-]
Circulation loss factor pre-reaming	0,20	[-]
Circulation loss factor ream and pull-back	0,20	[-]
Unit weight drilling fluid (gamma)	11,5	[kN/m <sup>3</sup> ]
Yieldpoint drilling fluid (Tau)	0,014	[kN/m <sup>2</sup> ]
Plastic viscosity drilling fluid (Mu)	0,000040	[kN.s/m <sup>2</sup> ]

### 3.15 Factors

(Polyethene)Safety factor on implosion (Long)	3,0	[-]
(Polyethene)Safety factor on implosion (Short)	1,5	[-]
Contingency factor on unit weight		
of material types below and above phreatic level	1,10	[-]
Contingency factor on (drained) cohesion C	1,40	[-]
Contingency factor on undrained shear strength Su	1,40	[-]
Contingency factor on Phi	1,10	[-]
Contingency factor on E-modulus	1,25	[-]
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	2,00	[-]
Load factor on design pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on design pressure (combination) (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on test pressure (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on installation (Polyethene)	1,00	[-]
Load factor on reduced neutral soil stress q <sub>n,r</sub> (Polyethene)	1,50	[-]
Load factor on temperature (Polyethene)	1,10	[-]
Load factor on traffic load (Polyethene)	1,35	[-]
Factor of importance (S)	1,00	[-]
Allowable deflection of steel pipe	15,00	[%]
Allowable piggability of steel pipe	5,00	[%]
Allowable deflection of polyethene pipe	8,00	[%]
Allowable piggability of polyethene pipe	5,00	[%]
Unit weight water	10,00	[kN/m <sup>3</sup> ]
Safety factor on cover (drained layer)	0,50	[-]
Safety factor on cover (undrained layer)	0,50	[-]
Ratio H/Do for boundary between shallow and deep situation	7,50	[-]

### 3.16 Calculation Options

Stress analysis option : Standard



## 4 Drilling Fluid Pressures

### 4.1 Drilling Fluid Data

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	17	120
2	0	7	34	134
3	0	20	50	148
4	0	33	67	162
5	121	121	84	176
6	133	133	101	189
7	151	151	116	202
8	164	164	131	214
9	177	177	144	224
10	190	190	156	233
11	202	202	167	241
12	212	212	176	248
13	232	232	184	254
14	252	252	192	258
15	304	304	198	261
16	430	430	202	263
17	511	511	206	264
18	549	549	209	264
19	557	557	210	263
20	560	560	211	261
21	564	564	213	260
22	563	563	214	259
23	562	562	216	257
24	560	560	217	256
25	544	544	218	255
26	521	521	220	253
27	492	492	221	252
28	445	445	222	251
29	397	397	224	249
30	353	353	225	248
31	340	340	226	246
32	380	380	228	245
33	430	430	229	244
34	480	480	231	242
35	508	508	232	241
36	543	543	233	240
37	579	579	235	238
38	589	589	236	237
39	581	581	237	236
40	546	546	239	234
41	489	489	240	233
42	488	488	241	231
43	511	511	243	230
44	533	533	244	229
45	552	552	246	227
46	562	562	247	226
47	568	568	248	225
48	565	565	250	223
49	554	554	251	222
50	519	519	252	220
51	463	463	254	219
52	406	406	255	218
53	378	378	256	216
54	361	361	258	215
55	343	343	259	214
56	336	336	261	212
57	341	341	262	211

Vertical no.	Drilling fluid pressures pilot [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
58	346	346	263	210
59	351	351	265	208
60	352	352	266	207
61	342	342	267	205
62	314	314	269	204
63	285	285	270	203
64	273	273	271	201
65	278	278	273	200
66	280	280	274	199
67	276	276	275	197
68	259	259	275	194
69	229	229	274	190
70	194	194	271	185
71	195	195	267	178
72	190	190	263	171
73	185	185	257	162
74	182	182	249	152
75	172	172	241	141
76	161	161	232	129
77	148	148	221	115
78	134	134	209	100
79	117	117	196	84
80	105	105	182	67
81	0	29	168	50
82	0	15	154	34
83	0	2	140	17
84	0	0	126	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	16	17
2	0	7	32	34
3	0	20	49	50
4	0	33	65	67
5	121	121	81	84
6	135	135	97	101
7	151	151	112	116
8	164	164	126	131
9	177	177	139	144
10	190	190	150	156
11	202	202	160	167
12	213	213	169	176
13	233	233	177	184
14	253	253	183	192
15	271	271	189	198
16	371	371	193	202
17	436	436	196	206
18	467	467	198	209
19	473	473	199	210
20	476	476	200	211
21	479	479	200	213
22	479	479	201	214
23	478	478	202	216
24	477	477	203	217
25	463	463	204	218
26	445	445	204	219
27	422	422	205	219
28	384	384	206	218
29	346	346	207	217
30	310	310	207	216
31	300	300	208	216
32	332	332	209	215
33	372	372	210	214

Vertical no.	Drilling fluid pressures preream [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
34	412	412	211	213
35	435	435	211	212
36	462	462	212	212
37	491	491	213	211
38	499	499	214	210
39	493	493	215	209
40	465	465	215	208
41	419	419	216	208
42	419	419	217	207
43	437	437	218	206
44	455	455	218	205
45	469	469	219	205
46	478	478	220	204
47	482	482	221	203
48	480	480	222	202
49	472	472	222	201
50	443	443	220	201
51	398	398	219	200
52	353	353	218	199
53	330	330	216	198
54	317	317	215	197
55	303	303	214	197
56	296	296	212	196
57	301	301	211	195
58	305	305	210	194
59	309	309	208	194
60	310	310	207	193
61	301	301	205	192
62	279	279	204	191
63	256	256	203	190
64	246	246	201	190
65	250	250	200	189
66	252	252	199	188
67	248	248	197	187
68	234	234	194	184
69	210	210	190	181
70	194	194	185	176
71	195	195	178	171
72	191	191	171	164
73	186	186	162	155
74	182	182	152	146
75	172	172	141	136
76	161	161	129	124
77	148	148	115	111
78	134	134	100	97
79	118	118	84	81
80	103	103	67	65
81	0	29	50	49
82	0	15	34	32
83	0	2	17	16
84	0	0	0	0

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
1	0	0	16	16
2	0	7	32	32
3	0	20	49	49
4	0	33	65	65
5	113	113	81	81
6	136	136	97	97
7	151	151	112	112
8	164	164	126	126
9	177	177	138	139

Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
10	191	191	150	150
11	203	203	160	160
12	215	215	169	169
13	235	235	177	177
14	255	255	183	183
15	251	251	189	189
16	291	291	193	193
17	331	331	196	196
18	351	351	198	198
19	355	355	199	199
20	357	357	200	200
21	359	359	200	200
22	359	359	201	201
23	358	358	202	202
24	357	357	203	203
25	349	349	203	204
26	337	337	204	204
27	322	322	205	205
28	297	297	206	206
29	273	273	207	207
30	249	249	207	207
31	243	243	208	208
32	264	264	209	209
33	290	290	210	210
34	316	316	210	211
35	330	330	211	211
36	348	348	212	211
37	367	367	211	211
38	372	372	210	210
39	368	368	209	209
40	350	350	208	208
41	320	320	208	207
42	320	320	207	207
43	332	332	206	206
44	343	343	205	205
45	353	353	205	204
46	358	358	204	204
47	361	361	203	203
48	360	360	202	202
49	354	354	201	201
50	336	336	201	200
51	307	307	200	200
52	277	277	199	199
53	263	263	198	198
54	254	254	197	197
55	245	245	197	197
56	241	241	196	196
57	243	243	195	195
58	246	246	194	194
59	249	249	194	193
60	249	249	193	193
61	244	244	192	192
62	229	229	191	191
63	215	215	190	190
64	208	208	190	189
65	211	211	189	189
66	212	212	188	188
67	209	209	187	187
68	205	205	184	184
69	203	203	181	181
70	194	194	176	176
71	198	198	171	170
72	193	193	164	163
73	189	189	155	155



Vertical no.	Drilling fluid pressures pull back [kN/m <sup>2</sup> ]			
	Max, deformation	Max, soil cover	Min, left	Min, right
74	182	182	146	146
75	172	172	136	135
76	161	161	124	124
77	149	149	111	111
78	134	134	97	97
79	116	116	81	81
80	86	86	65	65
81	0	29	49	49
82	0	15	32	32
83	0	2	16	16
84	0	0	0	0

#### 4.2 Equilibrium between Drilling Fluid Pressure and Pore Pressure

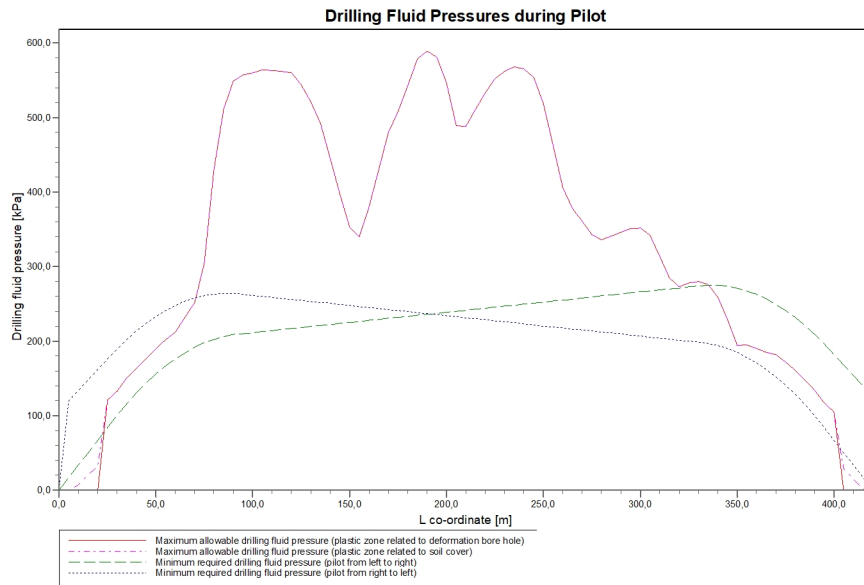
Vertical no.	Static column pressure			
	Drilling fluid [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Safety [-]	Result
1	15	0	-	sufficient
2	31	7	4,67	sufficient
3	46	20	2,31	sufficient
4	62	33	1,85	sufficient
5	77	47	1,65	sufficient
6	92	60	1,54	sufficient
7	106	72	1,47	sufficient
8	119	84	1,42	sufficient
9	131	94	1,39	sufficient
10	141	103	1,37	sufficient
11	150	111	1,35	sufficient
12	158	118	1,34	sufficient
13	165	124	1,33	sufficient
14	171	129	1,32	sufficient
15	175	133	1,31	sufficient
16	179	136	1,31	sufficient
17	181	138	1,31	sufficient
18	182	139	1,30	sufficient
19	182	140	1,30	sufficient
20	182	140	1,30	sufficient
21	182	140	1,30	sufficient
22	181	140	1,30	sufficient
23	181	140	1,30	sufficient
24	181	140	1,30	sufficient
25	181	140	1,30	sufficient
26	181	140	1,30	sufficient
27	181	140	1,30	sufficient
28	181	140	1,29	sufficient
29	180	140	1,29	sufficient
30	180	140	1,29	sufficient
31	180	140	1,29	sufficient
32	180	140	1,29	sufficient
33	180	140	1,29	sufficient
34	180	140	1,29	sufficient
35	180	140	1,29	sufficient
36	180	140	1,29	sufficient
37	179	140	1,29	sufficient
38	179	140	1,28	sufficient
39	179	140	1,28	sufficient
40	179	140	1,28	sufficient
41	179	140	1,28	sufficient
42	179	140	1,28	sufficient
43	179	140	1,28	sufficient
44	178	140	1,28	sufficient
45	178	140	1,28	sufficient
46	178	140	1,28	sufficient
47	178	140	1,28	sufficient

Vertical no.	Static column pressure			Result
	Drilling fluid [kN/m <sup>2</sup> ]	Water [kN/m <sup>2</sup> ]	Safety [-]	
48	178	140	1,28	sufficient
49	178	140	1,27	sufficient
50	178	140	1,27	sufficient
51	177	140	1,27	sufficient
52	177	140	1,27	sufficient
53	177	140	1,27	sufficient
54	177	140	1,27	sufficient
55	177	140	1,27	sufficient
56	177	140	1,27	sufficient
57	177	140	1,27	sufficient
58	177	140	1,27	sufficient
59	176	140	1,26	sufficient
60	176	140	1,26	sufficient
61	176	140	1,26	sufficient
62	176	140	1,26	sufficient
63	176	140	1,26	sufficient
64	176	140	1,26	sufficient
65	176	140	1,26	sufficient
66	175	140	1,26	sufficient
67	175	139	1,26	sufficient
68	173	138	1,26	sufficient
69	170	135	1,26	sufficient
70	166	132	1,26	sufficient
71	161	128	1,26	sufficient
72	155	122	1,27	sufficient
73	147	116	1,27	sufficient
74	139	108	1,28	sufficient
75	129	100	1,29	sufficient
76	118	90	1,30	sufficient
77	105	80	1,32	sufficient
78	92	68	1,35	sufficient
79	77	55	1,39	sufficient
80	62	42	1,46	sufficient
81	46	29	1,61	sufficient
82	31	15	2,01	sufficient
83	15	2	8,12	sufficient
84	0	0	-	sufficient

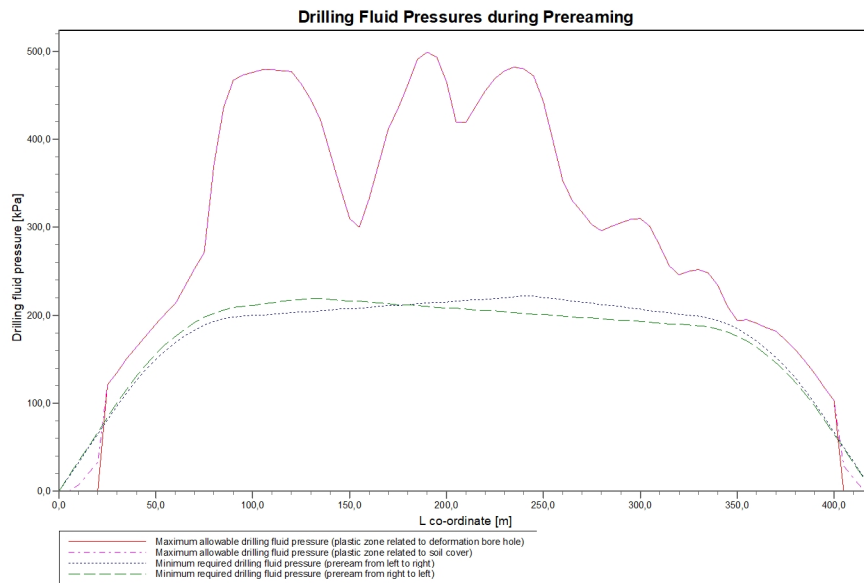
The static drilling fluid pressure is calculated and can be compared with the calculated groundwater pressure. The quotient of the drilling fluid pressure and the groundwater pressure yields the safety factor, which should be higher than the requested factor of safety of 1,10.

### 4.3 Drilling Fluid Pressure Plots

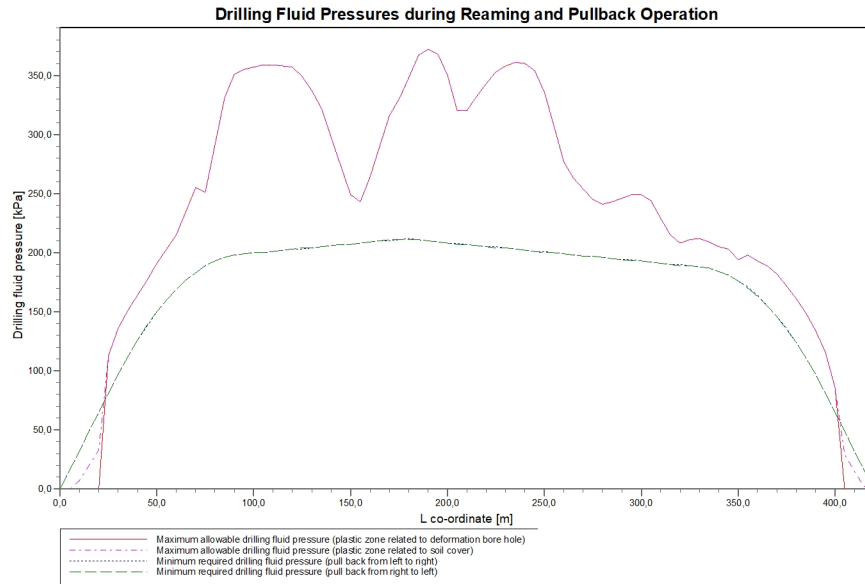
#### 4.3.1 Drilling Fluid Pressures during Pilot



#### 4.3.2 Drilling Fluid Pressures during Prereaming



### 4.3.3 Drilling Fluid Pressures during Reaming and Pullback Operation





## 5 Soil Mechanical Data

### 5.1 Soil Mechanical Parameters Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_traffic	Traffic load	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	44	21	16	21	0	767
2	135	40	30	40	0	1421
3	243	53	39	53	0	1874
4	392	67	35	48	0	420
5	154	75	37	50	0	459
6	259	80	38	51	0	677
7	275	85	38	52	0	716
8	288	90	38	51	0	749
9	305	96	38	52	0	795
10	329	104	39	53	0	857
11	225	113	40	54	0	677
12	249	126	42	56	0	748
13	296	152	46	62	0	894
14	343	178	50	67	0	6262
15	2030	205	54	73	0	7220
16	2258	233	59	79	0	8195
17	2374	247	61	82	0	8703
18	2422	253	62	83	2	8913
19	2440	255	62	84	2	8991
20	2457	258	63	84	2	9066
21	2474	260	63	85	2	9140
22	2470	259	63	85	2	9124
23	2464	258	63	85	2	9096
24	2457	258	63	85	2	9069
25	2382	248	61	82	0	8736
26	2276	235	59	79	0	8272
27	2145	219	56	75	0	7708
28	1922	192	51	69	0	6760
29	1692	165	46	62	0	5812
30	1471	140	40	54	0	4920
31	1409	133	39	52	0	4678
32	1609	155	44	59	0	5472
33	1852	184	49	67	0	6468
34	2088	212	55	74	0	7464
35	2220	228	57	78	0	8030
36	2378	248	61	82	0	8717
37	2539	268	64	87	2	9432
38	2586	274	65	88	2	9641
39	2551	270	65	87	2	9486
40	2391	249	61	83	0	8777
41	2129	217	55	75	0	7636
42	2126	217	55	75	0	7627
43	2231	229	58	78	0	8079

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
44	2335	242	60	81	0	8530
45	2418	253	62	83	0	8892
46	2465	259	63	85	0	9102
47	2490	262	63	85	2	9211
48	2478	260	63	85	0	9159
49	2430	254	62	84	0	8947
50	2270	234	59	79	0	8246
51	2007	202	53	71	0	7120
52	1737	170	47	63	0	5994
53	1598	154	43	59	0	5431
54	1512	144	41	56	0	5085
55	1425	134	39	53	0	4740
56	1386	130	38	52	0	4586
57	1412	133	39	52	0	4689
58	1438	136	40	53	0	4791
59	1464	139	40	54	0	4894
60	1470	140	40	54	0	4920
61	1417	133	39	53	0	4708
62	1271	117	35	48	0	4144
63	1123	101	31	42	0	3580
64	1059	95	29	40	0	3343
65	1086	97	30	41	0	3444
66	1097	99	30	41	0	3483
67	1091	98	30	41	0	3463
68	1076	96	30	41	0	3409
69	1054	94	30	41	0	3326
70	1021	91	30	41	0	3208
71	181	89	31	41	0	2545
72	179	88	31	42	0	536
73	176	87	32	43	0	529
74	273	84	32	44	0	516
75	262	80	33	44	0	682
76	249	76	32	44	0	647
77	234	70	32	43	0	609
78	217	64	31	42	0	565
79	125	60	31	41	0	404
80	120	57	30	41	0	358
81	224	48	36	48	0	1693
82	117	35	26	35	0	1222
83	45	21	16	21	0	747
84	0	0	0	0	0	58

Vertical no.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	252	54511	2883	38158	0,05	7,5
2	310	119911	83835	83938	0,05	7,5
3	489	114335	111654	80035	0,05	7,5
4	670	1544	129412	1081	0,05	7,5
5	154	2465	48868	1725	0,05	7,5
6	259	5761	1399	4033	0,05	7,5
7	275	6094	4344	4266	0,05	7,5
8	288	6356	5806	4450	0,05	7,5
9	305	6316	6169	4421	0,05	7,5
10	329	3684	6667	2579	0,05	7,5
11	225	1954	7174	1368	0,05	7,5
12	249	70063	5497	49044	0,05	7,5
13	296	165445	3829	115811	0,05	7,5
14	343	246379	2807	172465	0,05	7,5
15	2030	266773	28906	186741	0,05	7,5
16	2258	285338	81973	199737	0,05	7,5
17	2374	294625	120817	206238	0,05	7,5
18	2422	298390	140825	208873	0,05	7,5
19	2440	299795	143860	209857	0,05	7,5
20	2457	301116	144536	210781	0,05	7,5
21	2474	302432	145209	211703	0,05	7,5

Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
22	2470	302154	145066	211508	0,05	7,5
23	2464	301661	144814	211163	0,05	7,5
24	2457	301168	144562	210818	0,05	7,5
25	2382	295221	141520	206655	0,05	7,5
26	2276	286752	137184	200727	0,05	7,5
27	2145	276187	131767	193331	0,05	7,5
28	1922	257647	122240	180353	0,05	7,5
29	1692	237975	112092	166583	0,05	7,5
30	1471	218212	101844	152749	0,05	7,5
31	1409	212593	98919	148815	0,05	7,5
32	1609	230617	108284	161432	0,05	7,5
33	1852	251730	119193	176211	0,05	7,5
34	2088	271514	129369	190060	0,05	7,5
35	2220	282254	134879	197578	0,05	7,5
36	2378	294872	141341	206410	0,05	7,5
37	2539	307573	147836	215301	0,05	7,5
38	2586	311200	149689	217840	0,05	7,5
39	2551	308505	148313	215954	0,05	7,5
40	2391	295966	141901	207176	0,05	7,5
41	2129	274815	131063	192370	0,05	7,5
42	2126	274644	130976	192251	0,05	7,5
43	2231	283165	135346	198215	0,05	7,5
44	2335	291486	139608	204040	0,05	7,5
45	2418	298024	142954	208617	0,05	7,5
46	2465	301760	144865	211232	0,05	7,5
47	2490	303690	145851	212583	0,05	7,5
48	2478	302775	145384	211943	0,05	7,5
49	2430	299007	143457	209305	0,05	7,5
50	2270	286268	136936	200388	0,05	7,5
51	2007	264811	125925	185367	0,05	7,5
52	1737	241866	114103	169306	0,05	7,5
53	1598	229695	107806	160787	0,05	7,5
54	1512	221980	103803	155386	0,05	7,5
55	1425	214044	99675	149831	0,05	7,5
56	1386	210417	97784	147292	0,05	7,5
57	1412	212835	99045	148984	0,05	7,5
58	1438	215231	100293	150662	0,05	7,5
59	1464	217606	101529	152324	0,05	7,5
60	1470	218196	101836	152737	0,05	7,5
61	1417	213280	99277	149296	0,05	7,5
62	1271	199742	92202	139819	0,05	7,5
63	1123	185422	84670	129796	0,05	7,5
64	1059	179110	81330	125377	0,05	7,5
65	1086	181825	82768	127277	0,05	7,5
66	1097	182861	83316	128003	0,05	7,5
67	1091	182328	79195	127630	0,05	7,5
68	1076	180876	64302	126613	0,05	7,5
69	1054	178656	39158	125059	0,05	7,5
70	1021	175451	5791	122816	0,05	7,5
71	181	163462	1541	114424	0,05	7,5
72	179	102131	2922	71492	0,05	7,5
73	176	32695	4551	22887	0,05	7,5
74	273	1540	5502	1078	0,05	7,5
75	262	3807	5252	2665	0,05	7,5
76	249	5534	4972	3874	0,05	7,5
77	234	5224	4656	3657	0,05	7,5
78	217	4868	2557	3408	0,05	7,5
79	125	3901	1084	2731	0,05	7,5
80	120	1099	76724	769	0,05	7,5
81	450	35737	104152	25016	0,05	7,5
82	271	112081	80834	78457	0,05	7,5
83	244	49922	3027	34945	0,05	7,5
84	0	0	0	0	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q_v;n;max = 274 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q_traffic;max = 90 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k_v;max = 622399 kN/m <sup>3</sup>

## 5.2 Soil Mechanical Parameters Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q_v;p	Passive soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_v;n	Neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_h;n	Neutral horizontal soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_v;r;n	Reduced neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q_traffic	Traffic load	kN/m <sup>2</sup>
q_v;e	Vertical bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
q_h;e	Horizontal bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
k_v;bot	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m <sup>3</sup>
k_v;top	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m <sup>3</sup>
k_h	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m <sup>3</sup>
t_max	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m <sup>2</sup>
d_max	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
1	44	21	16	21	0	767
2	135	40	30	40	0	1421
3	243	53	39	53	0	1874
4	392	67	35	48	0	420
5	154	75	37	50	0	459
6	259	80	38	51	0	677
7	275	85	38	52	0	716
8	288	90	38	51	0	749
9	305	96	38	52	0	795
10	329	104	39	53	0	857
11	225	113	40	54	0	677
12	249	126	42	56	0	748
13	296	152	46	62	0	894
14	343	178	50	67	0	6262
15	2030	205	54	73	0	7220
16	2258	233	59	79	0	8195
17	2374	247	61	82	0	8703
18	2422	253	62	83	2	8913
19	2440	255	62	84	2	8991
20	2457	258	63	84	2	9066
21	2474	260	63	85	2	9140
22	2470	259	63	85	2	9124
23	2464	258	63	85	2	9096
24	2457	258	63	85	2	9069
25	2382	248	61	82	0	8736
26	2276	235	59	79	0	8272
27	2145	219	56	75	0	7708
28	1922	192	51	69	0	6760
29	1692	165	46	62	0	5812
30	1471	140	40	54	0	4920
31	1409	133	39	52	0	4678
32	1609	155	44	59	0	5472
33	1852	184	49	67	0	6468
34	2088	212	55	74	0	7464
35	2220	228	57	78	0	8030
36	2378	248	61	82	0	8717
37	2539	268	64	87	2	9432



Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
38	2586	274	65	88	2	9641
39	2551	270	65	87	2	9486
40	2391	249	61	83	0	8777
41	2129	217	55	75	0	7636
42	2126	217	55	75	0	7627
43	2231	229	58	78	0	8079
44	2335	242	60	81	0	8530
45	2418	253	62	83	0	8892
46	2465	259	63	85	0	9102
47	2490	262	63	85	2	9211
48	2478	260	63	85	0	9159
49	2430	254	62	84	0	8947
50	2270	234	59	79	0	8246
51	2007	202	53	71	0	7120
52	1737	170	47	63	0	5994
53	1598	154	43	59	0	5431
54	1512	144	41	56	0	5085
55	1425	134	39	53	0	4740
56	1386	130	38	52	0	4586
57	1412	133	39	52	0	4689
58	1438	136	40	53	0	4791
59	1464	139	40	54	0	4894
60	1470	140	40	54	0	4920
61	1417	133	39	53	0	4708
62	1271	117	35	48	0	4144
63	1123	101	31	42	0	3580
64	1059	95	29	40	0	3343
65	1086	97	30	41	0	3444
66	1097	99	30	41	0	3483
67	1091	98	30	41	0	3463
68	1076	96	30	41	0	3409
69	1054	94	30	41	0	3326
70	1021	91	30	41	0	3208
71	181	89	31	41	0	2545
72	179	88	31	42	0	536
73	176	87	32	43	0	529
74	273	84	32	44	0	516
75	262	80	33	44	0	682
76	249	76	32	44	0	647
77	234	70	32	43	0	609
78	217	64	31	42	0	565
79	125	60	31	41	0	404
80	120	57	30	41	0	358
81	224	48	36	48	0	1693
82	117	35	26	35	0	1222
83	45	21	16	21	0	747
84	0	0	0	0	0	58

Vertical no.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	252	54511	2883	38158	0,05	7,5
2	310	119911	83835	83938	0,05	7,5
3	489	114335	111654	80035	0,05	7,5
4	670	1544	129412	1081	0,05	7,5
5	154	2465	48868	1725	0,05	7,5
6	259	5761	1399	4033	0,05	7,5
7	275	6094	4344	4266	0,05	7,5
8	288	6356	5806	4450	0,05	7,5
9	305	6316	6169	4421	0,05	7,5
10	329	3684	6667	2579	0,05	7,5
11	225	1954	7174	1368	0,05	7,5
12	249	70063	5497	49044	0,05	7,5
13	296	165445	3829	115811	0,05	7,5
14	343	246379	2807	172465	0,05	7,5
15	2030	266773	28906	186741	0,05	7,5

Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
16	2258	285338	81973	199737	0,05	7,5
17	2374	294625	120817	206238	0,05	7,5
18	2422	298390	140825	208873	0,05	7,5
19	2440	299795	143860	209857	0,05	7,5
20	2457	301116	144536	210781	0,05	7,5
21	2474	302432	145209	211703	0,05	7,5
22	2470	302154	145066	211508	0,05	7,5
23	2464	301661	144814	211163	0,05	7,5
24	2457	301168	144562	210818	0,05	7,5
25	2382	295221	141520	206655	0,05	7,5
26	2276	286752	137184	200727	0,05	7,5
27	2145	276187	131767	193331	0,05	7,5
28	1922	257647	122240	180353	0,05	7,5
29	1692	237975	112092	166583	0,05	7,5
30	1471	218212	101844	152749	0,05	7,5
31	1409	212593	98919	148815	0,05	7,5
32	1609	230617	108284	161432	0,05	7,5
33	1852	251730	119193	176211	0,05	7,5
34	2088	271514	129369	190060	0,05	7,5
35	2220	282254	134879	197578	0,05	7,5
36	2378	294872	141341	206410	0,05	7,5
37	2539	307573	147836	215301	0,05	7,5
38	2586	311200	149689	217840	0,05	7,5
39	2551	308505	148313	215954	0,05	7,5
40	2391	295966	141901	207176	0,05	7,5
41	2129	274815	131063	192370	0,05	7,5
42	2126	274644	130976	192251	0,05	7,5
43	2231	283165	135346	198215	0,05	7,5
44	2335	291486	139608	204040	0,05	7,5
45	2418	298024	142954	208617	0,05	7,5
46	2465	301760	144865	211232	0,05	7,5
47	2490	303690	145851	212583	0,05	7,5
48	2478	302775	145384	211943	0,05	7,5
49	2430	299007	143457	209305	0,05	7,5
50	2270	286268	136936	200388	0,05	7,5
51	2007	264811	125925	185367	0,05	7,5
52	1737	241866	114103	169306	0,05	7,5
53	1598	229695	107806	160787	0,05	7,5
54	1512	221980	103803	155386	0,05	7,5
55	1425	214044	99675	149831	0,05	7,5
56	1386	210417	97784	147292	0,05	7,5
57	1412	212835	99045	148984	0,05	7,5
58	1438	215231	100293	150662	0,05	7,5
59	1464	217606	101529	152324	0,05	7,5
60	1470	218196	101836	152737	0,05	7,5
61	1417	213280	99277	149296	0,05	7,5
62	1271	199742	92202	139819	0,05	7,5
63	1123	185422	84670	129796	0,05	7,5
64	1059	179110	81330	125377	0,05	7,5
65	1086	181825	82768	127277	0,05	7,5
66	1097	182861	83316	128003	0,05	7,5
67	1091	182328	79195	127630	0,05	7,5
68	1076	180876	64302	126613	0,05	7,5
69	1054	178656	39158	125059	0,05	7,5
70	1021	175451	5791	122816	0,05	7,5
71	181	163462	1541	114424	0,05	7,5
72	179	102131	2922	71492	0,05	7,5
73	176	32695	4551	22887	0,05	7,5
74	273	1540	5502	1078	0,05	7,5
75	262	3807	5252	2665	0,05	7,5
76	249	5534	4972	3874	0,05	7,5
77	234	5224	4656	3657	0,05	7,5
78	217	4868	2557	3408	0,05	7,5
79	125	3901	1084	2731	0,05	7,5
80	120	1099	76724	769	0,05	7,5

Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
81	450	35737	104152	25016	0,05	7,5
82	271	112081	80834	78457	0,05	7,5
83	244	49922	3027	34945	0,05	7,5
84	0	0	0	0	0,05	7,5

Maximum soil stress	: q <sub>v;n;max</sub> = 274 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	: q <sub>traffic;max</sub> = 90 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress	: q <sub>v;r;n;max</sub> = 88 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	: k <sub>v;max</sub> = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	: k <sub>v;max</sub> = 622399 kN/m <sup>3</sup>

### 5.3 Soil Mechanical Parameters Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q <sub>v;p</sub>	Passive soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutral horizontal soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;r;n</sub>	Reduced neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>traffic</sub>	Traffic load	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;e</sub>	Vertical bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;e</sub>	Horizontal bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v;bot</sub>	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v;top</sub>	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>traffic</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	44	21	16	21	0	767
2	135	40	30	40	0	1421
3	243	53	39	53	0	1874
4	392	67	35	48	0	420
5	154	75	37	50	0	459
6	259	80	38	51	0	677
7	275	85	38	52	0	716
8	288	90	38	51	0	749
9	305	96	38	52	0	795
10	329	104	39	53	0	857
11	225	113	40	54	0	677
12	249	126	42	56	0	748
13	296	152	46	62	0	894
14	343	178	50	67	0	6262
15	2030	205	54	73	0	7220
16	2258	233	59	79	0	8195
17	2374	247	61	82	0	8703
18	2422	253	62	83	2	8913
19	2440	255	62	84	2	8991
20	2457	258	63	84	2	9066
21	2474	260	63	85	2	9140
22	2470	259	63	85	2	9124
23	2464	258	63	85	2	9096
24	2457	258	63	85	2	9069
25	2382	248	61	82	0	8736
26	2276	235	59	79	0	8272
27	2145	219	56	75	0	7708
28	1922	192	51	69	0	6760
29	1692	165	46	62	0	5812
30	1471	140	40	54	0	4920
31	1409	133	39	52	0	4678

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
32	1609	155	44	59	0	5472
33	1852	184	49	67	0	6468
34	2088	212	55	74	0	7464
35	2220	228	57	78	0	8030
36	2378	248	61	82	0	8717
37	2539	268	64	87	2	9432
38	2586	274	65	88	2	9641
39	2551	270	65	87	2	9486
40	2391	249	61	83	0	8777
41	2129	217	55	75	0	7636
42	2126	217	55	75	0	7627
43	2231	229	58	78	0	8079
44	2335	242	60	81	0	8530
45	2418	253	62	83	0	8892
46	2465	259	63	85	0	9102
47	2490	262	63	85	2	9211
48	2478	260	63	85	0	9159
49	2430	254	62	84	0	8947
50	2270	234	59	79	0	8246
51	2007	202	53	71	0	7120
52	1737	170	47	63	0	5994
53	1598	154	43	59	0	5431
54	1512	144	41	56	0	5085
55	1425	134	39	53	0	4740
56	1386	130	38	52	0	4586
57	1412	133	39	52	0	4689
58	1438	136	40	53	0	4791
59	1464	139	40	54	0	4894
60	1470	140	40	54	0	4920
61	1417	133	39	53	0	4708
62	1271	117	35	48	0	4144
63	1123	101	31	42	0	3580
64	1059	95	29	40	0	3343
65	1086	97	30	41	0	3444
66	1097	99	30	41	0	3483
67	1091	98	30	41	0	3463
68	1076	96	30	41	0	3409
69	1054	94	30	41	0	3326
70	1021	91	30	41	0	3208
71	181	89	31	41	0	2545
72	179	88	31	42	0	536
73	176	87	32	43	0	529
74	273	84	32	44	0	516
75	262	80	33	44	0	682
76	249	76	32	44	0	647
77	234	70	32	43	0	609
78	217	64	31	42	0	565
79	125	60	31	41	0	404
80	120	57	30	41	0	358
81	224	48	36	48	0	1693
82	117	35	26	35	0	1222
83	45	21	16	21	0	747
84	0	0	0	0	0	58

Vertical no.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	252	54511	2883	38158	0,05	7,5
2	310	119911	83835	83938	0,05	7,5
3	489	114335	111654	80035	0,05	7,5
4	670	1544	129412	1081	0,05	7,5
5	154	2465	48868	1725	0,05	7,5
6	259	5761	1399	4033	0,05	7,5
7	275	6094	4344	4266	0,05	7,5
8	288	6356	5806	4450	0,05	7,5
9	305	6316	6169	4421	0,05	7,5



Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
10	329	3684	6667	2579	0,05	7,5
11	225	1954	7174	1368	0,05	7,5
12	249	70063	5497	49044	0,05	7,5
13	296	165445	3829	115811	0,05	7,5
14	343	246379	2807	172465	0,05	7,5
15	2030	266773	28906	186741	0,05	7,5
16	2258	285338	81973	199737	0,05	7,5
17	2374	294625	120817	206238	0,05	7,5
18	2422	298390	140825	208873	0,05	7,5
19	2440	299795	143860	209857	0,05	7,5
20	2457	301116	144536	210781	0,05	7,5
21	2474	302432	145209	211703	0,05	7,5
22	2470	302154	145066	211508	0,05	7,5
23	2464	301661	144814	211163	0,05	7,5
24	2457	301168	144562	210818	0,05	7,5
25	2382	295221	141520	206655	0,05	7,5
26	2276	286752	137184	200727	0,05	7,5
27	2145	276187	131767	193331	0,05	7,5
28	1922	257647	122240	180353	0,05	7,5
29	1692	237975	112092	166583	0,05	7,5
30	1471	218212	101844	152749	0,05	7,5
31	1409	212593	98919	148815	0,05	7,5
32	1609	230617	108284	161432	0,05	7,5
33	1852	251730	119193	176211	0,05	7,5
34	2088	271514	129369	190060	0,05	7,5
35	2220	282254	134879	197578	0,05	7,5
36	2378	294872	141341	206410	0,05	7,5
37	2539	307573	147836	215301	0,05	7,5
38	2586	311200	149689	217840	0,05	7,5
39	2551	308505	148313	215954	0,05	7,5
40	2391	295966	141901	207176	0,05	7,5
41	2129	274815	131063	192370	0,05	7,5
42	2126	274644	130976	192251	0,05	7,5
43	2231	283165	135346	198215	0,05	7,5
44	2335	291486	139608	204040	0,05	7,5
45	2418	298024	142954	208617	0,05	7,5
46	2465	301760	144865	211232	0,05	7,5
47	2490	303690	145851	212583	0,05	7,5
48	2478	302775	145384	211943	0,05	7,5
49	2430	299007	143457	209305	0,05	7,5
50	2270	286268	136936	200388	0,05	7,5
51	2007	264811	125925	185367	0,05	7,5
52	1737	241866	114103	169306	0,05	7,5
53	1598	229695	107806	160787	0,05	7,5
54	1512	221980	103803	155386	0,05	7,5
55	1425	214044	99675	149831	0,05	7,5
56	1386	210417	97784	147292	0,05	7,5
57	1412	212835	99045	148984	0,05	7,5
58	1438	215231	100293	150662	0,05	7,5
59	1464	217606	101529	152324	0,05	7,5
60	1470	218196	101836	152737	0,05	7,5
61	1417	213280	99277	149296	0,05	7,5
62	1271	199742	92202	139819	0,05	7,5
63	1123	185422	84670	129796	0,05	7,5
64	1059	179110	81330	125377	0,05	7,5
65	1086	181825	82768	127277	0,05	7,5
66	1097	182861	83316	128003	0,05	7,5
67	1091	182328	79195	127630	0,05	7,5
68	1076	180876	64302	126613	0,05	7,5
69	1054	178656	39158	125059	0,05	7,5
70	1021	175451	5791	122816	0,05	7,5
71	181	163462	1541	114424	0,05	7,5
72	179	102131	2922	71492	0,05	7,5
73	176	32695	4551	22887	0,05	7,5
74	273	1540	5502	1078	0,05	7,5

Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
75	262	3807	5252	2665	0,05	7,5
76	249	5534	4972	3874	0,05	7,5
77	234	5224	4656	3657	0,05	7,5
78	217	4868	2557	3408	0,05	7,5
79	125	3901	1084	2731	0,05	7,5
80	120	1099	76724	769	0,05	7,5
81	450	35737	104152	25016	0,05	7,5
82	271	112081	80834	78457	0,05	7,5
83	244	49922	3027	34945	0,05	7,5
84	0	0	0	0	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q <sub>v;n;max</sub> = 274 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q <sub>traffic;max</sub> = 90 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress	:	q <sub>v;r;n;max</sub> = 88 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k <sub>v;max</sub> = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k <sub>v;max</sub> = 622399 kN/m <sup>3</sup>

#### 5.4 Soil Mechanical Parameters Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Note: safety factors not applied.

q <sub>v;p</sub>	Passive soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;n</sub>	Neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;n</sub>	Neutral horizontal soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;r;n</sub>	Reduced neutral soil stress	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>traffic</sub>	Traffic load	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>v;e</sub>	Vertical bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
q <sub>h;e</sub>	Horizontal bearing capacity	kN/m <sup>2</sup>
k <sub>v;bot</sub>	Vertical modulus of subgrade reaction downward	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>v;top</sub>	Vertical modulus of subgrade reaction upward	kN/m <sup>3</sup>
k <sub>h</sub>	Horizontal modulus of subgrade reaction	kN/m <sup>3</sup>
t <sub>max</sub>	Maximal friction pipe-lubricant	kN/m <sup>2</sup>
d <sub>max</sub>	Displacement at maximal friction	mm

Vertical no.	q <sub>v;p</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>h;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;r;n</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>traffic</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	q <sub>v;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]
1	44	21	16	21	0	767
2	135	40	30	40	0	1421
3	243	53	39	53	0	1874
4	392	67	35	48	0	420
5	154	75	37	50	0	459
6	259	80	38	51	0	677
7	275	85	38	52	0	716
8	288	90	38	51	0	749
9	305	96	38	52	0	795
10	329	104	39	53	0	857
11	225	113	40	54	0	677
12	249	126	42	56	0	748
13	296	152	46	62	0	894
14	343	178	50	67	0	6262
15	2030	205	54	73	0	7220
16	2258	233	59	79	0	8195
17	2374	247	61	82	0	8703
18	2422	253	62	83	2	8913
19	2440	255	62	84	2	8991
20	2457	258	63	84	2	9066
21	2474	260	63	85	2	9140
22	2470	259	63	85	2	9124
23	2464	258	63	85	2	9096
24	2457	258	63	85	2	9069
25	2382	248	61	82	0	8736

Vertical no.	q_v;p [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_h;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;r;n [kN/m <sup>2</sup> ]	q_traffic [kN/m <sup>2</sup> ]	q_v;e [kN/m <sup>2</sup> ]
26	2276	235	59	79	0	8272
27	2145	219	56	75	0	7708
28	1922	192	51	69	0	6760
29	1692	165	46	62	0	5812
30	1471	140	40	54	0	4920
31	1409	133	39	52	0	4678
32	1609	155	44	59	0	5472
33	1852	184	49	67	0	6468
34	2088	212	55	74	0	7464
35	2220	228	57	78	0	8030
36	2378	248	61	82	0	8717
37	2539	268	64	87	2	9432
38	2586	274	65	88	2	9641
39	2551	270	65	87	2	9486
40	2391	249	61	83	0	8777
41	2129	217	55	75	0	7636
42	2126	217	55	75	0	7627
43	2231	229	58	78	0	8079
44	2335	242	60	81	0	8530
45	2418	253	62	83	0	8892
46	2465	259	63	85	0	9102
47	2490	262	63	85	2	9211
48	2478	260	63	85	0	9159
49	2430	254	62	84	0	8947
50	2270	234	59	79	0	8246
51	2007	202	53	71	0	7120
52	1737	170	47	63	0	5994
53	1598	154	43	59	0	5431
54	1512	144	41	56	0	5085
55	1425	134	39	53	0	4740
56	1386	130	38	52	0	4586
57	1412	133	39	52	0	4689
58	1438	136	40	53	0	4791
59	1464	139	40	54	0	4894
60	1470	140	40	54	0	4920
61	1417	133	39	53	0	4708
62	1271	117	35	48	0	4144
63	1123	101	31	42	0	3580
64	1059	95	29	40	0	3343
65	1086	97	30	41	0	3444
66	1097	99	30	41	0	3483
67	1091	98	30	41	0	3463
68	1076	96	30	41	0	3409
69	1054	94	30	41	0	3326
70	1021	91	30	41	0	3208
71	181	89	31	41	0	2545
72	179	88	31	42	0	536
73	176	87	32	43	0	529
74	273	84	32	44	0	516
75	262	80	33	44	0	682
76	249	76	32	44	0	647
77	234	70	32	43	0	609
78	217	64	31	42	0	565
79	125	60	31	41	0	404
80	120	57	30	41	0	358
81	224	48	36	48	0	1693
82	117	35	26	35	0	1222
83	45	21	16	21	0	747
84	0	0	0	0	0	58

Vertical no.	q_h;e [kN/m <sup>2</sup> ]	k_v;bot [kN/m <sup>3</sup> ]	k_v;top [kN/m <sup>3</sup> ]	k_h [kN/m <sup>3</sup> ]	t_max [kN/m <sup>2</sup> ]	d_max [mm]
1	252	54511	2883	38158	0,05	7,5
2	310	119911	83835	83938	0,05	7,5
3	489	114335	111654	80035	0,05	7,5

Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
4	670	1544	129412	1081	0,05	7,5
5	154	2465	48868	1725	0,05	7,5
6	259	5761	1399	4033	0,05	7,5
7	275	6094	4344	4266	0,05	7,5
8	288	6356	5806	4450	0,05	7,5
9	305	6316	6169	4421	0,05	7,5
10	329	3684	6667	2579	0,05	7,5
11	225	1954	7174	1368	0,05	7,5
12	249	70063	5497	49044	0,05	7,5
13	296	165445	3829	115811	0,05	7,5
14	343	246379	2807	172465	0,05	7,5
15	2030	266773	28906	186741	0,05	7,5
16	2258	285338	81973	199737	0,05	7,5
17	2374	294625	120817	206238	0,05	7,5
18	2422	298390	140825	208873	0,05	7,5
19	2440	299795	143860	209857	0,05	7,5
20	2457	301116	144536	210781	0,05	7,5
21	2474	302432	145209	211703	0,05	7,5
22	2470	302154	145066	211508	0,05	7,5
23	2464	301661	144814	211163	0,05	7,5
24	2457	301168	144562	210818	0,05	7,5
25	2382	295221	141520	206655	0,05	7,5
26	2276	286752	137184	200727	0,05	7,5
27	2145	276187	131767	193331	0,05	7,5
28	1922	257647	122240	180353	0,05	7,5
29	1692	237975	112092	166583	0,05	7,5
30	1471	218212	101844	152749	0,05	7,5
31	1409	212593	98919	148815	0,05	7,5
32	1609	230617	108284	161432	0,05	7,5
33	1852	251730	119193	176211	0,05	7,5
34	2088	271514	129369	190060	0,05	7,5
35	2220	282254	134879	197578	0,05	7,5
36	2378	294872	141341	206410	0,05	7,5
37	2539	307573	147836	215301	0,05	7,5
38	2586	311200	149689	217840	0,05	7,5
39	2551	308505	148313	215954	0,05	7,5
40	2391	295966	141901	207176	0,05	7,5
41	2129	274815	131063	192370	0,05	7,5
42	2126	274644	130976	192251	0,05	7,5
43	2231	283165	135346	198215	0,05	7,5
44	2335	291486	139608	204040	0,05	7,5
45	2418	298024	142954	208617	0,05	7,5
46	2465	301760	144865	211232	0,05	7,5
47	2490	303690	145851	212583	0,05	7,5
48	2478	302775	145384	211943	0,05	7,5
49	2430	299007	143457	209305	0,05	7,5
50	2270	286268	136936	200388	0,05	7,5
51	2007	264811	125925	185367	0,05	7,5
52	1737	241866	114103	169306	0,05	7,5
53	1598	229695	107806	160787	0,05	7,5
54	1512	221980	103803	155386	0,05	7,5
55	1425	214044	99675	149831	0,05	7,5
56	1386	210417	97784	147292	0,05	7,5
57	1412	212835	99045	148984	0,05	7,5
58	1438	215231	100293	150662	0,05	7,5
59	1464	217606	101529	152324	0,05	7,5
60	1470	218196	101836	152737	0,05	7,5
61	1417	213280	99277	149296	0,05	7,5
62	1271	199742	92202	139819	0,05	7,5
63	1123	185422	84670	129796	0,05	7,5
64	1059	179110	81330	125377	0,05	7,5
65	1086	181825	82768	127277	0,05	7,5
66	1097	182861	83316	128003	0,05	7,5
67	1091	182328	79195	127630	0,05	7,5
68	1076	180876	64302	126613	0,05	7,5



Vertical no.	q <sub>h;e</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	k <sub>v;bot</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>v;top</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	k <sub>h</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	t <sub>max</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	d <sub>max</sub> [mm]
69	1054	178656	39158	125059	0,05	7,5
70	1021	175451	5791	122816	0,05	7,5
71	181	163462	1541	114424	0,05	7,5
72	179	102131	2922	71492	0,05	7,5
73	176	32695	4551	22887	0,05	7,5
74	273	1540	5502	1078	0,05	7,5
75	262	3807	5252	2665	0,05	7,5
76	249	5534	4972	3874	0,05	7,5
77	234	5224	4656	3657	0,05	7,5
78	217	4868	2557	3408	0,05	7,5
79	125	3901	1084	2731	0,05	7,5
80	120	1099	76724	769	0,05	7,5
81	450	35737	104152	25016	0,05	7,5
82	271	112081	80834	78457	0,05	7,5
83	244	49922	3027	34945	0,05	7,5
84	0	0	0	0	0,05	7,5

Maximum soil stress	:	q <sub>v;n;max</sub> = 274 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress (incl. traffic loads)	:	q <sub>traffic;max</sub> = 90 kN/m <sup>2</sup>
Maximum reduced soil stress	:	q <sub>v;r;n;max</sub> = 88 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor) only for verticals in deep situation	:	k <sub>v;max</sub> = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Maximum vertical modulus of subgrade reaction (with safety factor) only for verticals in deep situation	:	k <sub>v;max</sub> = 622399 kN/m <sup>3</sup>

### 5.5 Young's Modulus per Layer per Vertical

Layer number	Material name	Type of determination
5	Zand, schoon, los	Calculated with E100
4	Veen, slap	Calculated with E100
3	Klei, organisch, slap	Calculated with E100
2	Veen, slap	Calculated with E100
1	Zand, schoon, los	Calculated with E100

Layer number	Vertical 1 (L=5 m)		Vertical 2 (L=10 m)		Vertical 3 (L=15 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	63,080	0,000	62,802	0,000	62,523
4	0,758	0,801	0,753	0,795	0,747	0,790
3	3,203	4,024	3,182	4,004	3,161	3,984
2	1,006	1,038	1,001	1,033	0,996	1,028
1	76,756	124,314	76,528	124,174	76,299	124,033

Layer number	Vertical 4 (L=20 m)		Vertical 5 (L=25 m)		Vertical 6 (L=30 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	62,620	0,000	63,924	0,000	64,963
4	0,749	0,792	0,774	0,817	0,795	0,837
3	3,168	3,991	3,267	4,084	3,347	4,160
2	0,998	1,030	1,021	1,053	1,040	1,072
1	76,379	124,082	77,451	124,745	78,312	125,280

Layer number	Vertical 7 (L=35 m)		Vertical 8 (L=40 m)		Vertical 9 (L=45 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	64,751	0,000	64,262	0,000	64,750
4	0,790	0,833	0,781	0,823	0,790	0,833
3	3,331	4,145	3,293	4,109	3,330	4,144
2	1,036	1,068	1,027	1,059	1,036	1,068
1	78,136	125,171	77,731	124,919	78,134	125,170

Layer number	Vertical 10 (L=50 m)		Vertical 11 (L=55 m)		Vertical 12 (L=60 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	66,483	0,000	68,488	0,000	72,942
4	0,825	0,866	0,865	0,906	0,956	0,997
3	3,465	4,272	3,624	4,423	3,987	4,769
2	1,068	1,099	1,106	1,137	1,192	1,223
1	79,577	126,075	81,260	127,144	85,048	129,598

Layer number	Vertical 13 (L=65 m)		Vertical 14 (L=70 m)		Vertical 15 (L=75 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	81,940	0,000	90,044	0,000	97,476
4	1,152	1,191	1,340	1,377	1,521	1,557
3	4,762	5,514	5,507	6,234	6,228	6,934
2	1,378	1,408	1,559	1,587	1,734	1,761
1	92,880	134,867	100,102	139,939	106,836	144,833

Layer number	Vertical 16 (L=80 m)		Vertical 17 (L=85 m)		Vertical 18 (L=90 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	104,380	0,000	107,683	0,000	108,971
4	1,697	1,732	1,784	1,818	1,818	1,852
3	6,928	7,617	7,273	7,954	7,410	8,088
2	1,904	1,931	1,989	2,015	2,022	2,049
1	113,171	149,567	116,224	151,890	117,419	152,806

Layer number	Vertical 19 (L=95 m)		Vertical 20 (L=100 m)		Vertical 21 (L=105 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	109,516	0,000	110,057	0,000	110,597
4	1,833	1,867	1,847	1,881	1,862	1,896
3	7,468	8,144	7,525	8,201	7,583	8,258
2	2,036	2,063	2,050	2,077	2,064	2,091
1	117,924	153,195	118,428	153,583	118,929	153,969

Layer number	Vertical 22 (L=110 m)		Vertical 23 (L=115 m)		Vertical 24 (L=120 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	110,482	0,000	110,281	0,000	110,079
4	1,859	1,893	1,853	1,887	1,848	1,882
3	7,571	8,246	7,549	8,224	7,528	8,203
2	2,061	2,088	2,056	2,083	2,051	2,078
1	118,823	153,887	118,635	153,743	118,448	153,598

Layer number	Vertical 25 (L=125 m)		Vertical 26 (L=130 m)		Vertical 27 (L=135 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	107,633	0,000	104,122	0,000	99,690
4	1,782	1,817	1,690	1,725	1,577	1,612
3	7,268	7,949	6,901	7,591	6,449	7,150
2	1,987	2,014	1,898	1,925	1,787	1,815
1	116,178	151,855	112,933	149,387	108,860	146,332

Layer number	Vertical 28 (L=140 m)		Vertical 29 (L=145 m)		Vertical 30 (L=150 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	91,753	0,000	83,061	0,000	73,964
4	1,381	1,417	1,177	1,216	0,978	1,018
3	5,670	6,392	4,863	5,611	4,072	4,851
2	1,598	1,626	1,403	1,432	1,213	1,243
1	101,642	141,045	93,871	135,551	85,925	130,176

Layer number	Vertical 31 (L=155 m)		Vertical 32 (L=160 m)		Vertical 33 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	71,293	0,000	79,723	0,000	89,171
4	0,922	0,963	1,103	1,142	1,319	1,356
3	3,851	4,639	4,566	5,325	5,425	6,154
2	1,160	1,191	1,331	1,361	1,539	1,567
1	83,637	128,677	90,930	133,532	99,317	139,379

Layer number	Vertical 34 (L=170 m)		Vertical 35 (L=175 m)		Vertical 36 (L=180 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	97,710	0,000	102,242	0,000	107,489
4	1,527	1,563	1,642	1,677	1,779	1,813
3	6,251	6,957	6,708	7,402	7,253	7,934
2	1,739	1,767	1,851	1,878	1,984	2,010
1	107,050	144,990	111,203	148,083	116,045	151,753

Layer number	Vertical 37 (L=185 m)		Vertical 38 (L=190 m)		Vertical 39 (L=195 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	112,695	0,000	114,169	0,000	113,074
4	1,918	1,952	1,959	1,992	1,929	1,963
3	7,809	8,479	7,970	8,636	7,851	8,520
2	2,120	2,146	2,159	2,185	2,130	2,156
1	120,883	155,483	122,258	156,555	121,236	155,759

Layer number	Vertical 40 (L=200 m)		Vertical 41 (L=205 m)		Vertical 42 (L=210 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	107,940	0,000	99,110	0,000	99,037
4	1,791	1,825	1,562	1,598	1,560	1,596
3	7,300	7,981	6,391	7,093	6,384	7,086
2	1,995	2,022	1,773	1,801	1,771	1,799
1	116,463	152,073	108,329	145,937	108,263	145,888

Layer number	Vertical 43 (L=215 m)		Vertical 44 (L=220 m)		Vertical 45 (L=225 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	102,624	0,000	106,089	0,000	108,788
4	1,652	1,687	1,742	1,776	1,813	1,848
3	6,747	7,440	7,106	7,791	7,390	8,069
2	1,860	1,887	1,948	1,975	2,017	2,044
1	111,553	148,346	114,749	150,764	117,249	152,676

Layer number	Vertical 46 (L=230 m)		Vertical 47 (L=235 m)		Vertical 48 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	110,321	0,000	111,111	0,000	110,737
4	1,854	1,888	1,875	1,910	1,865	1,900
3	7,554	8,229	7,638	8,312	7,598	8,272
2	2,057	2,084	2,078	2,105	2,068	2,095
1	118,673	153,772	119,407	154,339	119,059	154,070

Layer number	Vertical 49 (L=245 m)		Vertical 50 (L=250 m)		Vertical 51 (L=255 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	109,192	0,000	103,920	0,000	94,846
4	1,824	1,858	1,685	1,720	1,456	1,492
3	7,433	8,111	6,880	7,571	5,969	6,682
2	2,028	2,054	1,893	1,920	1,671	1,699
1	117,624	152,964	112,747	149,246	104,442	143,076

Layer number	Vertical 52 (L=260 m)		Vertical 53 (L=265 m)		Vertical 54 (L=270 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	84,806	0,000	79,301	0,000	75,732
4	1,217	1,255	1,093	1,132	1,016	1,055
3	5,021	5,763	4,529	5,289	4,221	4,994
2	1,441	1,470	1,322	1,352	1,248	1,279
1	95,418	136,627	90,560	133,280	87,452	131,188

Layer number	Vertical 55 (L=275 m)		Vertical 56 (L=280 m)		Vertical 57 (L=285 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	71,987	0,000	70,247	0,000	71,409
4	0,936	0,977	0,901	0,941	0,924	0,965
3	3,908	4,694	3,766	4,558	3,860	4,648
2	1,173	1,204	1,139	1,170	1,162	1,193
1	84,229	129,062	82,747	128,100	83,736	128,741

Layer number	Vertical 58 (L=290 m)		Vertical 59 (L=295 m)		Vertical 60 (L=300 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	72,552	0,000	73,678	0,000	73,956
4	0,948	0,989	0,972	1,012	0,978	1,018
3	3,954	4,738	4,048	4,828	4,071	4,850
2	1,185	1,215	1,207	1,237	1,213	1,243
1	84,713	129,378	85,679	130,013	85,919	130,171

Layer number	Vertical 61 (L=305 m)		Vertical 62 (L=310 m)		Vertical 63 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	71,622	0,000	65,007	0,000	57,639
4	0,929	0,969	0,796	0,838	0,656	0,700
3	3,878	4,665	3,350	4,163	2,801	3,646
2	1,166	1,197	1,041	1,072	0,911	0,944
1	83,918	128,859	78,348	125,303	72,351	121,644

Layer number	Vertical 64 (L=320 m)		Vertical 65 (L=325 m)		Vertical 66 (L=330 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	54,232	0,000	55,711	0,000	56,270
4	0,595	0,640	0,621	0,666	0,631	0,676
3	2,562	3,422	2,664	3,518	2,704	3,555
2	0,856	0,889	0,880	0,912	0,889	0,922
1	69,668	120,067	70,825	120,742	71,265	121,001

Layer number	Vertical 67 (L=335 m)		Vertical 68 (L=340 m)		Vertical 69 (L=345 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	56,165	0,000	56,065	0,000	56,065
4	0,630	0,674	0,628	0,672	0,628	0,672
3	2,696	3,548	2,689	3,541	2,689	3,541
2	0,887	0,920	0,885	0,918	0,885	0,918
1	71,183	120,953	71,104	120,906	71,104	120,906

Layer number	Vertical 70 (L=350 m)		Vertical 71 (L=355 m)		Vertical 72 (L=360 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	56,065	0,000	56,065	0,000	56,065
4	0,628	0,672	0,628	0,672	0,628	0,672
3	2,689	3,541	2,689	3,541	2,689	3,541
2	0,885	0,918	0,885	0,918	0,885	0,918
1	71,104	120,906	71,104	120,906	71,104	120,906



Layer number	Vertical 73 (L=365 m)		Vertical 74 (L=370 m)		Vertical 75 (L=375 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	56,065	0,000	56,065	0,000	56,081
4	0,628	0,672	0,628	0,672	0,628	0,673
3	2,689	3,541	2,689	3,541	2,690	3,542
2	0,885	0,918	0,885	0,918	0,886	0,918
1	71,104	120,906	71,104	120,906	71,117	120,913

Layer number	Vertical 76 (L=380 m)		Vertical 77 (L=385 m)		Vertical 78 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	56,114	0,000	56,147	0,000	56,090
4	0,629	0,673	0,629	0,674	0,628	0,673
3	2,693	3,545	2,695	3,547	2,691	3,543
2	0,886	0,919	0,887	0,920	0,886	0,919
1	71,143	120,929	71,169	120,944	71,124	120,918

Layer number	Vertical 79 (L=395 m)		Vertical 80 (L=400 m)		Vertical 81 (L=405 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	56,006	0,000	55,921	0,000	55,898
4	0,627	0,671	0,625	0,670	0,625	0,669
3	2,685	3,538	2,679	3,532	2,678	3,530
2	0,884	0,917	0,883	0,916	0,883	0,915
1	71,057	120,879	70,990	120,839	70,973	120,829

Layer number	Vertical 82 (L=410 m)		Vertical 83 (L=415 m)		Vertical 84 (L=420 m)	
	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]	E-top [MPa]	E-bottom [MPa]
5	0,000	55,924	0,000	55,950	0,000	55,974
4	0,625	0,670	0,626	0,670	0,626	0,671
3	2,679	3,532	2,681	3,534	2,683	3,535
2	0,883	0,916	0,883	0,916	0,884	0,917
1	70,993	120,841	71,014	120,853	71,033	120,864

## 6 Data for Stress Analysis

### 6.1 General Data

Number of pipes in bundle	:	Npipes = 4 [-]
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Pipeline diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Equivalent pipeline diameter	:	Do = 831,29 mm
Equivalent wall thickness	:	t = 41,62 mm
Equivalent unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 163141 kN/m <sup>3</sup>
Unit weight drilling fluid pullback operation	:	gamma_b = 11,50 kN/m <sup>3</sup>
Bending radius on rollers	:	Rrol = 500,000 m
Friction coefficient pipe/rollers	:	f1 = 0,10
Friction between pipe and drilling fluid	:	f2 = 0,000050 N/mm <sup>2</sup>
Friction coefficient pipe / soil	:	f3 = 0,20

### 6.2 Buoyancy Control

The friction between soil and pipe is partially caused by buoyancy of the pipeline in the drilling fluid. Uplift forces resulting from buoyancy can be neutralized by filling the pipeline. The optimal volume of fluid placed in the pipe provides the most advantageous distribution of buoyant forces.

Buoyancy of the pipeline when filled with fluid for 0%

Uplift forces	:	365	[kg/m]
Weight of pipeline (including filling)	:	100	[kg/m]
Result	:	265	[kg/m] (Pipeline moves upwards)

### 6.3 Calculation Pulling Force

During the pullback operation the pipe experiences friction which is based on:

- friction between pipe and pipe-roller (f1 = 0,10 )
- friction between pipe and drilling fluid (f2 = 0,000050 [N/mm<sup>2</sup>] )
- friction between pipe and soil (f3 = 0,20 )

Due to the friction a pulling force is induced in the pipeline.  
The pulling direction of the product pipe is from left to right.

This calculation takes into account that the length of the pipe on the rollers decreases while pulling back the pipeline. During the pull back operation the bore hole is supposed to be stable.

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T1	0	42
T2	29	58
T3	94	103

---

Characteristic points	Length pipe in bore hole (m)	Characteristic value pulling force (kN)
T4	332	235
T5	398	290
T6	423	304

The calculated values for the pulling force are characteristic values (without safety factor). According to article E.1.2.1 of NEN 3650-1:2012 it is recommended to use a total factor for stochastic variation and model uncertainty ( $\gamma$ ) of at least 1.4 for the stress analysis. In the pipe stress analysis (next chapter), a factor of 1,80 is used and a load factor of 1,00.

## 7 Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

### 7.1 Material Data of Pipe 1: pipe nr. 1

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 423 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 2 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

### 7.2 Results Stress Analysis of Pipe 1: pipe nr. 1

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

#### 7.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,73 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,01	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

### 7.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 5,86 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load  $q_r$  on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0161 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

### 7.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

### 7.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 11,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,77 \text{ N/mm}^2$$

### 7.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$



$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm <sup>2</sup>
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,57	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,38	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor $F_{rr}$	=	1,000	
Rerounding factor $F'_{rr}$	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,77	N/mm <sup>2</sup>

### 7.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 1: pipe nr. 1

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm <sup>2</sup> ]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	10,00 (short)	1,01	5,86	-	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,77	7,77

Stresses in pipeline [N/mm<sup>2</sup>]

The deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,03% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is not allowable.

### 7.4 Check for Implosion of Pipe 1: pipe nr. 1

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 212 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m<sup>2</sup>.

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m<sup>2</sup>.

## 8 Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

### 8.1 Material Data of Pipe 2: pipe nr. 2

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 423 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 2 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

### 8.2 Results Stress Analysis of Pipe 2: pipe nr. 2

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

#### 8.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\begin{aligned} \text{Sigma}_b &= Mb/Wb = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot Wb) &= & 0,43 & \text{N/mm}^2 \\ \text{Sigma}_t &= f * f_{install} * T1/A = f * f_{install} (L_{rol} * Q * f1)/A &= & 0,73 & \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,01	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

### 8.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	5,30	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	5,86	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load  $q_r$  on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,7E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0,0161	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,94	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,61	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

### 8.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 8.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,57	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	11,38	N/mm <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	7,77	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

### 8.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = M_b/W_b = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm <sup>2</sup>
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,57	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,38	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor $F_{rr}$	=	1,000	
Rerounding factor $F'_{rr}$	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,77	N/mm <sup>2</sup>

### 8.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 2: pipe nr. 2

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm <sup>2</sup> ]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	10,00 (short)	1,01	5,86	-	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,77	7,77

Stresses in pipeline [N/mm<sup>2</sup>]

The deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,03% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is not allowable.

### 8.4 Check for Implosion of Pipe 2: pipe nr. 2

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 212 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m<sup>2</sup>.

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals  $140 \text{ kN/m}^2$ , this is less than the maximum allowable external pressure of  $280 \text{ kN/m}^2$ .



## 9 Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

### 9.1 Material Data of Pipe 3: pipe nr. 3

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 423 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 2 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

### 9.2 Results Stress Analysis of Pipe 3: pipe nr. 3

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

#### 9.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,73 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,01	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

### 9.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,86 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A = 5,30 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 5,86 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

Load  $q_r$  on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25} = 3,7E-3 \text{ 1/mm}$$

$$q_r = 0,0161 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,94 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

### 9.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

### 9.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum axial stress } \Sigma_{a,max} = 0,20 \text{ N/mm}^2$$

Tangential stress:

$$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 0,57 \text{ N/mm}^2$$

$$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o = 11,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Maximum tangential stress } \Sigma_{t,max} = 7,77 \text{ N/mm}^2$$

### 9.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot Wb) = 0,31 \text{ N/mm}^2$$

Due to internal pressure :

$$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2)) = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm <sup>2</sup>
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,57	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,38	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor $F_{rr}$	=	1,000	
Rerounding factor $F'_{rr}$	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,77	N/mm <sup>2</sup>

### 9.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 3: pipe nr. 3

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm <sup>2</sup> ]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	10,00 (short)	1,01	5,86	-	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,77	7,77

Stresses in pipeline [N/mm<sup>2</sup>]

The deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,03% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is not allowable.

### 9.4 Check for Implosion of Pipe 3: pipe nr. 3

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 212 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m<sup>2</sup>.

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m<sup>2</sup>.

## 10 Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

### 10.1 Material Data of Pipe 4: pipe nr. 4

The list with data and issues is shown hereafter:

Material pipeline	:	Polyethene PE100
Outer diameter	:	Do = 315,00 mm
Wall thickness	:	t = 28,70 mm
Design pressure	:	pd = 0,00 bar
Test pressure	:	pt = 0,00 bar
Temperature variation	:	dt = 0,00 deg Celcius
Length pipeline	:	L = 423 m
Young's modulus (short)	:	E = 975 N/mm <sup>2</sup>
Young's modulus (long)	:	E = 350 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (short)	:	S = 10 N/mm <sup>2</sup>
Allowable stress (long)	:	S = 8 N/mm <sup>2</sup>
Factor of importance (S)	:	S = 1,00
Unit weight pipeline material	:	gamma_s = 9,54 kN/m <sup>3</sup>
Bedding angle	:	beta = 30 degrees
Load angle	:	alpha = 30 degrees
Moment coefficient soil top (indirect)	:	kt' = 0,078
Moment coefficient soil bottom (indirect)	:	kb' = 0,179
Moment coefficient soil top (direct)	:	kt = 0,257
Moment coefficient soil bottom (direct)	:	kb = 0,257
Deflection coefficient (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflection coefficient (direct)	:	ky = 0,143
Maximal reduced vertical soil load (without safety factor)	:	q_v;r;n;max = 88 kN/m <sup>2</sup>
Traffic load (without safety factor)	:	q_v = 2 kN/m <sup>2</sup>
Max. vertical modulus of subgrade reaction (without safety factor)	:	k_v;max = 311200 kN/m <sup>3</sup>
Used radius (excluding safety factors)	:	Rmin = 250,000 m
Load factor on installation	:	f_install = 1,00
Load factor on reduced neutral soil stress q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Load factor on design pressure	:	f_pd = 1,00
Load factor on design pressure (combination)	:	f_pd;comb = 1,00
Load factor on test pressure	:	f_pt = 1,00
Load factor on temperature	:	f_temp = 1,10
Load factor on traffic load	:	f_v = 1,35
Contingency factor on bending radius	:	f_R = 1,10
Contingency factor on modulus of subgrade reaction	:	f_kv = 2,00
Contingency factor on bending moment	:	f_k = 1,40
Total factor on pulling force for stoch. varia. and model uncertainty	:	f = 1,80
Linear settlement coefficient averaged between t1 and t2	:	alpha_g = 0,0001600 mm/mmK

### 10.2 Results Stress Analysis of Pipe 4: pipe nr. 4

In the calculation 5 load combinations are considered:

- Load combination 1A: start pull-back operation
- Load combination 1B: end of pull-back operation
- Load combination 2: application internal pressure
- Load combination 3: pipeline in operation, no inner pressure
- Load combination 4: pipeline in operation, pressure applied

The wall thickness is 28,7 mm. The calculation hereafter will prove that the pipeline wall thickness is sufficient. The calculations are in accordance with NEN 3650 series.

#### 10.2.1 Load Combination 1A: Start Pullback Operation

Axial stress:

$$\sigma_b = M_b/W_b = f_k E \cdot I_b / (R_{rol} \cdot W_b) = 0,43 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_1/A = f \cdot f_{install} (L_{rol} \cdot Q \cdot f_1)/A = 0,73 \quad \text{N/mm}^2$$

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	1,01	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

In this load combination the tangential stress is negligible.

### 10.2.2 Load Combination 1B: End Pullback Operation

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,86	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_t = f \cdot f_{install} \cdot T_{max}/A$	=	5,30	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	5,86	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

Load  $q_r$  on pipeline due to reaction of soil in bends (according to NEN 3650-1 annex 5 D3.3):

$$q_r = k_v \cdot y = (0.322 \cdot \lambda^2 \cdot E \cdot I) / (D_o \cdot R / f_R)$$

$\lambda = (f_{kv} \cdot k_v \cdot D_o / (4 \cdot E \cdot I))^{0.25}$	=	3,7E-3	1/mm
---	---	--------	------

$q_r$	=	0,0161	N/mm <sup>2</sup>
-------	---	--------	-------------------

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,94	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	0,61	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

### 10.2.3 Load Combination 2: Application Internal Pressure

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{px} = 0.5 \cdot \Sigma_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

$\Sigma_{ptest} = f_{pt} \cdot p_t \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
---	---	------	-------------------

### 10.2.4 Load Combination 3: In Operation (Situation without Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Maximum axial stress $\Sigma_{a,max}$	=	0,20	N/mm <sup>2</sup>
---------------------------------------	---	------	-------------------

Tangential stress:

$\Sigma_{qr} = k' \cdot q_r \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	0,57	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

$\Sigma_{qn} = k \cdot q_n \cdot (r_g / W_w) \cdot D_o$	=	11,38	N/mm <sup>2</sup>
---	---	-------	-------------------

Maximum tangential stress $\Sigma_{t,max}$	=	7,77	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

### 10.2.5 Load Combination 4: In Operation (with Internal Pressure)

Axial stress:

$\Sigma_b = Mb/Wb = f_k \cdot E \cdot I_b / (R_{min} \cdot W_b)$	=	0,31	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------

Due to internal pressure :

$\Sigma_{py} = f_{pd} \cdot p_d \cdot ((r_u^2 + r_i^2) / (r_u^2 - r_i^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
--	---	------	-------------------



$\text{Sigma}_{px} = 0.5 \cdot \text{Sigma}_{py}$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{ptest} = f_{pt} \cdot pt \cdot ((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{Temp} = dt \cdot \text{gamma}_t \cdot \text{alpha}_g \cdot E$	=	0,00	N/mm <sup>2</sup>
Maximum axial stress $\text{Sigma}_{a,max}$	=	0,20	N/mm <sup>2</sup>
Tangential stress:			
$\text{Sigma}_{qr} = k' \cdot qr \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	0,57	N/mm <sup>2</sup>
$\text{Sigma}_{qn} = k \cdot qn \cdot (rg/Ww) \cdot Do$	=	11,38	N/mm <sup>2</sup>
Rerounding factor $F_{rr}$	=	1,000	
Rerounding factor $F'_{rr}$	=	1,000	
$\text{Sigma}_{t,max} = \text{Sigma}_{py} + ((F'_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qr}) + (F_{rr} \cdot \text{Sigma}_{qn}))$			
Maximum tangential stress $\text{Sigma}_{t,max}$	=	7,77	N/mm <sup>2</sup>

### 10.3 Check on Calculated Stresses of Pipe 4: pipe nr. 4

Load combination 1

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 2

- $\text{Sigma}_{ptest} < \text{ShortStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{py} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 3

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

Load combination 4

- $\text{Sigma}_{AxMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$
- $\text{Sigma}_{TanMax} < \text{LongStrength} \cdot \text{DamageFactor}$

All stresses in all conditions are allowable.

	Max allowable stress [N/mm <sup>2</sup> ]	Load combination 1A	Load combination 1B	Load combination 2	Load combination 3	Load combination 4
$\text{Sigma}_{ptest}$	10,00 (short)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{py}$	8,00 (long)	-	-	0,00	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	10,00 (short)	1,01	5,86	-	-	-
$\text{Sigma}_{axial}$	8,00 (long)	-	-	-	0,20	0,20
$\text{Sigma}_{tang...}$	10,00 (short)	-	0,61	-	-	-
$\text{Sigma}_{tang...}$	8,00 (long)	-	-	-	7,77	7,77

Stresses in pipeline [N/mm<sup>2</sup>]

The deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,03% x Do). The maximum allowable deflection of the pipeline is 25,2 mm (8,00% x S x Do). The deflection is allowable.

For piggability the maximum allowable deflection of the pipeline is 15,8 mm (5,00% x Do). The deflection is not allowable.

### 10.4 Check for Implosion of Pipe 4: pipe nr. 4

During the pullback operation the drilling fluid gives an external pressure. The highest minimum required drilling fluid pressure during the pullback operation is 212 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 1559 kN/m<sup>2</sup>.

In operation, the water pressure at the lowest point of the drilling gives an external pressure. The maximum water pressure equals 140 kN/m<sup>2</sup>, this is less than the maximum allowable external pressure of 280 kN/m<sup>2</sup>.

**End of Report**