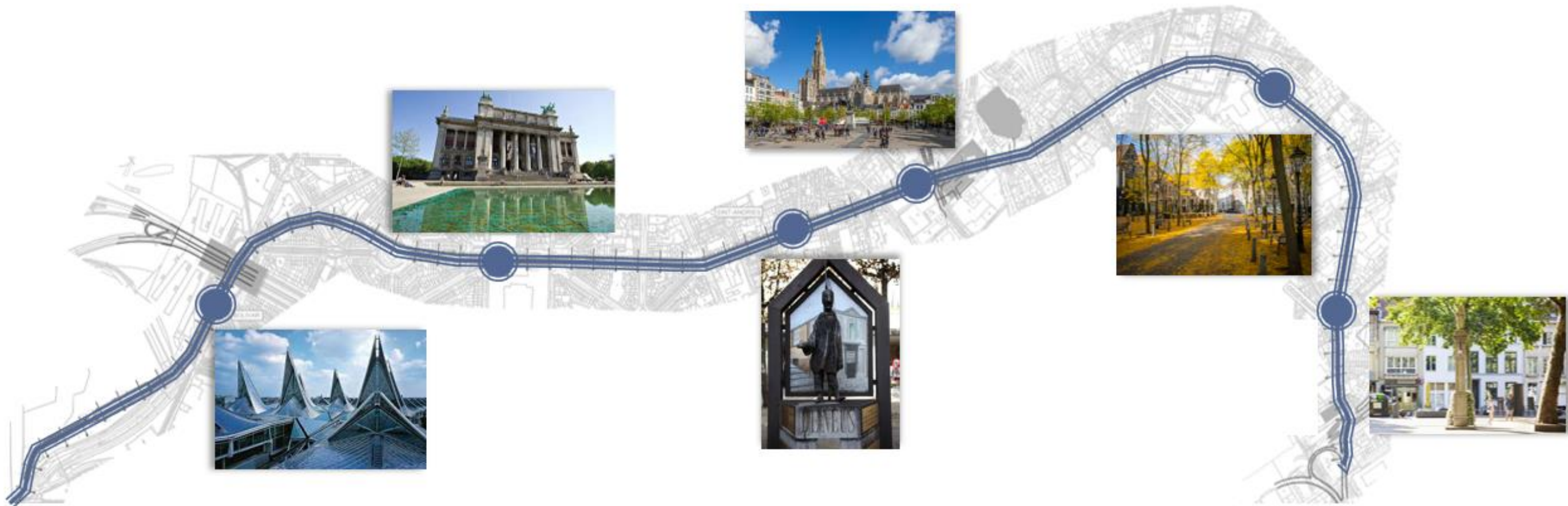


PREMETRO ANTWERPEN
TRACÉ A



VLAAMSE VERVOERMAATSCHAPPIJ DE LIJN
RAGHENO PARK
MOTSTRAAT 20V
2800 MECHELEN

SWECO BELGIUM BN
ARENBERSTRAAT 13 BUS 1
1000 BRUSSEL

INFORMATIE

B	30/06/2021	Ikram Cherradi Lode Maertens Marc Pennaroya Daphne De Groote Paolo Patrizi Ariaan van Heiningen	Tweede versie
Revisie	Datum	Geschreven door	Beschrijving

Pierre Vandenbossche	Johan Dubrueel
Gecontroleerd door	Goedgekeurd door

Ben Veraart Erwin Joris
Distributie

INHOUDSTAFEL

1.	Inleiding	5
2.	Scope van de studie	6
3.	Uitgangspunten	6
3.1	Beschrijving Tracé en inplanting stations	6
3.2	Plannen bestaande toestanden	6
3.3	Plannen bestaande kunstwerken	7
3.4	Programma bestaande en nieuwe stations De Lijn	7
3.5	Geotechnische gegevens	7
3.6	Nutsleidingen	8
4.	Tunnel	9
4.1	Onderzochte varianten	9
4.2	Gekozen optie	10
4.3	Type tunnelboormachine (TBM)	10
5.	Tracé	11
5.1	Gekozen tracé	11
5.2	Onderzochte alternatieve pistes	11
5.3	Beperkende eisen qua tracé	12
6.	Stations	14
6.1	Algemeenheden	14
6.2	Station Bolivar	18
6.3	Station Museum	21
6.4	Station Sint-Andries	23
6.5	Station Groenplaats	27
6.6	Station Stadswaag	31
6.7	Ossenmarkt	34
7.	Bijkomende kunstwerken	39
7.1	Aansluitconstructie naar Rooseveltplaats – connectie met Keerlus en onder de tunnels Brabo II39	
7.2	Tussenput Molenbergstraat	39
7.3	Tunnel Korte Winkelstraat	40
7.4	Aansluitconstructie naar Leien - Rooseveltplaats	44
7.5	Put voor Nooduitgang Pottenbrug	46
7.6	Vertrekschacht Konijnenwei	49
8.	Planning	51
8.1	Hypotheses Tunnels	51
8.2	Hypotheses Stations	51
8.3	Hypotheses Zone Korte Winkelstraat-Rooseveltplaats	51
8.4	Opbouw geïntegreerde planning	51
9.	Raming	54
9.1	Introductie	54
9.2	Schattingen	54
9.3	Uitvoering der Werken	55
9.4	Heraanleg omgeving	59

9.5	Risico's	59
9.6	Conclusie	60
10.	Bijlagen	61
10.1	Bijlage 1 - Tracé plannen	61
10.2	Bijlage 2 - Stations en verbindingswerken Situatieplannen	61
10.3	Bijlage 3 – Werfinrichtingsplannen	61
10.4	Bijlage 4 - Simulaties evacuatie	61
10.5	Bijlage 5 - Algemene architecturale visie	61
10.6	Bijlage 6 – Planning	61
10.7	Bijlage 7 – Raming	61
10.8	Bijlage 8 – Plannen bestaande kunstwerken en gebouwen	61

FIGUURLIJST

Figuur 1 - Uittreksel Routeplan 2030 met de diverse tracés 5

Figuur 2 – Tracé A 5

Figuur 3 – Overzicht tracé 6

Figuur 4 – Methode Robertson voor de interpretatie van sonderingen 7

Figuur 5– Hydrogeologische homogene zones 8

Figuur 6 – Principe nutsleidingenplannen (voor station Museum) 8

Figuur 7 – Enkele buis 9

Figuur 8 – Dubbele buis 9

Figuur 9 –Wisselgrot (Kopenhagen)..... 10

Figuur 10 – Overgang van gestapelde tunnel naar tunnels naast elkaar 10

Figuur 11 – Tracé deel 1 11

Figuur 12 – Tracé deel 2 11

Figuur 13 – Locatie Station Grote Markt 12

Figuur 14 – Locatie station Mutsaard 12

Figuur 15 – Inplanting stations 14

Figuur 16 – Type-snedes diepe stations 15

Figuur 17 – Type-snedes stations met grondbevriezing 15

Figuur 18 – Type-snedes stations met centraal perron 15

Figuur 19 – Werfinstallatie diepwanden 17

Figuur 20 – Fase bevriezing 17

Figuur 21 – Fase bouw van de perrongedeeltes 17

Figuur 22 – Finale toestand 18

Figuur 23 – Niveau +0, maaiveld – Station Bolivar 18

Figuur 24 – Niveau -3, centraal perron – Station Bolivar 19

Figuur 25 – Langsdoorsnede (AA) – Station Bolivar 19

Figuur 26 – Niveau -1, overige lokalen en verdeelhal – Station Bolivar 19

Figuur 27 – Niveau -2, technische lokalen – Station Bolivar 20

Figuur 28 – Ondergrond t.h.v. Bolivar 20

Figuur 29 – Werfinstallatie Bolivar 20

Figuur 30 – Niveau +0, maaiveld – Station Museum 21

Figuur 31 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Museum 21

Figuur 32 – Niveau -2, centraal perron – Station Museum 22

Figuur 33 – Langsdoorsnede (AA) – Station Museum 22

Figuur 34 – Niveau -1, technische lokalen en verdeelhal – Station Museum 22

Figuur 35 – Ondergrond t.h.v. Museum 23

Figuur 36 – Werfinstallatie Museum 23

Figuur 37 – Niveau +0, maaiveld – Station Sint-Andries 24

Figuur 38 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Sint-Andries 24

Figuur 39 – Niveau -2, centraal perron – Station Sint-Andries 24

Figuur 40 – Langsdoorsnede (AA) – Station Sint-Andries 25

Figuur 41 – Dwarsdoorsnede (C-C) – Station Sint-Andries 25

Figuur 42 – Niveau -1, technische lokalen en verdeelhal – Station Sint-Andries 25

Figuur 43 – Ondergrond t.h.v. Sint-Andries 26

Figuur 44 – Werfinstallatie Sint-Andries 26

Figuur 45 – Niveau +0, maaiveld – Station Groenplaats 27

Figuur 46 – Grondplan en lengteprofiel met de Scheldetunnels 27

Figuur 47 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Groenplaats 28

Figuur 48 – Niveau -6, centraal perron – Station Groenplaats 28

Figuur 49 – Langsdoorsnede (AA) – Station Groenplaats 29

Figuur 50 – Niveau -1, technische lokalen en verdeelhal – Station Groenplaats 29

Figuur 51 – Niveau -2/-3/-4/-5, technische lokalen – Station Groenplaats 29

Figuur 52 – Ondergrond t.h.v. Groenplaats 30

Figuur 53 – Werfzone Station groenplaats 30

Figuur 54 – Niveau +0, maaiveld – Station Stadswaag 31

Figuur 55 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Stadswaag 31

Figuur 56 – Niveau -2, gestapeld perron – Station Stadswaag 32

Figuur 57 – Niveau -4, gestapeld perron – Station Stadswaag 32

Figuur 58 – Langsdoorsnede (AA) – Station Stadswaag 32

Figuur 59 – Niveau -1, overige lokalen en verdeelhal – Station Stadswaag 33

Figuur 60 – Niveau -3, technische lokalen – Station Stadswaag 33

Figuur 61 – Ondergrond t.h.v. Stadswaag 33

Figuur 62 – Werfzone Stadswaag 34

Figuur 63 – Niveau +0, maaiveld – Station Ossenmarkt 34

Figuur 64 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Ossenmarkt 35

Figuur 65 – Langsdoorsnede (AA) – Station Ossenmarkt 35

Figuur 66 – Niveau -4, gestapeld perron – Station Ossenmarkt 36

Figuur 67 – Niveau -2, gestapeld perron en verdeelhal – Station Ossenmarkt 36

Figuur 68 – Niveau -1, Overige lokalen – Station Ossenmarkt 37

Figuur 69 – Niveau -3, Doorsteek en technische lokalen – Station Ossenmarkt 37

Figuur 70 – Ondergrond t.h.v. Ossenmarkt 37

Figuur 71 – Werfzone Station Ossenmarkt 38

Figuur 72 – Grondplan tunnel aansluitconstructie 39

Figuur 73 – Langsdoorsnede 39

Figuur 74 – Werfzone tussenput 39

Figuur 75 – Ondergrond t.h.v. Tussenput Molenbergstraat 40

Figuur 76 – Grondplan zone Korte Winkelstraat 40

Figuur 77 – Principe met diepwanden 40

Figuur 78 – Principe met jet-grouting 40

Figuur 79 – Principe met microtunneling 41

Figuur 80 – Vergelijking varianten 41

Figuur 82 – Tunnel Korte Winkelstraat : Uitvoering Jetgrouting 41

Figuur 82 – Tunnel Korte Winkelstraat : Tijdelijk dakplaat 42

Figuur 83 – Tunnel Korte Winkelstraat : Verticale Jetgrouting en dakplaat 42

Figuur 84 – Tunnel Korte Winkelstraat : Realisatie definitieve tunnel 42

Figuur 85 – Tunnel Korte Winkelstraat : Aanvulling en rijweg 42

Figuur 86 – Ondergrond t.h.v. de Pottenbrug 43

Figuur 87 – Werfzone Korte Winkelstraat 44

Figuur 88 – Grondplan zone onder de Leien 44

Figuur 89 : Optie Jet-grouting Figuur 90 : Optie beschoeiende sleuven 45

Figuur 91 – Grondsamenstelling zone onder de Leien 45

Figuur 92 – Werfzone zone onder de Leien 46

Figuur 93 – Grondplan noodput met aansluiting op de tunnel 46

Figuur 94 – Dwarsdoorsnede noodput 47

Figuur 95 – Dwarsdoorsnede noodput : tunnel richting Kolonel Silvertop 47

Figuur 96 – Evacuatie principe in de richting van Kolonel Silvertop 47

Figuur 97 - Ondergrond t.h.v. de Pottenbrug 48

Figuur 98 - Werfzone noodput 48

Figuur 99 – Grondplan Open helling en vertrekput 49

Figuur 100 – Lenteprofiel over de helling 49

Figuur 101 – Dwarsdoorsnede definitieve toestand 49

Figuur 102 – Ondergrond t.h.v. de Konijnenwei 49

Figuur 103 – Werfzone vertrekschacht 50

Figuur 104 - Locatie van het te slopen gebouw (Nr 21) ter hoogte van de Stadswaag 55

Figuur 105 - Foto van het te slopen gebouw (Nr 21) ter hoogte van de Stadswaag 55

Figuur 106 – Vergelijking van de kosten van stations 56

Figuur 107 - Aansluiting tussen Ossenmarkt en Rooseveltplaats 57

Figuur 108 - Prijs TBM teruggebracht tot meter tunnel volgens de uitgegraven lengte (bron : http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DIPrixTunnels-CETU_Document-complet_03-2016.pdf) 57

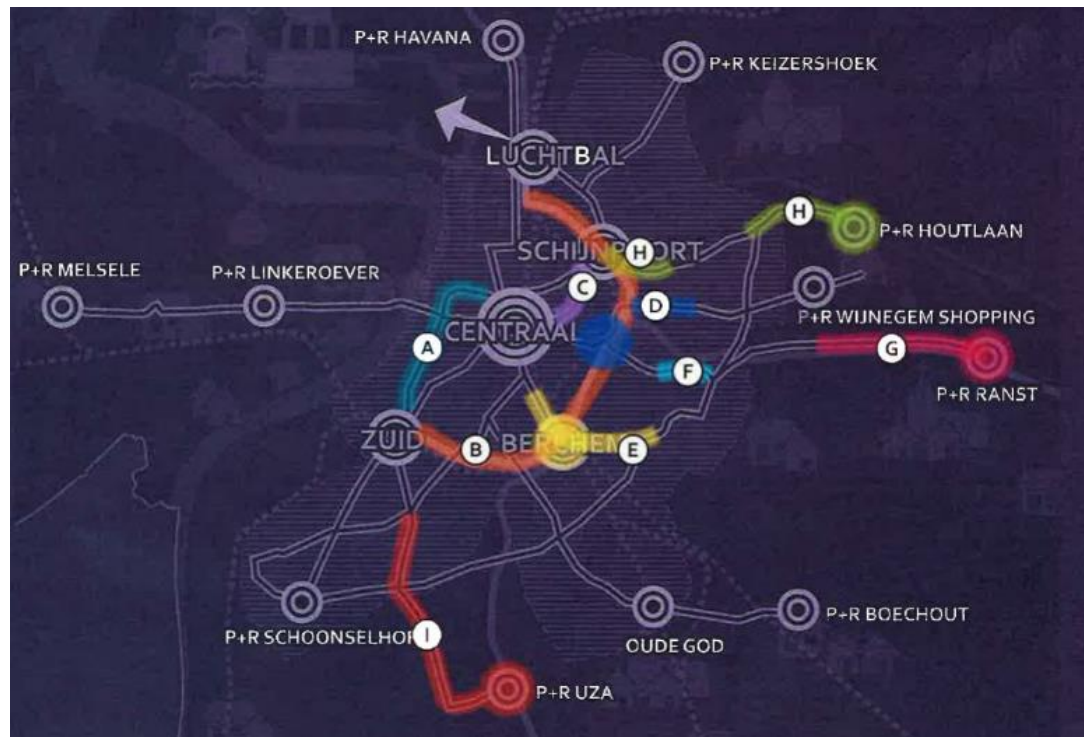
Figuur 109 - Berekeningsprincipe van de invloedzone van de tunnel op het oppervlak (zij-aan-zij tunnels) 58

1. Inleiding

Het Routeplan 2030 is het mobiliteitsplan van de toekomst voor de vervoerregio Antwerpen. In dit plan worden een aantal grote investeringsvraagstukken gedefinieerd, onder meer met betrekking tot een uitbreiding van het huidige Antwerpse tramnetwerk. Er worden een aantal bijkomende tunnels en stations voorgesteld.

De haalbaarheidsstudie waar dit rapport deel van uitmaakt is een quick scan om voor de benoemde tramtrajecten o.a. de technische haalbaarheid in te schatten, de te verwachten uitvoeringsmoeilijkheden of aandachtspunten in kaart te brengen, een voorstel te doen van uitvoeringswijze en een kostenraming te maken.

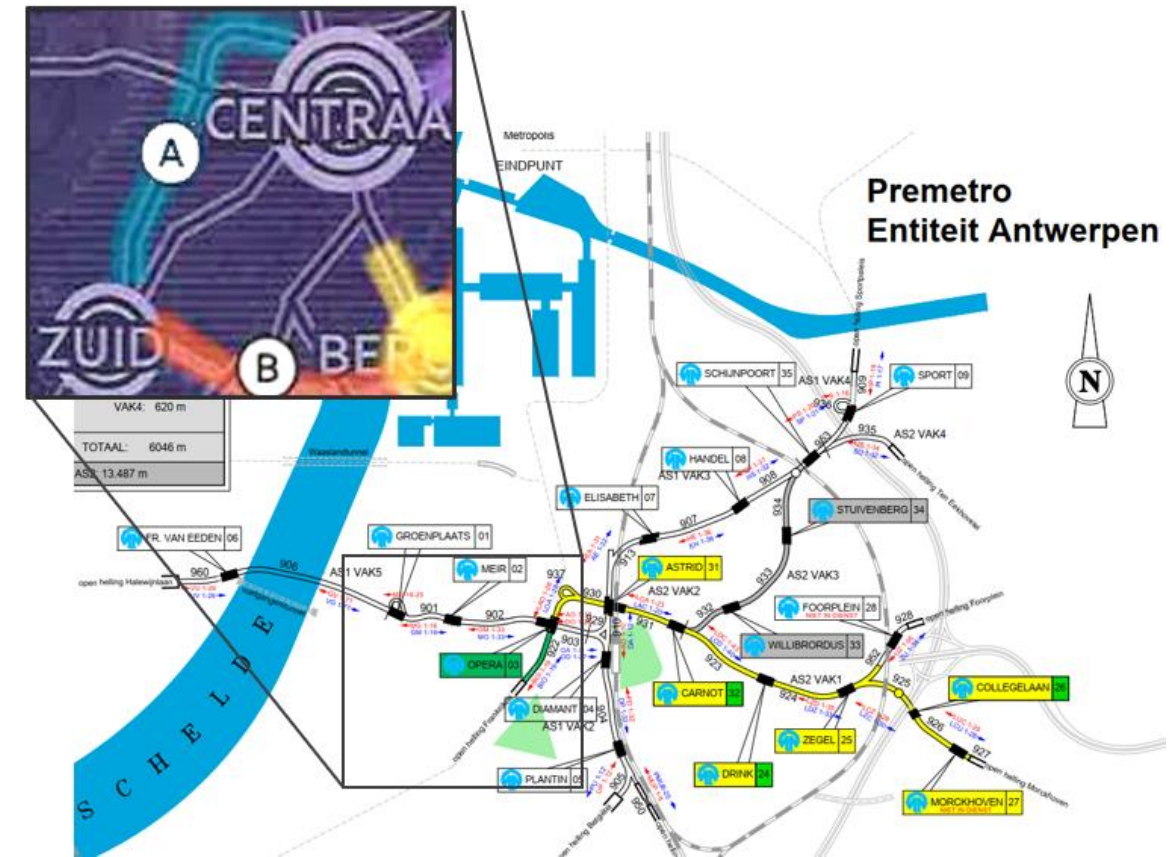
Het resultaat van de haalbaarheidsstudie, meer bepaald de raming, zal input vormen voor een later uit te voeren MKBA.



Figuur 1 - Uittreksel Routeplan 2030 met de diverse tracés

De hier gepresenteerde studie betreft tracé A.

Tracé A is de tramverbinding welke het Centraal Station verbindt met de kernstad en het Zuid. Het tracé verloopt vanaf de ondergrondse keerlus Rooseveltplaats, waar reeds een aanzet voor verdere tunnel voorzien was, indicatief in de richting van de Grote Markt, met als mogelijke stations 'Ossenmarkt', 'Mutsaard', 'Grote Markt'. Daarna gaat het traject naar de Groenplaats en verder zuidwaarts met als mogelijke stations 'Groenplaats', 'Sint-Andries', 'Museum', 'Bolivar'. De uitrijhelling wordt voorzien op of naast de R10 in de zone tussen het Gerechtsgebouw en de busbuffer Zuid.



Figuur 2 – Tracé A

De in dit rapport gepresenteerde evoluties hebben ertoe geleid dat het station Mutsaard vervangen is door station Stadswaag en station Grote Markt werd niet weerhouden. De andere basiselementen van het indicatieve tracé werden behouden.

2. Scope van de studie

Elementen opgenomen in de nota

- Tracéring, waarbij de hierboven algemeen aangegeven corridor verder verfijnd wordt;
- Mogelijke inplanting van stations;
- Uitvoeringswijze van de werken (open sleuf, geboorde tunnels, galerijendak, beschoeide sleuven, berlinerwand, etc);
- Ruimtelijke knelpunten;
- Aansluiting aan de bestaande tramkoker (keerlus) onder de Rooseveltplaats;
- Haalbaarheid om van ‘Groenplaats’ een kruisstation te maken;
- Geotechnische aspecten of knelpunten;
- Inschatting van de benodigde innemingen op privaat domein;
- Knelpunten op gebied van (grote) nutsleidingen en rioleringen;
- Eerste aanzet naar fasering en inschatting bovengrondse hinder en impact;
- Eerste aanzet naar planning en uitvoeringstermijnen;
- Raming (op hoofdlijnen); er wordt géén gebruik gemaakt van de SSK-methodiek voor de ramingen.

Aangeleverde documenten

De bevindingen worden voorgesteld in een bundel waar mogelijk op formaat A3, bestaande uit :

- Alle bevindingen van de studie;
- Tracéplannen (A0);
- Inplantingsplannen van stations (A3) en open hellingen (A0);
- Typedoorsnedes (afhankelijk van de uitvoeringswijze);
- Intekening van de benodigde innemingen op privaat domein;
- Oplijsting van aannames, leemten, randvoorwaarden;
- Planning type “Tylos”;
- Raming.

3. Uitgangspunten

3.1 Beschrijving Tracé en inplanting stations

De hieronder opgenomen beschrijving is reeds de aangepaste versie in functie van de voorafgaand vermelde wijzigingen. De argumentatie hiervoor wordt in de volgende hoofdstukken uitgewerkt.

Tracé A, van 4,4 km lang, strekt zich uit van het Centraal Station naar het zuiden van de stad, doorkruist de historische wijk van Antwerpen om samen te komen met de Nationalestraat, via 6 stations gelegen op karakteristieke plekken van de stad. De onderstaande afbeelding toont een luchtfoto van perceel A en zijn uitsnede:

1. Aansluitconstructie naar Rooseveltplaats
2. Ossenmarkt / TBM Ontvangstput
3. Stadswaag
4. Nooduitgang
5. Groenplaats
6. Sint-Andries
7. Museum
8. Bolivar
9. TBM Vertrekput + Aansluiting Maaiveld



Figuur 3 – Overzicht tracé

3.2 Plannen bestaande toestanden

Voor de verschillende locaties zijn de plannen bestaande toestand overgemaakt. Deze bevatten o.m.:

- Station Groenplaats
- Parking Groenplaats
- Parking Brabo
- KLIP/KLIM aanvragen (Stadswaag, Rooseveltplaats, Ossenmarkt, Mutsaard, Groenplaats, Nationalestraat t.h.v. Van Rijswijckplaats, De Neus (Sint-Andries), Museum, Bolivar, Konijnenwei)

De gebruikte plannen worden mee overgemaakt in een digitaal dossier in bijlage.

3.3 Plannen bestaande kunstwerken

Van de bestaande kunstwerken zijn o.m. volgende plannen beschikbaar:

- Scheldetunnels
- Tunnel Bolivar
- Tunnels Brabo II

De gebruikte plannen worden mee overgemaakt in een digitaal dossier in bijlage.

3.4 Programma bestaande en nieuwe stations De Lijn

Door De Lijn werden een aantal documenten aangeleverd die het programma en de werking van de huidige stations uitleggen. Daarnaast werd een lijst doorgegeven van te voorzien Technische Lokalen in de stations. Algemeen wordt voor het ontwerp van de circulaties de NFPA gevolgd qua eisen voor evacuatie.

3.5 Geotechnische gegevens

In dit hoofdstuk wordt de methodologie uiteengezet die het mogelijk maakte het geologische langsprofiel op te stellen.

De correlatie tussen de geologische omschrijving van de projectzone en de resultaten van de verschillende sonderingen en boringen uitgevoerd langs het traject maakt het mogelijk de structuur van de ondergrond met een zeer goede nauwkeurigheidsgraad te bepalen en zo het geologische langsprofiel ter hoogte van het traject op te stellen.

Dat langsprofiel is de basis voor het ontwerp van de verschillende projectstructuren.

De geotechnische sonderingen en boringen werden genomen uit de DOV (databank van bestaande sonderingen en boringen). De lijst van de gebruikte sonderingen is hieronder weergegeven :

- GEO-00/122-SAM14
- GEO-00/122-SAM3
- GEO-00/122-SAM6
- GEO-00/123-BAM2
- GEO-06/155-S7
- GEO-06/155-S8
- GEO-10/119-S7BIS
- GEO-62/2513/2-S203
- GEO-62/2513/2-S250
- GEO-64/233-SI
- GEO-66/395-SXVI
- GEO-67/235-b28
- GEO-72/326-SI
- GEO-73/434-SII
- GEO-73/434-SIV
- GEO-78/157-hb2
- GEO-78/157-hb6
- GEO-78/157-hb8
- GEO-78/157-SXIII
- GEO-81/346-SAN I
- GEO-81/346-SAN II
- GEO-83/390-SXXIX
- GEO-83/390-SXXVIII
- GEO-85/025-SII
- GEO-90/008-SI
- GEO-97/123-S6
- GEO-97/123-S91405-B151020193
- 1704941_S6
- 1706180_S1
- 1706180_S2
- 1900289_S1bis
- 1901836_S1
- 1406-BORGMA1804500-2019-02-01-B11

- 1406-BORGMA1900289-2019-05-02-B1
- 1406-BORGMA1804500-2019-01-10-B12+P7
- 1406-BORDVV2001890-2020-05-20-B1+P1

3.5.1 Aard van de ondergrond

Op basis van de literatuurgegevens over de Antwerpse ondergrond kan een eerste algemene classificatie opgesteld worden. Die classificatie omvat de voornaamste geologische eenheden doorheen het project, met name :

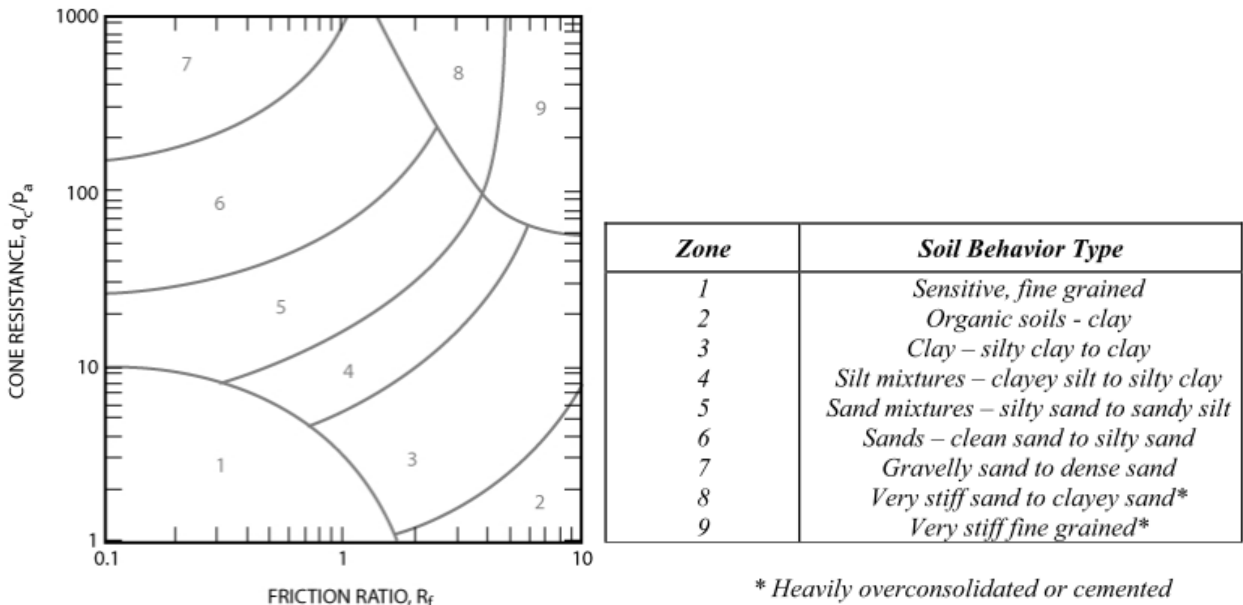
- Quartair ;
- Formatie van Lillo ;
- Formatie van Kattendijk ;
- Formatie van Berchem ;
- Boomse klei.

3.5.2 Geotechnische classificatie

Een eerste mogelijkheid is gebruikmaken van boringen. Voor elke uitgevoerde boring werd een boorrapport opgesteld. Per boormeter wordt in dit document het visueel waargenomen bodemtype beschreven. De omschrijving van de lagen wordt gebruikt bij de interpretatie van de structuursamenstelling van de primaire lagen per locatie.

Een tweede optie is het gebruik van sonderingen. In dit project werd ervoor gekozen de resultaten van de sonderingen als basis te gebruiken voor de interpretatie van de verschillende bodemtypes, net als voor de pakkingsdichtheid of consistentie ervan. De andere proeven worden gebruikt om de initiële interpretatie te controleren en aan te passen waar nodig.

De geotechnische classificatie is gebaseerd op de resultaten van de verschillende statische sonderingsproeven. Aan de hand van correlaties kunnen de verschillende, tijdens de sondering aangetroffen, grondtypes afgeleid worden. Deze methodologie is afgeleid van *Tabel 2.1 ANB - Standaardtabel met de karakteristieke waarden van de grondparameters - NBN EN 1997-1 ANB (2013) en de Robertson-methode (2010)*. Zie onderstaande afbeelding en tabel.



Figuur 4 – Methode Robertson voor de interpretatie van sonderingen

De interpretaties worden in het geotechnische lengteprofiel gegeven. Deze fijnere classificatie wordt voornamelijk gebruikt in de geotechnische berekeningen van de kunstwerken.

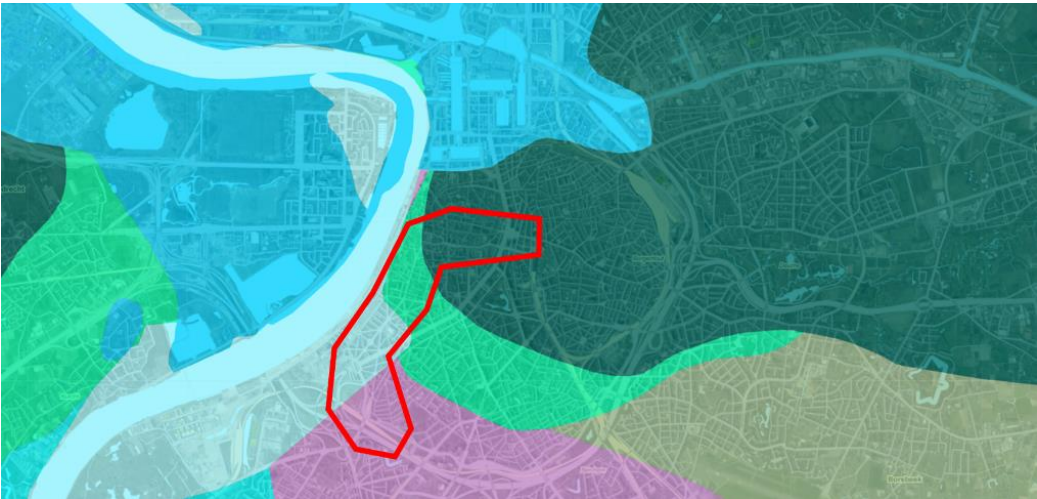
3.5.3 Hydrogeologie

De Antwerpse ondergrond bestaat uit aquifersystemen en aquitards, resp. watervoerende en waterremmende grondlagen. Bovenaan zijn er in dit project quartaire aquifersystemen. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de voornaamste onderliggende systemen doorheen het project, met hun eigenschappen.

HCOV	Systeem	K _h [m/d]	K _v [m/d]	S _y [-]	S _s [m ⁻¹]
0230	Pleistoceen & Mioceen aquifer	17,2	2,93	0,10	4,729e-5
0250	Mioceen aquifer	6,9	0,2	0,09	3,688e-5
0300	Boom aquitard	0,0025	0,00016	0,0002	1,825e-5

Wanneer deze tabel vergeleken wordt met de geologische classificatie dan blijkt dat de zandlagen watervoerend zijn (Lillo, Kattendijk en Berchem), terwijl de Boomse klei een geohydrologische barrière vormt. Dit is ook de reden waarom de diepwanden 2m diep in de Boomse klei aanzetten. Op die manier wordt de waterkerende functie van de wanden gegarandeerd, aangezien er geen water via de waterremmende Boomse klei onder de wanden kan stromen.

Globaal gezien varieert het waterniveau tussen +0mTAW en +5mTAW. Geohydrologisch doorkruist het projectgebied diverse homogene zones. Vertrekend van de Rooseveltplaats ziet men achtereenvolgens de zone van de Formatie van Lillo en Poederlee; de Formatie van Kattendijk; de Vlaamse vallei en bijrivers en ten slotte de zone van de Formatie van Berchem. Zie ook onderstaande figuur.



Figuur 5– Hydrogeologische homogene zones

3.5.4 Geïdentificeerde risico's

De doorkruiste wijken zijn dichtbebouwd. Sommige gebouwen hebben keldervloeren en funderingen, die soms diep gelegen zijn. De Antwerpse ondergrond telt ook een aantal ondergrondse kunstwerken zoals tunnels, collectoren, ruïen, kokers voor nutsleidingen... Deze moeten duidelijk in kaart worden gebracht.

Een tweede risico bestaat uit de heikbaarheid van damwanden en combiwanden. Door de aanwezigheid van zandlagen met grote weerstand is het mogelijk dat het heien leidt tot beschadiging van het profiel. Daarnaast zijn ook aanzienlijke trillingen in de omgeving mogelijk.

De aanwezigheid van glauconiet in de zandlagen gaat eveneens gepaard met een aantal risico's. Ten eerste is glauconiethoudend zand lastiger te bemalen dan gewoon zand: het duurt langer om droog te krijgen, er is sneller roestvorming in het bemalingswater, retourbemaling is onpraktisch, verdichten is moeilijk (matrasvorming)... Bovendien hebben glauconiethoudende zanden een hoog chroomgehalte, waardoor ze volgens de gangbare milieuwetgeving in feite als afvalstof moeten worden beschouwd. Ten slotte moet er bij de aanleg van werfpistes op glauconiethoudende zanden rekening mee worden gehouden dat de berijdbaarheid sterk kan afnemen naarmate er meer over de werfpiste wordt gereden. Vooral bij regenweer zal de berijdbaarheid sterk afnemen.

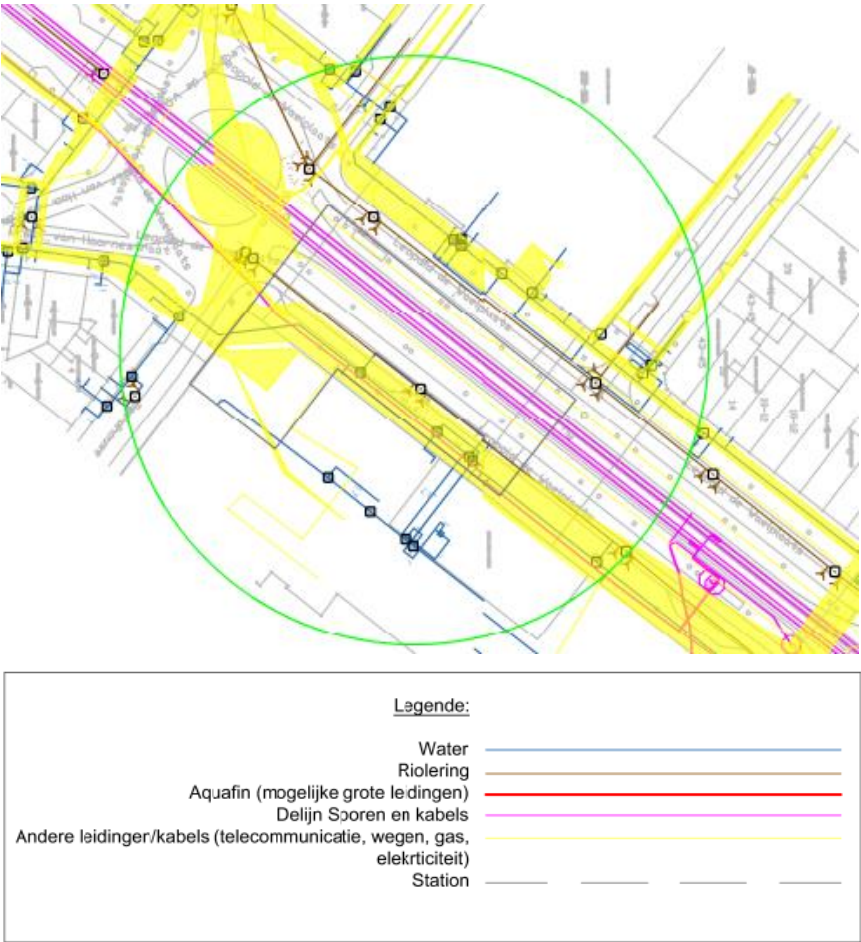
Een laatste aandachtspunt is een gevolg van de Boomse klei. Door de aanwezigheid van de Boomse klei, verloopt de waterdruk niet hydrostatisch doorheen de ganse bodem. Hier moet rekening mee worden gehouden bij het modelleren van grond- en waterkerende wanden in de Boomse klei.

3.6 Nutsleidingen

Over de hele lengte van het tracé is er een netwerk van meerdere nutsleidingen. Het bestaan van de concessiehouders speelt een cruciale rol bij de haalbaarheid en uitvoering van elk station. De concessiehouders zijn verdeeld/gegroepeerd in 5 categorieën :

- Water ;
- Riolering ;
- Aquafin (mogelijks grote leidingen) ;
- De Lijn : sporen en kabels ;
- Andere leidingen/kabels (telecommunicatie, wegen, gas, elektriciteit).

Het onderstaande nutsleidingenplan werd voor ieder kunstwerk opgemaakt:



Figuur 6 – Principe nutsleidingenplannen (voor station Museum)

De minder kritische nutsleidingen (telecom, laagspanning, kleinere gasleidingen werden in clusters aangeduid op de plannen om de leesbaarheid mogelijk te maken.

Het is in het kader van dit project de bedoeling dat de nutsleidingen die in conflict zijn met de ondergrondse constructies verplaatst worden bij de aanvang van de werken.

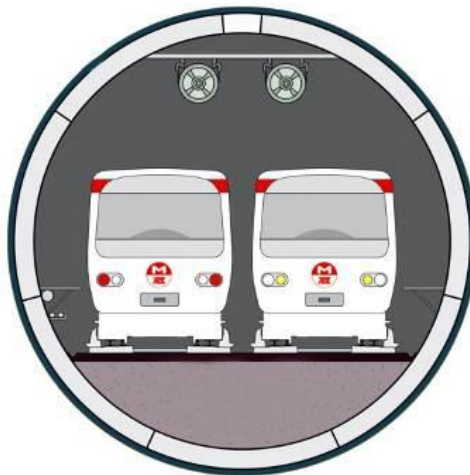
4. Tunnel

4.1 Onderzochte varianten

Een belangrijke fundamentele keuze die moet gemaakt worden voor het deel uitgevoerd met tunnelboormachine betreft het feit of men met in 1 of 2 tunnels gaat werken.

4.1.1 Monotube

De eerste mogelijkheid, de zogenaamde monotube-configuratie met parallelle sporen, bestaat uit de constructie van een tunnel met een grotere diameter in de orde van 10 m. De tunnel is dan voorzien van twee parallelle sporen zoals weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 7 – Enkele buis

4.1.2 Dubbele buis

Bij de variant met twee buizen worden twee parallelle tunnels gebouwd met een buitendiameter van 6,4 m. Elke tunnel is voorzien van een spoor en is unidirectioneel. De diameter is bepaald aan de hand van de beperkingen die verband houden met de grootte van het rijdend materieel en de afmetingen van de evacuatieleroute.



Figuur 8 – Dubbele buis

4.1.3 Vergelijking van beide technieken

4.1.4 Voordelen in geval van een dubbele buis (Bitube) t.o.v. de enkele buis (Monotube)

- Het volume uitgegraven materiaal is beperkt (vooral in vergelijking met de monotube configuratie met boven elkaar geplaatste sporen), en de zettingen die het gevolg zijn van het uitgraven van de tunnel worden verminderd (veronderstellingen volgens de rekenmethode van Peck en het volumeverlies bij boren van de tunnels). Dit element is erg belangrijk in stedelijke omgeving, wanneer gegenereerde zettingen schadelijke effecten kunnen hebben op de constructies;
- Door de kleine diameter van de uitgegraven tunnels is het mogelijk om deze tunnels op kleinere diepte te bouwen, mits de beperkingen doorgaans uitgedrukt worden in een minimale dieptediameter;
- Ze zorgen voor meer flexibiliteit in de lay-out door een lagere minimumradius (in bovenaanzicht en in profiel);
- Risico's gerelateerd aan de geologie (instabiliteit van het front, zetting, risico op blow-out, enz.) nemen toe in verhouding tot het gedeelte van de tunnel dat wordt gegraven. Het gebruik van een kleinere diameter maakt het dus mogelijk om dergelijke risico's te verkleinen. Aan de andere kant kan de aanleg van twee tunnels een negatief effect hebben. Er moet rekening gehouden worden met voldoende onderlinge afstand (in de orde van grootte van 1x de diameter) tussen de tunnels om elk effect van superpositie of interferentie van de ene tunnel naar de andere te vermijden;
- Vanuit veiligheidsoogpunt wanneer de tram in bedrijf is, is deze configuratie zeker zeer voordelig aangezien deze het mogelijk maakt om elke botsing bij een ontsporing te vermijden. Evenzo kunnen onderhoudswerkzaamheden veilig worden uitgevoerd in de ene tunnel terwijl het verkeer eventueel tijdelijk wordt omgeleid naar de andere tunnel. Deze onderhoudswerkzaamheden worden echter ingewikkelder gemaakt omdat ze in een kleiner volume moeten uitgevoerd worden. Ten slotte, in geval van nood (brand, ongeval), zorgen de twee gescheiden tunnels ervoor dat passagiers snel een veilig gebied kunnen bereiken;
- Stations kunnen worden gebouwd met één centraal perron bij tunnels naast elkaar. Daarom is een optimalisatie van het aantal trappen en roltrappen mogelijk. Dit hangt af van de verwachte verkeersstromen. Een centraal platform kan ook beveiligingslacunes vertonen in stations met een hoge passagiersdichtheid;
- De langse ventilatie in de tunnel is verbeterd door eenrichtingsverkeer in de tunnel, dat profiteert van het aanzuigeffect van de tramstellen;
- De dimensionering, montage en bediening van een tunnelboormachine van deze omvang (~6.80 m) is eenvoudiger dan voor een grotere tunnelboormachine (cfr. Parijs, Brussel of Barcelona). Evenzo zijn de kosten van een dergelijk machine relatief beperkt. Aan de andere kant zal de operatie voor elke tunnel moeten worden herhaald.

4.1.5 Nadelen van de dubbele buis (Bitube) t.o.v. de enkele buis (Monotube)

- De tijd die nodig is voor de bouw van twee tunnels is langer dan voor de bouw van één tunnel. Het is nodig om ter plaatse twee tunnelboormachines te monteren. Om logistieke redenen is dit soms niet tegelijk mogelijk;
- De bouw van de stations wordt ingewikkelder door het bestaan van twee aparte tunnels. Voor de aankomst van de tunnelboormachines in het station moeten twee waterdichtingsconstructies worden gepland en zijn er ook 2 passages te organiseren tijdens de werken;
- De constructiekosten van twee tunnels zijn hoger dan die van een enkele tunnel met een iets grotere diameter (cfr. standaard variant met een enkele buis met parallelle sporen) aangezien het personeelsbestand, het aantal bouwmachines, het materiaal, enz. verdubbeld zal moeten worden;
- De exploitatiekosten zullen ook hoger zijn. Het zal nodig zijn om twee ventilatie-, bewakings-, signaleringssystemen, enz. te voorzien;
- De onderhoudskosten zijn ook hoger voor de tweepijpsoplossing, aangezien het nodig zal zijn om twee afzonderlijke tunnels te inspecteren en eventueel te vernieuwen;
- In de secties waar de afstand tussen de tunnels kleiner is (bijvoorbeeld in de nabijheid van de stations) is er kans op interferentie van de ene tunnel naar de andere tijdens de bouw, wat lokaal meer technische risico's met zich meebrengt;
- De werking van de tunnel is niet erg flexibel aangezien de twee sporen volledig gescheiden zijn. De constructie van een vork is nodig om de twee stations om de flexibiliteit te vergroten;

- De aanleg van verbindingsvertakkingen (een wisselgrot) tussen de twee tunnels is een gecompliceerde en kostbare operatie, vooral bij aanwezigheid van grondwater.



Figuur 9 –Wisselgrot (Kopenhagen)

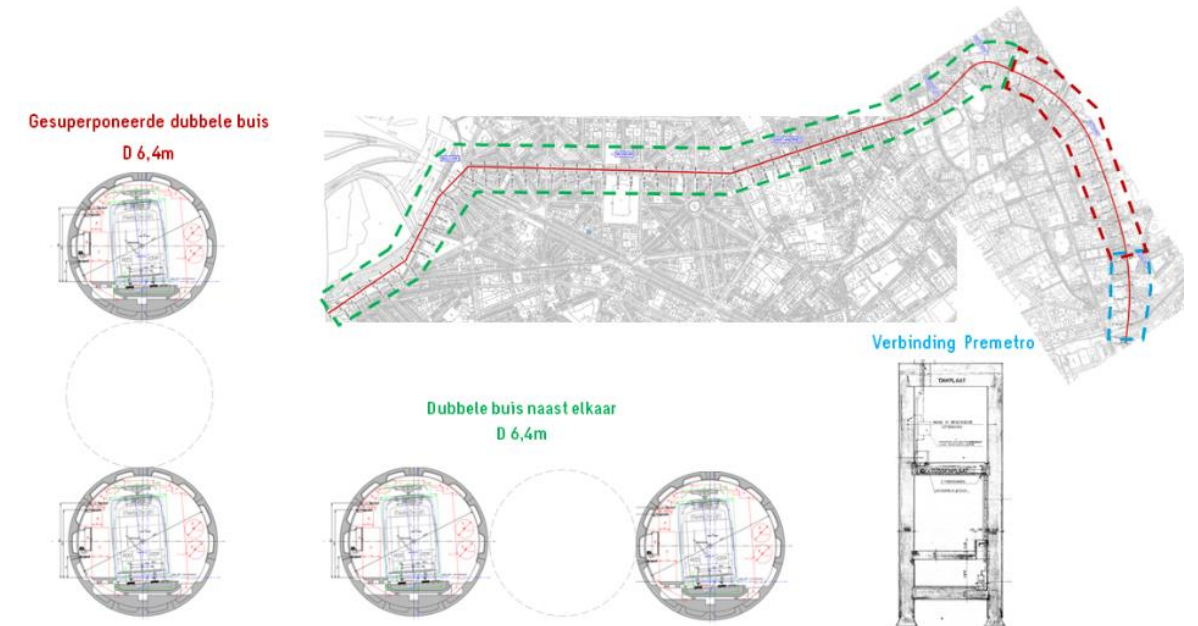
4.1.6 Projectspectifieke argumenten

De specifieke bijkomende argumenten bovenop de reeds aangegeven voordelen voor de bitube op dit project waren hierbij de volgende:

- Een aansluiting op de constructie Rooseveltplaats met de gestapelde tunnel over de lengte tussen Ossenmarkt en de keerlus gaf veel te grote hellingspercentages voor het tracé. Bij de Bitube komt deze hier reeds aan met een gestapeld systeem ;
- De Bitube laat toe om in het noordelijke deel te werken met smallere gestapelde stations. Op het zuidelijk gedeelte laat deze optie dan weer toe om de stations minder diep te bouwen;
- De kruising met de bestaande tunnels (Justitiepaleis en bestaande Premetro) kunnen op geringere diepte gebeuren gezien de kleinere diameter en dus gronddekking;
- De Lijn heeft geen nood aan wisselverbindingen tussen de 2 rijrichtingen. Dit in tegenstelling tot andere exploitanten zoals de MIVB in Brussel die dit wel eisen. Hierdoor valt de noodzaak tot het voorzien van ‘wisselgrotten’ weg.

4.2 Gekozen optie

Met al het bovenstaande is de gekozen optie voor het project die van 2 tunnels. Hierbij worden de tunnels op het zuidelijk tracé naast elkaar geplaatst en op het noordelijk tracé boven elkaar.



Figuur 10 – Overgang van gestapelde tunnel naar tunnels naast elkaar

4.3 Type tunnelboormachine (TBM)

De constructie van een tunnel in een stedelijk gebied, onder de grondwaterspiegel, zal noodzakelijkerwijs worden uitgevoerd met een onder druk staande tunnelboormachine aan het boorfront, die de impact van de constructie op de doorkruiste grondlagen minimaliseert. Dit op druk brengen kan hoofdzakelijk gebeuren met 2 soorten machines :

- Tunnelboormachine met Bentoniet-druk (Slurry Shield TBM)
- Tunnelboormachine met Grond-aardebalaansschild (Earth Pressure Balance Shield TBM)

Bij bentoniet-druk tunnelboormachines wordt de werkvlakdruk gegarandeerd door de installatie van een bentoniet modderkussen, waarvan de druk nauwkeurig kan worden geregeld. Het grondtransport wordt gegarandeerd door de circulatie van dezelfde modder die de grond in een gesloten circuit transporteert.

Bij gronddruk tunnelboormachines wordt de uitgegraven grond onder druk gezet met toevoeging van een aantal additieven. Het grondtransport wordt uitgevoerd met een schroef van Archimedes die de aarde uit de snijkamer haalt en vervolgens met transportbanden of voertuigen op wielen naar de vertrekput vervoert.

Het onderscheid en de keuze tussen de twee methoden is hoofdzakelijk gekoppeld aan de aard van het uitgegraven materiaal en de doorlaatbaarheid ervan, aangezien de Slurry Shields geschikter zijn voor meer doorlatende gronden. De keuze en optimalisatie van de machines hangt echter ook samen met logistieke factoren en met de vooruitgang bij de constructie van de machine zelf.

Ten slotte moet worden opgemerkt dat er momenteel tussenliggende schermoplossingen zijn die indien nodig kunnen overschakelen van een Slurryconfiguratie naar een aardedrukconfiguratie. Dit laatste kan worden gekozen in het geval van een heterogene situatie van het graaffront, en wanneer de voordelen van deze optimalisatie de kosten en vertragingen van het overschakelen van de ene configuratie naar de andere zouden compenseren.

Gezien de behoorlijk homogene geotechnische parameters over het tracé lijken de twee beschreven methodes uitvoerbaar. Ook heeft dit verder geen invloed op de andere te kiezen configuraties. Dit is dus een keuze die aan de toekomstige aannemers kan gelaten worden.

5. Tracé

5.1 Gekozen tracé

In de richting van de geboorde tunnels wordt de inplanting beschreven vanaf de vertrekput naar de aansluiting met de keerlus onder de Rooseveltplaats.

Op de grens van het park aan de Konijnenwei start de lijn aan zijn ondergronds traject. Hier wordt door middel van een open helling de connectie met de bovengrondse infrastructuur gerealiseerd. Deze open helling zal ook in eerste instantie de structuur zijn die gebruikt wordt als vertrekput voor de 2 geboorde tunnels.

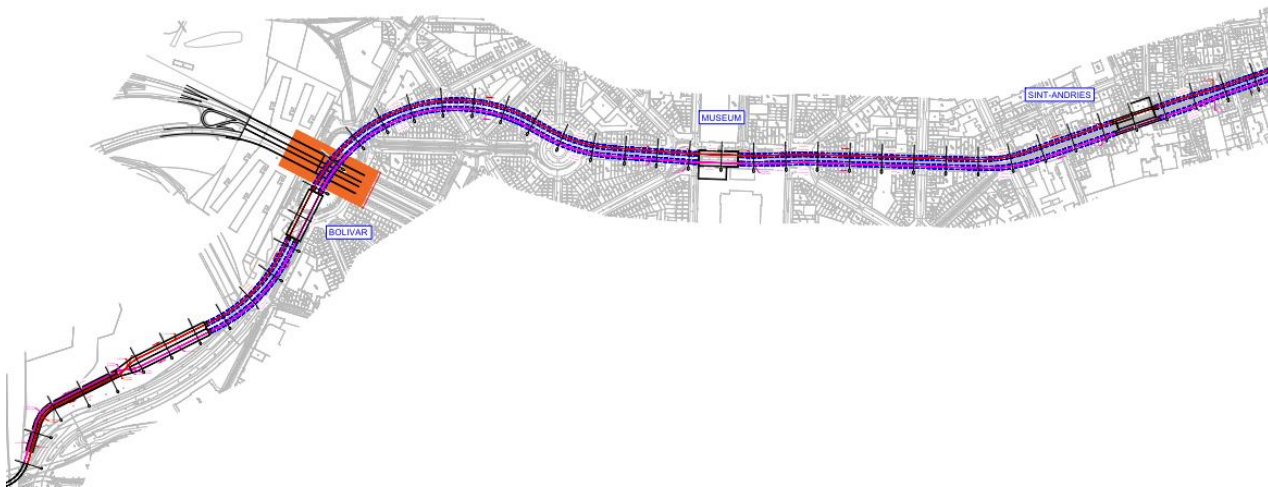
Vanuit deze vertrekschacht boren de tunnels zich naast elkaar tot aan station Bolivar. Daarna kruisen ze de autotunnels onder het Justitiepaleis wat ook de diepte van dit deel van het tracé verklaart.

Van daaruit reizen we verder naar de Stations Museum en Sint-Andries, beide vrij ondiepe stations. Daarna daalt het tracé om een connectie te realiseren met het station Groenplaats. Dit is het diepste deel van de lijn aangezien hier een kruising met de bestaande Premetro-tunnels gerealiseerd wordt.

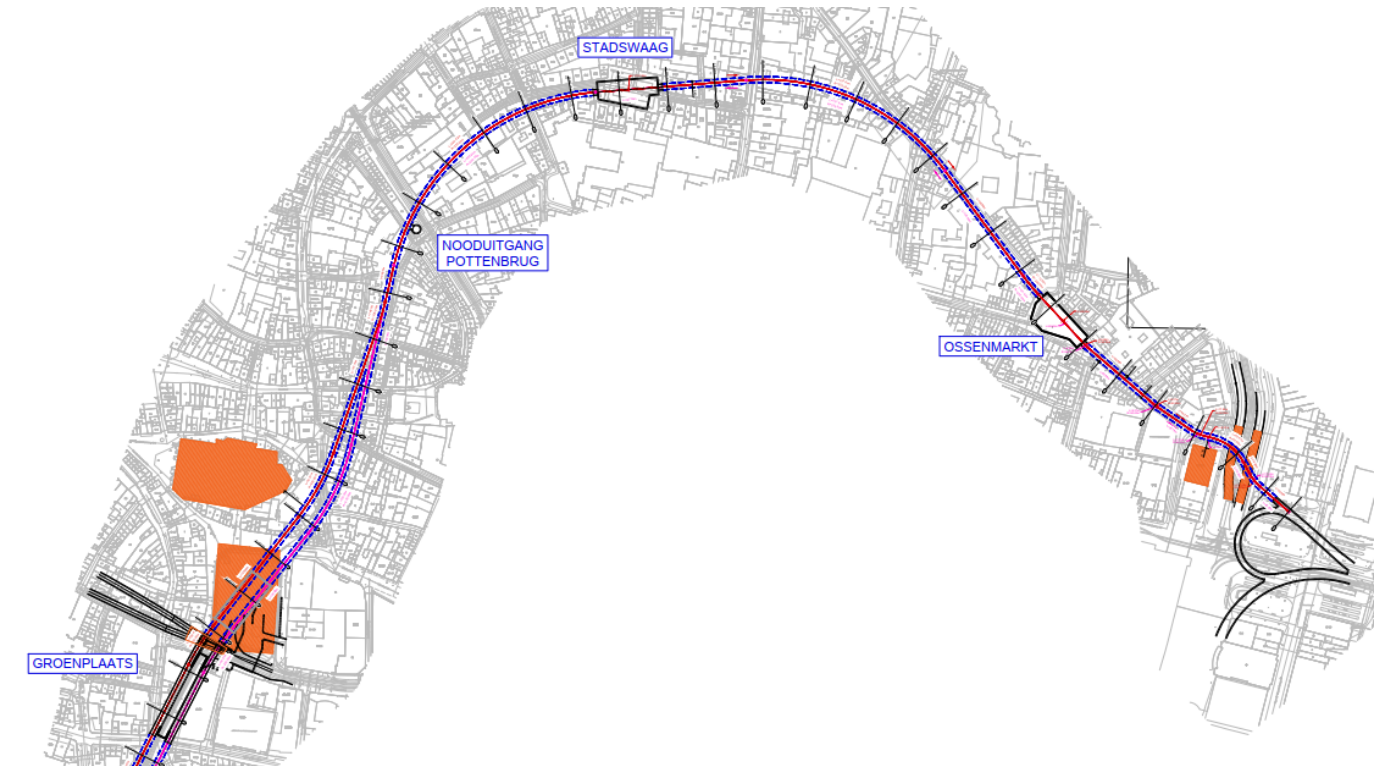
Daarna evolueert het tracé van 2 tunnels naast elkaar naar 2 gestapelde tunnels. De hoofreden hiervoor is dat er finaal moet aangesloten worden op de keerlus tunnel is. Daarnaast bevindt men ons hier onder het oudste gedeelte van de Stad en zijn locaties voor smalle diepe stations gemakkelijker te vinden. Ook heeft deze bouwmethode een positieve invloed op de zettingen aan het maaiveld.

Na Groenplaats passeert het tracé dan de nooduitgang Pottenbrug. Deze is nodig omdat de afstand tussen de 2 opeenvolgende stations meer dan 800 m is.

Na Pottenbrug bereiken de gestapelde tunnels de stations Stadswaag en Ossenmarkt. Dit laatste station is ook het eindpunt van de geboorde tunnels. Hierna worden constructies met een andere bouwmethode gerealiseerd in de Korte Winkelstraat en onder de Leien om de aansluiting op de keerlus te realiseren. Bij dit laatste deel worden ook de open hellingen van de tunnels van het Operaplein gekruist.



Figuur 11 – Tracé deel 1



Figuur 12 – Tracé deel 2

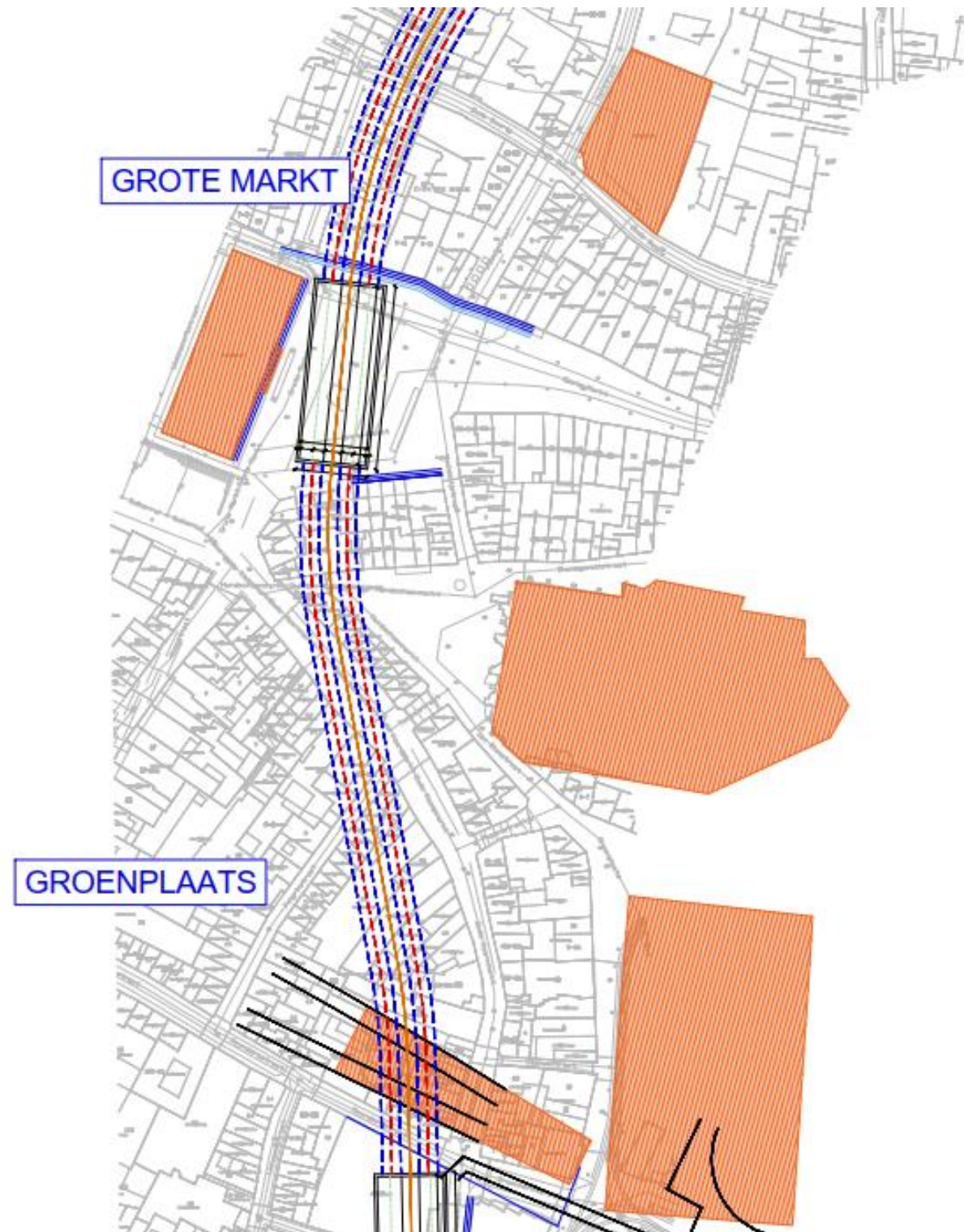
5.2 Onderzochte alternatieve pistes

Tijdens het onderzoek werden bepaalde pistes voor het tracé uitgesloten. Deze worden in de volgende paragrafen geargumenteed.

5.2.1 Station Grote Markt

Dit station was aanvankelijk voorzien op het tracé, maar deze bevatte een reeks ongunstige elementen. De bouw van dit station, zowel in open uitgraving als in bouw, zou tijdens de werken ongetwijfeld zware overlast veroorzaken op dit toonaangevend stadsplein. Een eerste consultatie van de stad over een mogelijk station aan de Grote Markt kwam uit op een negatief advies.

Ook zijn er gegronde technische redenen tot het niet-weerhouden van het station in deze haalbaarheidsstudie: de afstand tussen het station Grote Markt en het volgende station, Groenplaats, bedroeg minder dan 300 m, wat op stedelijke schaal niet relevant is. Over de rest van de lijn is deze tussenafstand tussen 600 m en 800 m. Bovendien kan de tram over een korte afstand, zoals 300 m, niet op zijn normale snelheid rijden omdat de afstand onvoldoende is voor een versnelling na het verlaten van een station en een vertraging voor het binnenrijden van een station toe te laten.

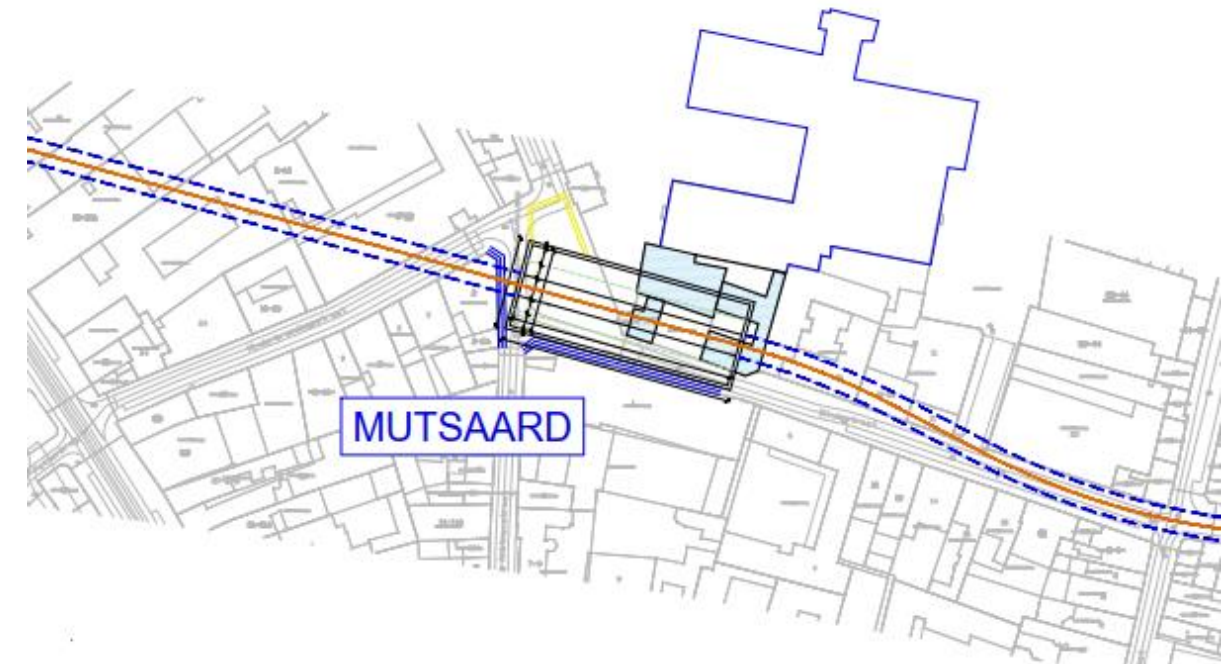


Figuur 13 – Locatie Station Grote Markt

De keuze tussen de twee nabijgelegen stations viel uiteindelijk op de Groenplaats, ook omdat dit uitgewerkt wordt als wisselstation, wat niet mogelijk is op Grote Markt. De uitwerking van een station op de Grote Markt werd daarom stopgezet.

5.2.2 Station Mutsaard

Tussen de Ossenmarkt en de Grote Markt was aanvankelijk een station op het Mutsaard pleintje gepland aan de voorzijde van de Academie voor schone kunsten. Deze optie werd stopgezet vanwege de complexiteit van de technische realisatie van het station. Inderdaad, de krappe ruimte op het maaiveld leidde tot het gebruik van dure methoden zoals grondbevriezing tijdens de werken en compensaties voor de zettingen. Dit alles was moeilijk te combineren met het principe van de gestapelde tunnels.



Figuur 14 – Locatie station Mutsaard

Er is daarom voor gekozen om het station verder naar het noorden te verplaatsen, bij het Stadswaagplein. Op dit rechthoekig plein met minder beperkingen kan het station in open uitgraving worden gebouwd. Deze locatie zorgt ook voor een interessante en directere bediening naar de omliggende studentenwijk en geeft ook directe toegang tot de achterzijde van de Academie.

5.3 Beperkende eisen qua tracé

5.3.1 Eisen tram exploitatie

Uitgangspunten :

- Ontwerpsnelheid 70 km/u ;
- Maximaal toegelaten verkanting 105 mm;
- Maximaal toegelaten verkantingstekort 70 mm;
- Minimale horizontale boogstraal $R_h=235$ m bij $V=70$ km/u;
- Minimale horizontale boogstraal $R_h=50$ m (nieuw tracé);
- Minimale verticale boogstraal $R_v=500$ m;
- Maximale hellingspercentage 5% (uiterste grens 6%);
- Maximale hellingspercentage halteplaats 2,5%.

Bijlage/verwijzingen:

- Richtlijn voor de tracé-bepaling van (tram)spoorbanen 2015.pdf
- Situatietekening; Premetro Antwerpen – Tracé A (tracé 1/2)
- Situatietekening; Premetro Antwerpen – Tracé A (tracé 2/2)

5.3.2 Tunnelboormachine (TBM)

Krommingsstraal

- R min 235 TBM
- Lokaal R200 acceptabel (uitzondering)

Dekking tussen TBM en maaiveld

- Historisch stadsgedeelte: min 1,8 x TBM Boring diameter
- Modern stadsgedeelte (vanaf de Nationaalstraat): min 1,5 x TBM Boring diameter

Dekking tussen TBM en fundering structuur

- Min 1 x TBM Boring diameter

Voor de tunnelboormachines met een diameter van ongeveer 10 m (dubbelsporige tunnels) worden planstralen van 235 m als acceptabel beschouwd, wetende dat het lokaal mogelijk is om naar beneden te gaan tot een straal van 200 m indien nodig. Deze waarden worden ook voor de kleinere diameters voor de bitube-oplossing aangehouden.

5.3.3 Gevoelige gebouwen

Het tracé moet bepaalde zeer gevoelige gebouwen vermijden en op een veilige afstand daarvan blijven, zoals:

- De tunnelhellingen van de tunnel onder het operaplein
- Sint-Pauluskerk
- De Onze-Lieve-vrouwe Kathedraal
- De ondergrondse parking aan de Groenplaats
- De bestaande tunnels van de premetro aan de Groenplaats
- Onder- en bovengrondse parkings Brabo aan de Groenplaats en verder in de Nationalestraat
- De Amam-tunnel onder het justitiepaleis
- ...

Het reduceren van het risico betreffende het bouwen in nabijheid van deze gevoelige gebouwen werd zowel in grondplan gelimiteerd door er ver genoeg van te passeren als in lengteprofiel door er met voldoende gronddekking onder door te boren.

5.3.4 Beschrijving tramtracé

Het spoortracé gaat vanaf de aansluiting van het bestaande spoortracé naar de locatie van de uitrijhelling, locatie van de vertrekput van de TBM, die zich bevindt naast de R10 tussen het gerechtsbouw en de busbuffer Zuid.

In dit gedeelte van het tracé moeten de trams wisselen van spoorzijde.

Omdat de trams in huidige situatie op maaiveld rechts rijden, zijn aan de rechterzijde de haltes gerealiseerd waar de reizigers in- en uit kunnen stappen. In het tracé ontwerp zijn de Stations Bolivar, Museum, Sint-Andries en Groenplaats als middenperrons ontworpen. Om voor de trams te kunnen halteren zodat de reizigers kunnen in- en uitstappen moet de tram wisselen van spoorzijde en van rechts rijden naar links rijden overgaan. Dit wordt gerealiseerd ter hoogte van de vertrekput waar de tunnels elkaar kruisen zodat de tram van rechts rijdend naar linksrijdend gaat. In het horizontale ontwerp wordt gebruik gemaakt van boogstralen $R_h=50$ m, wat een impact heeft op de exploitatie snelheid. Het verticaal ontwerp is zodanig gemaakt dat er voldoende hoogteverschil is tussen de onderlinge tunnels zodat deze elkaar kunnen kruisen en de juiste diepte van het Station Bolivar kunnen aansluiten. De diepte van Station Bolivar wordt mede ingegeven door de Amam tunnel waar het spoorontwerp inclusief ruimtebeslag van de tunnels met voldoende dekking onderdoor moet.

Van Station Bolivar gaat het tracé verder richting Station Museum. Voor het horizontale spoorontwerp tussen de beide stations worden de boogstralen $R_h=235$ m en $R_h=247,8$ m toegepast. Voor het verticale spoorontwerp volgen we de hoogteligging vanuit Station Bolivar. Zodra het spoorontwerp voorbij de Amam tunnel is, gaan we naar de hoogteligging van Station Museum die minder diep is gelegen dan Station Bolivar.

Van Station Museum gaat het tracé verder richting Station Sint-Andries. Voor het horizontale spoorontwerp tussen de beide stations worden de boogstralen $R_h=235$ m en $R_h=247,8$ m toegepast. Voor het verticale spoorontwerp blijft het ontwerp in één vlak liggen. Dit omdat de stations Museum en Sint-Andries op dezelfde diepte zijn ontworpen.

Van Station Sint-Andries gaat het tracé verder richting Station Groenplaats. Voor het horizontale spoorontwerp tussen de beide stations wordt de boogstraal $R_h=235$ m toegepast. Voor het verticale spoorontwerp gaan we na Station Sint-Andries direct met een helling naar de hoogteligging van Station Groenplaats die dieper ligt dan Station Sint-Andries. Bij Station Groenplaats hebben we voor het spoorontwerp ook het diepste punt bereikt.

Van Station Groenplaats gaat het tracé verder richting Station Stadswaag.

Voor het horizontale spoorontwerp tussen de beide stations worden de boogstralen $R_h=235$ m en $R_h=255$ m toegepast. In het gedeelte tussen Station Groenplaats en Station Stadswaag gaan we over van 2 tunnels naast elkaar naar 2 tunnels boven elkaar. Ook passeren we halverwege dit tracégedeelte de nooduitgang Pottenbrug. Voor het verticale spoorontwerp volgen we eerst de hoogteligging vanuit Station Groenplaats. Zodra het spoorontwerp voorbij de Scheldetunnel is gaat het spoorontwerp richting Station Bolivar met een flauwe helling naar de hoogteligging van Station Stadswaag. Het spoorontwerp van het spoor richting Rooseveltplaats gaat, vanwege het tunnelontwerp wat van 2 tunnels naast elkaar naar 2 tunnels boven elkaar gaat, met een helling omhoog zodat het spoorontwerp richting Rooseveltplaats boven het spoorontwerp richting Station Bolivar ligt.

Van Station Stadswaag gaat het tracé verder richting Station Ossenmarkt.

Voor het horizontale spoorontwerp tussen de beide stations wordt de boogstraal $R_h=235$ m toegepast. Voor het verticale spoorontwerp blijft het ontwerp in één vlak liggen. Dit omdat de stations Stadswaag en Ossenmarkt op dezelfde diepte zijn ontworpen.

Van Station Ossenmarkt gaat het tracé verder richting de ondergrondse keerlus Rooseveltplaats. Deze keerlus is in het verleden gebouwd waarbij een toekomstige aansluiting mogelijk was. Voor het horizontale spoorontwerp tussen het station en de ondergrondse keerlus wordt de boogstraal van $R_h=100$ m toegepast waar mogelijk. Het lokaal toepassen van boogstraal $R_h=50$ m is echter onvermijdelijk en heeft een impact op de exploitatiesnelheid.

Voor het verticale spoorontwerp gaan we vanuit Station Ossenmarkt naar de aansluiting met de ondergrondse keerlus Rooseveltplaats. Voor het spoorontwerp van het spoor richting Station Bolivar sluiten we aan op de onderste bestaande tunnelbuis waarbij voldoende ruimte overblijft voor de tunnelbuis voor het spoor richting Rooseveltplaats. Voor het spoorontwerp richting Rooseveltplaats sluiten we aan op de bovenste bestaande tunnelbuis. Hierbij rekening houdend dat het spoorontwerp, inclusief ruimtebeslag van tunnelprofiel, onder de bestaande kunstwerken Brabo II moet met voldoende dekking. Beide verticale spoorontwerpen sluiten aan met een verticale helling die overeenkomt met de huidige helling van de bestaande tunnelbuizen.

6. Stations

6.1 Algemeenheden

6.1.1 Inplanting

Langsheen het opgestelde tracé van de premetrolijn worden 6 stations voorzien. De stations zijn allemaal gelegen op karakteristieke plekken in de stad. Daarnaast werden de precieze inplantingen van de stations strategisch gekozen naargelang verscheidene contextuele factoren. Enerzijds zijn er civieltechnische randvoorwaarden zoals de beschikbare oppervlakte op het maaiveld en de nabijheid van ondergrondse en bovengrondse structuren. Anderzijds zijn er stedenbouwkundige factoren zoals de relatie met het maaiveld die invloed hebben gehad op de inplanting. De 6 stations die we onderscheiden zijn:

- Bolivar ;
- Museum ;
- Sint-Andries ;
- Groenplaats ;
- Stadswaag ;
- Ossenmarkt.



Figuur 15 – Inplanting stations

6.1.2 Diepte

Tussen de verschillende stations zijn fundamentele verschillen te herkennen in de diepteliggingen van de perronniveaus. Die varieert tussen ±15 m voor Station Museum en ±31 m voor Station Groenplaats. De oorsprong van deze verschillen in diepteligging is rechtstreeks te wijten aan het lengteprofiel van het tracé. Enerzijds dienen de TBM's op een veilige afstand onder de aanwezige ondergrondse infrastructuur te passeren, anderzijds spelen de overige exploitatiebeperkingen zoals de maximaal aan te houden hellingen ook een bepalende rol. Verder vertoont een deel van het tracé ook een gestapelde positionering van de tunnelbuizen. Hierdoor vertonen de stations die zich op dit noordelijk deel van het tracé bevinden een grote diepte ten aanzien van het onderste spoor. Onderstaande tabel geeft een samenvatting van de diepteligging tot de sporen van alle stations. Voor de gestapelde stations, zijnde Ossenmarkt en Stadswaag, is steeds de diepte van het onderste spoor gegeven.

	Ossenmarkt	Stadswaag	Groenplaats	Sint-Andries	Museum	Bolivar
Diepte tot spoor (m)	± 29	± 29	± 31	± 16	± 15	± 23

De totale diepte van elke doos is uiteraard nog iets aanzienlijker en is rechtstreeks afhankelijk van de relevante constructiemethode en de dikte van de fundering.

6.1.3 Geometrie

Ook de globale geometrie van de stations verschillen onderling. Hiervoor zijn verschillende oorzaken, zoals beschikbare geometrie aan de oppervlakte, type station, diepteligging van de perrons, enzovoort... Toch zijn er een aantal afmetingen die beschouwd werden als absolute minima en daardoor bepalend zijn. Zo zijn er afmetingen die afhankelijk zijn van de te bedienen trams of andere civieltechnische randvoorwaarden enerzijds en het comfort en de veiligheid van de reizigers anderzijds.

De voornaamste voorwaarden worden opgelegd bij de **perrons**. Gezien de types van de te bedienen trams wordt de minimale lengte van de perrons op 60 m genomen. Voor de breedte van de perrons wordt inzake comfort en veiligheid gestreefd naar minimaal 4 m. Lokale beperkingen ter plaatse van verticale circulatie, structurele elementen, uiteinden van perrons,... zijn echter toegestaan. De minimumwaarde voor de vrije breedte die we te allen tijde hanteren wordt gegeven in artikel 5.3.4 van de NFPA130 norm en luidt als volgt:

- Overall op de perrons dient in een min. breedte van 1120 mm voorzien te worden ;
- Naast een muur: 300 mm extra ;
- Aan de perronrand naast een spoor: 450 mm extra.

De afmetingen van de omhullende **doos** zijn op hun beurt sterk afhankelijk van civieltechnische randvoorwaarden en door de gekozen uitvoeringsmethode of typologie van het station. Stations uitgevoerd als een standaard doos in open bouwput zullen, ten gevolge van het feit dat de TBM's op een minimale afstand van elkaar erdoor dienen te boren, over de volledige diepte een grotere minimale breedte kennen dan stations uitgevoerd met grondbevriezing. Daarnaast zullen diepe stations ook lange trappartijen impliceren. Dit kan resulteren in ofwel een langer, ofwel een breder station. Daarom zal de geometrie van elk station apart geduid worden.

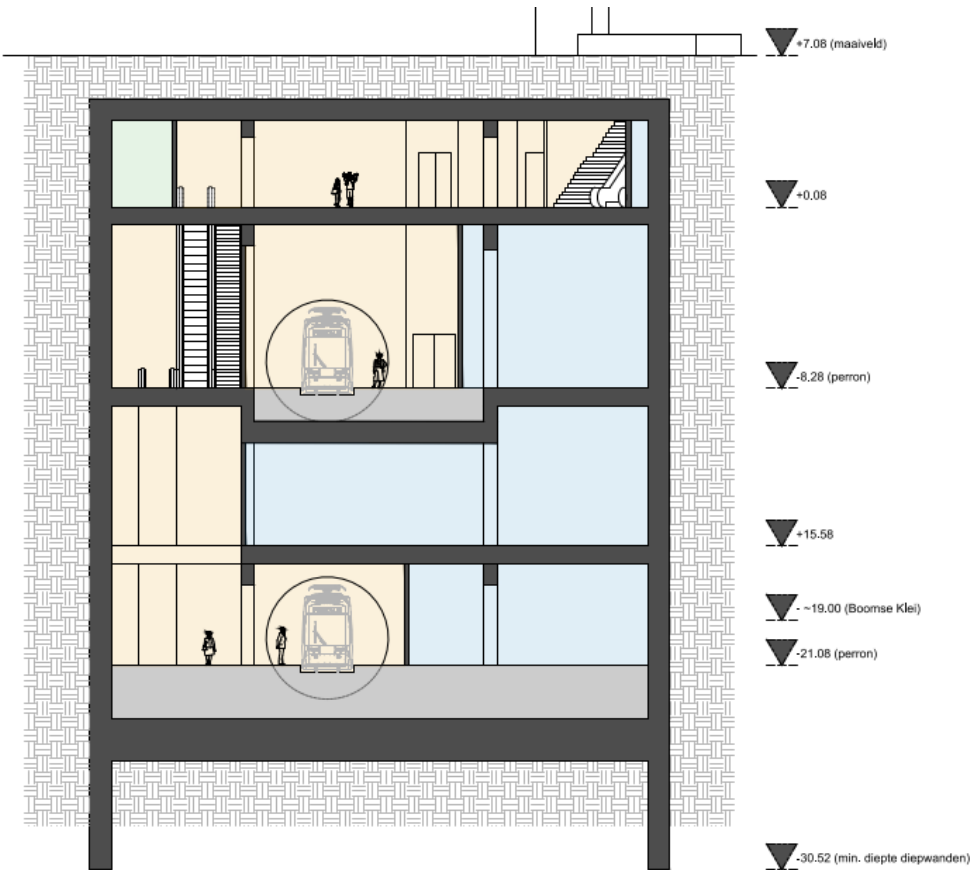
6.1.4 Type van stations

Er zijn 3 soorten stationconfiguraties.

1) Smalle doos (gestapelde buizen): Ossenmarkt + Stadswaag

De 2 stations over het noordelijk deel van het tracé zijn opgebouwd met de perronniveaus met de sporen boven elkaar.

De uitgraving van deze stations worden in 2 fases uitgevoerd: In eerste instantie wordt de uitgraving in de doos gerealiseerd tot het niveau van de bovenste tunnel. Eens deze gebouwd is, wordt de uitgraving verder afgewerkt tot aan de gewenste diepte. Dan wordt de definitieve vloerplaat gegoten en kan de 2^e tunnel het station passeren.

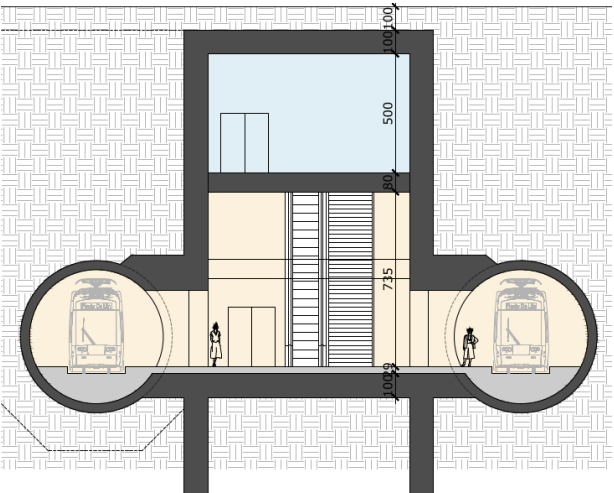


Figuur 16 – Type-snede diepe stations

2) Station met perrons in grondbevriezing (methode Keulen) : Sint-Andries/Groenplaats

De twee stations in het centrale deel van de tracé bevinden zich in een dichtbevolkt gebied. Als gevolg hiervan hebben we niet de benodigde oppervlakte om dozen te creëren die groot genoeg zijn om de twee sporen te ontvangen.

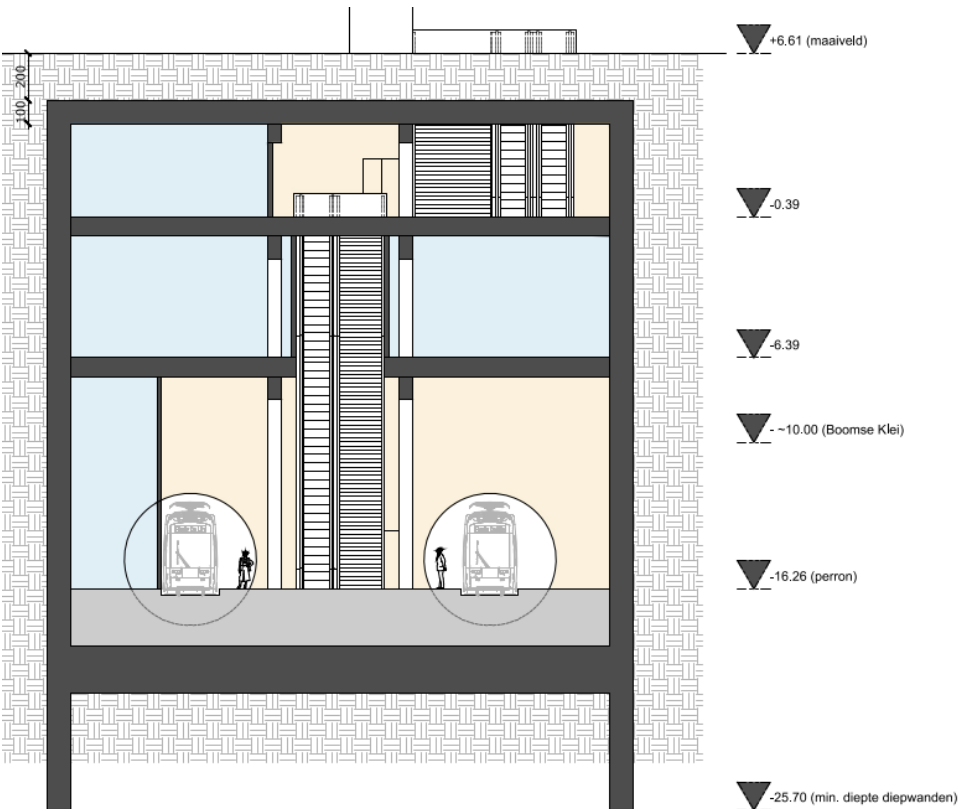
Deze stations zullen worden uitgevoerd door middel van de grondvriesmethode, dezelfde die werd gebruikt van de aanleg van de tram van Keulen. Ze bestaan uit een centrale smalle doos die op perronniveau is verbonden met de twee tunnels.



Figuur 17 – Type-snede stations met grondbevriezing

3) Standaard brede doos (open uitgraving) : Museum/Bolivar

De twee stations gelegen in het zuidelijk deel van het tracé kunnen in open ontgraving worden uitgevoerd omdat de oppervlakte voldoende is om een doos op te nemen die de twee parallelle tunnels omvat.



Figuur 18 – Type-snede stations met centraal perron

	Ossenmarkt	Stadswaag	Groenplaats	Sint-Andries	Museum	Bolivar
Type	Gestapeld	Gestapeld	Keulen	Keulen	Naast elkaar	Naast elkaar

6.1.5 Evacuatie

Het evacuatieprincipe voor de premetrostations is gebaseerd op de NFPA130 normering. Deze beschrijft bepaalde randvoorwaarden waaraan vluchtwegen dienen te voldoen. Daarnaast beschrijft de norm ook een berekeningsmethode om de minimale doorgangsbreedtes van de vluchtwegen/trappen te bekomen.

De NFPA eist volgende evacuatielijden:

- < 4 minuten om de perrons te evacueren
- < 6 minuten om te evacueren vanop het verst afgelegen punt op een perron tot een veilig punt

Een veilig punt is een punt dat zich ofwel buiten het station bevindt, ofwel veilig is doordat het is afgeschermd van een brandende tram op perronniveau door middel van een noodventilatiesysteem en ontroking.

Enkele bijkomende randvoorwaarden die door de NFPA130 normering worden opgelegd:

- Minimaal 1 gecompartmenteerde vluchtrap per perron (artikel 5.3.5.5);
- Bij de berekeningsmethode voor de minimaal benodigde doorgangsbreedte wordt 1 roltrap als zijnde buiten dienst beschouwd. Dit is degene die het grootste effect heeft op de evacuatielijd (artikel 5.3.5.6);
- De maximale loopafstand op het perron tot een punt waar de vluchtroute het perron verlaat mag niet groter zijn dan 100 m (artikel 5.3.3.5);
- De maximale gemeenschappelijke loopafstand naar 2 vluchtwegen vanaf de uiteinden van het perron mag niet groter zijn dan 25 m of 1 wagon (dewelke groter is) (artikel 5.3.3.6).

In het kader van deze haalbaarheidsstudie wordt er steeds beoogd om het veilige punt buiten het station te beschouwen. Bij de berekeningen van de minimale doorgangsbreedtes wordt uitgegaan van een perroncapaciteit van 800 personen, voor een centraal perron met sporen aan beide zijden resulteert dit in een capaciteit van 1600 personen.

6.1.6 Circulatie en toegankelijkheid

De circulatie in de stations vloeit veelal voort uit de idee om een heldere/overzichtelijke opzet te verkrijgen. Hierin werd steeds gestreefd naar een compacte, comfortabele verdeelhal waarbij de trappen zich in de zicht- en looplijnen van de reizigers bevinden. Om het oriëntatiegevoel van de reizigers nog te versterken, trachtten we om de trappartijen tussen de verdeelhal en het perronniveau zo veel mogelijk in één rechtstreekse lijn te laten verlopen.

De stations werden steeds voorzien van een combinatie tussen zowel vaste trappen als roltrappen. Daarnaast werden ook liften geïmplementeerd die het toelaten om vanaf het maaiveld zowel de verdeelhal als het (de) perronniveau(s) te bereiken. Elk perronniveau werd voorzien van één lift.

De trappartijen zijn telkens zo gepositioneerd dat ze overheersend aan één zijde van het perronniveau neerkomen. Daarom werd er steeds aan de tegenovergestelde zijde een gecompartmenteerde noodtrap voorzien. Echter, teneinde de veiligheid en evacuatie te bevorderen, werd veelal aan beide uiteinden een gecompartmenteerde noodtrap met veiligheidssas voorzien. Dit principe laat ook toe om de doorgangsbreedtes (conform NFPA 130) beperkt te houden voor stations met perrons op grote dieptes.

Vanuit de opdrachtgever werd aangegeven dat waar mogelijk twee toegangen vanop het maaiveld gewenst kunnen zijn inzake de evacuatie van de stations. Op vlak van circulatie/evacuatielijden bleek dit echter niet altijd noodzakelijk. Bij de stations waar dit wel nodig bleek, werden deze twee toegangen meteen mee uitgewerkt. Op de andere locaties werd minstens een aanzet gegeven waar een tweede toegang voorzien kan worden, maar werden deze niet meegenomen in de verdere uitwerking alsook berekening voor de doorgangsbreedtes.

Verder zijn de toegangen steeds uitgewerkt zodat de stations 's nachts kunnen afgesloten worden doormiddel van (rol)hekken of draaiportalen en overdag kunnen voorzien worden van een thermische afsluiting. Om de integrale toegankelijkheid te garanderen, is het belangrijk dat de publieke delen van een gebouw/infrastructuur makkelijk bereikbaar en begrijpelijk zijn voor iedereen. Daarom zijn de stations

voorzien van liften die alle publieke niveaus kunnen bedienen. De publieke ruimtes en de doorgangen in de stations zijn steeds voldoende ruim genomen, opdat een vlotte en veilige doorgang voor iedereen verzekerd kan worden. De ambitie om een compacte, heldere verdeelhal te voorzien ligt volledig in één lijn met de idee om een begrijpelijke omgeving te creëren.

6.1.7 Programma

6.1.8 Publieke ruimte

Inzake de publieke ruimte werd geen specifiek programma van eisen opgegeven. Algemeen gezien dient de publieke ruimte van de stations te bestaan uit een verdeelhal en de perrons die de trams bedienen. De functie van de verdeelhal bestaat eruit om de reizigers, die van het maaiveld of de perronniveaus komen, efficiënt te kunnen verdelen overheen de verschillende toegangen of verschillende lijnen/perrons waarover het station beschikt. Daarnaast is de verdeelhal ook de plaats waar zich de loketten of ticketautomaten bevinden. Gezien het prémetronet in Antwerpen geen gebruik maakt van betaalpoortjes of commerciële functies, beschrijft de verdeelhal eerder een overloofunctie.

6.1.9 Technische en ondersteunende lokalen

Vanuit de opdrachtgever werd initieel een lijst gegeven naar de benodigde technische en ondersteunende lokalen voor het prémetrostation. De totale benodigde netto-oppervlakte die hieruit resulteerde kwam uit op ±667 m² waarvan 60 m² op perronniveau. Gezien dit programma hoofdzakelijk afstamt van de stations uit het bestaande prémetronet, werd de oefening gemaakt om het programma te actualiseren naar de huidige normeringen en technieken door een vergelijking te maken met het programma van de MIVB in Brussel en de RATP in Parijs.

Hiervoor werd de initiële lijst van de opdrachtgever vergeleken met het benodigde programma van recente, gelijkaardige (tram-)projecten van vergelijkbare omvang. Na overleg met de opdrachtgever werd het programma aangevuld tot een benodigde netto-oppervlakte van ±1200 m² waarvan 60 m² op perronniveau. Desbetreffende lijst is weergegeven in onderstaande tabel.

TECHNISCHE + ONDERSTEUNENDE LOKALEN (NETTO)		OPP (m²)
RWA		
Ventilatielokaal		100
Ontroking Station		131,5
Ontroking Tunnel		338,7
Elektriciteit en tractie		
Onderstation		200
Tractiestation		200
Bordenlokaal		16
Watertellers		15,5
Telecom Alg		20
Algemene Lokalen		
Portiersloge + wc		17,5
Sanitair heren		6,5
Sanitair dames		6,5
Kuislokaal		12
Refter		25
Olielokaal		12
EHBO lokaal		12
Afvallokaal station		24
		1137,2
Perron		
Bordenlokaal		16
Kuislokaal		12
Seinlokaal		16
Reservelokaal		16
		60
TOTAAL		1197,2

De oppervlakten in de tabel zijn, zoals eerder aangehaald, de netto-oppervlakten. Om rekening te houden met circulatie (zowel voor mensen als technische kokers, horizontaal en verticaal) en andere 'verloren' ruimte vermenigvuldigen we deze netto-oppervlakte met een factor 1,2. De resulterende bruto-oppervlakte die in het kader van deze haalbaarheidsstudie gehanteerd wordt is daarmee $\pm 1437 \text{ m}^2$, waarvan minstens 72 m^2 zich op het perronniveau moet bevinden.

6.1.10 Uitvoeringsmethode

6.1.11 Open Bouwput

Dit is de klassieke methode om diepe putten te maken.

Aanvankelijk worden de diepwanden uitgevoerd vanaf het oppervlak over de hele omtrek van het station. Ze worden verankerd in de diepe kleilagen (van de Boomse Klei) waardoor een waterdichte ringmuur ontstaat.

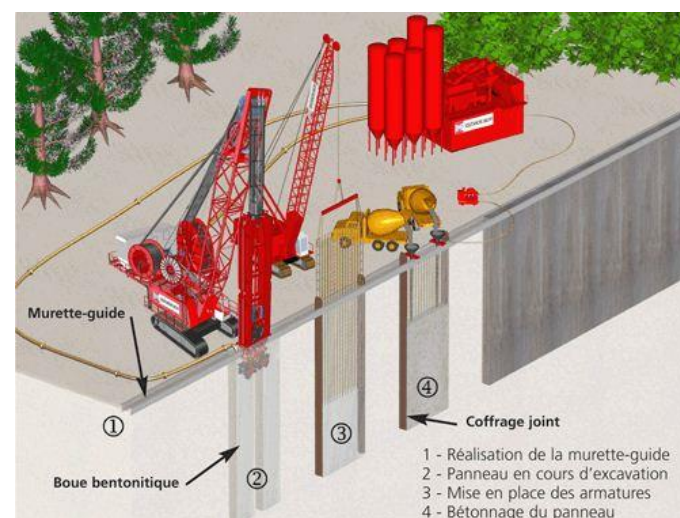
Vervolgens worden de grondwerken in de doos uitgevoerd. Het is mogelijk om een deel van de dakplaat te storten en vervolgens verder te gaan met een uitgraving in stross (onder een reeds uitgevoerde dakplaat), waardoor er snel kan overgegaan worden naar de vrijgave van het bovengronds verkeer.

Indien nodig om in tijdelijke fase de reeds uitgevoerde vloerplaten te dragen, kan het nodig zijn om de kolommen van de structuren tijdelijk te funderen voor de algemene vloerplaat wordt gegoten. Dit kan gerealiseerd worden door deze af te steunen op diepwandbaretten die samen met de rest van de diepwanden kunnen uitgevoerd worden voor start van de uitgraving.

In alle geval worden tijdelijke stutten of permanente platen niveau per niveau geïnstalleerd totdat ze de bodem van de uitgraving bereiken. Nadat de funderingsplaat is gestort, kunnen de tunnelboormachines het station passeren.

Deze methode wordt over het algemeen gebruikt voor alle stations, het zal nodig zijn om een voldoende oppervlakte van minimaal 1200 m^2 (exclusief de putruimtes) te voorzien voor de installatie van de site, inclusief:

- Torenkraan ;
- Diepwandmachine en slibbehandelingsinstallatie ;
- Opslagruimten ;
- Werfketen en sanitair.

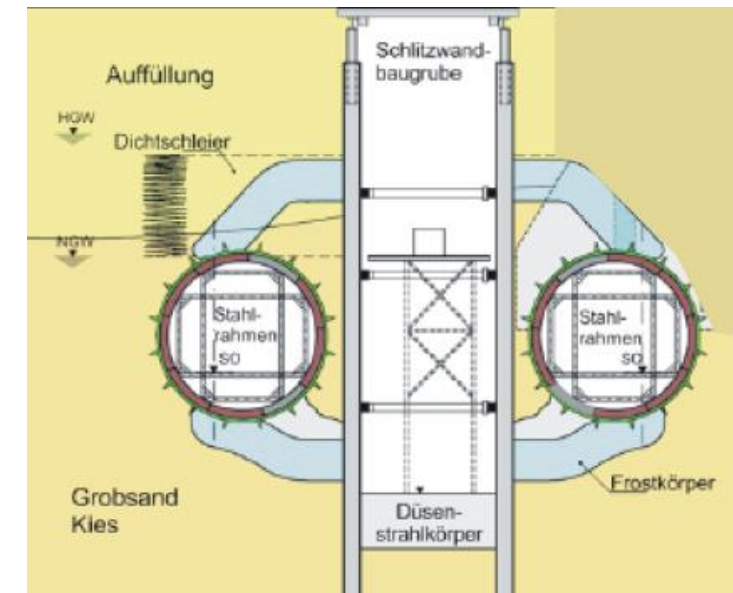


Figuur 19 – Werfinstallatie diepwanden

6.1.12 Grondbevriezing type Keulen

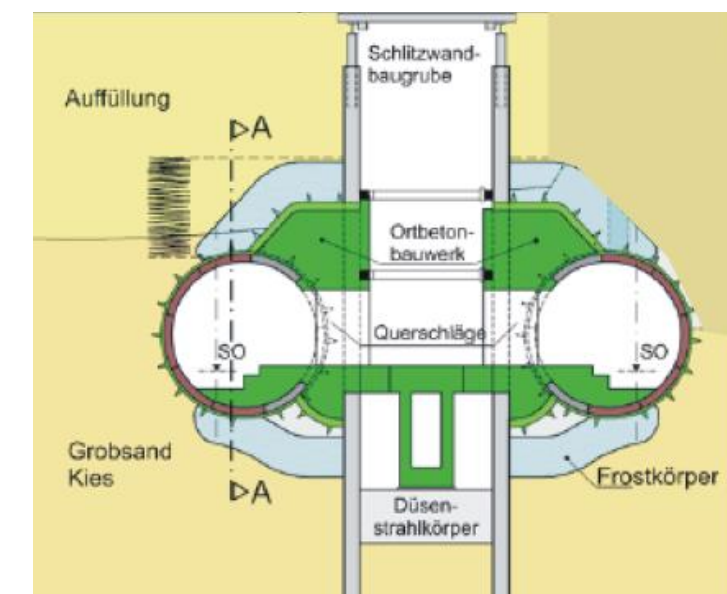
Op plaatsen waar de beschikbare oppervlakte / breedte niet voldoende is om een doos te realiseren die groot genoeg is voor de twee tunnels zal de grondbevriezingsmethode worden toegepast.

Deze methode bestaat uit de voorlopige realisatie van een smalle doos tussen de twee toekomstige tunnels. Na voltooiing van de tunnels worden er vriesbuizen geïnstalleerd tussen de centrale doos en de tunnels.



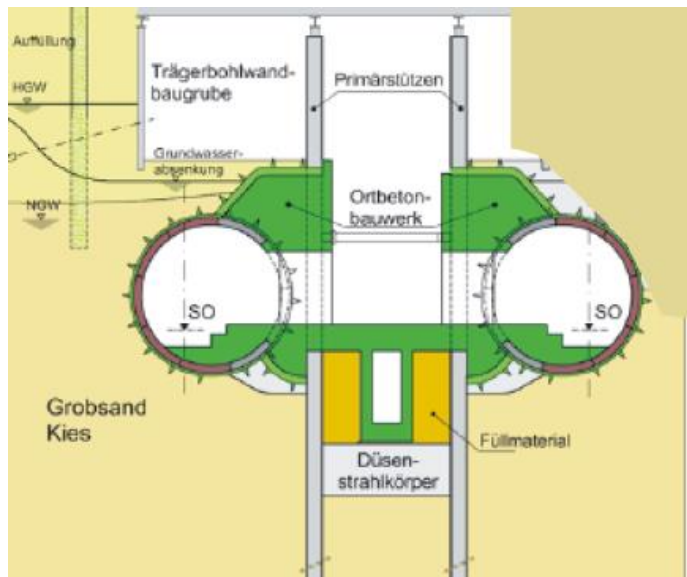
Figuur 20 – Fase bevroering

Het grondvolume tussen de centrale doos en de tunnels is bevroren, waardoor de uitgravingen mogelijk zijn om de verbinding tussen de centrale doos en de tunnels te maken.



Figuur 21 – Fase bouw van de perrongedeeltes

Zodra de verbinding tussen de doos en de tunnels is voltooid, stoppen we met het bevroren van het grondstuk en wordt het station afgewerkt.



Figuur 22 – Finale toestand

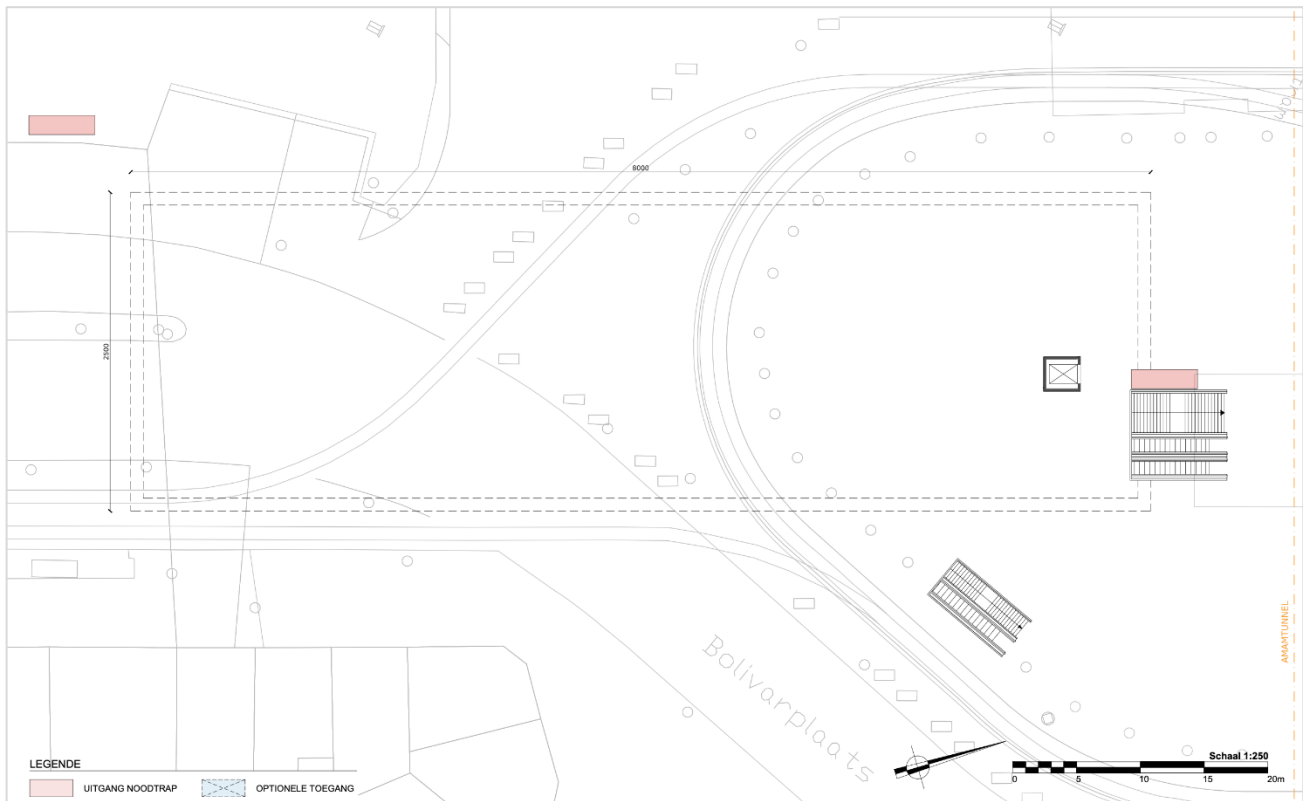
Deze methode vereist extra oppervlakte voor de installatie van een koelinstallatie. Voor stations die volgens deze methode zijn gebouwd, is ongeveer 1500 m² werfinname nodig.

De werfinrichtingsplannen worden voor elk station als bijlage toegevoegd. Daarnaast zal in de planning rekening gehouden moeten worden met een extra uitvoeringsperiode voor deze specifieke fase.

Deze bouwmethode veroorzaakt onvermijdelijk zettingen (bvb bij het bevroren en achteraf ontdooien van de ondergrond). Daarom zullen er bij deze werken ook zeker zettingscompenserende maatregelen moeten genomen worden. Hierbij is een actief systeem met Compensation Grouting te voorzien. Bij dit principe worden er vanuit een bouwput pijpjes in de grond geboord van waaruit er dan injecties kunnen gebeuren die eventuele zettingen aan gebouwen voorafgaan kunnen compenseren. Op deze manier wordt op actieve wijze schade vermeden.

6.2 Station Bolivar

6.2.1 Inplanting



Figuur 23 – Niveau +0, maaiveld – Station Bolivar

Station Bolivar is ingepland in het zuidelijke gedeelte van de Bolivarplaats en in het verlengde van de Brusselstraat. De doos is zo gepositioneerd dat ze met één uiteinde op de Bolivarplaats uitkomt, opdat de toegangen daar voorzien kunnen worden. Hier kunnen de toegangen ten volste benut worden, mede door de rechtstreekse relatie met het monumentale Antwerpse gerechtsgebouw. Belangrijk bij de positionering van het station is ook de aanwezigheid van de bestaande Bolivartunnel die onder het gerechtsgebouw doorloopt.

6.2.2 Diepte

Station Bolivar wordt gekenmerkt door een relatief grote diepte. Het perronniveau bevindt zich hier op 22,87 m diepte ten opzichte van het maaiveld. De reden voor deze diepte is de naastliggende Bolivartunnel waaronder de TBM's moeten passeren.

6.2.3 Geometrie

De geometrie van Station Bolivar kan eenvoudig beschreven worden als een langgerekte rechthoekige doos met een breedte van 25 m en een lengte van 80 m.

6.2.4 Type van stations

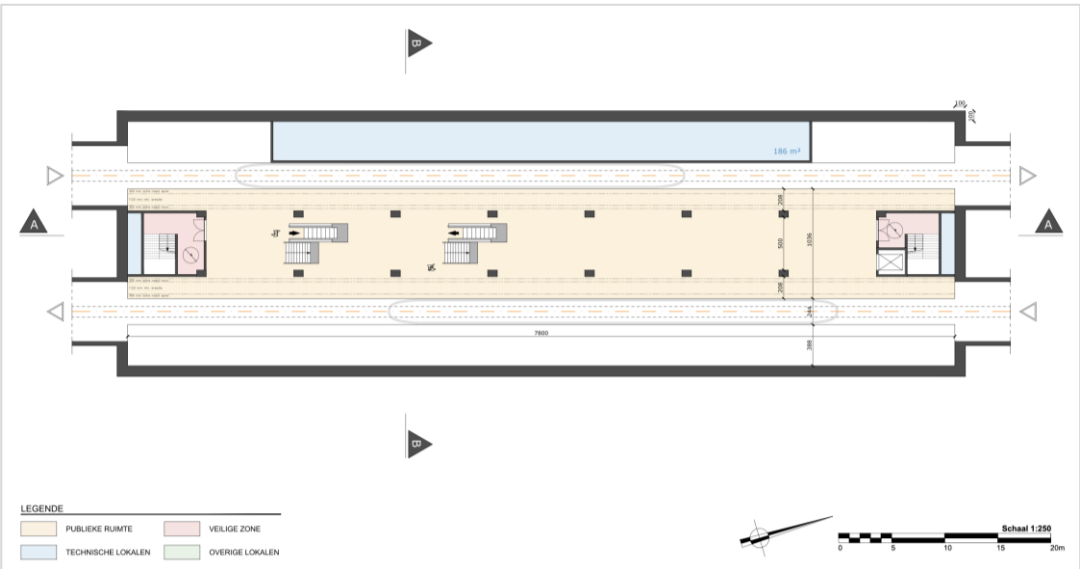
Dit is een standaard station (open uitgraving), waarbij de twee tunnels op hetzelfde niveau volledig geïntegreerd zijn in de stationsdoos.

6.2.5 Evacuatie

De huidige indeling van Station Bolivar laat toe om het gehele station te evacueren conform NFPA130 met de buitenomgeving als veilige zone. Het gedetailleerde rekenblad kan gevonden worden in de bijlagen. De evacuatie tijden van het perronniveau en het volledige station zijn te vinden in onderstaande tabel.

EVACUATIE TIJDEN BOLIVAR	
Perronniveau (< 4 min)	3,64 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	5,73 minuten

Het station bevat, naast de dagelijks te gebruiken trappenpartijen, twee gecompartmenteerde noodtrappen aan beide uiteinden van de perrons. Deze bezitten beide een veiligheidssas en geven rechtstreeks uit op het maaiveld. Ook aan de verdeelhal is er een veiligheidssas dat uitgaat op één van de noodtrappen.



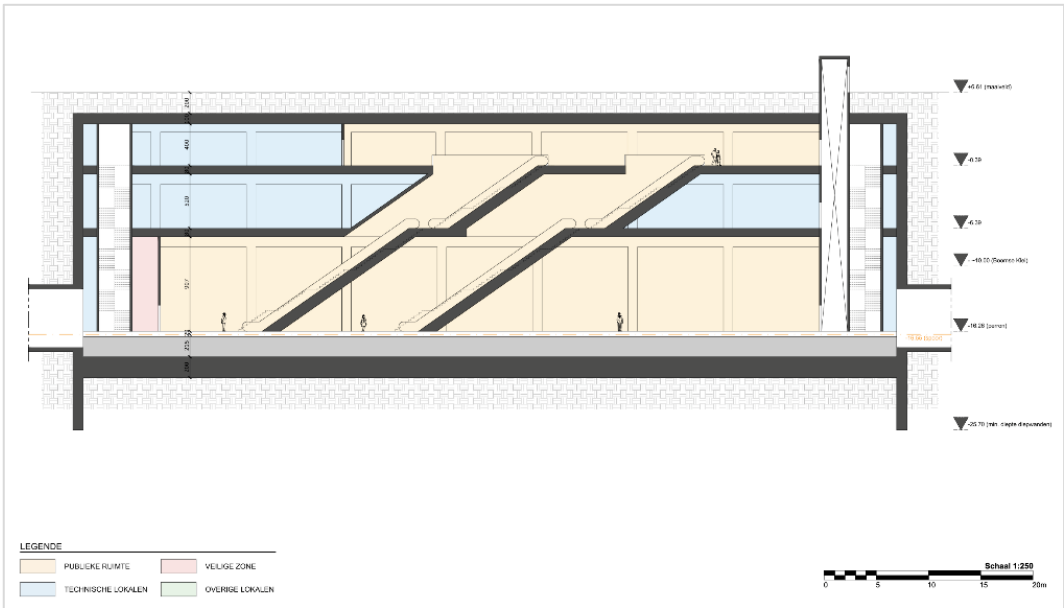
Figuur 24 – Niveau -3, centraal perron – Station Bolivar

6.2.6 Circulatie en toegankelijkheid

Station Bolivar bevindt zich zoals eerder aangegeven op het zuidelijke gedeelte van de Bolivarplaats, naast het Antwerpse gerechtsgebouw. Op dit gedeelte van het plein bevinden zich twee toegangen die neerdalen in de verdeelhal van het station. De grootste van de twee geeft bovendien uit op de hoofdingang van het monumentale gerechtsgebouw.

Eens in de compacte doch ruime verdeelhal, kunnen de reizigers in één vloeiende beweging doorsteken naar het perronniveau dat zich 16 m lager bevindt. Ondanks deze grote diepte van het perronniveau en de daarbij horende lange stijglijnen, kan de volledige beweging tussen maaiveld en perron gebeuren zonder draai/keerpunten.

Verder is het station voorzien van een lift, die rechtstreeks in verbinding staat met het maaiveld, de verdeelhal en het perronniveau.

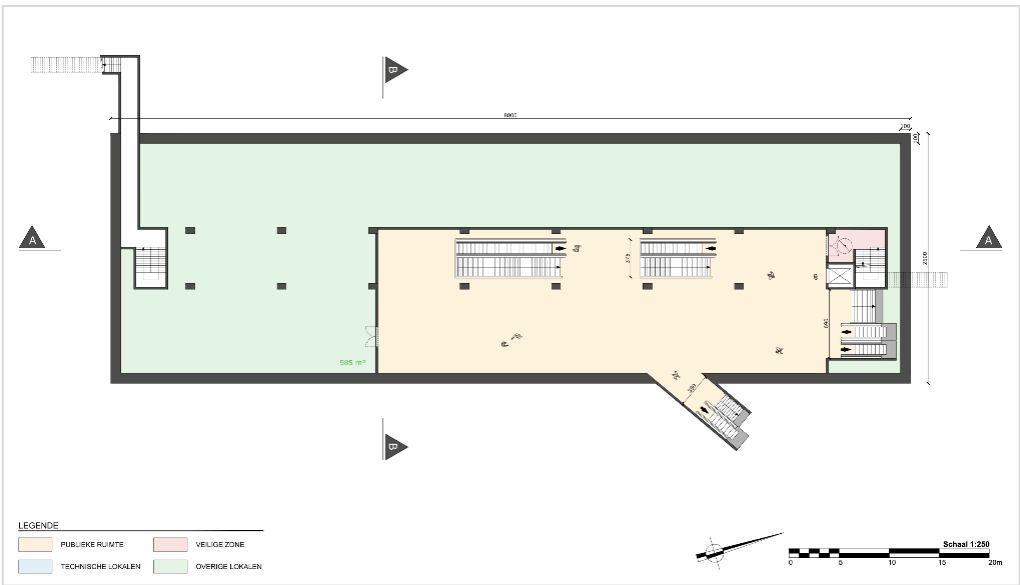


Figuur 25 – Langsdoorsnede (AA) – Station Bolivar

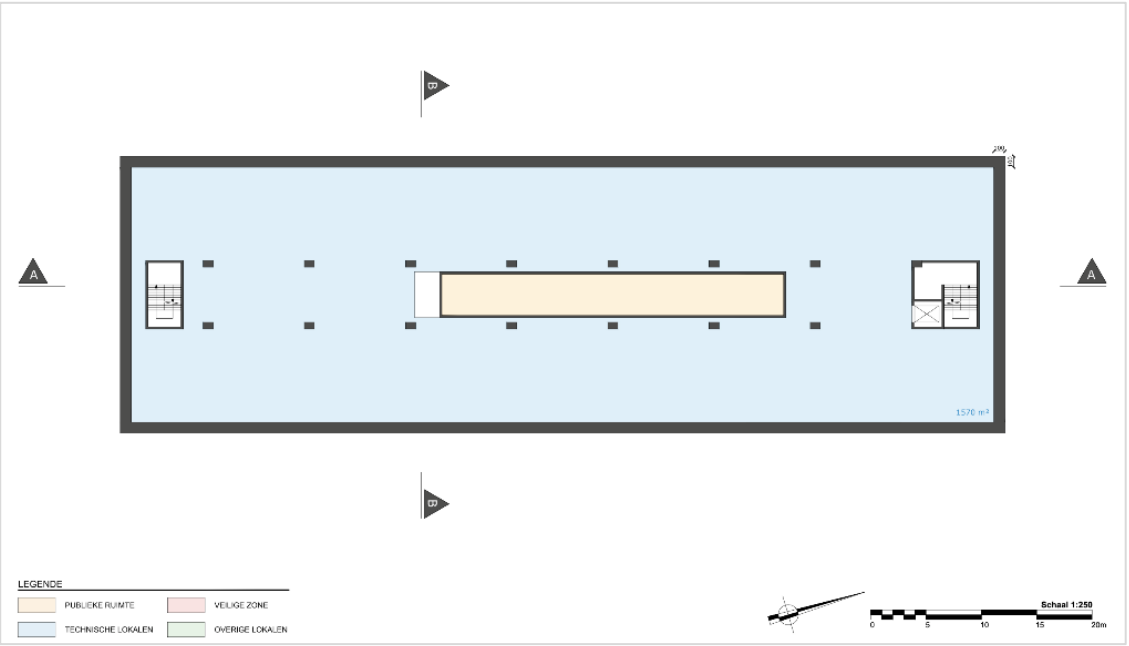
6.2.7 Programma

In totaliteit beschikt Station Bolivar over 2741 m² aan mogelijke invulling voor technische lokalen. De verdeling overheen de verschillende niveaus is weergegeven in onderstaande tabel. Het volledige programma aan technische lokalen, zoals opgesteld in paragraaf 6.1.9, kan dus verdeeld worden overheen de niveaus -2 en -3. Dit impliceert dat de beschikbare 985 m² op het -1 niveau kan ingezet worden voor andere doeleinden.

LOKALEN BOLIVAR	
Niveau -1	985 m²
Niveau -2	1570 m²
Niveau -3 (perron)	186 m²
TOTAAL	2741 m²



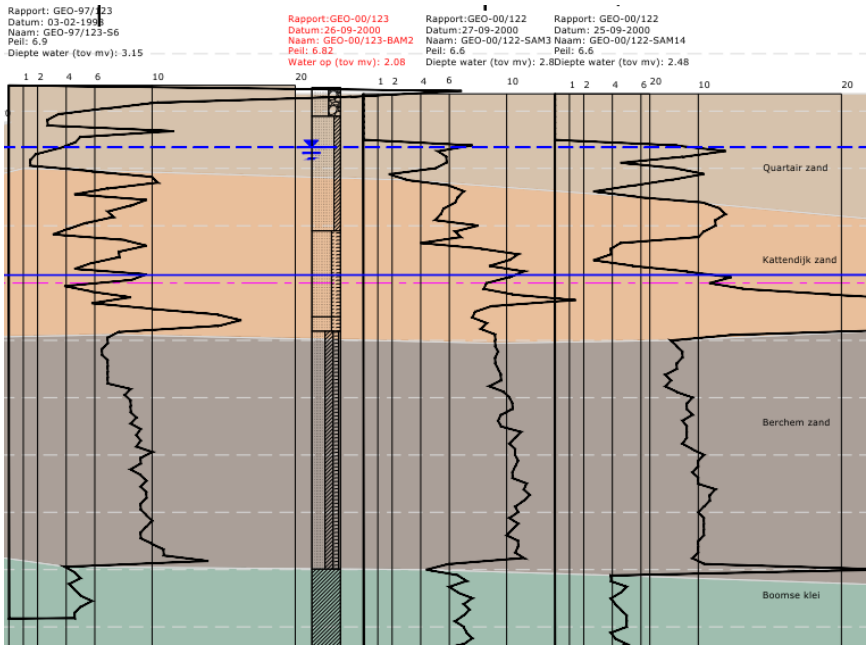
Figuur 26 – Niveau -1, overige lokalen en verdeelhal – Station Bolivar



Figuur 27 – Niveau -2, technische lokalen – Station Bolivar

6.2.8 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van Bolivar een laag quartair zand is van 3 tot 4,5 m dik. Daaronder zit een laag Kattendijk zand die 4 tot 6 m dik is. Daaronder is er een laag Berchem zand die tot 8,5 m dik is. Daaronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 28 – Ondergrond t.h.v. Bolivar

6.2.9 Werfzone en Fasering

Het station is gelegen onder de Bolivarplaats. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 29 – Werfinstallatie Bolivar

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig. De dakplaat kan dan gestort worden, waardoor het verkeer op de Bolivarplaats gedeeltelijk hersteld zou kunnen worden. Voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal moeten de toegangsschachten echter gedurende de gehele duur van de werf worden behouden.

Ook moeten de tramsporen tijdelijk verplaatst worden en worden ze achteraf op de definitieve dakplaat terug voorzien.

De geplande fasering is als volgt :

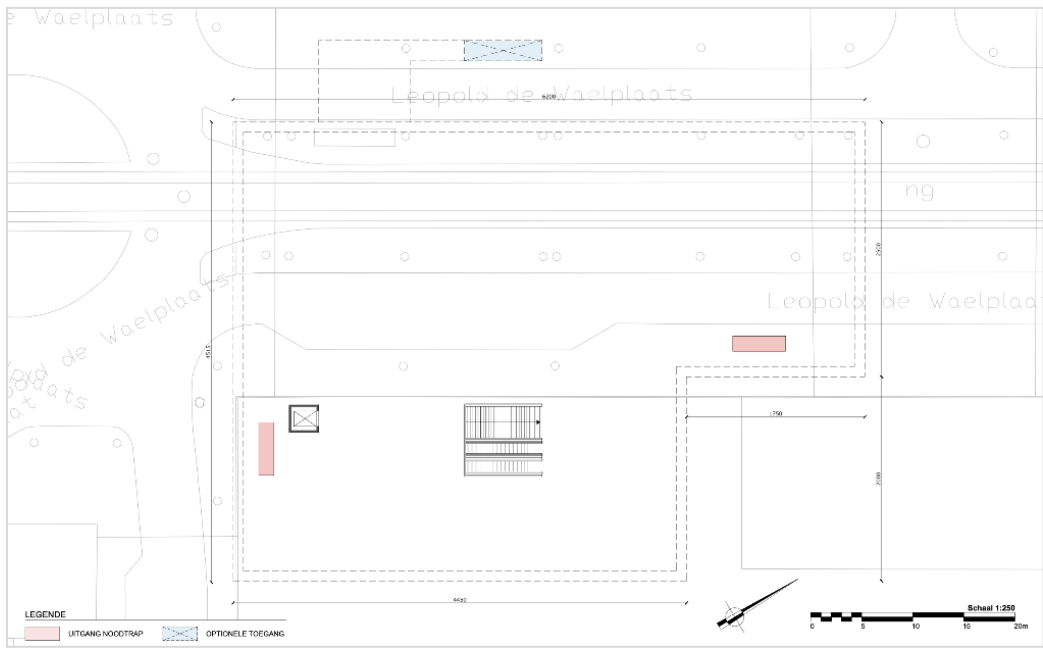
- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen, inclusief de omleiding van de tramnetten om de bouw van het station mogelijk te maken
- Uitvoering van de diepwanden en de voorgevormde kolommen
- Bouw van de dakplaat
- Grondwerken tot op niveau vloerplaat
- Passage van de tunnels door het station
- Definitieve afsluiting van de tunnelritten en afwerking van het station

6.2.10 Planning

- De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt :
- Voorbereidende werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 12 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen gelegen op het plein en omleiding van de tram. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd. De eisen aan mogelijke onderbrekingen en omleidingen van de tramlijnen zullen een grote invloed hebben op de globale planning van het station.
 - Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
 - Civieltechnische werken: 41 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden en voorgevormde kolommen: 11 maanden
 - Dakplaat en grondwerken tot op niveau vloerplaat: 14 maanden
 - Passage van de tunnelboormachine 1: 2 maanden
 - Passage van de tunnelboormachine 2: 2 maanden
 - Vloeren en interne structuren: 8 maanden
 - Nooduitgangen: 2 maanden
 - Afwerking van het station: 2 maanden
 - Afwerking en speciale technieken: 15 maanden

6.3 Station Museum

6.3.1 Inplanting



Figuur 30 – Niveau +0, maaiveld – Station Museum

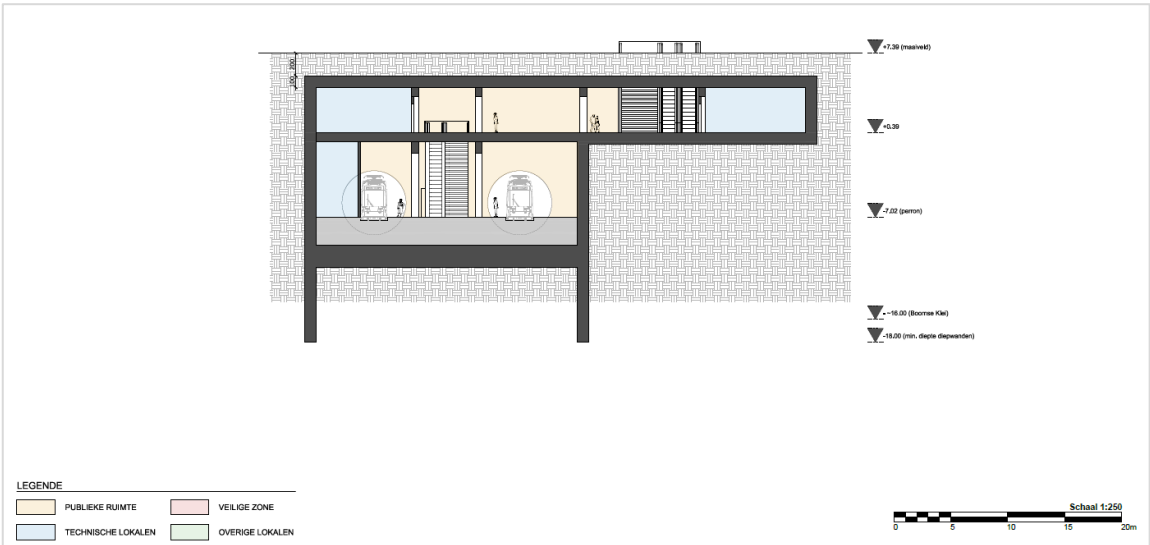
Station Museum is ingepland onder de Leopold de Waelplaats aan de zuidelijke kant van de hoofdingang van het Koninklijk Museum voor Schone Kunsten (KSMKA) van Antwerpen. Hierbij maakt de doos een uitbreiding tot op het voorplein van het museum. Enerzijds om daar de toegang tot het station te kunnen voorzien, anderzijds om extra oppervlakte te bieden om het programma aan technische lokalen te kunnen huisvesten. Bij deze uitbreiding werd de nodige aandacht besteed om niet aan het kunstwerk ‘Diepe Fontein’ van Cristina Iglesias te komen dat zich precies voor de hoofdingang van het KMSKA bevindt.

6.3.2 Diepte

Station Museum is het meest ondiepe van al de stations in deze haalbaarheidsstudie. Het perronniveau bevindt zich op een diepte van 14,41 m ten opzichte van het maaiveld.

6.3.3 Geometrie

Station Museum bestaat een rechthoekige doos van 25 m breed een 62 m lang dat zich met twee niveaus uitstrekt over de volledige diepte. Op het -1 niveau kent het station een uitbreiding van 20 m breed over een lengte van 44,5 m waardoor dit -1 niveau een L-vorm vertoont.



Figuur 31 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Museum

6.3.4 Type van stations

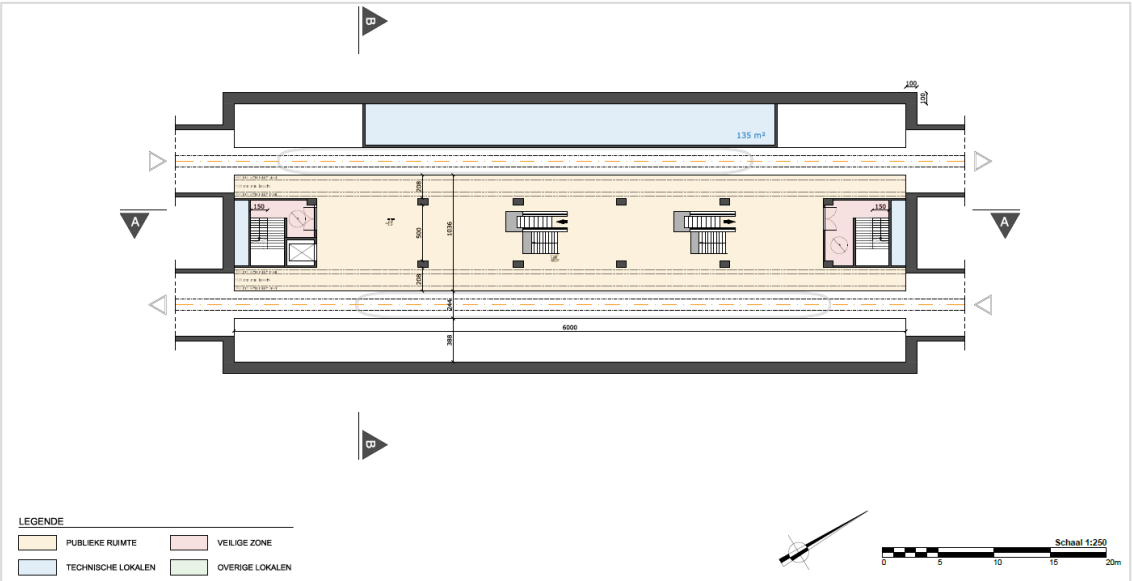
Dit is een standaard station (open uitgraving), waarbij de twee tunnels op hetzelfde niveau volledig geïntegreerd zijn in de stationsdoos.

6.3.5 Evacuatie

De huidige indeling van Station Museum laat toe om het gehele station te evacueren conform NFPA130 met de buitenomgeving als veilige zone. Het gedetailleerde rekenblad kan gevonden worden in de bijlagen. De evacuatietijden van het perronniveau en het volledige station zijn vinden in onderstaande tabel.

EVACUATIENTIJDEN MUSEUM	
Perronniveau (< 4 min)	3,64 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	5,54 minuten

Het station bevat, naast de dagelijks te gebruiken trappenpartijen, twee gecompartmenteerde noodtrappen aan beide uiteinden van de perrons. Deze bezitten beide een veiligheidssas en geven rechtstreeks uit op het maaiveld. Ook aan de verdeelhal is een ruim veiligheidssas dat uitgaat op een van de noodtrappen.



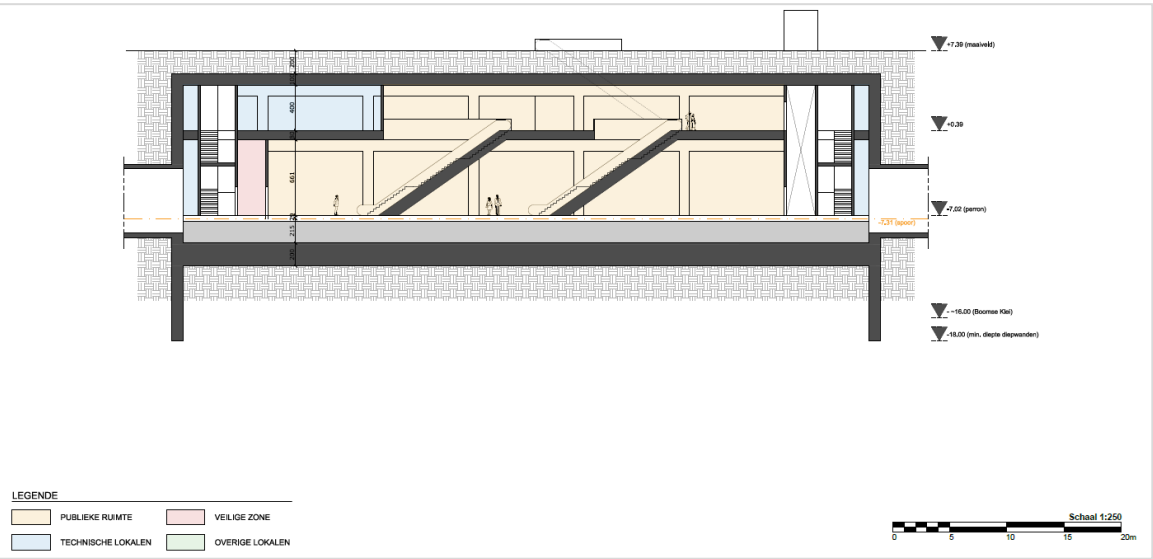
Figuur 32 – Niveau -2, centraal perron – Station Museum

6.3.6 Circulatie en toegankelijkheid

Station Museum bevindt zich zoals eerder aangegeven onder de Leopold de Waelplaats, met een uitbreiding onder het voorplein van het Koninklijk Museum voor Schone Kunsten. Het is ter hoogte van dit voorplein dat de toegang zich bevindt, die bovendien georiënteerd is in de richting van het wederom monumentale museum. Een tweede toegang werd in dit voorstel niet uitgewerkt, doch werd er wel een aanzet gegeven voor een tweede toegang aan de overzijde van de Leopold de Waelplaats.

Eens neergedaald in de verdeelhal, kunnen de reizigers doorstromen naar het perronniveau via twee trappartijen die zich aan de overzijde van de verdeelhal bevinden. Het perronniveau ligt hier slechts 7,5 m lager waardoor de stijglijnen beperkt in lengte blijven.

Verder is het station voorzien van twee liften. De ene voorziet de stroom tussen het maaiveld en de verdeelhal, de andere tussen de verdeelhal en het perronniveau.

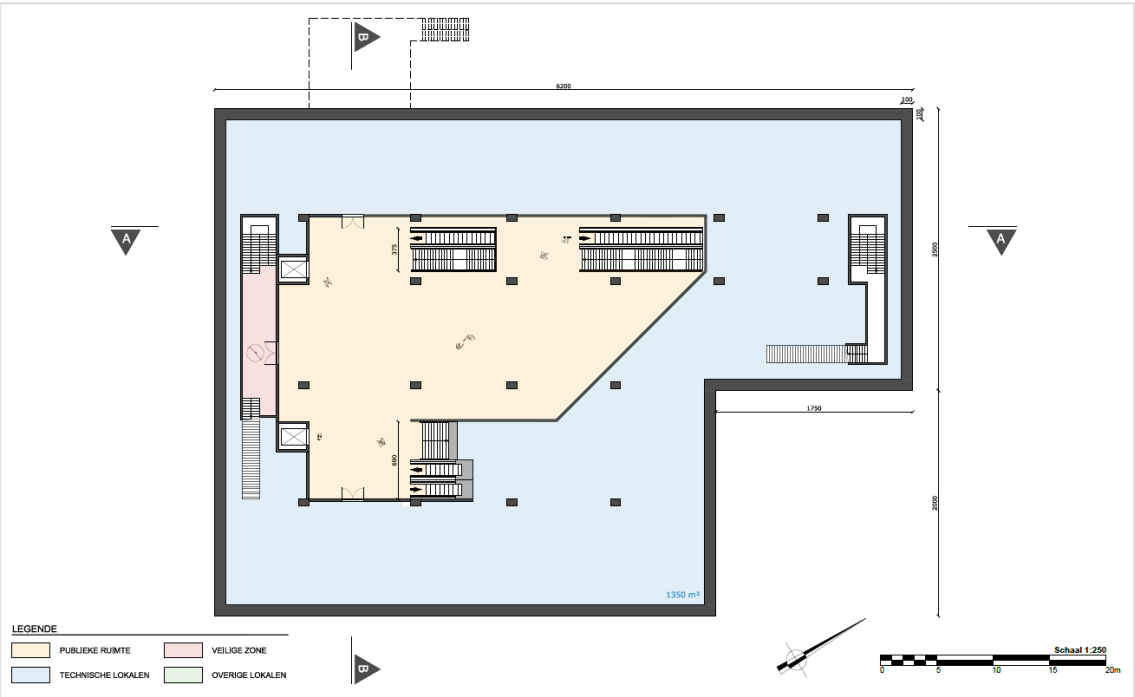


Figuur 33 – Langsdoorsnede (AA) – Station Museum

6.3.7 Programma

In totaliteit beschikt Station Museum over $\pm 1485 \text{ m}^2$ aan mogelijke invulling voor technische lokalen. De verdeling overheen de verschillende niveaus is weergegeven in onderstaande tabel. Het volledige programma aan technische lokalen, zoals opgesteld in paragraaf 6.1.9, past daarmee in de huidige opstelling. Daarbij is het mogelijk om de ruimte aan technische lokalen op perronniveau te ontdubbelen aan de andere zijde van het station indien nodig.

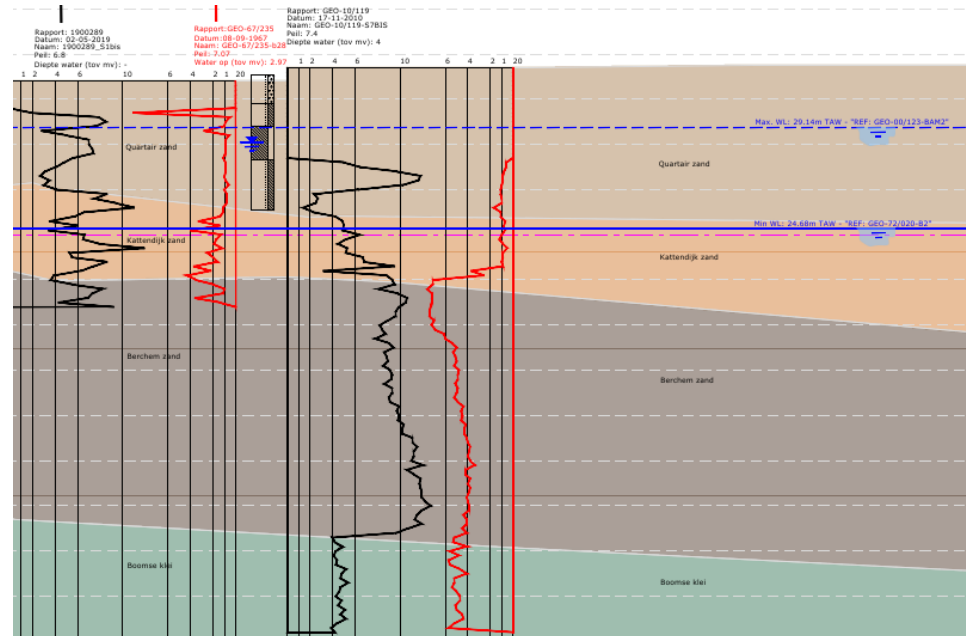
LOKALEN MUSEUM	
Niveau -1	1350 m ²
Niveau -2 (perron)	135 m ²
TOTAAL	1485 m²



Figuur 34 – Niveau -1, technische lokalen en verdeelhal – Station Museum

6.3.8 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van Museum een laag quartair zand is van 4,5 tot 7 m dik. Daaronder zit een laag Kattendijk zand die 3 tot 5 m dik is. Daaronder is er Berchem zand van 10,5 tot 11,5 m dik. Daaronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 35 – Ondergrond t.h.v. Museum

6.3.9 Werfzone en Fasering

Het station is gelegen onder de Leopold de Waelplaats. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 36 – Werfinstallatie Museum

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig. De dakplaat kan dan gestort worden, waardoor het verkeer op de Leopold de Waelstraat gedeeltelijk hersteld zou kunnen

worden. Voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal moeten de toegangspuitten echter gedurende de gehele duur van de werf worden behouden.
De transporen zullen tijdelijk verplaatst moeten worden en achteraf terug op de definitieve dakplaat voorzien worden.

De geplande fasering is als volgt :

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen, inclusief de omleiding van de tramnetten om de bouw van het station mogelijk te maken
- Uitvoering van de diepwanden en de voorgevormde kolommen
- Uitvoering van de dakplaat
- Grondwerken tot op niveau vloerplaat
- Passage van de tunnels door het station
- Definitieve afsluiting van de tunnelinritten en afwerking van het station

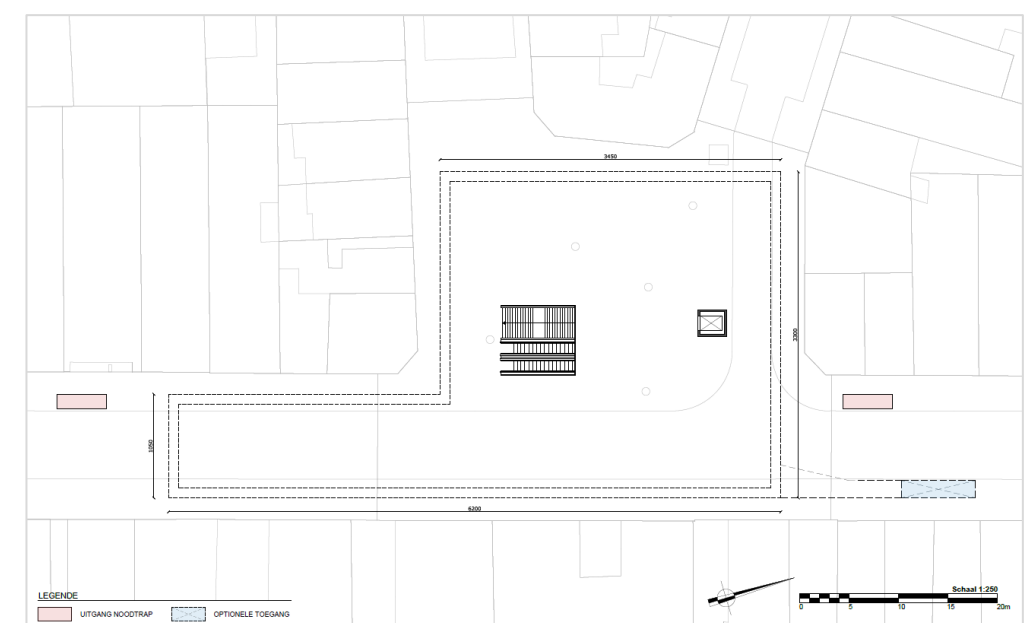
6.3.10 Planning

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt :

- Voorbereidende werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 12 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen gelegen op het plein en omleiding van de tram. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd. De eisen aan mogelijke onderbrekingen en omleidingen van de tramlijnen zullen een grote invloed hebben op de globale planning van het station.
- Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
- Civieltechnische werken: 41 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden en voorgevormde kolommen: 8 maanden
 - Dakplaat en grondwerken tot op niveau vloerplaat: 11 maanden
 - Passage van de tunnelboormachine 1: 2 maanden
 - Passage van de tunnelboormachine 2: 2 maanden
 - Minder diepe zone en nooduitgangen: 14 maanden
 - Vloeren en interne structuren: 4 maanden
 - Afwerking van het station: 2 maanden
- Afwerking en speciale technieken: 15 maanden

6.4 Station Sint-Andries

6.4.1 Inplanting

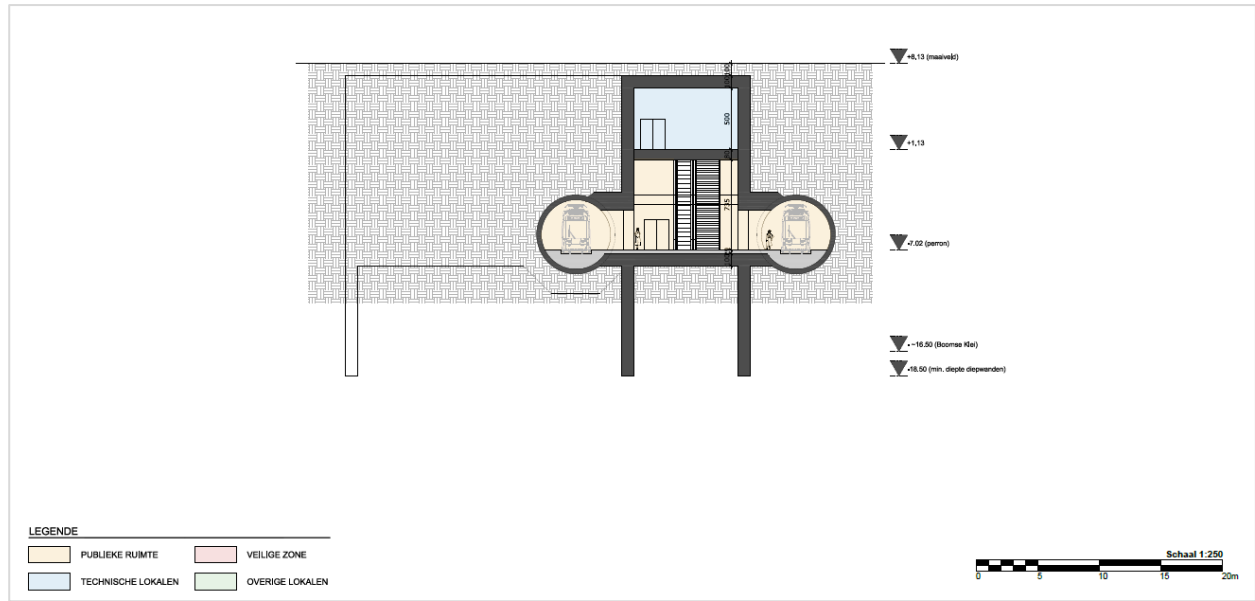


Figuur 37 – Niveau +0, maaiveld – Station Sint-Andries

Station Sint-Adries is ingepland in de Nationalestraat ter hoogte van het pleintje ‘De Neus’. Hierbij maakt de smalle doos een uitbreiding die zo goed als de gehele oppervlakte van het plein inneemt. Deze uitbreiding was genoodzaakt om twee redenen. Enerzijds om de toegang en de verdeelhal te kunnen huisvesten, anderzijds om de benodigde oppervlakte voor de technische lokalen te kunnen genereren.

6.4.2 Diepte

Station Sint-Andries is een ondiep station. Het perronniveau ligt op een diepte van 15,15 m ten opzichte van het maaiveld.



Figuur 38 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Sint-Andries

6.4.3 Geometrie

De geometrie van Station Sint-Andries kan beschreven worden als een L-vormig station dat bestaat uit een lang en smal rechthoekig volume van 10,5 m breed en 62 m lang met een grote uitbreiding van 22,5 m breed en 34,5 m lang. Deze footprint strekt zich uit over de volledige diepte van het station.

6.4.4 Type van stations

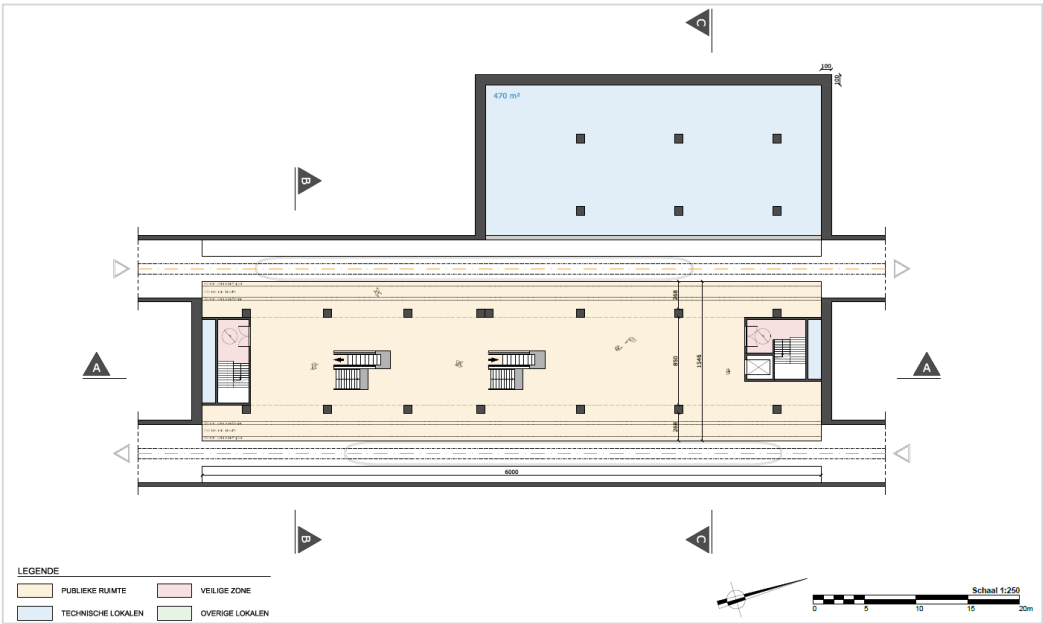
Het gaat hier om een vriesstation, met aansluiting op de tunnels op hetzelfde niveau door de vriesmethode.

6.4.5 Evacuatie

De huidige indeling van Station Sint-Andries laat toe om het gehele station te evacueren conform NFPA130 met de buitenomgeving als veilige zone. Het gedetailleerde rekenblad kan gevonden worden in de bijlagen. De evacuatie tijden van het perronniveau en het volledige station zijn vinden in onderstaande tabel.

EVACUATIE TIJDEN SINT-ANDRIES	
Perronniveau (< 4 min)	3,64 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	5,57 minuten

Het station bevat naast de dagelijks te gebruiken trappenpartijen, twee gecompartmenteerde noodtrappen aan beide uiteinden van de perrons. Deze bezitten beide een veiligheidssas en geven rechtstreeks uit op het maaiveld. Ook aan de verdeelhal is een veiligheidssas dat uitgaat op een van de noodtrappen.



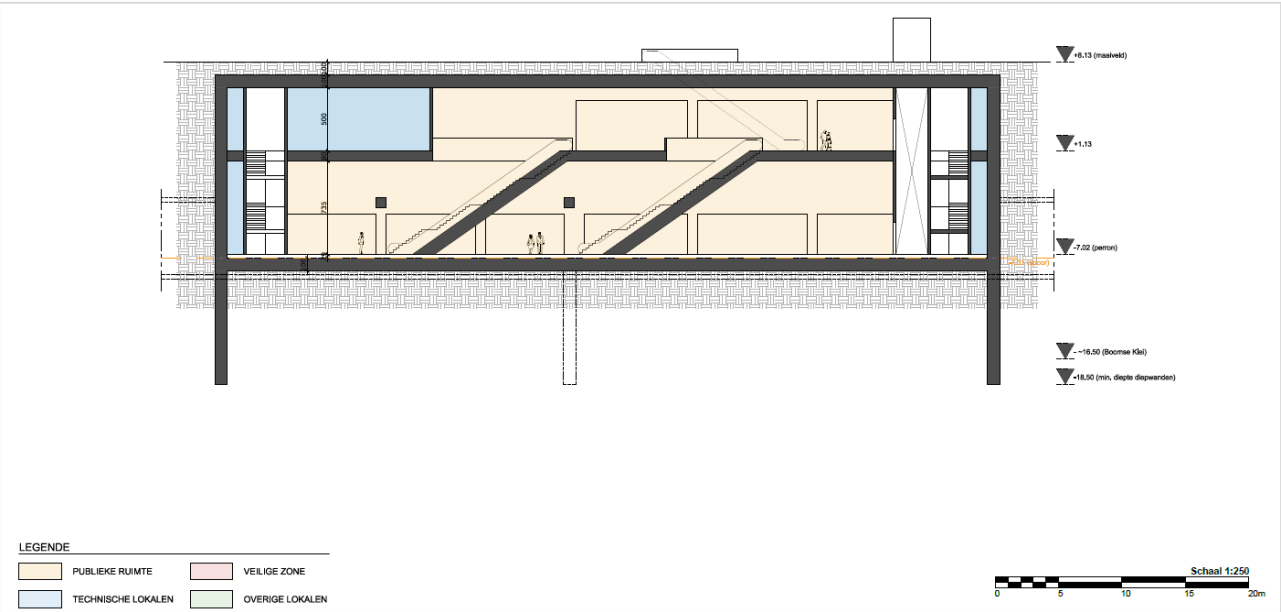
Figuur 39 – Niveau -2, centraal perron – Station Sint-Andries

6.4.6 Circulatie en Toegankelijkheid

De toegang van Station Sint-Andries bevindt zich zoals eerder vermeld op plein ‘De Neus’ en evenwijdig aan de Nationalestraat. In dit voorstel is er slechts één toegang uitgewerkt, maar is de aanzet gegeven voor een mogelijks tweede toegang aan de overzijde van de Nationalestraat. De beschikbare ruimte op het voetpad is daar echter beperkt. Toch kan op deze manier de enkele grootschaligere toegang opgedeeld worden in twee kleinere toegangen.

Eens neergedaald in de verdeelhal, kunnen de reizigers doorstromen naar het perronniveau via twee trappartijen die zich aan de overzijde van de verdeelhal bevinden. Het perronniveau ligt hier 8 m lager waardoor de stijglijnen beperkt in lengte blijven.

Verder is het station voorzien van twee liften. De ene voorziet de stroom tussen het maaiveld en de verdeelhal, de andere tussen de verdeelhal en het perronniveau.

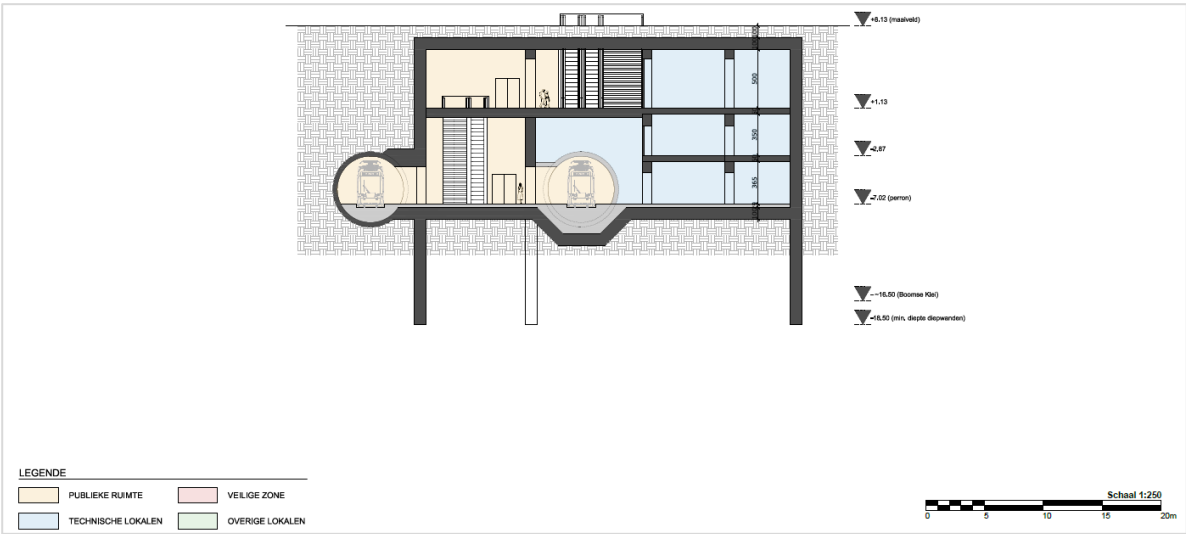


Figuur 40 – Langsdoorsnede (AA) – Station Sint-Andries

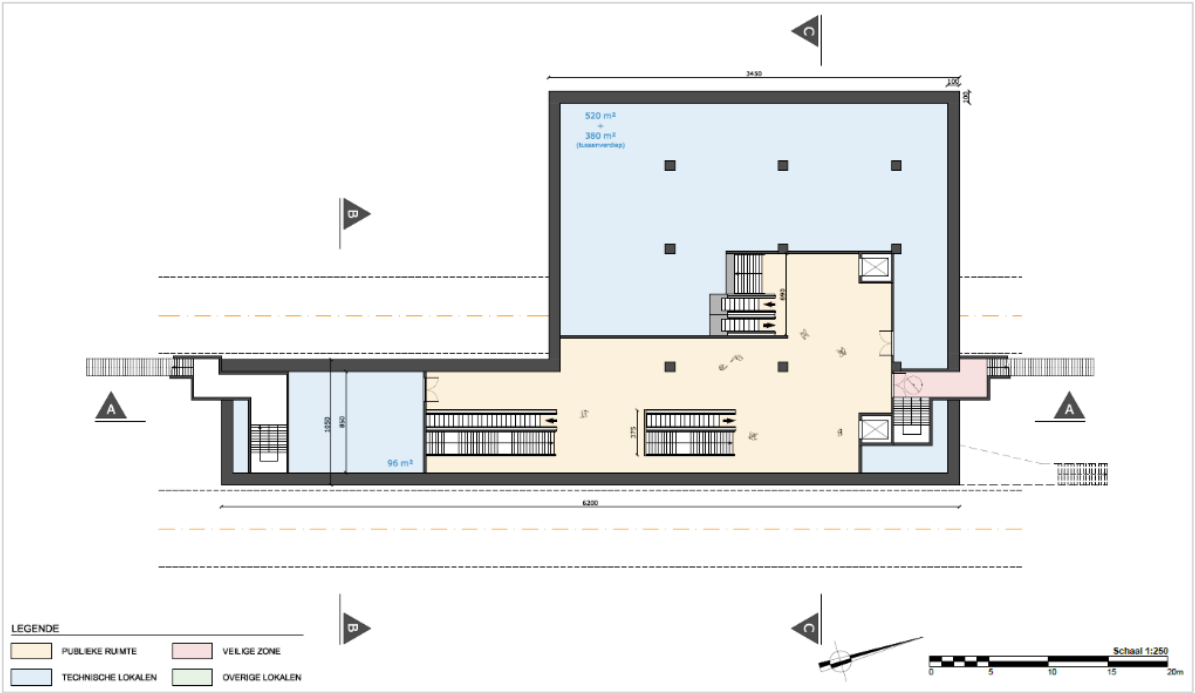
6.4.7 Programma

In totaliteit beschikt Station Sint-Andries over ± 1466 m² aan mogelijke invulling voor technische lokalen. Om de benodigde oppervlakte te verkrijgen, werd een deel van het volume voorzien van een extra tussenverdieping. Dit is te zien op de dwarsdoorsnede ‘C-C’. De verdeling overheen de verschillende niveaus is weergegeven in onderstaande tabel. Het volledige programma aan technische lokalen, zoals opgesteld in paragraaf 6.1.9, past daarmee in de huidige opstelling.

LOKALEN SINT-ANDRIES	
Niveau -1	616 m²
Niveau -1,5	380 m²
Niveau -2 (perron)	470 m²
TOTAAL	1466 m²



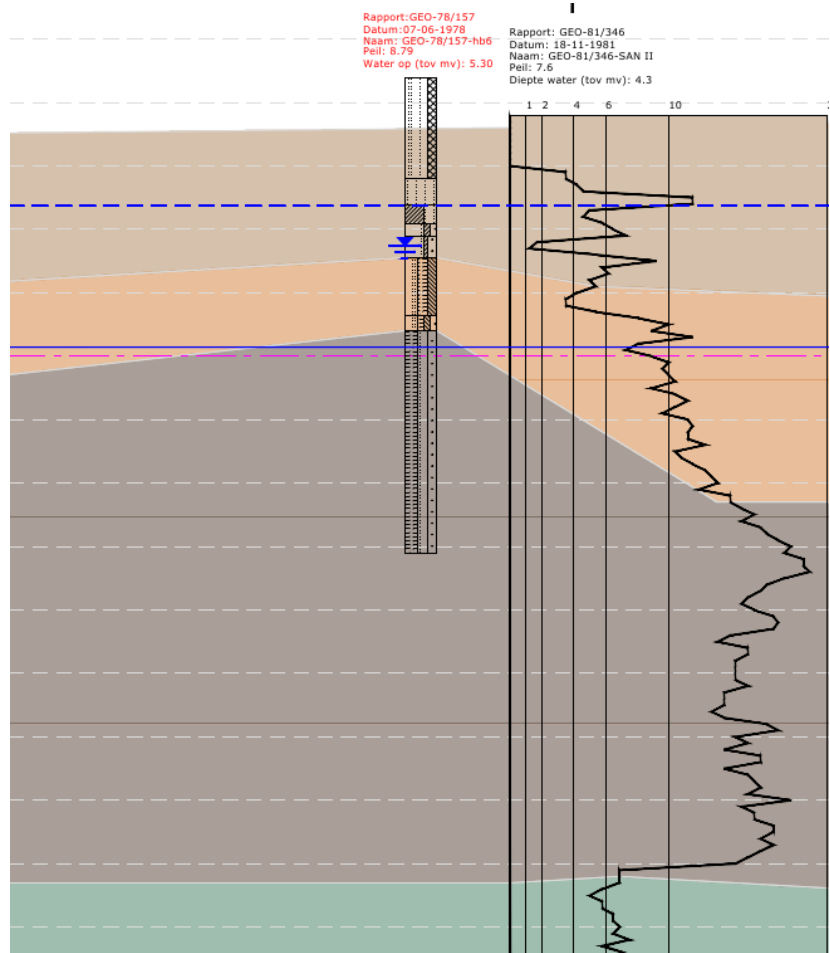
Figuur 41 – Dwarsdoorsnede (C-C) – Station Sint-Andries



Figuur 42 – Niveau -1, technische lokalen en verdeelhal – Station Sint-Andries

6.4.8 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van Sint-Andries een laag quartair zand is van 4 tot 6 m dik. Daaronder zit een laag Kattendijk zand die 2,5 tot 6,5 m dik is. Daaronder is er Berchem zand van 12 tot 17,5 m dik. Daaronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 43 – Ondergrond t.h.v. Sint-Andries

6.4.9 Werfzone en Fasering

Het station is gelegen onder de Nationalestraat met een extensie onder het plein ‘De Neus’ gelegen aan de Lange Vilerstraat. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 44 – Werfinstallatie Sint-Andries

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig. De dakplaat kan dan gestort worden, waardoor het plaatselijk verkeer gedeeltelijk hersteld zou worden en er plaats kan gewonnen worden dat kan gebruikt worden als opslagruimte. Voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal moeten de toegangsputen echter gedurende de gehele duur van de werf worden behouden.

Ook hier zal de tram op de as van de Nationalestraat tijdelijk verplaatst moeten worden en achteraf terug op de definitieve dakplaat moeten teruggeplaatst worden.

De geplande fasering is als volgt:

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen, inclusief de omleiding van de tramnetten om de bouw van het station mogelijk te maken
- Uitvoering van de diepwanden en de voorgevormde kolommen
- Uitvoering van de dakplaat
- Grondwerken tot op niveau vloerplaat
- Passage van de tunnel (slechts één van de tunnels doorkruist een deel van het station)
- Installatie van de vrieselementen vóór de voltooiing van de tunnels
- Na afronding van de tunnels (stoppen van de volgende treinen), begin van het bevroren van het grondstuk
- Grondwerking voor aansluiting van de tunnels aan het station
- Definitieve afsluiting van de tunnelritten en afwerking van het station

6.4.10 Planning

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:

- Voorbereiden werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 18 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen, met name het recht van de Nationalestraat en de omleiding van de trams. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd. De eisen aan mogelijke onderbrekingen en omleidingen van de tramlijnen zullen een grote invloed hebben op de globale planning van het station.
- Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
- Civieltechnische werken: 48 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden: 6 maanden
 - Dakplaat en grondwerken tot op niveau vloerplaat: 14 maanden
 - Passage van de tunnelboormachine door het station: 2 maanden
 - Installatie van de vriessystemen: 2 maanden per tunnel
 - Bevriezing van het grondstuk en aansluiting tunnel 1: 11 maanden
 - Bevriezing van het grondstuk en aansluiting tunnel 2: 6 maanden
 - Afwerking van het station: 3 maanden
- Afwerking en speciale technieken: 15 maanden

6.5 Station Groenplaats

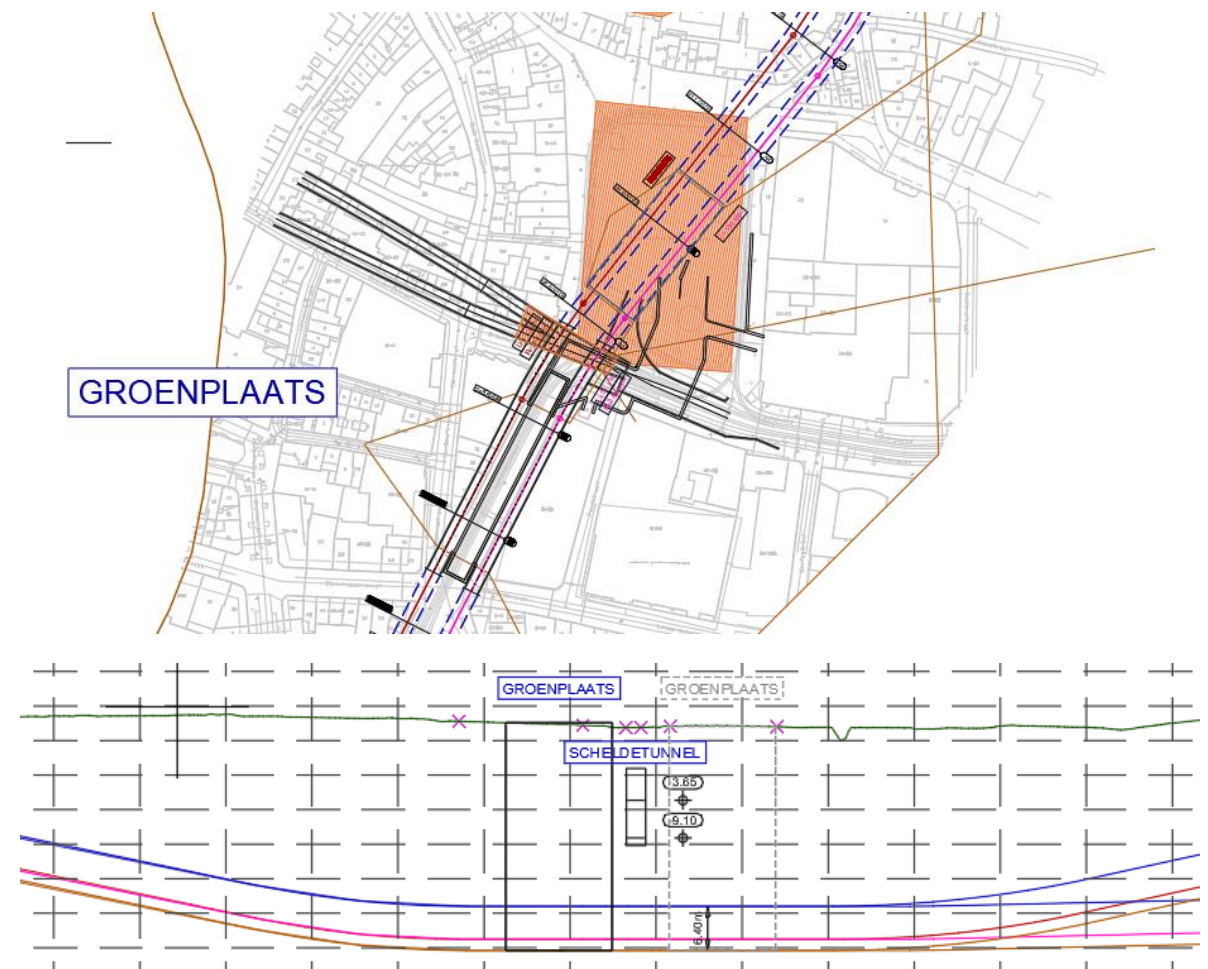
6.5.1 Inplanting



Figuur 45 – Niveau +0, maaiveld – Station Groenplaats

Station Groenplaats is gelegen op het einde van de Nationalestraat tegen Groenplaats. Het station fungeert volkomen als een kruisstation met het bestaande prémetrostation en maakt ter hoogte van de bestaande verdeelhal een aansluiting. Belangrijk aandachtspunt bij de positionering van de diepe doos is de aanwezigheid van de Scheldetunnels. Deze zijn aangegeven op het inplantingsplan en tracéplan. Door de aansluitconstructie van de Scheldetunnels naar het bestaande premetrostation, dient ook voor het ondiepe gedeelte hiermee rekening gehouden. Deze aansluitconstructie reikt namelijk tot boven het peil van het vloerniveau van de verdeelhal en is net onder het maaiveld gebouwd met de methode van het buizendak.

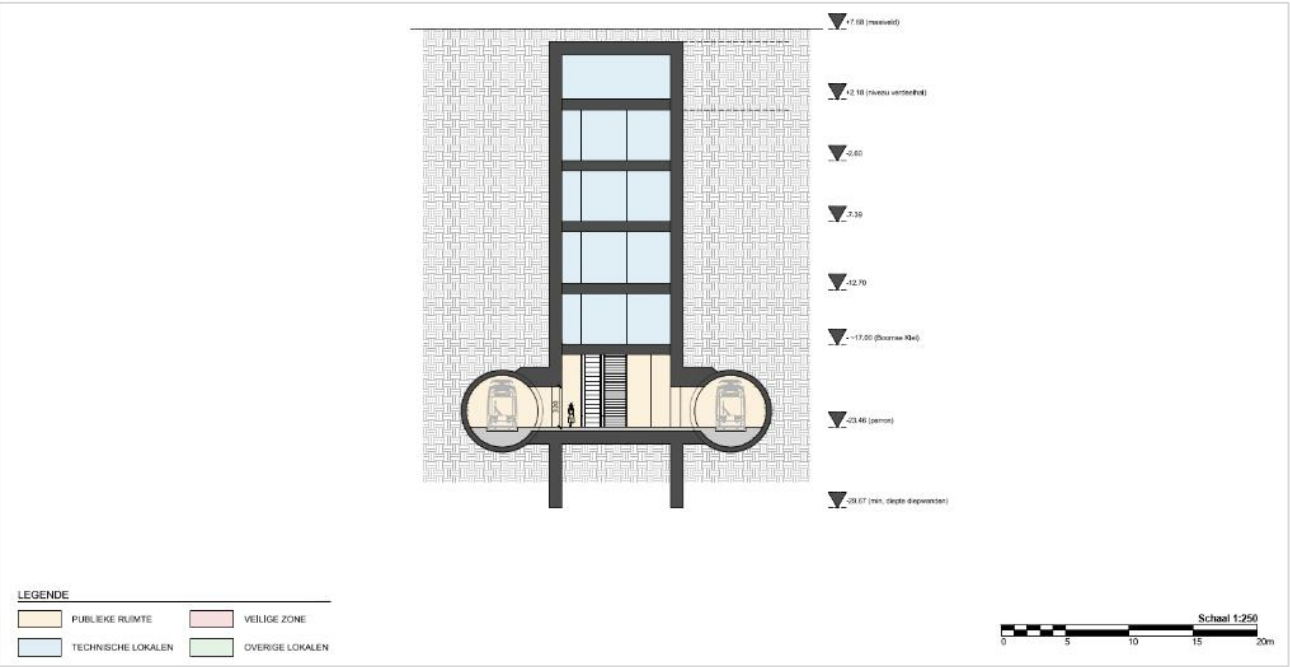
Daardoor lijkt het zeer complex om deze structuren aan te passen en wordt er gekozen om de nieuw te bouwen circulaties buiten de impact van deze bestaande zware civiele constructies te voorzien.



Figuur 46 – Grondplan en lengteprofiel met de Scheldetunnels

6.5.2 Diepte

Met zijn perronniveau op 31,14 m diepte ten opzichte van het maaiveld is Station Groenplaats het diepste station in deze haalbaarheidsstudie. De reden voor deze grote diepte zijn de Scheldetunnels waaronder de tunnelbuizen dienen te passeren. Hierdoor konden in het volume 6 niveaus ingepast worden.



Figuur 47 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Groenplaats

6.5.3 Geometrie

6.5.3.1 Nieuw gedeelte

Het nieuwe station Groenplaats bestaat uit een zeer langgerekte en smalle rechthoekige doos met op één uiteinde een lichte versmalling. De omhullende afmetingen ervan zijn 96,63 m lengte en 10,5 m breedte.

De breedte van de doos wordt bepaald door de straatbreedte en de bovenliggende bebouwing. De lengte resulteert uit de extreme diepte waarop het perronniveau ligt aangezien dit gepaard gaat met zeer lange stijglijnen. Desondanks dat het de ambitie was om de stijglijnen in 1 lijn te laten lopen was het, door de beperkte breedte, niet haalbaar om keerpunten te voorzien.

De vernauwing aan het uiteinde is het rechtstreekse gevolg van de TBM's. De lokale versmalling is te wijten aan het feit dat de tunnels na het verlaten van het station direct een bocht moeten maken om met het tracé de verderop gelegen kathedraal te kunnen vermijden.

6.5.3.2 Interactie met bestaande structuur

De verbindingsgang naar het bestaande Groenplaats premetrostation wordt gedeeltelijk aangelegd onder de Karel de Grote Hogeschool, ter hoogte van de huidige ingang van het metrostation. Bij de uitserking van de basisgeometrie wordt rekening gehouden met de bestaande toestand van het station Groenplaats maar ook met de mogelijke geëvolueerde toestand na renovatie. Dit laatste project is echter bij opmaak van de nota nog in ontwikkeling en dus onzeker als uitgangspunt.

Het beschikbare volume voor de verbindingsgang wordt in het oosten beperkt door structuren van de bestaande ondergrondse scheldetunnels.

De bestaande toegangstrap (bij de ingang van de school) zal worden verplaatst en de bestaande gang zal worden vergroot door gebruik te maken van de ruimte in de kelderverdieping van het gebouw. De bestaande kolommen van het gebouw zullen worden gehandhaafd, evenals hun funderingen. De nieuwe structuur zal rond deze dragende elementen worden gebouwd. Waar nodig zullen er in de ondergrond verstevigingen moeten aangebracht worden om de impact (ook tijdelijk) op de bestaande structuur te beperken. In ieder

geval worden er compenserende maatregelen voorzien (compensation grouting) om de zettingen aan de bestaande constructie te beperken.

6.5.4 Type van stations

Het gaat hier om een station met bevrozing, met aansluiting op de tunnels op hetzelfde niveau door de vriesmethode.

6.5.5 Evacuatie

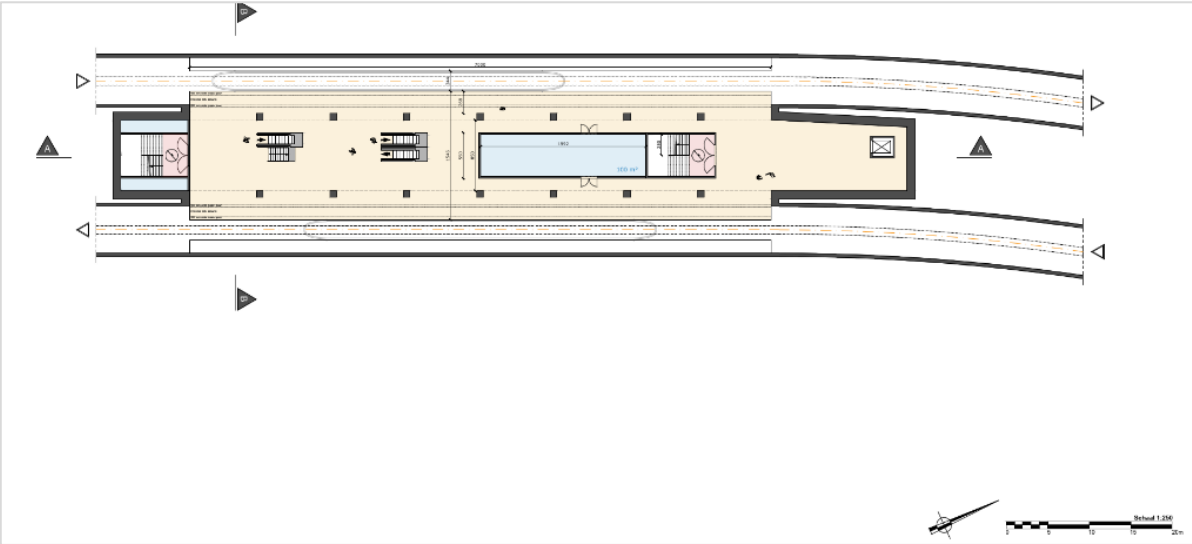
Station Groenplaats is omwille van zijn grote diepte, alsook het feit dat het als kruisstation zal fungeren, een bijzondere casus. De huidige uitwerking en berekening houdt rekening met een volledige evacuatie van het station met de buitenomgeving als veilige zone.

Hierbij moet volgende kantnota gemaakt worden: in de berekeningen werden de doorgangsbreedtes naar het maaiveld van de huidige situatie overgenomen met een kleine aanpassing van de toegang aan de Karel de Grote hogeschool. De flow van het bestaande station werd niet gemodelleerd daar hiervoor te weinig informatie geweten was. Daarboven beschikt het bestaande station over twee verdeelhallen wat het complex maakt om in te schatten wat de flow naar deze gedeelde verdeelhal net zal zijn.

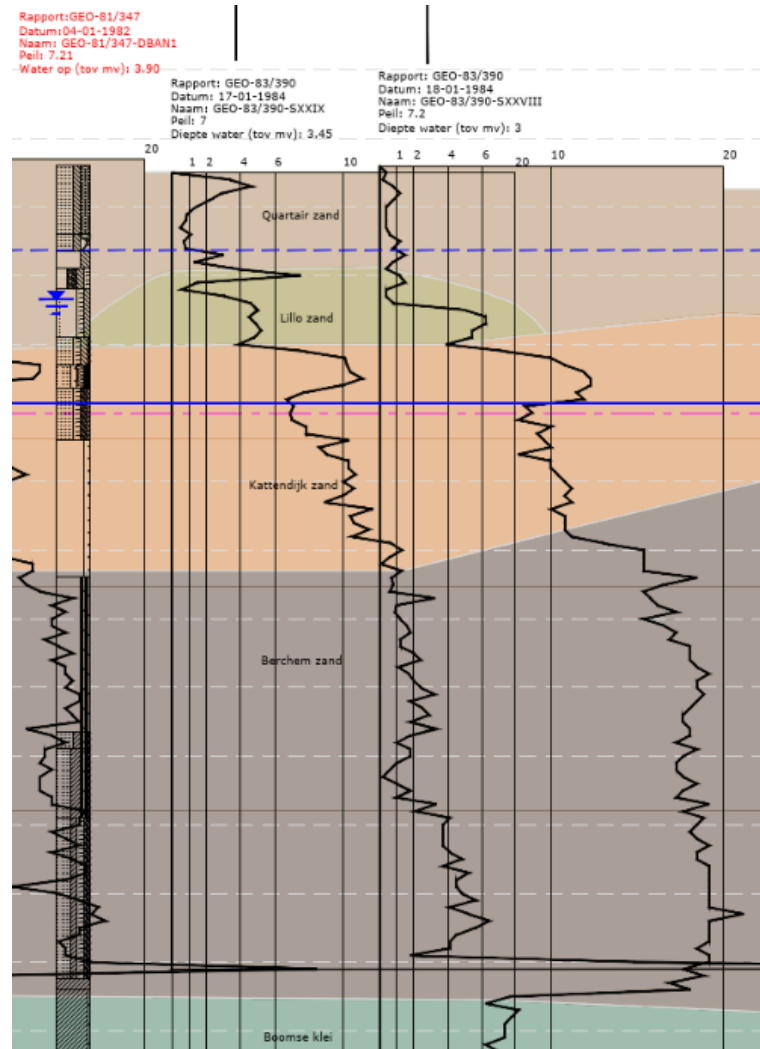
De huidige indeling van Station Groenplaats laat een volledige evacuatie toe met de buitenomgeving als veilige zone, rekening houdend dat de bijkomende flow van het bestaande station niet groter is dan +920 personen. Indien deze flow groter blijkt, kan een uitbreiding van de doorgangsbreedtes in de verdeelhal een oplossing bieden. Voor correctere en exacte inschatting zijn uitgebreidere berekeningen/simulaties nodig.

EVACUATIE TIJDEN GROENPLAATS	
Perronniveau (< 4 min)	3,32 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	5,99 minuten

Om deze evacuatie tijden te halen ondanks de grote diepte, werden naast de dagelijks te gebruiken trappenpartijen 2 grote gecompartmenteerde noodtrappen voorzien aan beide uiteinden van het perronniveau. Deze noodtrappen hebben beide een doorgangsbreedte van 2,5 m en geven rechtstreeks uit op het maaiveld. Deze noodtrappen zijn op perronniveau voorzien van een veiligheidssas.



Figuur 48 – Niveau -6, centraal perron – Station Groenplaats

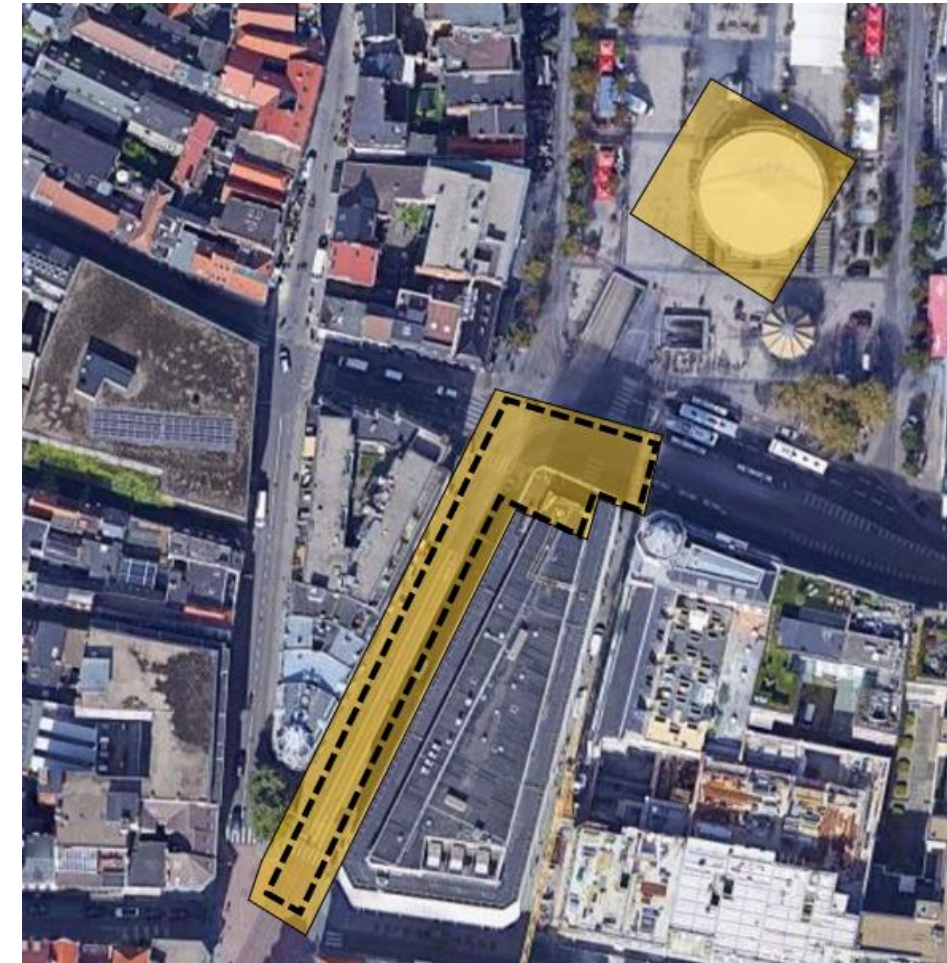


Figuur 52 – Ondergrond t.h.v. Groenplaats

6.5.9 Werfzone en Fasering

Het station is gelegen onder de Nationalestraat met een aansluiting op het bestaande tramstation onder het kruispunt met de Groenplaats. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf. Voor de aanleg van de werfzone zal ofwel de hele zone van het kruispunt moeten worden genomen en vermoedelijk ook de zone in het midden van de Groenplaats voor de algemene werforganisatie.

De bestaande tramlijn zal vermoedelijk omgeleid moeten worden en gefaseerd teruggeplaatst worden.



Figuur 53 – Werfzone Station groenplaats

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig. De dakplaat kan dan gestort worden, waardoor het plaatselijke verkeer gedeeltelijk hersteld zou kunnen worden en er plaats kan gewonnen worden die kan gebruikt worden als opslagruimte. Voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal moeten de toegangspuitten echter gedurende de gehele duur van de werf worden behouden.

De geplande fasering is als volgt :

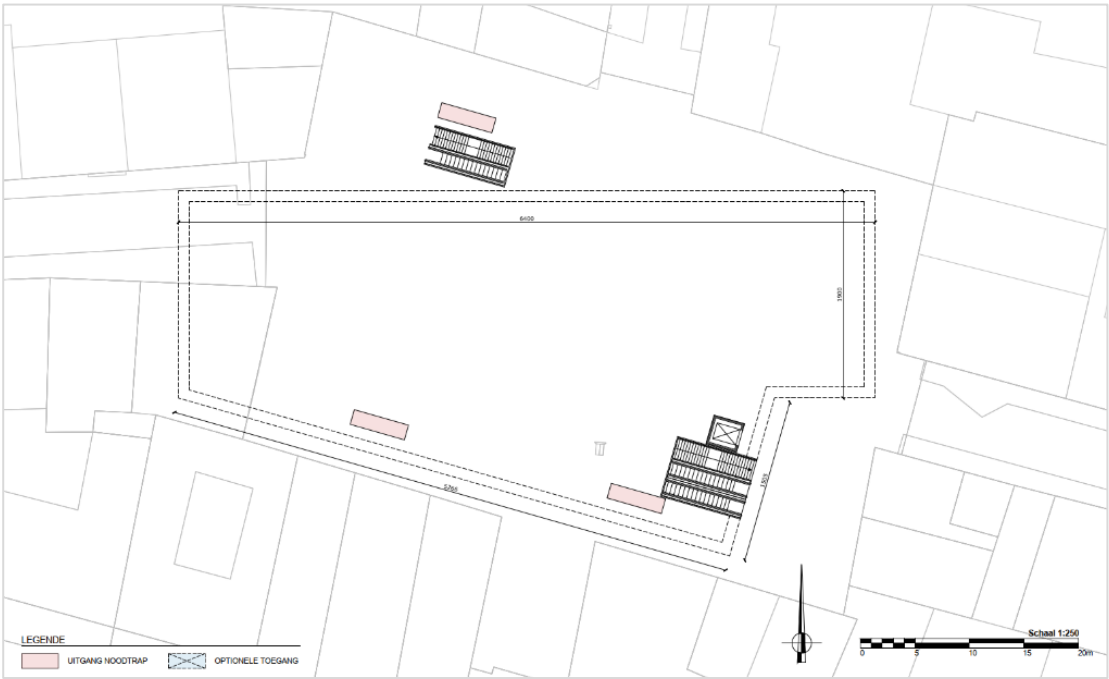
- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen, inclusief de omleiding van de tramnetten om de bouw van het station mogelijk te maken
- Onderbouw van de hoek van het gebouw van de Karel de Grote Hogeschool met aanpassing van de bestaande ingang
- Uitvoering van de diepwanden
- Uitvoering van de dakplaat
- Grondwerken tot op vloerplaat
- Passage van de tunnels
- Installatie van de vrieselementen vóór de voltooiing van de tunnels
- Na de voltooiing van de tunnels (boring uitgevoerd tot aan Ossenmarkt), begin van de bevroering van de zone voor het eerste perron en aansluitend voor het tweede perron.
- Grondwerken voor de aansluiting van de tunnels op het station.
- Definitieve afsluiting van de tunnelinritten en afwerking van het station

6.5.10 Planning

- De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:
- Voorbereidende werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 18 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen voor de zones van de Nationalestraat en de Groenplaats en de omleiding van de tramlijnen. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd. De eisen aan mogelijke onderbrekingen en omleidingen van de tramlijnen zullen een grote invloed hebben op de globale planning van het station.
 - Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
 - Civieltechnische werken: 74 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden: 8 maanden
 - Dakplaat en grondwerken tot op niveau vloerplaat: 10 maanden
 - Uitvoering van de aansluiting met het bestaande station: 23 maanden
 - Installatie van de vriessystemen: 2 maanden per tunnel
 - Bevriezing van het grondstuk en aansluiting: 13 maanden per tunnel
 - Afwerking van het station: 3 maanden
 - Afwerking en speciale technieken : 15 maanden

6.6 Station Stadswaag

6.6.1 Inplanting



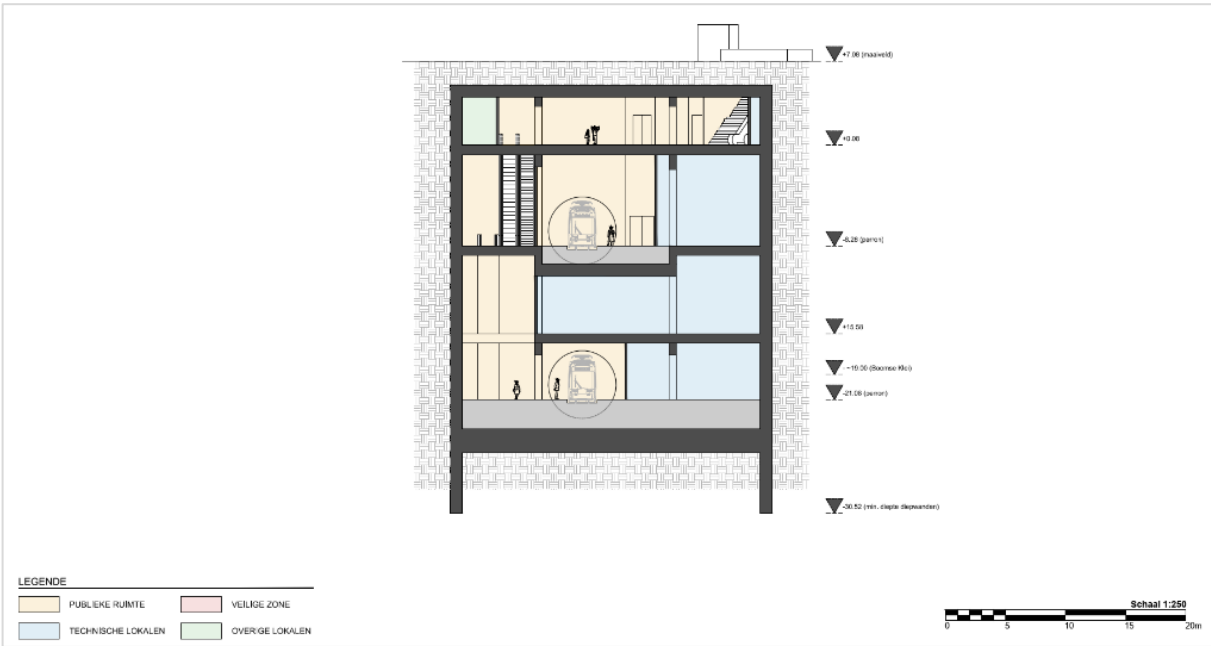
Figuur 54 – Niveau +0, maaiveld – Station Stadswaag

Station Stadswaag is ingepland op het plein ‘Stadswaag’ in de Universiteitsbuurt van Antwerpen. Teneinde voldoende beschikbare lengte te bekomen om onder andere de minimale perronlengte te kunnen garanderen, overlapt een deel van de inplanting met een bestaand gebouw op de hoek van Stadswaag en de Raapstraat.

De toegangen zijn ingepland in twee overliggende hoeken van het plein.

6.6.2 Diepte

Gezien de gestapelde positionering van de tunnelbuizen kent Station Stadswaag een aanzienlijke diepte. Het onderste perronniveau bevindt zich op een diepte van 28,16 m ten opzichte van het maaiveld. Het bovenste perronniveau kent daarentegen een perronniveau op 15,36 m diepte.



Figuur 55 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Stadswaag

6.6.3 Geometrie

De geometrie van Station Stadswaag kan beschreven worden als een rechthoekige doos met een driehoekige uitbreiding over de volledige diepte. De afmetingen van de rechthoekige doos zijn 64 m lang en 19 m breed. De driehoekige uitbreiding heeft een korte zijde van 15 m en lange zijde van bijna 53 m.

6.6.4 Type van stations

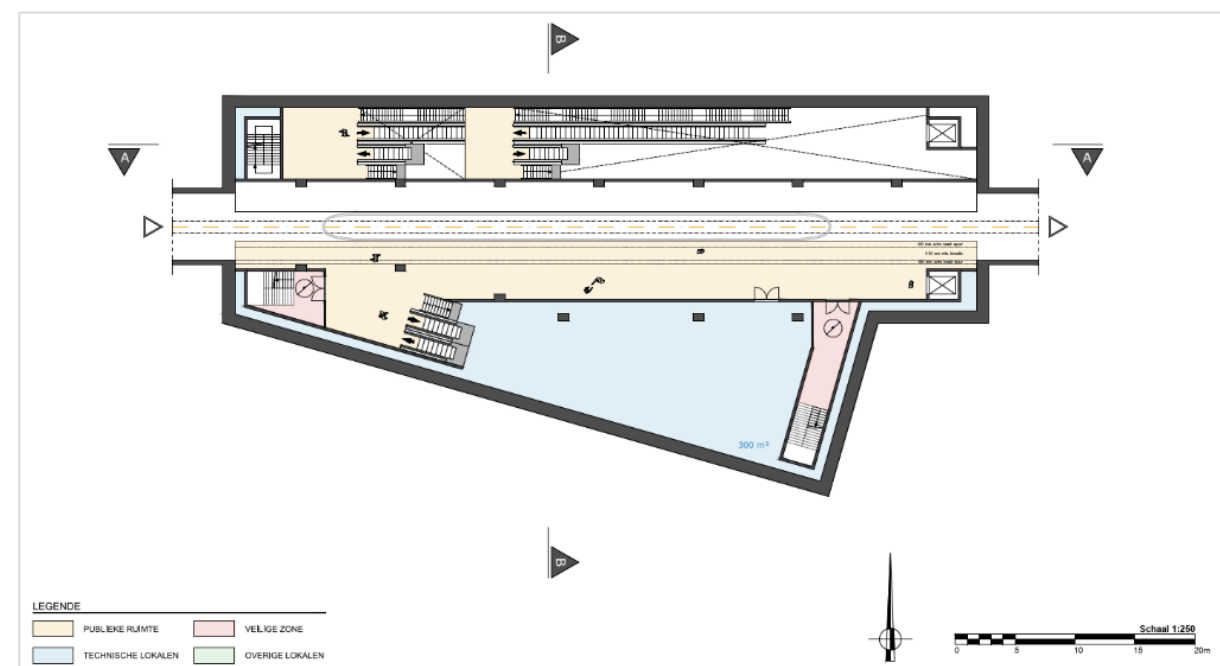
Het is een smalle doostype station, met de tunnels over twee niveaus heen.

6.6.5 Evacuatie

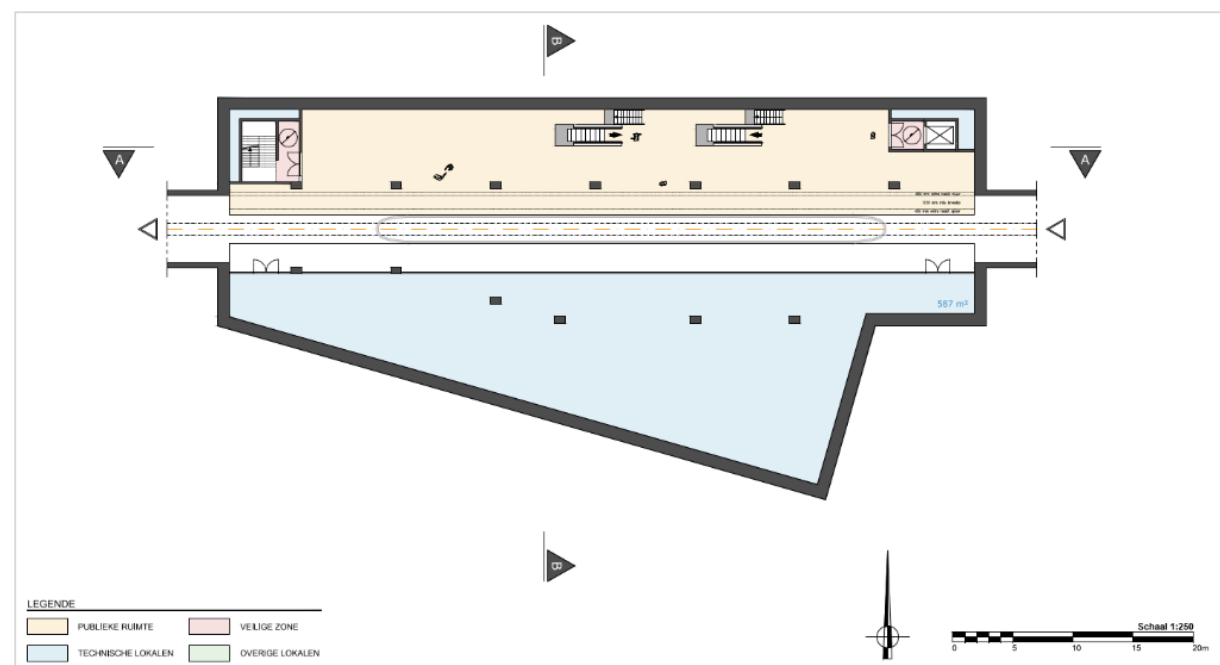
De huidige indeling van Station Stadswaag laat toe om het gehele station te evacueren conform NFPA130 met de buitenomgeving als veilige zone. Het gedetailleerde rekenblad kan gevonden worden in de bijlagen. De evacuatie tijden van de perronniveaus en het volledige station zijn vinden in onderstaande tabel.

EVACUATIE TIJDEN STADSWAAG	
Perronniveau -4 (< 4 min)	2,97 minuten
Perronniveau -2 (< 4 min)	2,74 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	5,32 minuten

Het station bevat, naast de dagelijks te gebruiken trappenpartijen, een aantal gecompartmenteerde noodtrappen en veiligheidssassen. Op het onderste perronniveau is een gecompartmenteerde noodtrap met veiligheidssas voorzien aan de zijde die het verst verwijderd is van de standaard trappartijen. Aan de andere zijde is een lift met veiligheidssas voorzien. Het bovenliggende perronniveau is aan beide zijden voorzien van gecompartmenteerde noodtrappen met veiligheidssas. De gecompartmenteerde noodtrappen geven rechtstreeks uit op het maaiveld.



Figuur 56 – Niveau -2, gestapeld perron – Station Stadswaag



Figuur 57 – Niveau -4, gestapeld perron – Station Stadswaag

6.6.6 Circulatie en Toegankelijkheid

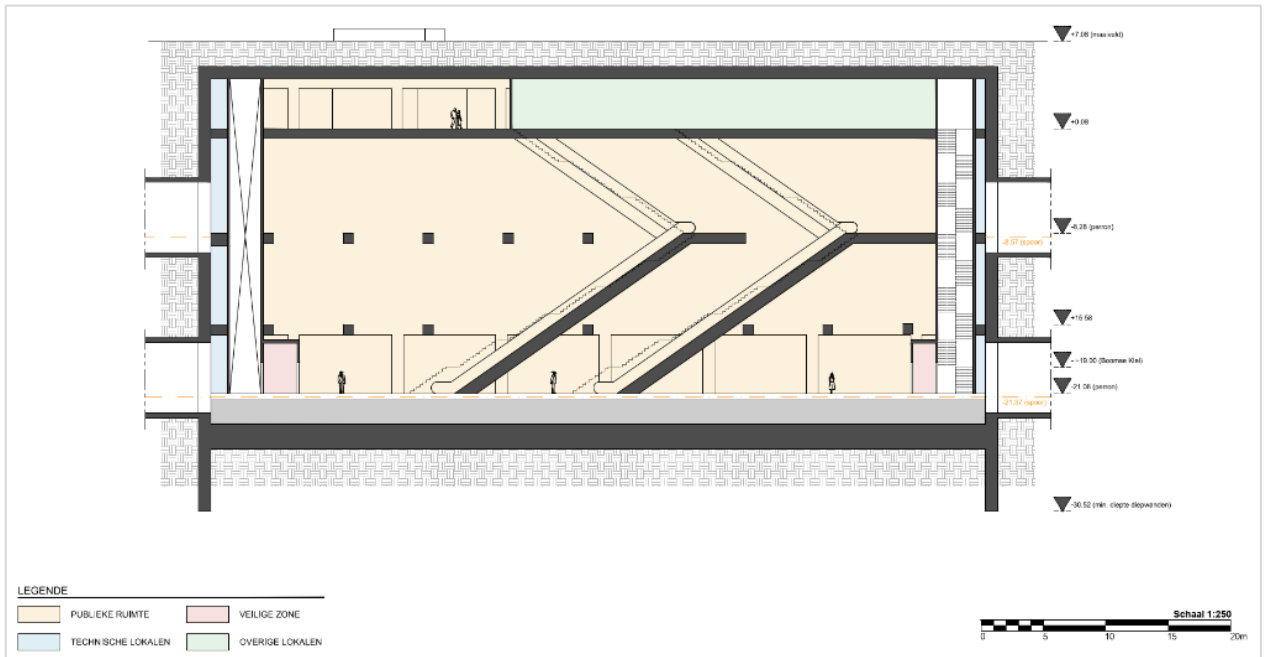
Zoals aangegeven kent Station Stadswaag een fundamenteel verschil ten opzichte van de vorige besproken stations. Het station bevat twee bovenliggende perronniveaus, waarvan één op grote diepte. Daarenboven liggen de perrons aan tegenoverstelde kanten elkaar.

Station Stadswaag is voorzien van twee toegangen op het maaiveld, beiden gelegen in een overliggende hoek van het plein. Beide toegangen geven uit aan een andere kant van de verdeelhal, waar wederom langs beide kanten trappenpartijen te vinden zijn. Elke kant bedient een ander perronniveau.

De trappenpartij naar het bovenliggende perronniveau ligt in één lijn met de overeenstemmende toegang van het maaiveld en daalt in één rechtstreekse lijn door naar het perron. Dit perron ligt 8,36 m onder de verdeelhal.

De trappartijen naar het onderliggende perronniveau liggen aan de andere zijde van de verdeelhal. Gezien de beperkt beschikbare lengte van het station hebben deze trappartijen één keerpunt. Toch zorgt de grote open ruimte met het perronniveau voor lange doorzichten.

Verder beschikt het station over liften die alle nodige publieke ruimten kunnen bedienen. Een lift bedient de stromen van het maaiveld naar de verdeelhal. Twee andere liften bedienen elk een verschillend perronniveau.



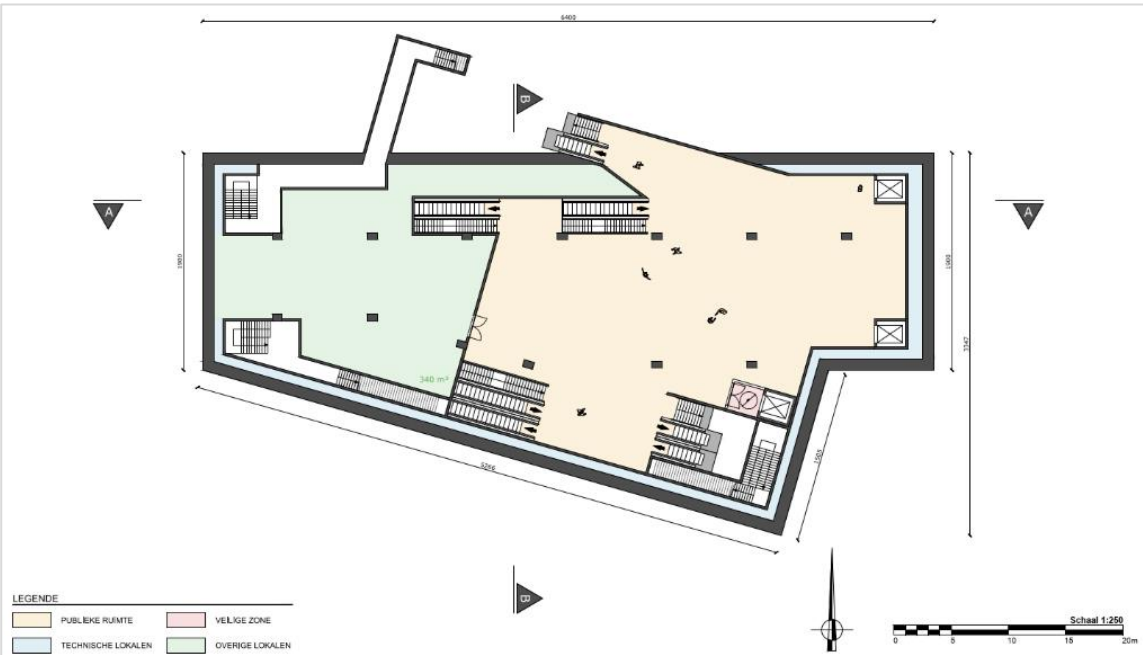
Figuur 58 – Langsdoorsnede (AA) – Station Stadswaag

6.6.7 Programma

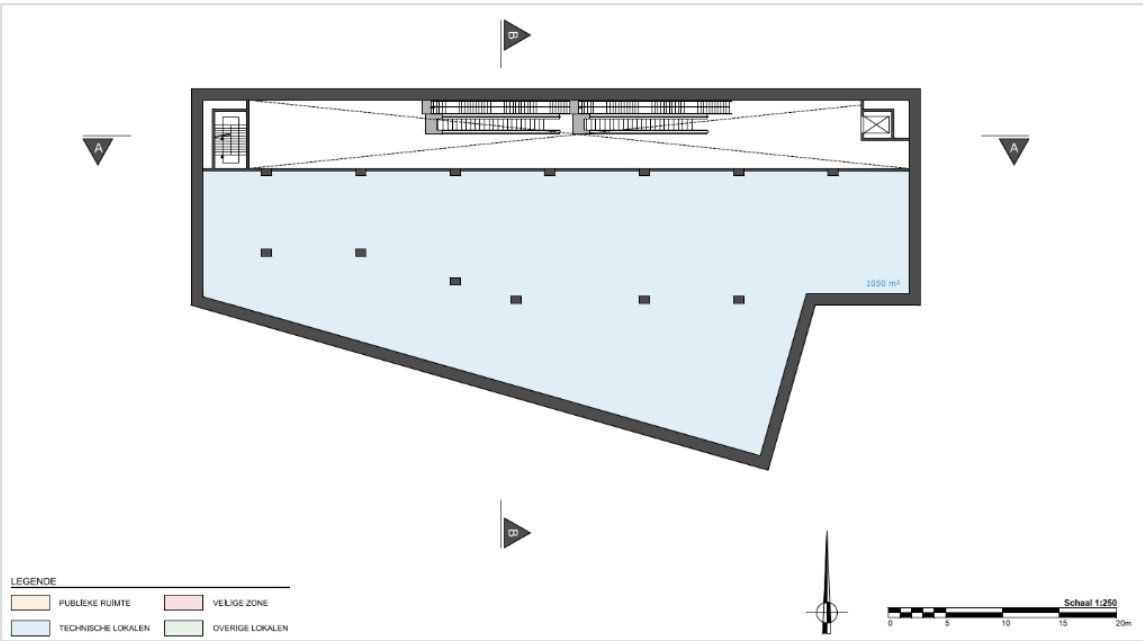
In totaliteit beschikt Station Stadswaag over ± 2277 m² aan mogelijke invulling voor technische lokalen. De verdeling overheen de verschillende niveaus is weergegeven in onderstaande tabel. Het volledige programma aan technische lokalen, zoals opgesteld in paragraaf 6.1.9, past daarmee in de huidige opstelling.

Er is dus een overmaat aan oppervlakte voor lokalen te herkennen. Reden hiervoor is de benodigde uitbreiding van de doos om de circulatie naar de perrons te kunnen huisvesten. Deze uitbreiding kan desnoods lokaal beperkt worden ter hoogte van de diepste niveaus, anderzijds laat het toe om de beschikbare oppervlakte op -1 niveau ter beschikking te stellen voor andere doeleinden (aangegeven in groene kleur).

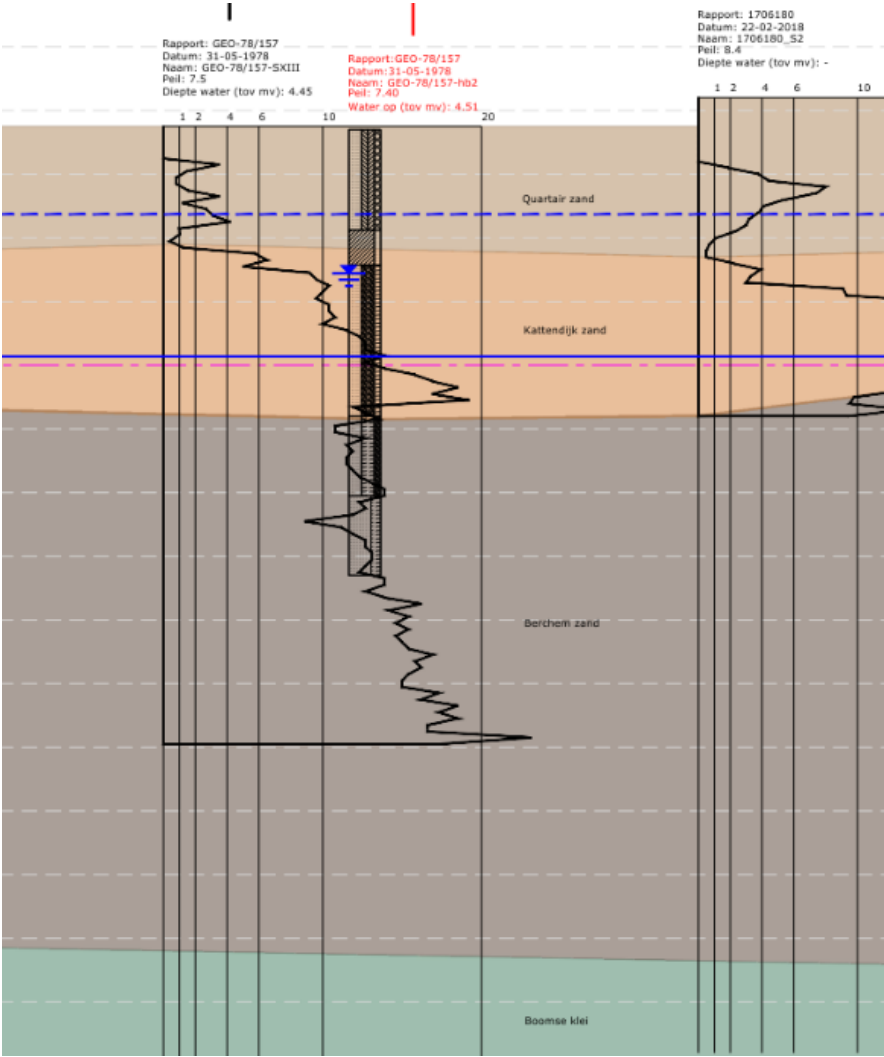
LOKALEN STADSWAAG	
Niveau -1	340 m²
Niveau -2 (perron)	300 m²
Niveau -3	1050 m²
Niveau -4 (perron)	587 m²
TOTAAL	2277 m²



Figuur 59 – Niveau -1, overige lokalen en verdeelhal – Station Stadswaag



Figuur 60 – Niveau -3, technische lokalen – Station Stadswaag



Figuur 61 – Ondergrond t.h.v. Stadswaag

6.6.8 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de Stadswaag een laag quartair zand is van ongeveer 4 m dik, daaronder Kattendijk zand van 5 m dik en Berchem zand van 17 m dik. Hieronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.

6.6.9 Werfzone en Fasering

Het station is gelegen onder het Stadswaag-plein. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf en installaties.



Figuur 62 – Werfzone Stadswaag

Voor de start der werken moet eerst het gebouw op Nr 21 afgebroken worden.

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig, waarbij een garantie moet gegeven worden tot toegang tot de aangrenzende gebouwen voor voetgangers. De dakplaat kan dan gestort worden, waarna de werf zich over het gehele plein kan organiseren. Voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal moeten de toegangspuitten echter gedurende de gehele duur van de werf worden behouden.

De geplande fasering is als volgt :

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen, inclusief de afbraak van huis gelegen op n° 21 van de Stadswaag om de bouw van het station mogelijk te maken
- Uitvoering van de diepwanden en de voorgevormde kolommen
- Uitvoering van een deel van de dakplaat
- Grondwerken tot op het niveau van het bovenste platform
- Aankomst en demontage van de bovenste tunnelboormachine
- Grondwerken tot op vloerplaat
- Aankomst en demontage van de onderste tunnelboormachine
- Definitieve afsluiting van de tunnelinritten en afwerking van het station

6.6.10 Planning

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:

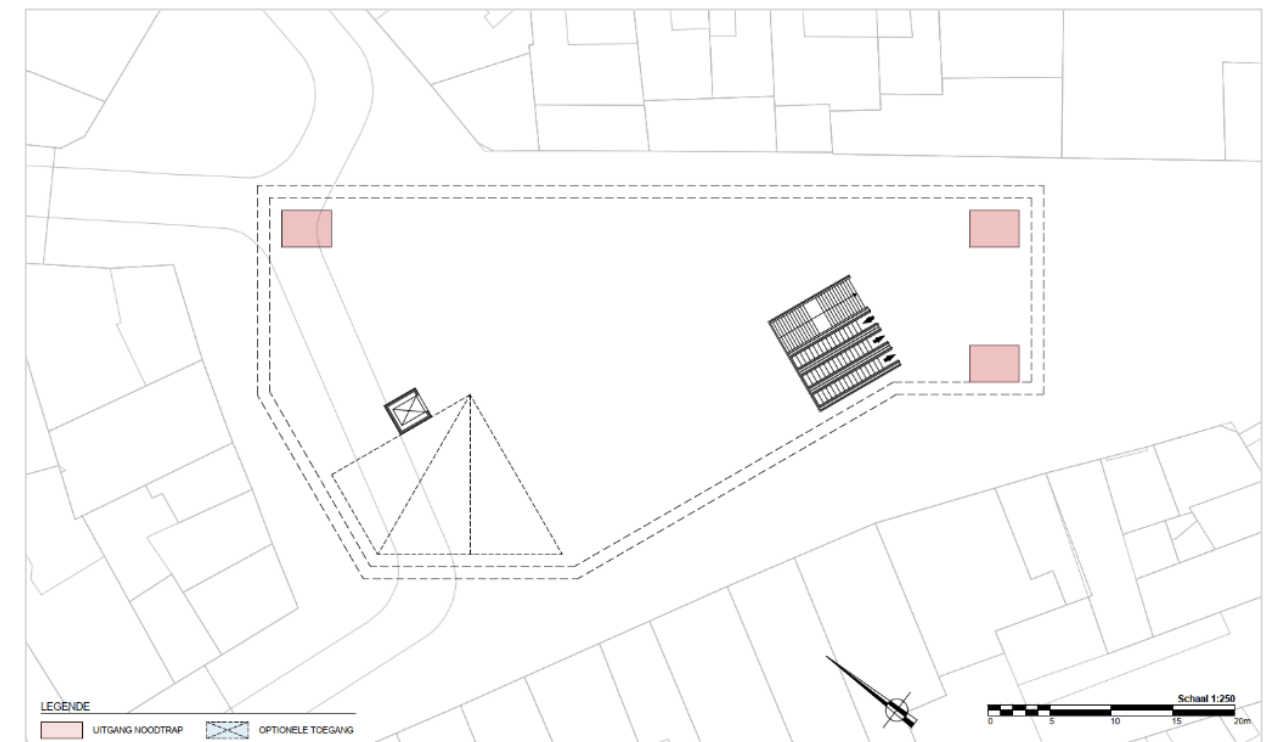
- Voorbereidende werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 6 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen gelegen op het plein, in het bijzonder de rioleringsnetten en de afbraak van huis n° 21 die nodig zijn voor de oprichting van het station. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd. Het gesloopte huis wordt na de werkzaamheden weer opgebouwd.
- Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
- Civieltechnische werken: 40 maanden als volgt onderverdeeld:

- Diepwanden en voorgevormde kolommen: 9 maanden
- Dakplaat en grondwerken tot op niveau van de eerste tunnelboormachine: 10 maanden
- Aankomst en demontage van de bovenste tunnelboormachine: 2 maanden
- Grondwerken en stortebed: 9 maanden
- Aankomst en demontage van de onderste tunnelboormachine: 2 maanden
- Afwerking van het station: 9 maanden
- Afwerking en speciale technieken: 15 maanden

De uitgraving van het 2e deel van de bouwput (tussen de 2 tunnelniveaus) kan pas aangevat worden eens de eerste TBM de boring tot aan Ossenmarkt heeft uitgevoerd. Die volgende uitgraving moet ook gerealiseerd zijn voor de aankomst van de tweede tunnelboormachine. Dit opgelegd tijdsvenster bepaalt in de algemene planning de timing tussen de start van de 2 TBM's in de vertrekput.

6.7 Ossenmarkt

6.7.1 Inplanting

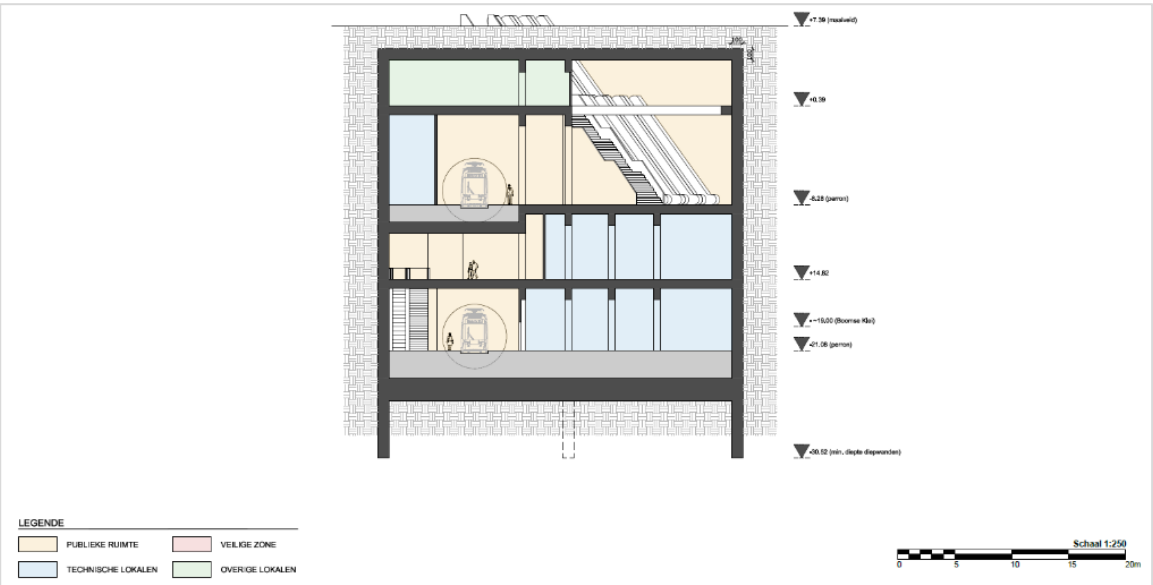


Figuur 63 – Niveau +0, maaiveld – Station Ossenmarkt

Station Ossenmarkt is gelegen op het plein 'Ossenmarkt' in de Universiteitsbuurt van Antwerpen. De doos is hier zo veel mogelijk aan de kant van de Lange Winkelstraat gepositioneerd, waardoor de inplanting deels overlapt met de daar bestaande weg. De hoofdzakelijke reden ligt bij het deel van het tracé dat uit de Korte Winkelstraat komt. De tunnels worden hier uitgevoerd in een open bouwput-methode om de aansluiting te maken ter hoogte van de Rooseveltplaats. Hierdoor komen de sporen zeer dicht uit aan het noordelijke deel van het plein, wat resulteert in een beperkte breedte aan die zijde in het station. Om extra breedte te winnen teneinde de circulatie in te passen, alsook voldoende perronbreedte te realiseren, werd de inplanting naar het brede deel van het plein gemotiveerd.

6.7.2 Diepte

Gezien de gestapelde positionering van de tunnelbuizen kent Station Ossenmarkt een aanzienlijke diepte. Het onderste perronniveau bevindt zich op een diepte van 28,47 m ten opzichte van het maaiveld. Het bovenste perronniveau kent daarentegen een perronniveau op 15,67 m diepte.



Figuur 64 – Dwarsdoorsnede (BB) – Station Ossenmarkt

6.7.3 Geometrie

Station Ossenmarkt kent een geometrie die kan beschreven worden als een rechthoekige doos met een trapeziumvormige uitbreiding. De afmetingen van de rechthoekige doos zijn 64 m lang en 17 m breed. De trapeziumvormige uitbreiding bevindt zich hoofdzakelijk aan één zijde waardoor de totale breedte daar 32 m bedraagt. De uitbreiding strekt zich uit overheen de volledige diepte.

6.7.4 Type van stations

Het is een smalle doostype station, met de tunnels over twee niveaus heen.

6.7.5 Evacuatie

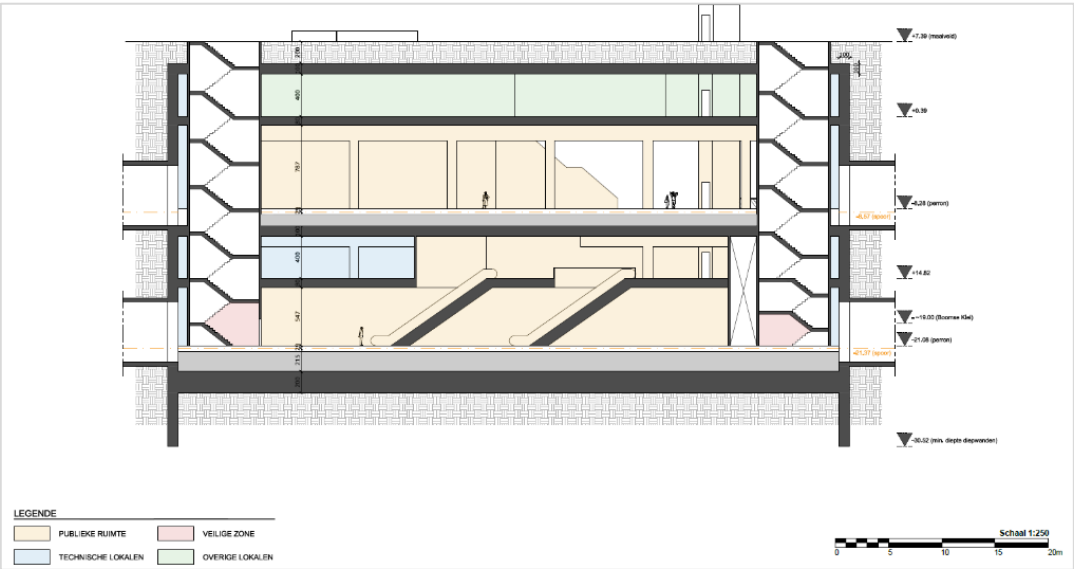
De circulatie en evacuatie van Station Ossenmarkt zijn een uitzondering op de andere stations. Door de zeer beperkte beschikbare breedte aan de zijde van het diepst gelegen station werd een gedeelde circulatie met het andere perron aan de overzijde gemotiveerd. De huidige indeling van Station Ossenmarkt laat het echter niet toe om het gehele station te evacueren conform NFPA130 met de buitenomgeving als veilige zone wanneer worden geacht om slechts overheen de minimale evacuatielijd van de perrons te evacueren langsheen de voorziene gecompartmenteerde noodtrappen. In dat geval dient een veilige zone in het station te worden voorzien. In dit voorstel kijken we daarvoor naar het -2 niveau, dat naast de perronfunctie ook een overloopfunctie (verdeelhal) beschrijft. Hier kunnen rookschermen en andere compartimenterende voorzieningen getroffen worden die de evacuatielijd afsluit van het perron. Het gedetailleerde rekenblad kan gevonden worden in de bijlagen. De evacuatielijden van de perronniveaus en het volledige station zijn vinden in onderstaande tabel.

EVACUATIETIJDEN OSSENMARKT	
Perronniveau -4 (< 4 min)	1,99 minuten
Perronniveau -2 (< 4 min)	2,24 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	6,64 minuten

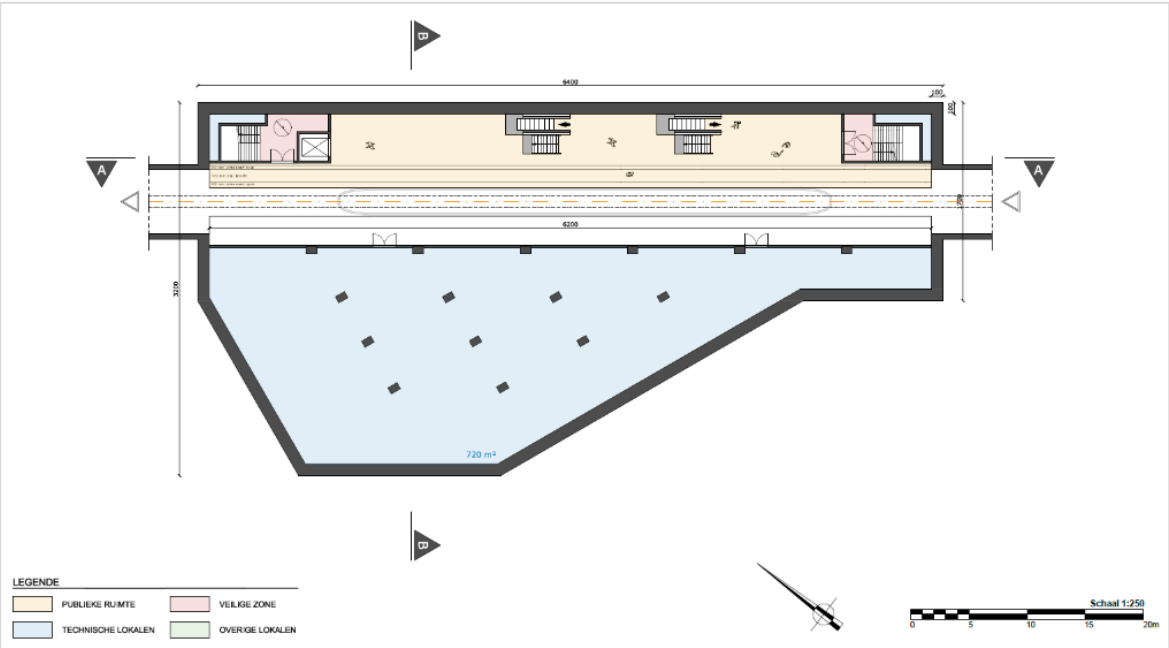
Echter, wanneer we toelaten om de evacuatielijden van de perrons uit te breiden om zo een grotere evacuatielijd langsheen de gecompartmenteerde noodtrappen te bekomen, kunnen de evacuatielijden wel gehaald worden. Het gedetailleerde rekenblad van deze alternatieve optie kan gevonden worden in de bijlagen. De evacuatielijden van de perronniveaus en het volledige station zijn vinden in onderstaande tabel.

EVACUATIETIJDEN OSSENMARKT ALTERNATIEF	
Perronniveau -4 (< 4 min)	2,90 minuten
Perronniveau -2 (< 4 min)	2,70 minuten
Totale ontruimingstijd station (< 6 min)	5,95 minuten

Het station bevat zodus, naast de dagelijks te gebruiken trappenpartijen, een aantal gecompartmenteerde noodtrappen en veiligheidssassen. Op het onderste perronniveau zijn gecompartmenteerde noodtrappen met veiligheidssas voorzien aan de beide uiteinden. Het bovenliggende perronniveau is voorzien van één gecompartmenteerde noodtrap met veiligheidssas. De gecompartmenteerde noodtrappen geven rechtstreeks uit op het maaiveld.



Figuur 65 – Langsdoorsnede (AA) – Station Ossenmarkt



Figuur 66 – Niveau -4, gestapeld perron – Station Ossenmarkt

6.7.6 Circulatie en Toegankelijkheid

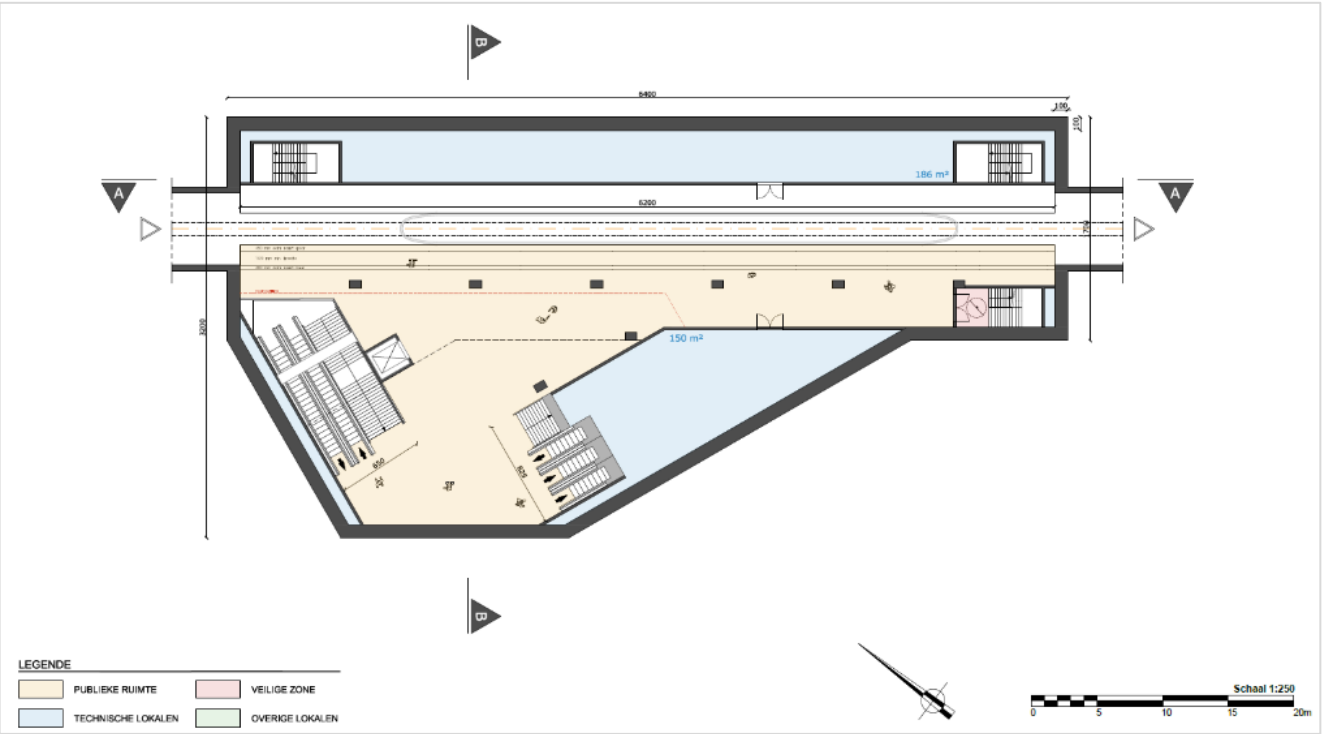
Hoewel Station Ossenmarkt net als Station Stadswaag een gestapeld station is en beiden een gelijkaardige diepte vertonen, functioneren de stations op een fundamenteel verschillende manier. Oorzaak ligt, zoals eerder aangehaald, bij de beperkte beschikbare breedte aan de kant van het diepe spoor. Hierdoor is het niet mogelijk om de trappenpartijen te voorzien van een keerpunt om dergelijke diepte te halen. Omwille van die reden werd de circulatie gecombineerd met die van het andere perron.

Aan het maaiveld werd één ruime toegang voorzien die rechtstreeks doorsteekt naar het -2 perronniveau. Dit niveau bevat een uitbreiding van het perron dat dienstdoet als verdeelhal naar het onderliggende perron. De ‘overloop’ is dubbelhoog en kan voorzien worden van een vide aan het maaiveld waardoor het zonlicht tot op dit perronniveau kan doorkomen.

Om verder af te dalen naar het volgende perronniveau kan in een vlotte beweging doorgestoken worden langs een trappenpartij die uitgaat op het -3 niveau, alwaar de beweging gemaakt wordt naar de overzijde van het station om daar te kunnen afdalen naar het perron op -4 niveau.

Gezien rechtstreeks van het maaiveld naar het -2 niveau wordt doorbewogen en de lange stijglijn die hiermee gepaard gaat, is het niet haalbaar om hier een tweede, aparte toegang te voorzien. Wel kan de trappenpartij ter hoogte van het -1 niveau opgedeeld worden om aan het maaiveld twee toegangen te bekomen.

Verder beschikt het station over liften die alle nodige publieke ruimten kunnen bedienen. Eén lift voorziet de stroom van het maaiveld naar het perronniveau/verdeelhal op -2 niveau. Deze lift loopt door tot aan het -3 niveau waar een andere lift verder neerdaalt tot het perronniveau op -4.

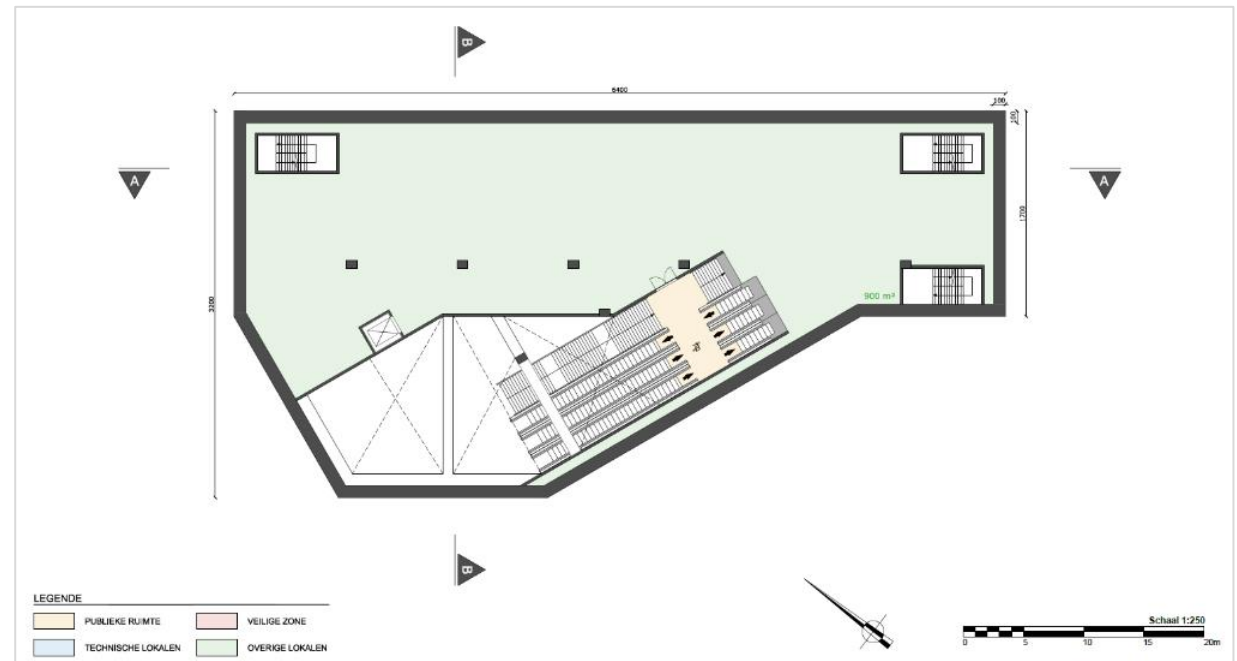


Figuur 67 – Niveau -2, gestapeld perron en verdeelhal – Station Ossenmarkt

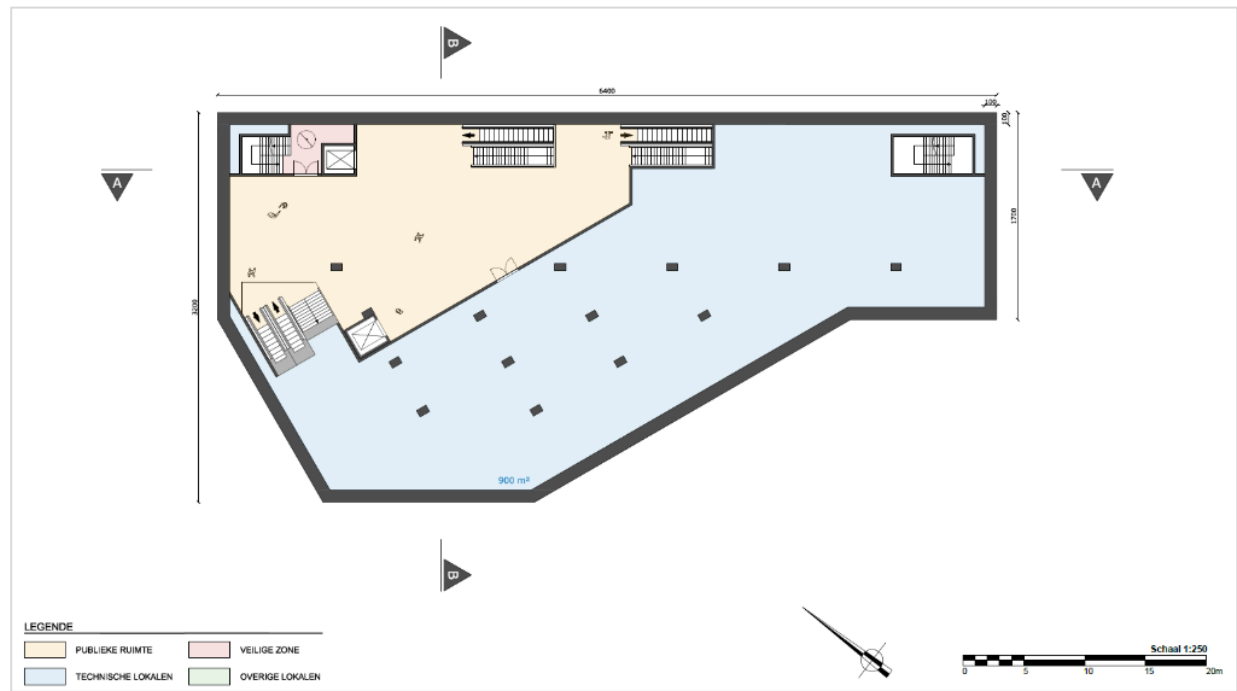
6.7.7 Programma

In totaliteit beschikt Station Stadswaag over ± 2856 m² aan mogelijke invulling voor technische lokalen. De verdeling overheen de verschillende niveaus is weergegeven in onderstaande tabel. Het volledige programma aan technische lokalen, zoals opgesteld in paragraaf 6.1.9, past daarmee vlot in de huidige opstelling. Er is een duidelijke overmaat te herkennen. Deze overmaat is het gevolg van de noodzakelijke uitbreiding om de circulatie ingepast te krijgen. Anderzijds laat deze overmaat toe om 900 m² van het -1 niveau volledig te gebruiken voor alternatieve doeleinden.

LOKALEN OSSENMARKT	
Niveau -1	900 m²
Niveau -2 (perron)	336 m²
Niveau -3	900 m²
Niveau -4 (perron)	720 m²
TOTAAL	2856 m²



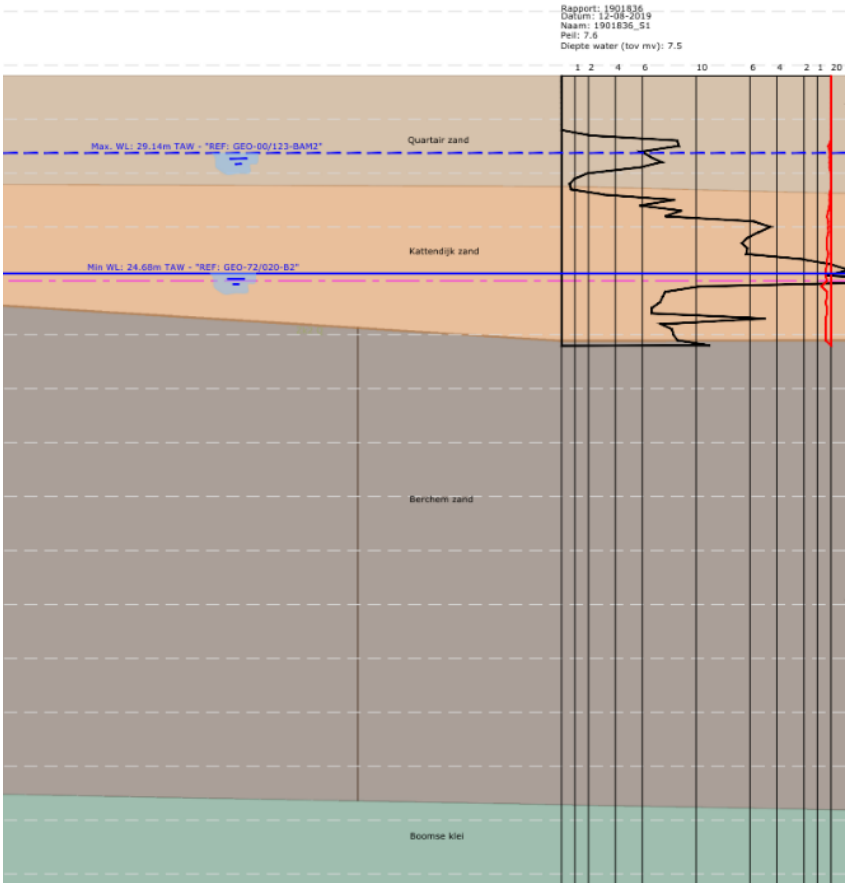
Figuur 68 – Niveau -1, Overige lokalen – Station Ossenmarkt



Figuur 69 – Niveau -3, Doorsteek en technische lokalen – Station Ossenmarkt

6.7.8 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de Ossenmarkt een laag quartair zand is van ongeveer 4 m dik, daaronder Kattendijk zand van 6m dik en Berchem zand van 17 m dik. Hieronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 70 – Ondergrond t.h.v. Ossenmarkt

6.7.9 Werfzone en Fasering

Het station is gelegen onder de Ossenmarkt. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 71 – Werfzone Station Ossenmarkt

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig. Een klein deel van de dakplaat kan dan gestort worden, waardoor het plaatselijk verkeer gedeeltelijk hersteld zou worden en er plaats kan gewonnen worden dat kan gebruikt worden als opslagruimte. Voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal moeten de toegangspuitten echter gedurende de gehele duur van de werf worden behouden omdat het station tevens dient als opvangschacht voor de tunnelboormachines die via het station gedemonteerd en geëvacueerd moeten worden.

De geplande fasering is als volgt:

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen
- Uitvoering van de diepwanden en de voorgevormde kolommen
- Uitvoering van een deel van de dakplaat
- Grondwerken tot op het niveau van het bovenste platform
- Aanvang van de grondwerken van de tunnels richting Rooseveltplaats in parallel
- Aankomst en demontage van de bovenste tunnelboormachine
- Grondwerken tot op vloerplaat
- Aankomst en demontage van de onderste tunnelboormachine
- Definitieve afsluiting van de tunnelritten en afwerking van het station

6.7.10 Planning

Belangrijk in de algemene fasering van de werken is dat er een zware interactie zal zijn tussen de werf van het Station Ossenmarkt en de tunnel in de Korte Winkelstraat. Daarom is het realistisch om deze 2 zones na elkaar aan te pakken. Eerst worden de tunnels in de Korte Winkelstraat gerealiseerd en aansluitend wordt dan het station Ossenmarkt aangevat. Aangezien het station ook het laatste op het tracé van de TBM is heeft dit weinig invloed op de algemene planning van het project.

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:

- Voorbereidende werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 6 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen gelegen op het plein, in het bijzonder de netwerken gelegen in het verlengde van de Winkelstraat. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd.
- Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
- Civieltechnische werken: 38 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden en voorgevormde kolommen: 9 maanden
 - Dakplaat en grondwerken tot op niveau van de eerste tunnelboormachine: 10 maanden
 - Aankomst en demontage van de bovenste tunnelboormachine: 2 maanden
 - Grondwerken en stortebed: 9 maanden
 - Aankomst en demontage van de onderste tunnelboormachine: 2 maanden
 - Afwerking van het station: 6 maanden
- Afwerking en speciale technieken: 15 maanden

7. Bijkomende kunstwerken

7.1 Aansluitconstructie naar Rooseveltplaats – connectie met Keerlus en onder de tunnels Brabo II

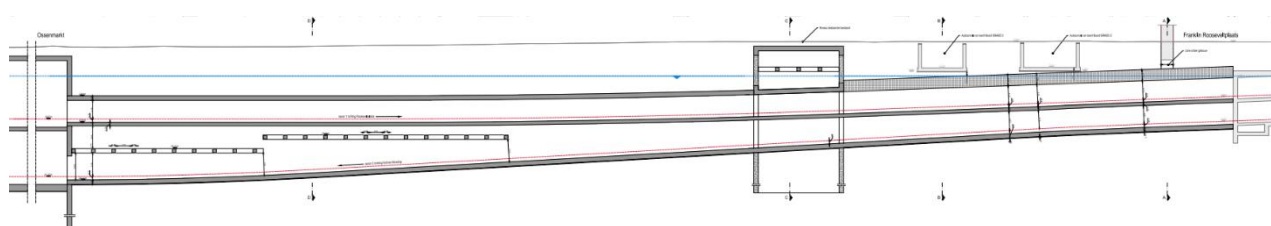
Het laatste deel van de lijn tussen het station Ossenmarkt en de bestaande keerlus onder de Franklin Rooseveltplaats moet worden uitgevoerd met inachtneming van de volgende beperkingen:

- De twee boven elkaar geplaatste tunnels moeten in lengteprofiel naar elkaar toe komen, waardoor hun verticale afstand tot een minimum wordt beperkt om de niveaus van de bestaande verbidingsconstructie onder de Rooseveltplaats te bereiken. Hierdoor is het onmogelijk om dit onderdeel uit te voeren met de tunnelboormachines die dus zullen moeten stoppen op de Ossenmarkt.
- Het eerste stuk tussen de Ossenmarkt en de Molenbergstraat ligt onder een zeer smalle straat (Korte Winkelstraat) die het creëren van diepe steunen vanaf het oppervlak verhindert met inachtneming van de minimale breedte van de tramsporen (en dus van de tunnels).
- Het laatste stuk tussen de Molenbergstraat en de bestaande verbidingsconstructie onder de Rooseveltplaats moet onder de Brabo II-tunnels door met een zeer beperkte gronddekking, waardoor elke bouwtechniek vanaf het oppervlak onmogelijk wordt gemaakt. Een ondergrondse uitvoeringsmethode is hier noodzakelijk.

Tussen de twee secties aan de Molenbergstraat komt een klassieke bouwput gemaakt uit diepwanden. Hij zal worden gebruikt als startschacht voor de grondwerken van de twee secties en zal het vervoer van het grondoverschot voor evacuatie mogelijk maken zonder impact te hebben op de werken voor het station aan de Ossenmarkt.



Figuur 72 – Grondplan tunnel aansluitconstructie



Figuur 73 – Langsdoorsnede

In het volgende hoofdstuk wordt de realisatie van de tussenput beschreven.

7.2 Tussenput Molenbergstraat

7.2.1 Uitvoeringsmethode

De put is gelegen op het kruispunt tussen de Molenbergstraat en de Korte Winkelstraat. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 74 – Werfzone tussenput

In eerste instantie is voor de realisatie van de diepwanden het gehele werfoppervlak nodig. Pas op het einde wordt de dakplaat gestort om het grondoverschot te kunnen evacueren. Gezien de beperkte opslagruimte voor het grondoverschot, moet deze rechtstreeks in de vrachtwagens worden geladen.

De geplande fasering is als volgt:

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen
- Uitvoering van de diepwanden
- Grondwerken tot op vloerplaat
- Grondwerken naar de Ossenmarkt en naar de Rooseveltplaats
- Aankomst en demontage van de onderste tunnelboormachine

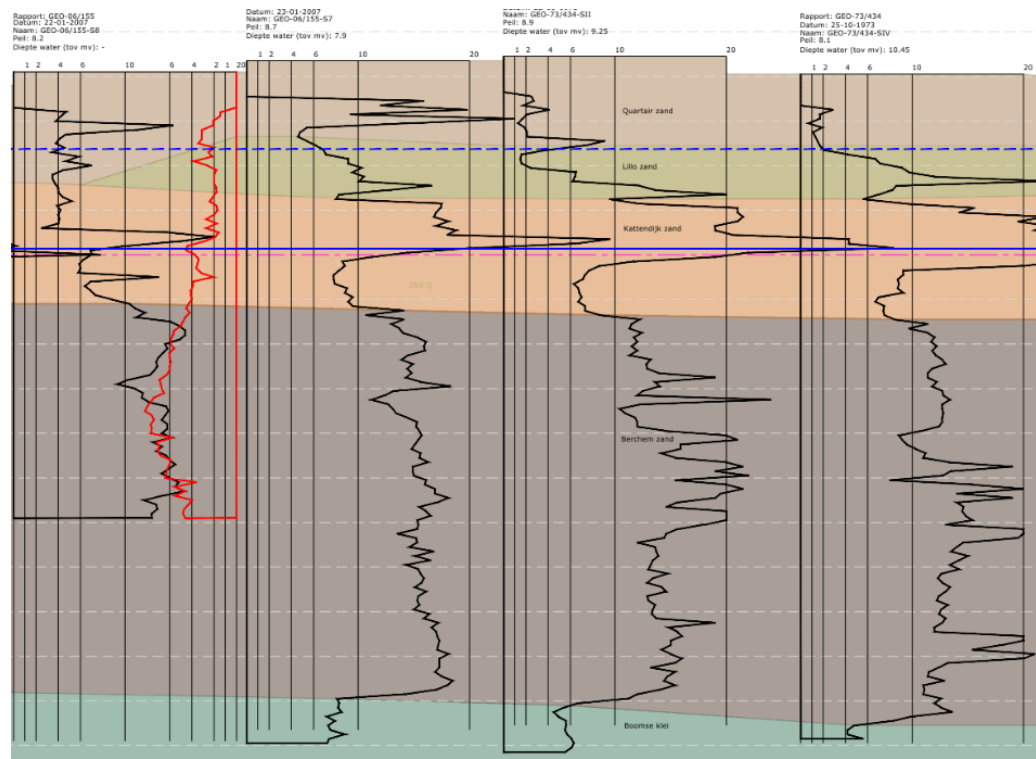
7.2.2 Planning Tussenput en van hieruit georganiseerde grondafvoer

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:

- Voorbereiden werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 6 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen, voornamelijk het rioleringsnet. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd.
- Werfinstallatie: 2 maanden met inbegrip van de installatie voor de diepwanden
- Civieltechnische werken: 24 maanden als volgt onderverdeeld:
 - Diepwanden en voorgevormde kolommen: 4 maanden
 - Grondwerken tot op vloerplaat: 2 maanden
 - Grondwerken naar de Rooseveltplaats: 33 maanden
 - Grondwerken naar de Ossenmarkt: 33 maanden
 - Afsluiten en afwerking van de put: 2 maanden

7.2.3 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de tussenput een laag quartair zand is van 3 tot 5 m dik. Daaronder zit een laag Lillo zand die 2,5 m dik is. Daaronder is er eerst een laag Kattendijk zand die tot 5,5 m dik is en vervolgens Berchem zand van 18 m dik. Daaronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.

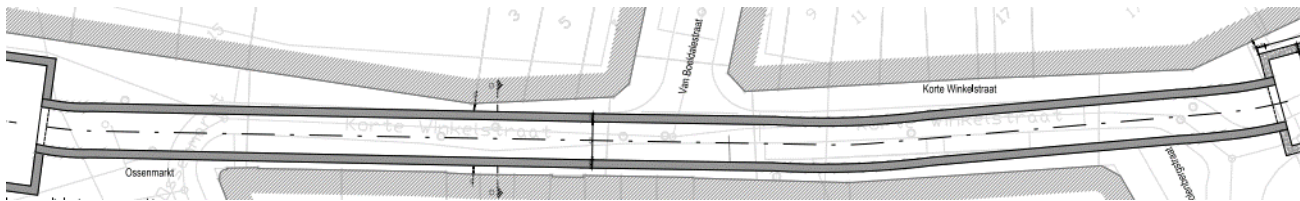


Figuur 75 – Ondergrond t.h.v. Tussenput Molenbergstraat

7.3 Tunnel Korte Winkelstraat

7.3.1 Beschrijving

In dit hoofdstuk wordt de weerhouden bouwvariant beschreven voor het eerste deel, van de put van de Ossenmarkt tot de put van de Molenbergstraat. Dit deel bevindt zich onder de Korte Winkelstraat.



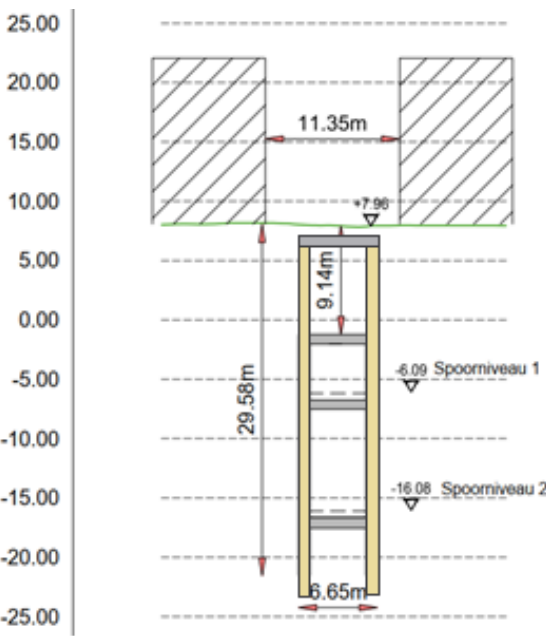
Figuur 76 – Grondplan zone Korte Winkelstraat

7.3.2 Onderzochte varianten

Vanwege het krappe karakter van de Korte Winkelstraat zijn drie varianten overwogen voor de aanleg van de tunnel:

1. Diepwanden vanaf de straatkant tot aan de dakplaat:

Deze variant bestaat uit het realiseren van diepwanden vanaf de straat. Deze mogelijkheid is uitgesloten omdat naast veel overlast voor de omwonende (grote machines) op bepaalde delen van de straat, de afstand tussen de woningen zelfs niet voldoende is om de minimale afmeting tussen de tunnelsporen te garanderen.



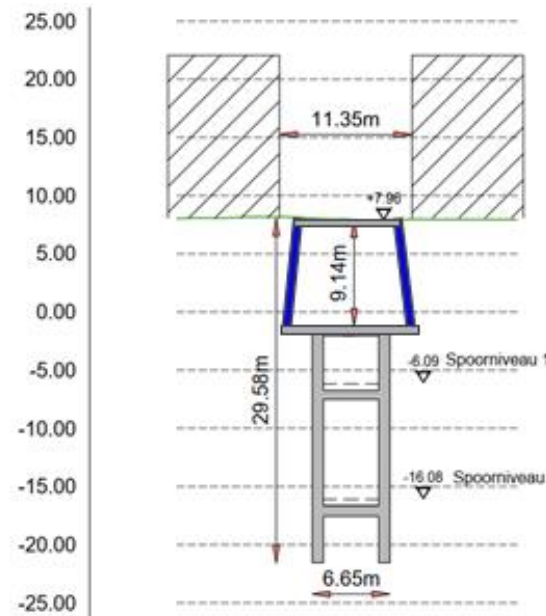
Figuur 77 – Principe met diepwanden

2. « TZH = tunnel zonder hinder »:

Deze variant bestaat uit het maken van licht hellende wand in Jet-grouting vanaf de straat met machines van klein formaat. Daarna wordt er een tijdelijke plaat net onder her maaiveld gemaakt om de weg weer in gebruik te nemen. De rest van de werken kunnen allemaal georganiseerd worden vanuit de Tussenput aan de Molenbergstraat.

Er worden eerst uitgravingen uitgevoerd tot een diepte van ongeveer 9 m is bereikt.

Vanaf dit niveau kunnen twee verticale rijen jet-kolommen (25 m) worden uitgevoerd en gaan de grondwerken aan de binnenkant verder. De tunnel wordt tussen de verticale jet-kolommen gebetonneerd. Aan het einde van de werkzaamheden wordt het gedeelte boven de tunnel opgevuld.



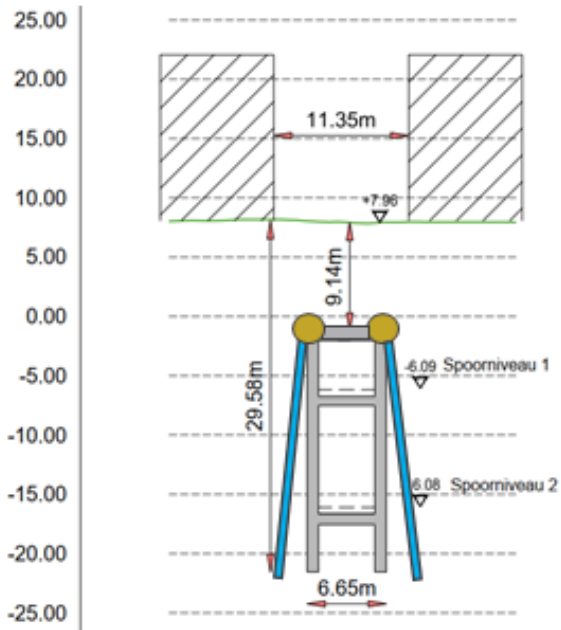
Figuur 78 – Principe met jet-grouting

3. Microtunneling met bevrozing (methode Metro Noord Brussel):

Deze methode bestaat uit de bouw van twee minitunnels met een kleine diameter (3 m) tussen het station Ossenmarkt en de put van de Molenbergstraat. In deze tunnels worden vriesbuizen geïnstalleerd om 2 ondergrondse vrieswanden te realiseren.

Vervolgens wordt het gewelfde grondstuk tussen de twee tunnels bevroren. Beschoeide sleuven kunnen vervolgens worden uitgevoerd in de bevroren zone nadat de grondwaterspiegel binnenin is verlaagd.

Nadat de beschoeide sleuven en de dakplaat zijn gebetonneerd, worden de grondwerken in de tunnel uitgevoerd.



Figuur 79 – Principe met microtunneling

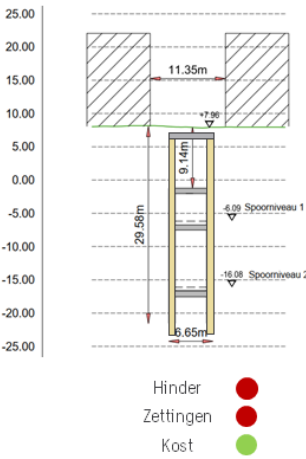
7.3.3 Vergelijking van de methodes

De eerste diepwandoplossing werd uitgesloten vanwege de overlast voor de bewoners en de opgetreden bouwproblemen (onvoldoende breedte van de straat).

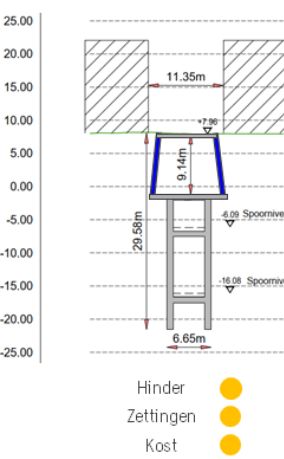
De microtunneling-oplossing met grondbevrozing is zeer positief in termen van minder hinder omdat alles ondergronds gebeurt, maar het veronderstelt een grote complexiteit en zeer hoge kosten. Ook zijn de risico's op zettingen niet te onderschatten en zou er compensation grouting moeten voorzien worden om de zettingen aan de woningen te beperken.

Wij bevelen daarom de Jetgrouting-oplossing aan die qua hinder, complexiteit en kosten het meest geschikt lijkt.

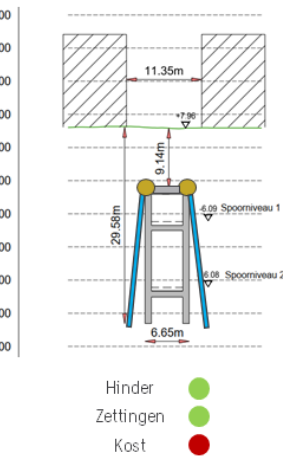
Diepwanden
Vanaf maaiveld, hoogte 32 m
Min 1 m van de gevels + open bouwput



« Tunnel Zonder Hinder (TZH) »
Jet kolommen Lmax 25 m
Snel herstel van het straat (cut&cover)



Methode zonder impact maaiveld
Geboorde buizen uit station
Grond bevrozing

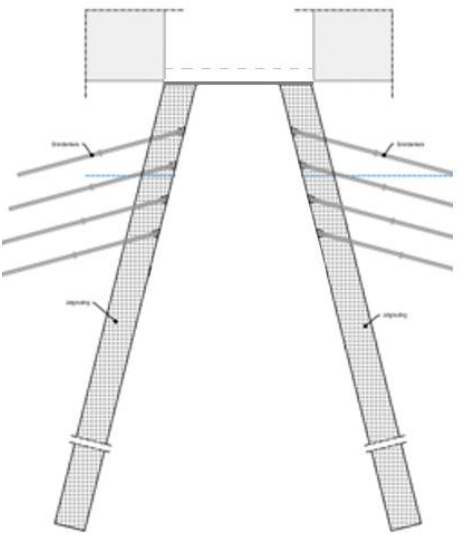


Figuur 80 – Vergelijking varianten

7.3.4 Beschrijving gekozen uitvoeringsmethode

1. Licht hellende Jetgrouting

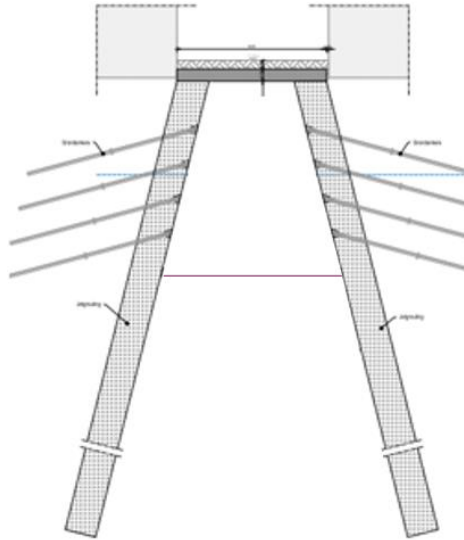
Aan weerszijden van de straat worden twee rijen Jetgrouting-kolommen uitgevoerd. Op de smalste plekken van de straat zullen deze kolommen licht hellend moeten zijn om voldoende breedte te hebben om de toekomstige tunnel te kunnen realiseren.



Figuur 81 – Tunnel Korte Winkelstraat : Uitvoering Jetgrouting

2. Tijdelijke dakplaat en eerste grondwerken

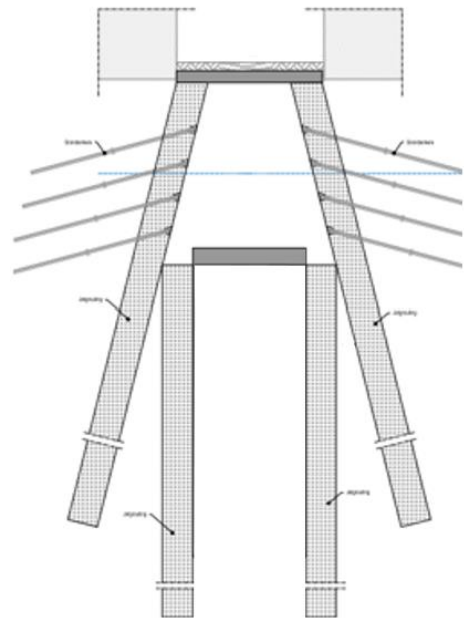
Net onder het maaiveld wordt een tijdelijke dakplaat gebouwd om het wegverkeer snel te herstellen. De grondwaterspiegel wordt tussen de jet-kolommen verlaagd en de grondwerken worden onder de dakplaat uitgevoerd tot een diepte van circa 9 m vanuit de tussenput. Tijdelijke trekankers worden in de Jetgrouting-kolommen geïnstalleerd terwijl er dieper wordt afgedaald met de uitgraving.



Figuur 82 – Tunnel Korte Winkelstraat : Tijdelijk dakplaat

3. Verticale Jetgrouting en dakplaat

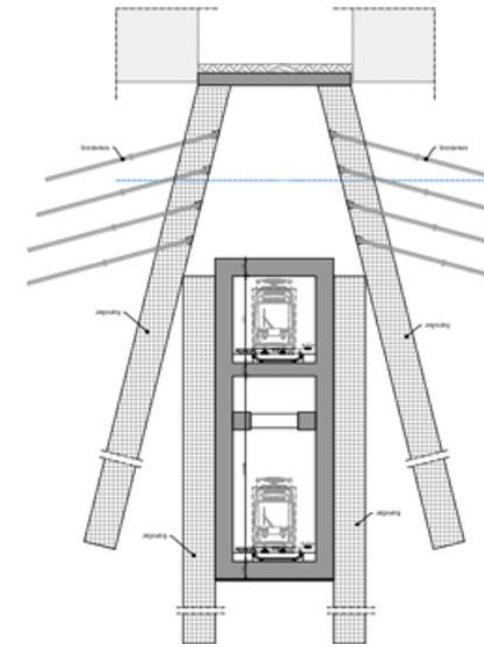
Vanaf het werkplatform op een diepte van circa 9 m worden 2 bijkomende rijen verticale Jetgrouting-kolommen en een tunneldekplaat uitgevoerd.



Figuur 83 – Tunnel Korte Winkelstraat : Verticale Jetgrouting en dakplaat

4. Stross-grondwerken en tunnel structuur

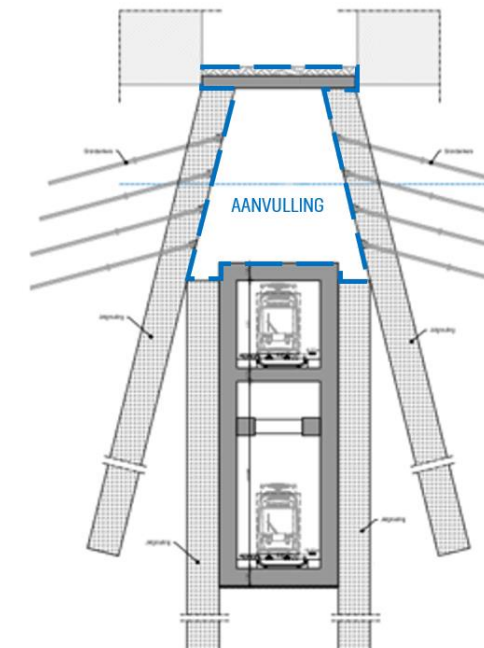
In de volgende fase wordt onder de dakplaat, tot ter hoogte vloerplaat, uitgravingen in stross uitgevoerd. De resterende tunnelstructuur (vloerplaat, vloeren en wanden) wordt dan gebouwd in een bottom-up proces.



Figuur 84 – Tunnel Korte Winkelstraat : Realisatie definitieve tunnel

5. Aanvulling en herstel rijweg

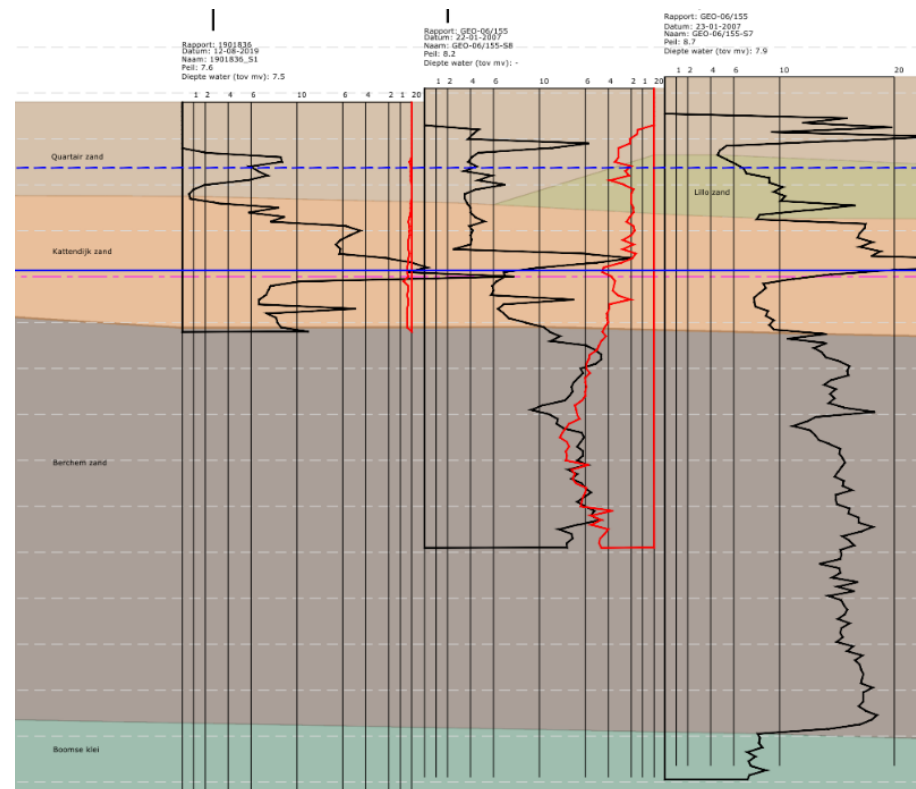
Na voltooiing van de tunnel wordt het tijdelijk volume opgevuld tussen het maaiveld en de dakplaat van de tunnel. De rijweg wordt aansluitend in definitieve toestand heraangelegd.



Figuur 85 – Tunnel Korte Winkelstraat : Aanvulling en rijweg

7.3.5 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de Korte Winkelstraat een laag quartair zand is van 3 tot 5 m dik. Hieronder zit lokaal een laag Lillo zand die tot 2,5 m dik is. Daaronder is er eerst een laag Kattendijk zand die tot 5,5 m dik is en vervolgens Berchem zand van ongeveer 17,5 m dik. Hieronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 86 – Ondergrond t.h.v. de Pottenbrug

7.3.6 Werfzone en Fasering

In eerste instantie is het hele gebied van de Korte Winkelstraat nodig voor de bouw van de jet-kolommen. De tijdelijke dakplaat kan dan worden gestort, wat het verkeer gedeeltelijk zou herstellen. Het transport van grondoverschot zal voornamelijk gebeuren via de werfzones van het station Ossenmarkt en de put van de Molenbergstraat. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 87 – Werfzone Korte Winkelstraat

De geplande fasering is als volgt :

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen
- Uitvoering van de jet-kolommen en tijdelijke dekplaat
- Uitvoering van de stross-grondwerken tot op 9 m diepte
- Uitvoering van de tweede rij jet-kolommen
- Uitvoering van de dekplaat van de tunnel et vervolg van de stross-grondwerken
- Betonneren vloerplaat
- Opvulling van de bovenste kamer en renovatie van de wegenis

7.3.7 Planning

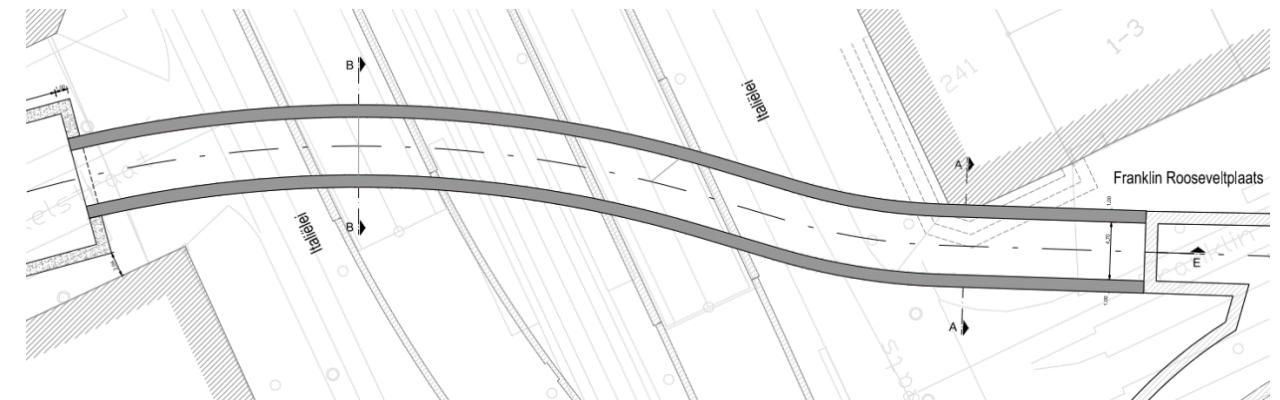
De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt :

- Voorbereidende werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 6 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen gelegen in de Korte Winkelstraat. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd.
- Inrichting van de werf: 2 maanden
- Civieltechnische werken: 40 maanden als volgt onderverdeeld:
 - Jetgrouting en tijdelijke dekplaat: 15 maanden
 - Stross-grondwerken tot op niveau van de dekplaat van de tunnel: 4 maanden
 - Tweede rij jet-kolommen en dekplaat van de tunnel: 4 maanden
 - Grondwerken tot op vloerplaat inclusief betonneren van de tussenplaat en het stortebed: 7 maanden
 - Uitvoering van de wanden: 7 maanden
 - Opvulling en herstel van de wegenis: 3 maanden

7.4 Aansluitconstructie naar Leien - Rooseveltplaats

7.4.1 Beschrijving

In dit hoofdstuk wordt de bouwvariant beschreven die is gehanteerd voor het laatste deel, van de put van de Molenbergstraat tot de verbidingsconstructie van de Rooseveltplaats die onder de Brabo II-tunnels doorloopt.



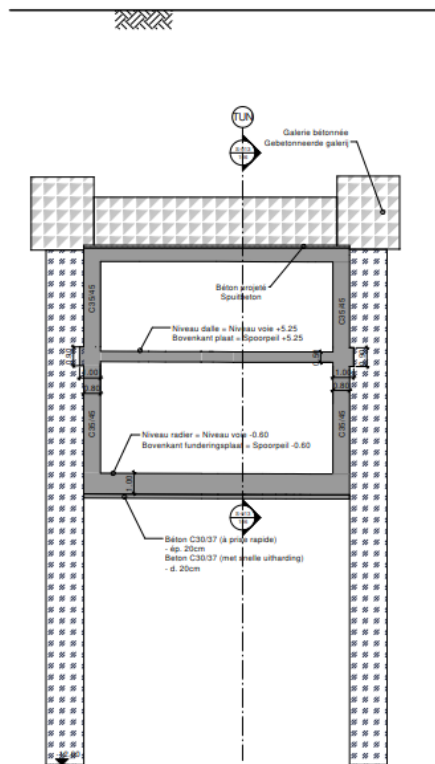
Figuur 88 – Grondplan zone onder de Leien

7.4.2 Onderzochte varianten

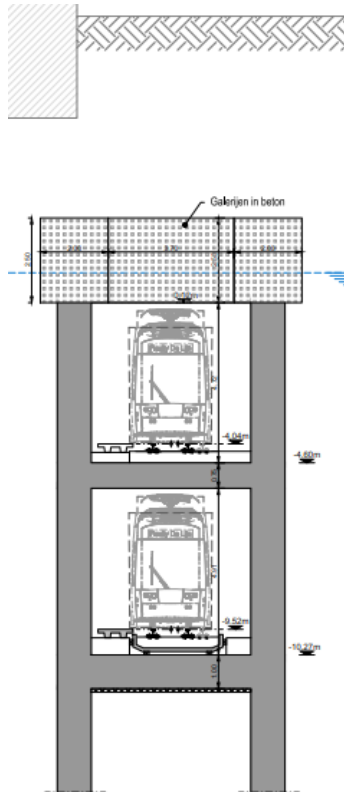
De uitvoeringsmethode om dit deel te realiseren zal noodzakelijkerwijs via beschoeide galerijen onder de Brabo II-tunnels moeten gebeuren; deze galerijen worden gebruikt om de verdere tunnel te realiseren.

Dan zijn er twee opties mogelijk voor de verticale elementen:

- Jetgrouting (methode Tunnel onder noordstation Brussel): Realisatie van verticale schermen in Jetgrouting die het mogelijk maken de grondwerken ertussen uit te voeren. Daarna wordt de finale constructie binnen dit volume gerealiseerd (analoog aan het gedeelte Korte Winkelstraat).
 - Voordeel: Bemaling is mogelijk binnen het beschoeid gedeelte na uitvoering van de Jetgrouting;
 - Nadeel: Jetgrouting is tijdelijk en er moet een definitieve structuur aan de binnenkant worden gebouwd.
- Beschoeide sleuven en Galerijen (methode Schuman-Josaphat tunnel Brussel): Het uitvoeren van verticale beschoeide sleuven waardoor de grondwerken aan de binnenkant kunnen worden uitgevoerd en men direct de definitieve structuur bekomt.
 - Voordeel: De beschoeide sleuven dienen als definitieve structuur van de tunnel;
 - Nadeel: Deze optie vereist een algemene verlaging van de grondwaterspiegel tot het niveau van de bodem van de beschoeide sleuven.



Figuur 89 : Optie Jet-grouting



Figuur 90 : Optie beschoeide sleuven

Gekozen uitvoeringsmethode

De 2^e optie werd weerhouden. Gezien de beperktere diepte van de constructie t.o.v. de Korte Winkelstraat is het te overwegen om een algemene grondwaterverlaging voor deze zone te voorzien. De hieraan gekoppelde kostprijs zal ook aanzienlijk lager zijn.

7.4.3 Beschrijving gekozen uitvoeringsmethode

1. Galerijen onder de U-Bakken

Twee beschoeide galerijen zijn gebouwd tussen de centrale put en de structuur onder de Rooseveltplaats. Deze longitudinale galerijen van ongeveer 2,5 m x 2,5 m bevinden zich op voldoende diepte om onder de Brabo II-tunnels door te gaan en zullen dienen als toegangsgalerijen voor het uitvoeren van de verticale beschoeide sleuven en het dak. Dit laatste zal gerealiseerd worden door een aantal bijkomende dwarse galerijen uit te graven.

2. Bemaling

Voor de uitvoering van deze variant zal een algemene verlaging van de grondwaterspiegel nodig zijn tot het lagere niveau van de gepantserde opgravingen. Gezien het zandige karakter van de bodem wordt ingeschat dat de zettingen beperkt zullen zijn.

3. Beschoeide sleuven

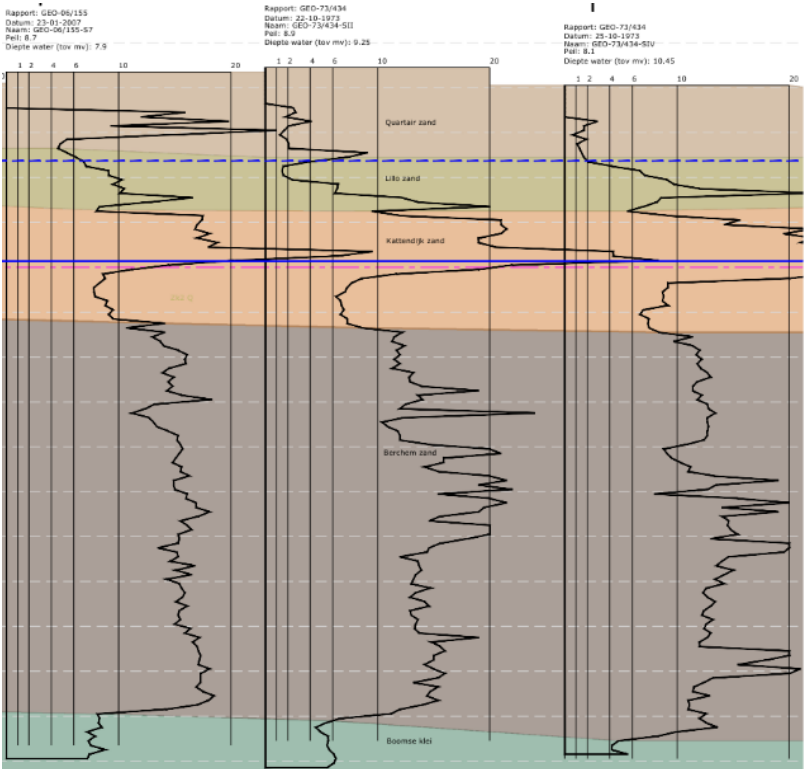
De verticale beschoeide sleuven worden uitgevoerd vanuit de longitudinale galerijen totdat de noodzakelijke diepte voor het aanzetpeil is bereikt.

4. Uitgraving in stross en uitvoering van de definitieve tunnel

De grondwerken tussen de beschoeide sleuven worden in stross onder de dekplaat uitgevoerd tot aan het niveau van de vloerplaat. Finaal wordt deze dan gerealiseerd. De grondafvoer wordt via de tussenput rechtstreeks georganiseerd.

7.4.4 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de aansluitconstructie een laag quartair zand is van 3 tot 5 m dik. Hieronder zit een laag Lillo zand die 2,5 m dik is. Daaronder is er eerst een laag Kattendijk zand die tot 5,5 m dik is en vervolgens Berchem zand van ongeveer 18 m dik. Hieronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 91 – Grondsamenstelling zone onder de Leien

7.4.5 Werfzone en Fasering

Aangezien alle werken worden georganiseerd vanuit de tussenput is er in deze zone geen bovengrondse werfname nodig.



Figuur 92 – Werfzone zone onder de Leien

Op de Rooseveltplaats komt mogelijk een grote opslagruimte voor materialen, in deze zone bevindt zich een bushalte van De Lijn, afstemming zal nodig zijn om te overlast te beperken.

De geplande fasering is als volgt :

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen
- Uitvoering van de longitudinale beschoeide galerijen
- Uitvoering van de verticale beschoeide sleuven
- Betonneren van de beschoeide sleuven
- Uitvoering van de dwarse galerijen
- Betonneren van de dwarse galerijen om de dakplaat te vormen
- Grondwerken tot op vloerplaat met uitvoering van tussenplaat
- Definitieve afsluiting van de tunnel op de keerlus

7.4.6 Planning

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt :

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen: 6 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen voornamelijk aan de kant van de Rooseveltplaats. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd.
- Inrichting van de werf: 2 maanden inclusief de installatie van de diepwanden.
- Civieltechnische werken: 33 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Langse galerijen: 5 maanden

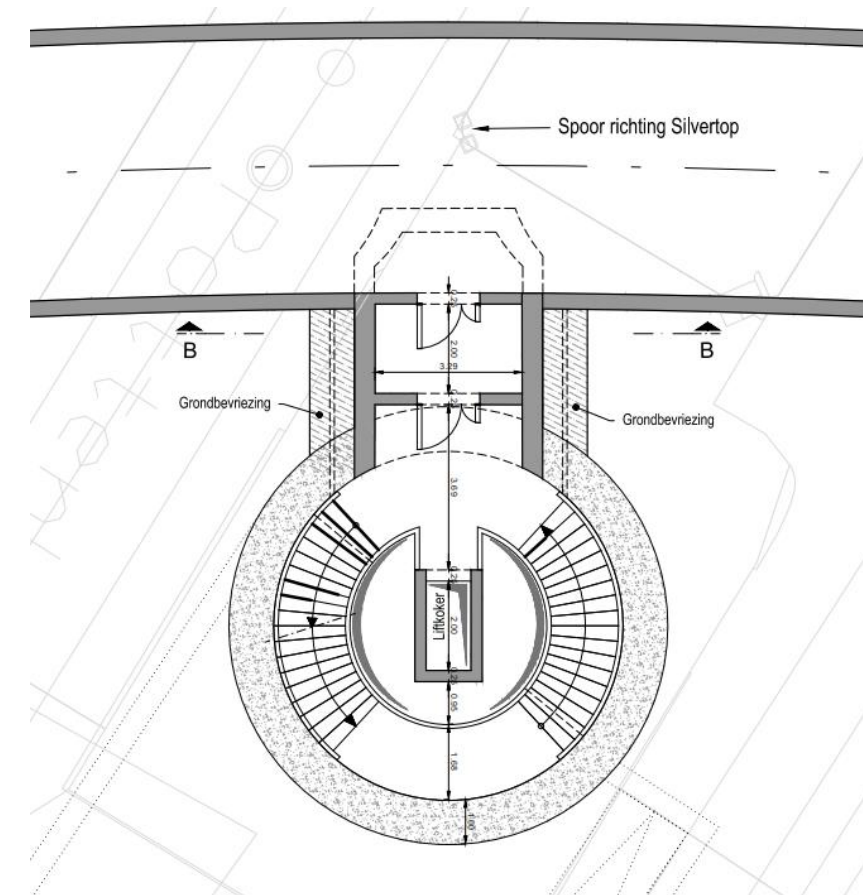
- Beschoeide sleuven inclusief het betonneren: 17 maanden
- Dwarse galerijen inclusief het betonneren van de dekking: 8 maanden
- Grondwerken tot op vloerplaat inclusief het betonneren van de tussenplaat en vloerplaat: 2,5 maanden
- Aansluiting op de keerlus: 1 maand

7.5 Put voor Nooduitgang Pottenbrug

7.5.1 Beschrijving

Het is een cirkelvormige noodput verbonden met de twee tunnels en gelegen op het kruispunt tussen de Engelse Beursstraat en de Minderbroedersrui. De put zal een centrale lift en noodtrap omvatten waarmee reizigers in geval van een incident naar de oppervlakte kunnen komen.

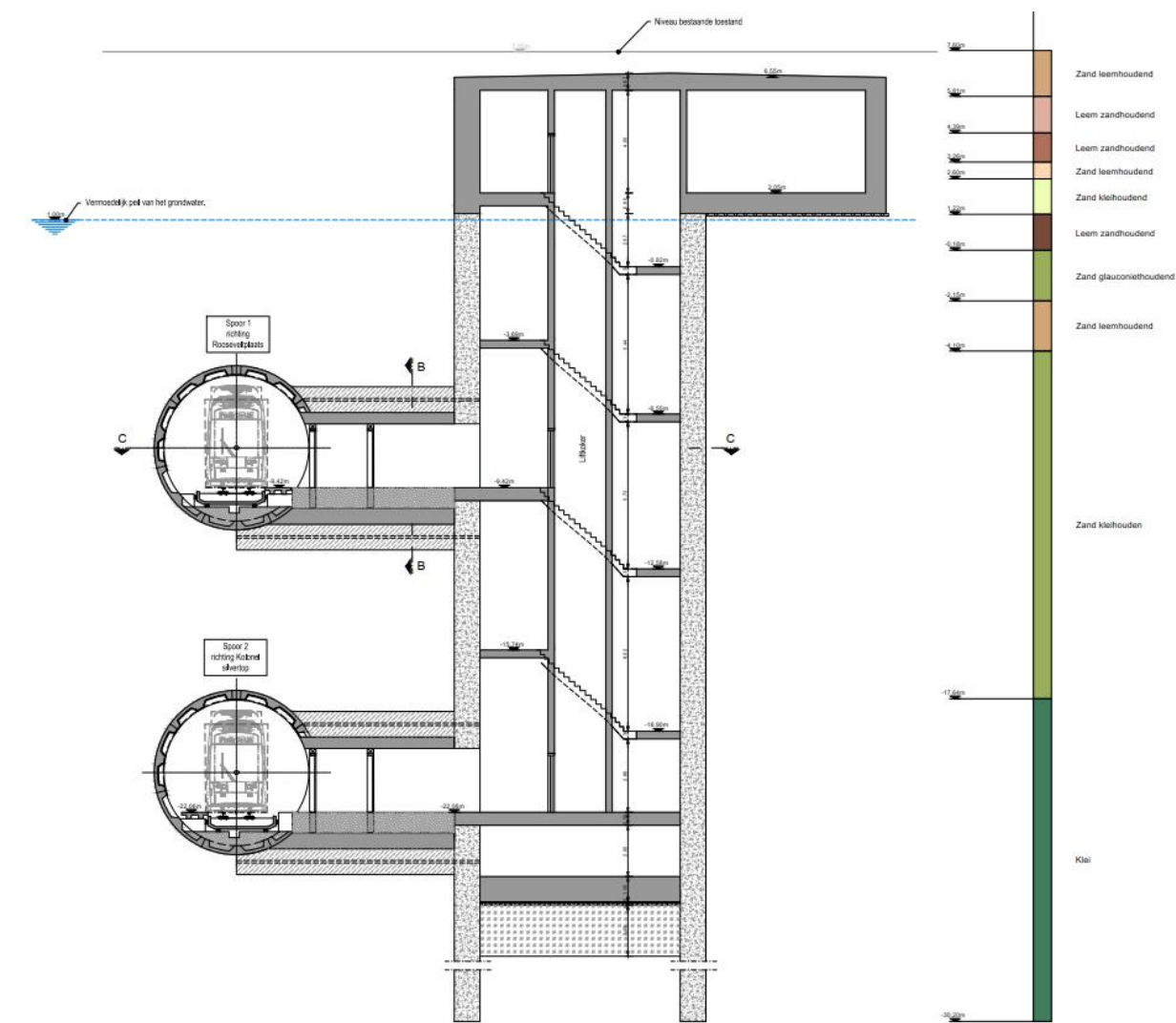
De noodzaak van deze bijkomende put op dit deel van het tracé komt door het feit dat er meer dan 800 m is tussen het Station Groenplaats en het Station Stadswaag.



Figuur 93 – Grondplan noodput met aansluiting op de tunnel

7.5.2 Uitvoeringsmethode

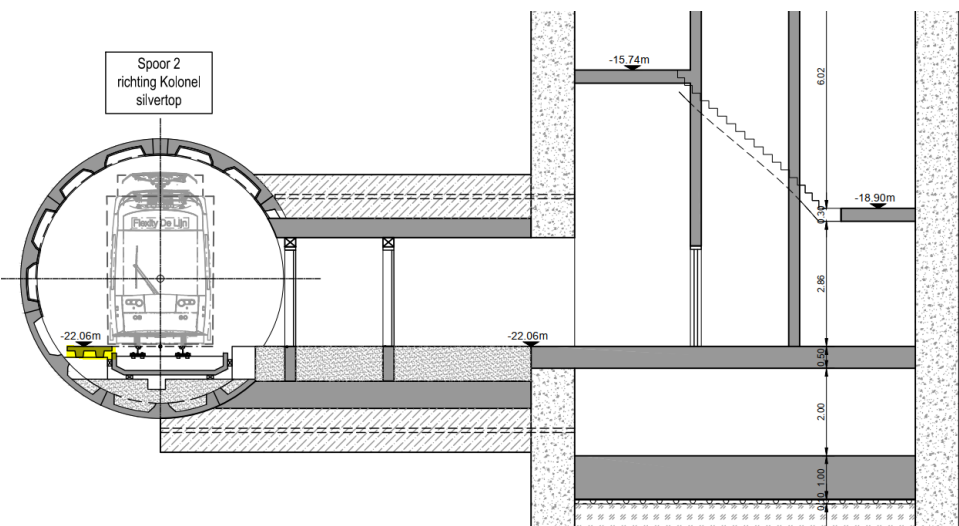
De cirkelvormige put is opgebouwd met diepwanden en de aansluitingen op de tunnels zullen worden uitgegraven door middel van de grondvriesmethode.



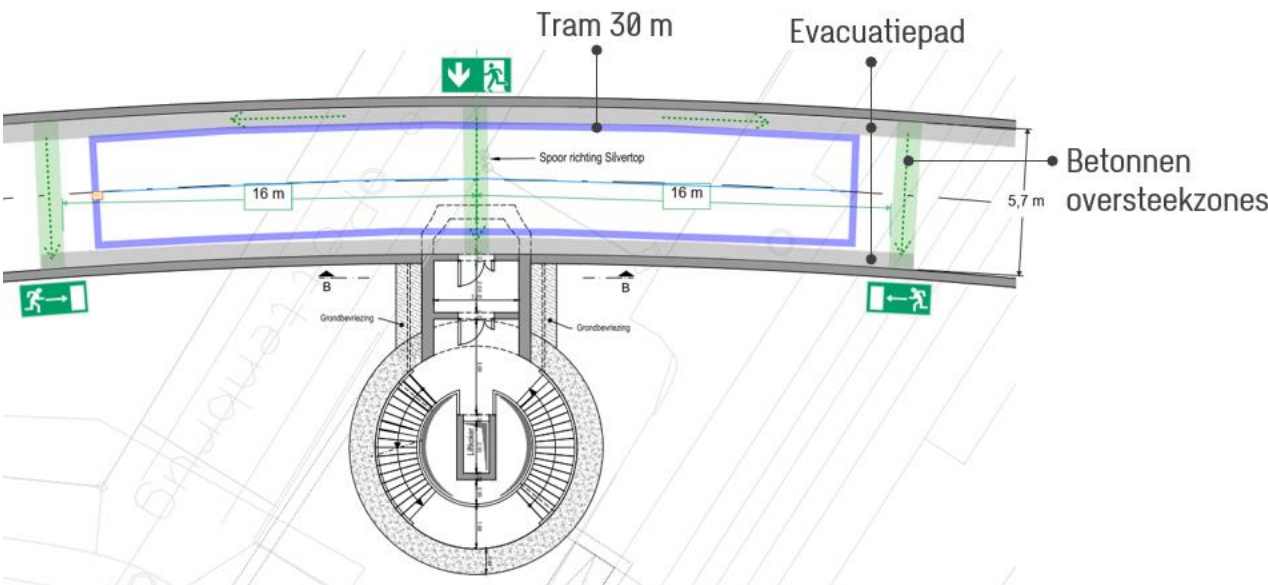
Figuur 94 – Dwarsdoorsnede noodput

7.5.3 Principe voor de evacuatie van de personen

Voor de tunnel richting Rooseveltplein is het evacuatiepad aan de kant van de schacht en is er dus geen probleem om de noodtrap te bereiken. In de richting van Kolonel Silvertop is de evacuatiepad tegenover de verbindingsgang naar de noodput. Om de veiligheid van de reizigers te waarborgen, is een speciale aanpassing noodzakelijk: op 16 meter van de as van de noodput zijn aan weerszijden betonnen oversteekplaatsen aangebracht, evenals in de as van de put zelf. In geval van een incident stopt de tram en maken de reizigers gebruik van het evacuatiepad om vervolgens via de voetgangersoversteekplaatsen de noodput te bereiken. Er moet worden gezorgd voor signalisatie om de evacuatie van passagiers te vergemakkelijken.



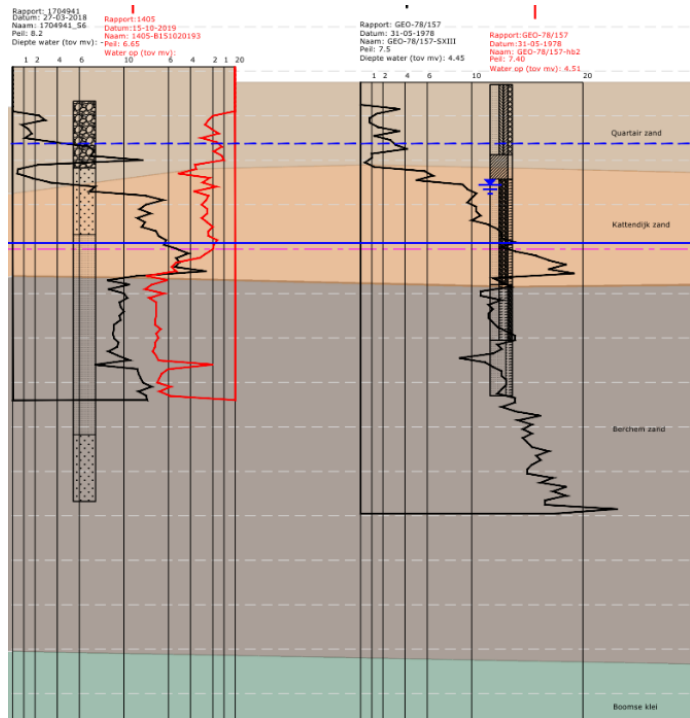
Figuur 95 – Dwarsdoorsnede noodput : tunnel richting Kolonel Silvertop



Figuur 96 – Evacuatie principe in de richting van Kolonel Silvertop

7.5.4 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de Pottenbrug een laag quartair zand is van 4 tot 6 m dik. Daaronder is er eerst een laag Kattendijk zand die tot 5, 5m dik is en vervolgens Berchem zand van ongeveer 17 m dik. Hieronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 97 - Ondergrond t.h.v. de Pottenbrug

7.5.5 Werfzone en Fasering

De gehele zone van het bestaande pleintje op het kruispunt zal nodig zijn voor de uitvoering van de diepwanden. Daarnaast zal aan de zijanten van de Minderbroedersrui ruimte moeten worden gevonden voor de aanleg van het terrein. De put blijft gedurende de werkzaamheden open voor het afvoeren van uitgegraven grond en materiaal. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 98 - Werfzone noodput

De geplande fasering is als volgt :

- Voorbereidende werken en verplaatsing van de nutsleidingen
- Uitvoering van de diepwanden
- Uitvoering van de grondwerken tot op vloerplaat
- Bevriezen van het grondgedeelte en aansluiting op de bovenste grondboormachine
- Bevriezen van het grondgedeelte en aansluiting op de onderste grondboormachine
- Afwerking van de noodput

7.5.6 Planning

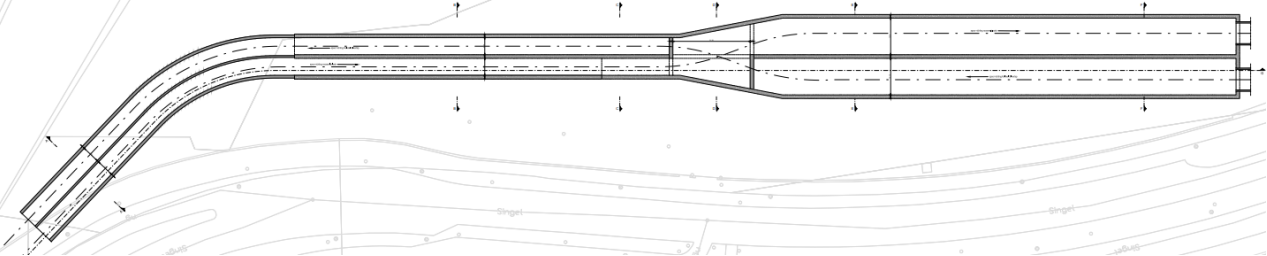
De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:

- Voorbereiden werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 3 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd.
- Inrichting van de werf: 2 maanden
- Civieltechnische werken: 18 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden: 2 maanden
 - Stross-grondwerken tot op vloerplaat: 3 maanden
 - Bevriezen van het grondstuk en aansluiting op de bovenste tunnel: 4 maanden
 - Bevriezen van het grondstuk en aansluiting op de onderste tunnel: 4 maanden
 - Minder diepe zone: 3 maanden
 - Dekplaat en afwerking van de put: 2 maanden
- Afwerking en speciale technieken: 4 maanden

7.6 Vertrekschacht Konijnenwei

7.6.1 Beschrijving

De toegangspuit voor de tunnelboormachines bevindt zich in Park Konijnenwei aan de rand van de Brusselsstraat.

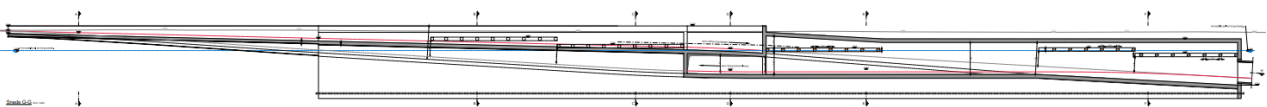


Figuur 99 – Grondplan Open helling en vertrekput

Deze open helling zal dienen als vertrekpunt voor de tunnelboormachines en zal de logistieke aan- en afvoer van graafgrondoverschot gedurende de bouwfase mogelijk maken.

In de laatste fase zal de helling ook een kruiscomplex voor de sporen integreren dat nodig is om de centrale platforms in de ondergrondse lijn te bedienen. Daarom hebben de twee sporen verschillende hellingen en niveaus zodat ze onder mekaar kunnen kruisen.

Na deze zone gaan de trams dus links van elkaar rijden in plaats van rechts.

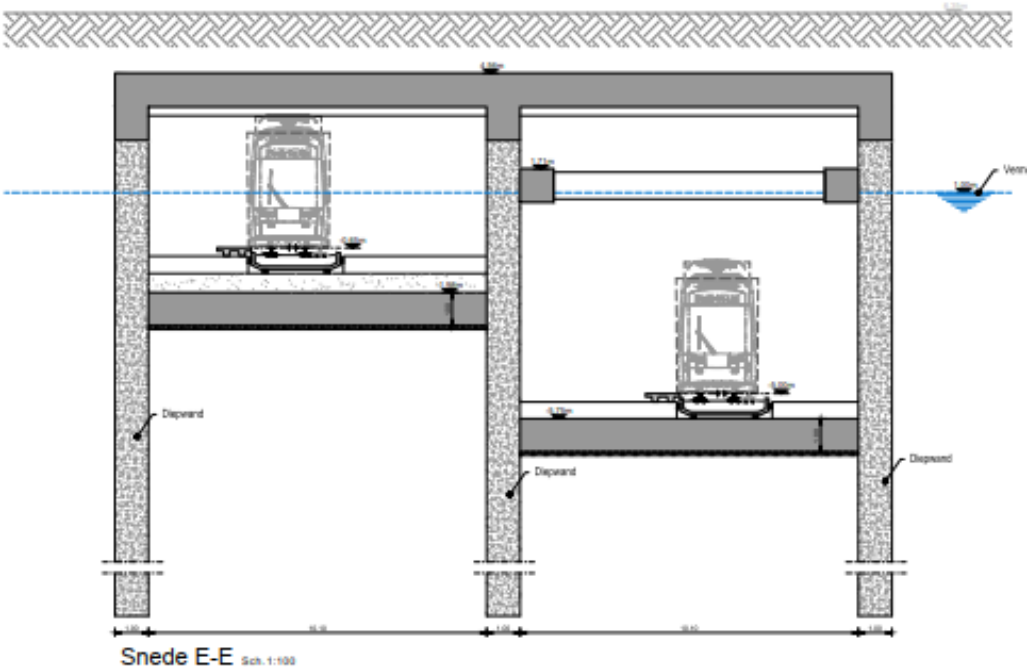


Figuur 100 – Lenteprofiel over de helling

In eerste instantie zal het dieper gelegen gedeelte van de open helling gerealiseerd worden om de TBM's te kunnen laten vertrekken. Eens alle werken voor de tunnels afgerond zijn, kan dan het resterende gedeelte van de open helling, het kruiscomplex en de dakplaat gebouwd worden.

7.6.2 Uitvoeringsmethode

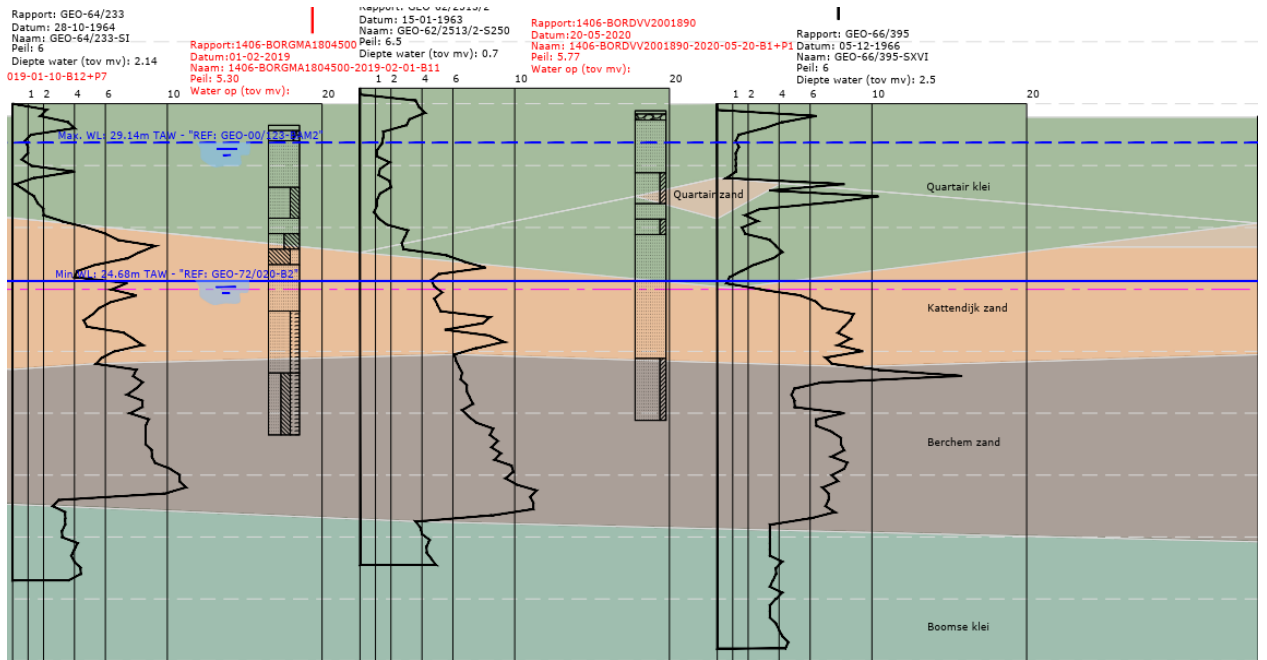
De helling wordt gemaakt met diepwanden en de grondwerken worden uitgevoerd door middel van een open ontgraving. Aan het einde van de werkzaamheden wordt een deel van de oprit afgedekt.



Figuur 101 – Dwarsdoorsnede definitieve toestand

7.6.3 Geotechniek

Onderstaande figuur geeft het resultaat weer van het grondonderzoek gebaseerd op sonderingen en op virtuele boringen in het geologisch 3D-model van DOV in dit segment. Hieruit blijkt dat er ter hoogte van de Konijnenwei een laag quartaire klei is van 3 tot 6 m dik. Deze klei kan lokaal ook zandlenzen bevatten. Onder de quartaire klei is er eerst een laag Kattendijk zand die 2,5 tot 5 m dik is en vervolgens Berchem zand van 4 tot 6 m dik. Hieronder zit de Boomse klei. Het grondwater in deze zone bevindt zich tussen +0 mTAW en +5 mTAW.



Figuur 102 – Ondergrond t.h.v. de Konijnenwei

7.6.4 Werfzone en Fasering

Voor de installatie van de werf is een groot deel van het park nodig dat uit twee delen bestaat: de installatie voor de tunnelboormachines en de installatie voor de helling zelf. Onderstaande figuur toont de beschikbare ruimte voor de werf.



Figuur 103 – Werfzone vertrekschacht

De geplande fasering is als volgt :

- Voorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen welke weinig aanwezig zijn in deze zone
- Uitvoering van de diepwanden
- Uitvoering van de grondwerken tot op niveau van de start van de tunnelboormachines
- Installatie van de werf voor de tunnelboormachines et start van de tunnelboormachines
- Aan het einde van de werf van de tunnel, heropstart van de overblijvende grondwerken om tot op de vloerplaat te komen
- Uitvoering van de vloerplaten en tussenplaten van de oprit

7.6.5 Planning

De geplande looptijden voor de verschillende fases zijn als volgt:

- Voorbereiden werkzaamheden en omleiding van de nutsleidingen: 3 maanden voor de omleiding van de nutsleidingen. Deze werkzaamheden kunnen voorafgaand aan de werf worden uitgevoerd
- Inrichting van de werf voor de oprit: 2 maanden
- Inrichting van de werf voor de tunnelboormachine: 4 maanden
- Civieltechnische werken: 57 maanden als volgt onderverdeeld :
 - Diepwanden zone 1: 7 maanden
 - Stross-grondwerken tot op niveau van de start van de tunnelboormachines: 9 maanden
 - Civieltechnische werken van de tunnels: 33 maanden
 - Diepwanden zone 2: 7 maanden
 - Grondwerken, stortebed en platen zone 2: 5 maanden
 - Dekplaat zone 1: 3 maanden
 - Steunmuren en grondwerken zone 3: 7 maanden

8. Planning

8.1 Hypotheses Tunnels

De volgende algemene hypothesen werden aangenomen voor de tunnelwerken:

- Bestelling en constructie TBM in Atelier: 1 jaar
- De voorwaartse snelheden van de tunnelboormachines kunnen conservatief worden ingesteld op 250 m/maand, met een « learning curve » situatie van 150 m/maand gedurende de eerste maand.
- Passeren van een station: 2 maanden
- Minimale tussentijd tussen de opstart TBM1 en TBM2: 9 maanden

8.2 Hypotheses Stations

De algemene planning van de stations is gebaseerd op volgende hypothesen :

Vorbereidende werken en omleiding van de nutsleidingen en van de tramnetten worden uitgevoerd voorafgaand aan de werf.

De werfinrichting per station heeft een vaste duur van 2 maanden (met uitzondering van de site voor de opstartwerken van de tunnelboormachines in het Park Konijnenwei). Deze periode omvat de voorbereiding van de site en de installatie van de elementen die nodig zijn voor de werf, inclusief de installaties voor de diepwanden.

De volgende rendementen worden verstrekt voor de berekening van de looptijden:

- Diepwanden: 50 m² per dag
- Installatie/afbraak omklapvoorzieningen: 2 weken per operatie
- Grondwerken in open lucht: 350 m³/dag
- Stross-grondwerken: 250 m³/dag
- Betonneren van de dekplaten in open lucht: 50 m³/dag
- Betonneren vloeren: 30 m³/dag
- Betonneren diepwanden: 40m³/dag
- Passage tunnelboormachine door het station: 2 maanden
- Ondiepe nooduitgangen: 20m³/dag (inclusief tijdelijke steunmuren, grondwerken en betonneren van de structuur)
- Installatie van de bevroingswerf: 2 maanden
- Boren van buizen van 6 m: 6 boringen per dag
- Bevrozing van het grondstuk: 15 dagen
- Uitgraving onder bevroren grondstuk: 25 m³/dag
- Afbraak segmenten/diepwanden: 15m³/dag
- Betonneren onder bevroren grondstuk: 10m³/dag

8.3 Hypotheses Zone Korte Winkelstraat-Rooseveltplaats

- Werfinrichting voor de start van de tunnelboormachines
- Verlaging van de grondwaterspiegel in de zone van de Brabo II-tunnels

Volgende rendementen zijn voorzien voor de berekening van looptijden :

- Uitgraving door middel van galerijen of gepantserde opgravingen: 5 m³/dag
- Betonneren van galerijen of diepwanden: 15 m³/dag
- Jetgrouting: 100m³/dag
- Opvulling: 300m³/dag

8.4 Opbouw geïntegreerde planning

8.4.1 Planning Type “Tylos”

Er wordt een voorlopige indicatieve planning opgesteld voor de werken.

De planning is terug te vinden in bijlage 8, welke hieronder wordt toegelicht.

Deze planning geeft in de Y-as de tijds-as terwijl in de X-as de lengte-as van het tracé is weergegeven. Zo kan men de vordering van de 2 TBM's in de tijd en in de ruimte terugvinden en kan men zien op welk moment deze zich op een bepaalde locatie bevinden. Elke station en ander kunstwerk wordt dan verticaal opgehangen aan deze planning waardoor in één overzicht de aanvang van alle werken kan worden weergegeven.

Om de leesbaarheid te vereenvoudigen worden het kritische element uit deze planning in de volgende paragraaf toegelicht aan de hand van een aantal outprints ter verduidelijking.

8.4.2 Harde randvoorwaarden en mijlpalen

De verschillende studiefasen in het ontwerp zijn:

- voorstudie: 6 maanden;
- studie ontwerp bouwkunde: 12 maanden;
- studie ontwerp architectuur: 18 maanden.



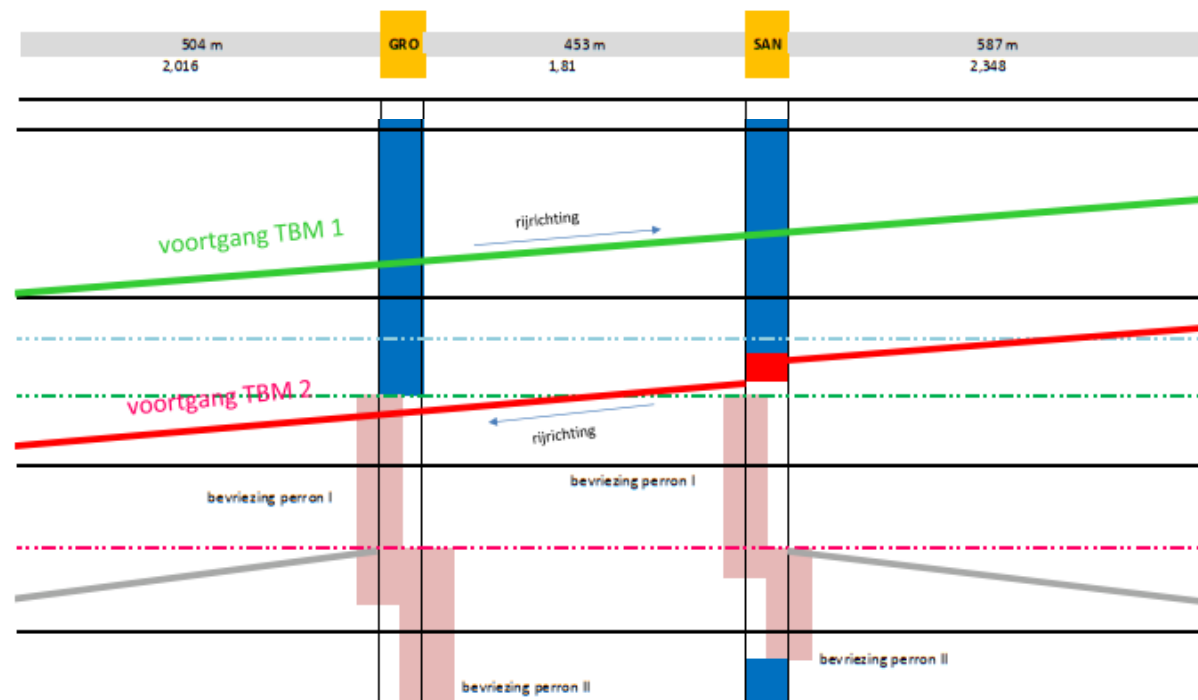
Eens de ontwerpfase bouwkunde afgerond is kan de aanbestedingsprocedure voor het realiseren van de civiele werken opgestart worden. Een volgend Lot kan dan aanbesteed worden voor de werken Architectuur. Hierdoor kunnen de werken behoorlijk snel na de ontwerpfase aangevat worden, en dit op een moment dat ook het architecturaal ontwerp is afgerond.

Vooraleer er kan gestart worden met de bouwkundige werken, zullen de benodigde voorbereidende werken dienen uitgevoerd te zijn.

De aanvang van deze werken is mogelijk na afronden van de voorstudie bouwkundige werken. De looptijd voor deze werken is afhankelijk per station en afhankelijk van de omvang en de ligging op het kritisch pad moeten deze vroeger of later aangevat worden.

Er wordt quasi gelijktijdig gestart met de bouw van de stations Bolivar, Groenplaats en de tussenput t.h.v. Molenbergstraat.

De aanvang van de werken t.h.v Groenplaats worden naar voor getrokken, kwestie van de hinder voor dit deel van de stad wat te spreiden. Namelijk kunnen de grote werken op de Groenplaats en op St-Andries hierdoor na elkaar uitgevoerd worden om de werken niet gelijktijdig uit te voeren en zo de hinder in het stadscentrum te beperken.

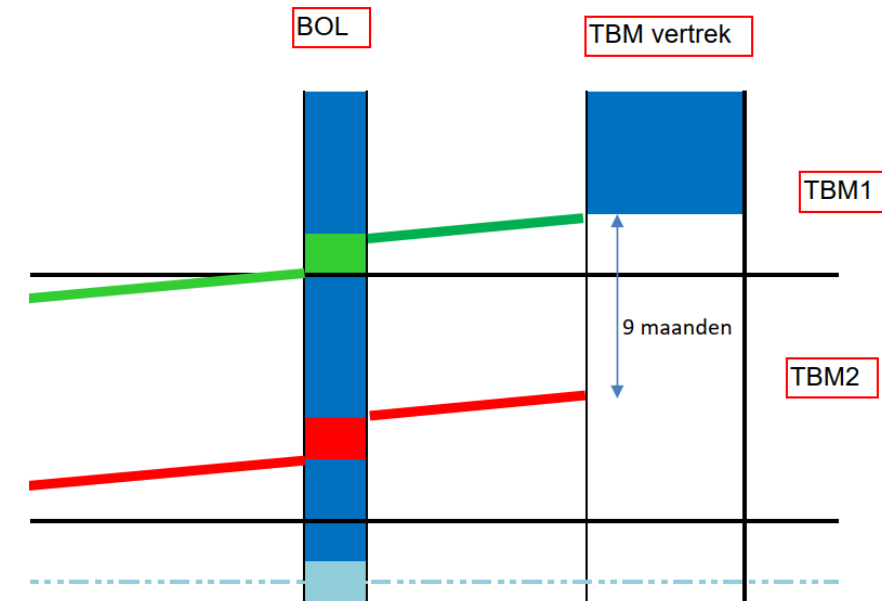


De aanvang van de werken op de overige locaties wordt bepaald in functie van de passage van de tunnelboormachines.

Voor de effectieve start van de werken, is er een periode van 2 maanden voorzien voor de installatie en werfinrichting.

Er wordt gestart met boren van de tunnel met rijrichting Bolivar (tunnel 1).

Ter hoogte van de stations wordt voor de passage van de TBM een periode van 2 maanden genomen, uitgezonderd stations Sint-Andries en Groenplaats, waar de toegang en perrons centraal tussen de twee sporen komt. De werken voor de aansluiting op de tunnels kunnen hier pas na de afwerking van de ene of andere tunnel aangevat worden.

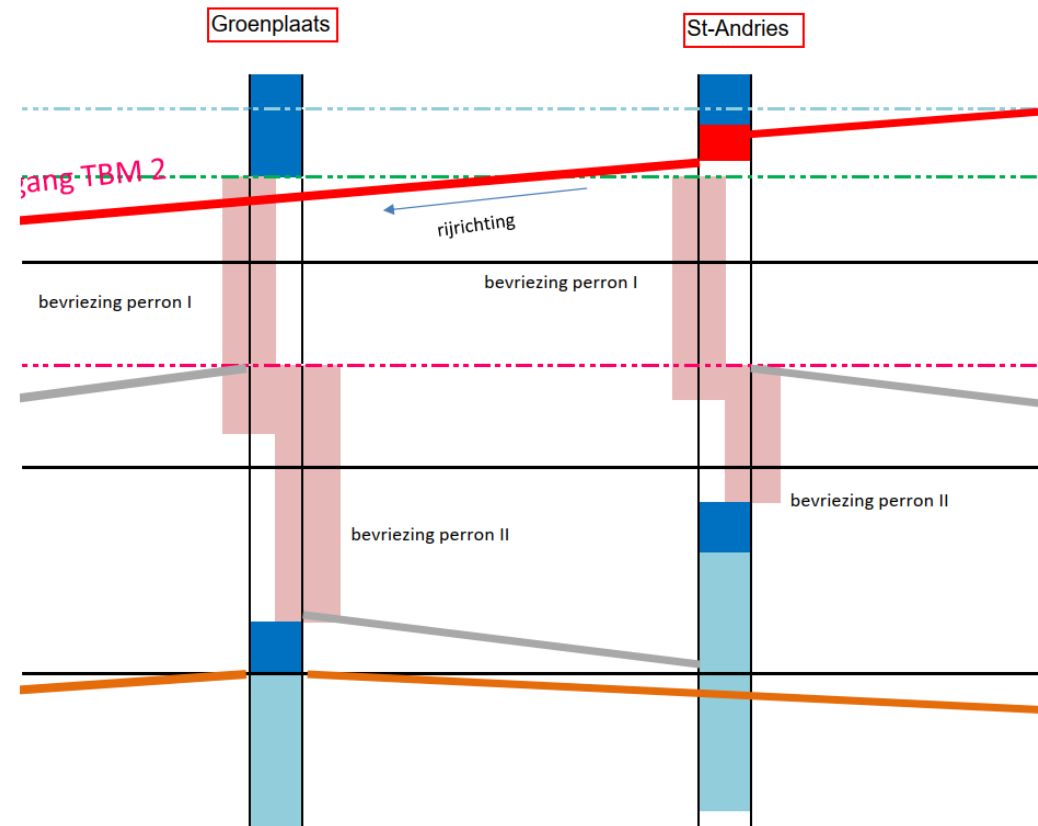


De twee tunnels zullen even snel geboord worden, met een verschil van 9 maanden. Kritisch pad hierin is de doorgang ter hoogte van Stadswaag, waar de tunnels boven elkaar komen te liggen en niet meer naast elkaar: na het beëindigen van de eerste tunnel wordt hier 5 maanden gerekend voor het realiseren van de nodige werken zodat de tweede tunnelboormachine hier kan passeren. Dit houdt in dat de doos na passage van TBM 1 dieper moet uitgegraven worden tot op het niveau van de definitieve vloerplaat. Pas na realisatie van deze vloerplaat kan TBM 2 het station passeren. Dezelfde methodologie wordt ook toegepast op station Ossenmarkt.

Na doorgang van de tweede tunnelboormachine (rijrichting Groenplaats), kan verder gewerkt worden aan de bouw van de tunnel en aansluitend met de afwerking van de architectuur en de technische voorzieningen. Ook de toegangshelling aan de Konijnenwei wordt dan pas gerealiseerd, waarvoor zo'n 15 maanden wordt uitgetrokken.

Zodra de eerste tunnel volledig geboord is, kan gestart worden met het uitvoeren van de delen met grondbevriezing van de stations Sint-Andries en Groenplaats. Dit neemt een periode van 13 maanden in beslag, inclusief opstelling TBM.

Na beëindigen van de tweede tunnel, kan ook hier gestart worden met het de bevroingswerken voor Perron 2. Voor station Sint-Andries wordt een kortere uitvoeringsperiode voorzien aangezien 1 van de 2 perrons gedeeltelijk niet met de bevroingsmethode wordt gerealiseerd. Dit neemt een periode van 8 maanden.



8.4.3 Conclusie

De totale duur van het project van bij gunning van de studies tot aan de afwerking van de nieuwe lijn wordt op dit ogenblik geraamd op iets meer dan 11 jaar, wat een ambitieuze target is. Hierbij houdt men geen rekening met eventuele vergunningstrajecten en andere externe factoren.

Na deze fase moet ook nog een periode voor testen gerekend worden eer men kan overgaan tot de effectieve indienstname van de lijn.

Zodra de bouw van de tunnels beëindigd is, kan gestart worden met het aanbrengen van de vloerplaten in beton, vanuit verschillende stations.

Het storten van de vloerplaten in de tunnels tussen stations Groenplaats en Sint-Andries volgt op het de realisatie van de perrons.

Na het betonstorten op alle locaties kan gestart worden met het plaatsen van de sporen.

Dit zal gebeuren vanuit de keerlus Rooseveltplaats en vanaf de open helling Konijnenwei. Daardoor worden de sporen eerst geplaatst in station Groenplaats en werkt men dan achteruit. Om dit mogelijk te maken en de hinder in het stadscentrum maximaal te beperken, zal de aanvoer zoveel mogelijk gedurende de nacht gebeuren.

Na het beëindigen van de bouwkundige werken wordt nog een periode van 2 jaar voorzien voor de technische installaties van De Lijn. In deze periode is ook een testperiode van ca. 3 maanden meegenomen.

Het tracé tussen Ossenmarkt en de aansluiting op de bestaande halte Rooseveltplaats wordt niet aangelegd middels de tunnelboormachine.

De planning is niet gekoppeld aan de overige werken. Wel zullen de ondergrondse werken bij voorkeur moeten beëindigd zijn vóór de eerste tunnelboormachine in station Ossenmarkt aankomt ook kwestie van de overlast in dit deel van de stad wat te spreiden.

9. Raming

9.1 Introductie

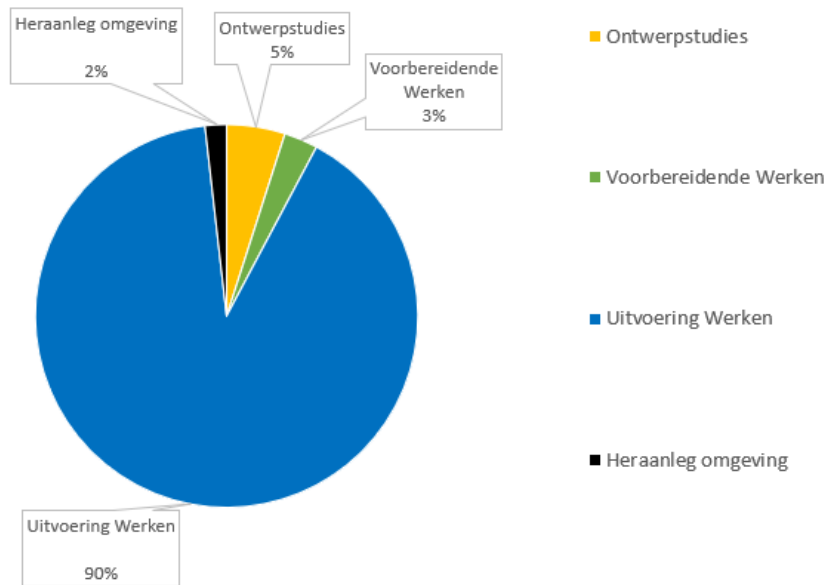
Dit hoofdstuk geeft de raming weer van de directe investeringskosten van het project. Dit bedraagt **609.992.232 €**, plus een **risicomarge van 20%, d.w.z. 121.998.446**, voor een **totaal van 731.990.678 €**. De gebruikte eenheidsprijzen zijn op het niveau van 2020, voor Covid crisis. Deze raming is opgedeeld in 4 delen, ontwikkeld in het volgende hoofdstukken :

- Ontwerpstudies ;
- Voorbereidende Werken ;
- Bouw van de volledige nieuwe lijn ;
- Heraanleg omgeving.

ANTWERPEN BITUBE Tracé A - Totaal 06/2021		731 990 678 €
Investeringskosten		609 992 232 €
I	Ontwerpstudies	30 000 000 € 4,9%
II	Voorbereidende Werken	17 417 901 € 2,9%
III	Uitvoering Werken	550 855 830 € 90,3%
IV	Heraanleg omgeving	11 718 500 € 1,9%
Risico's		121 998 446 € 20,0%

De inschatting van de gekozen bitube-variant werd in mate van de mogelijke en op realistische wijze gebaseerd op ratio's die zijn toegepast op referentieprojecten zoals voor de projecten Metro Noord in Brussel, de lijn 17 in Parijs en de Schuman-Josaphat tunnel in Brussel. Indien dit niet relevant was, werd de schatting per item gedetailleerd uitgevoerd.

De verdeling van de 4 componenten wordt hieronder grafisch weergegeven.



9.2 Schattingen

9.2.1 Ontwerpstudies

Ontwerpstudies vertegenwoordigen 5% van de totaal investeringskosten (610 M€) conform de verhoudingen van het Metro Noord-project. Hier is een vergelijkbaar percentage opgenomen voor een bedrag van **30 M€** (dit bedrag is dus in het totaal budget inbegrepen).

De studiekosten met betrekking tot het project zijn geraamd en samengevat in de volgende tabel. De studiekosten houden rekening met :

- Ontwerpstudie ;
- Veiligheids- en gezondheidscoördinatie ;
- Technische controle ;
- Assistentie bij permanent toezicht ;
- Topografische opmetingen ;
- Effectenstudie ;
- Bijkomende opdrachten (onteinigingen, 2nd opinions) ;
- Uitgebreide communicatiemissies (woordvoerder, contactwoningen, enz.).

I	Ontwerpstudies	30 000 000 €	4,9%
---	----------------	--------------	------

9.2.2 Voorbereidende Werken

De voorbereidende werken, **17,4 M€**, zijn als volgt verdeeld :

- Nutsleidingen en omleiding tram ;
- Aankoop en afbraak woning Stadswaag ;
- Ondergrondse onteigeningen.

II	Voorbereidende Werken	17 417 901 €	2,9%
	Nutsleidingen en omleidingen tram	6 154 051 €	1,0%
	Aankoop en afbraak woning Stadswaag	1 000 000 €	0,2%
	Onteigenen ondergrondse constructies	10 263 850 €	1,7%

9.2.3 Nutsleidingen en omleidingen tram

De omleidingswerken uitgevoerd door de nutsbedrijven voorafgaand aan de werf, vertegenwoordigen 3% van de civieltechnische werken in de raming van het Metro Noord-project. De kosten bedragen **6,2 M€**. Het is een projectniveau-inschatting die tijdens de volgende fasen van de studie moet worden verfijnd, onder meer via overlegmomenten met de diverse nutsbedrijven in de stad Antwerpen. Een belangrijke partner hierin zal ook De Lijn zelf zijn aangezien in deze posten ook de omleidingen van de bestaande tramlijnen voor de bouw van 3 stations.

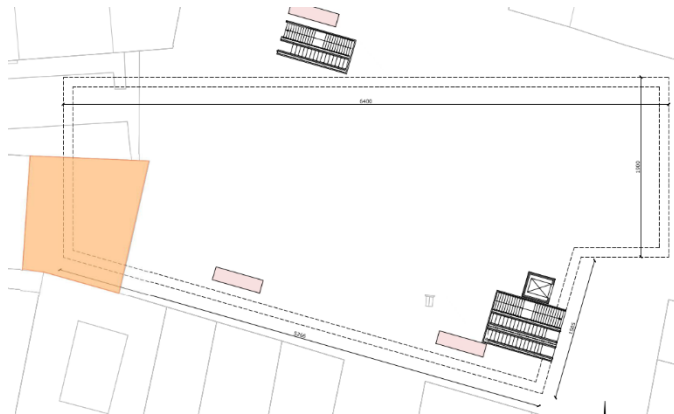
Nutsleidingen en omleidingen tram		6 154 051 €	1,0%
	Vertrekschacht en helling	132 959 €	ratio 0,5 %
	Station Bolivar	667 356 €	ratio 3 %
	Station Museum	842 731 €	ratio 6 %
	Station Sint-Andries	888 894 €	ratio 6 %
	Station Groenplaats	1 126 647 €	ratio 6 %
	Station Stadswaag	630 922 €	ratio 3 %
	Station Ossenmarkt	626 292 €	ratio 3 %
	Nooduitgang Pottenbrug	67 308 €	ratio 3 %
	Aansluiting Rooseveltplaats	1 170 943 €	ratio 3 %

Voor de stations Groenplaats, Sint-Andries en Museum wordt een hogere ratio van 6% gehanteerd die ook omleidingen van de tramlijnen vereisen.

Voor de Vertrekschacht en de helling, gelegen in een park met weinig ondergrondse nutsleidingen wordt rekening gehouden met een ratio van 0,5%.

9.2.4 Aankoop en afbraak woning Nr 21 Stadswaag

Voor de bouw van station Stadswaag is de afbraak van de woning gelegen ter hoogte van huisnummer 21 nodig, zoals hieronder aangegeven.



Figuur 104 - Locatie van het te slopen gebouw (Nr 21) ter hoogte van de Stadswaag



Figuur 105 - Foto van het te slopen gebouw (Nr 21) ter hoogte van de Stadswaag

De aankoop van het pand wordt geschat op 700.000 €, op basis van de huidige markt en de ligging in de historische wijk van Antwerpen. Er wordt ook een vergoeding voor de handelaar van 200.000 € voorzien. De afbraak bedraagt ongeveer 100.000 €. Het totaal is dan 1 M€.

Aankoop en afbraak woning Stadswaag	1 000 000 €	0,2%
-------------------------------------	-------------	------

9.2.5 Onteigenen ondergrondse innames

Onteigeningen hebben hier verder betrekking tot de ondergrond en zijn goed voor 10,3 M€. De onteigening van de ondergrond van de eigendommen die door het tramtraject worden doorkruist, geeft aanleiding tot een compensatie die zal worden beoordeeld op basis van de oppervlaktecondities (bebouwd/niet bebouwd), de diepte van de tunnel en de gemiddelde marktwaarde die aan het gebouw wordt toegekend. Bij de stations wordt, gezien de werken zich dicht bij de oppervlakte bevinden, rekening gehouden met een factor van 50%, wat resulteert in een kostprijs van 500 €/m².

Namelijk :

- ⇒ Tunnel : 50 €/m² X 94.827 m² = 4 741 350,00 €
- ⇒ Stations : 500 €/m² X 11.045 m² = 5 522 500,00 €

Onteigenen ondergrondse constructies	10 263 850 €	1,7%
--------------------------------------	--------------	------

9.3 Uitvoering der Werken

De uitvoering omvat de civieltechnische werken, de bouwkundige afwerkingswerken, de speciale technieken en de roltrappen + Liften.

Deze werken zijn goed voor 550,9 M€, 90% van de totale investeringskosten.

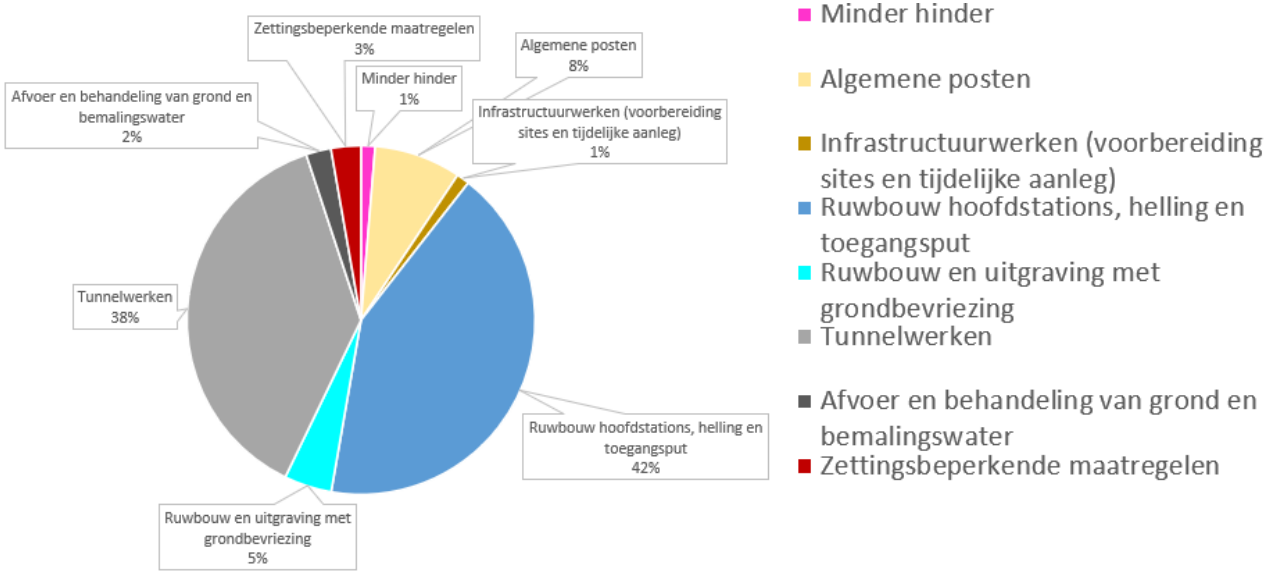
III Uitvoering Werken	550 855 830 €	90,3%
Civiele Werken	423 100 057 €	69,4%
Afwerking en speciale technieken	112 735 773 €	18,5%
Liften en roltrappen	15 020 000 €	2,5%

9.3.1 Civiele Werken

Het onderdeel Civiele Werken, goed voor 423 M€, bijna 70% van de uitvoeringskosten, wordt hieronder met deelposten uitgewerkt. Details van de schattingen van deze deelposten worden gegeven in de volgende hoofdstukken.

Civiele Werken	423 100 057 €	69,4%
Minder hinder	5 500 000 €	0,9%
Algemene posten	34 000 000 €	5,6%
Infrastructuurwerken (voorbereiding sites en tijdelijke aanleg)	4 319 000 €	0,7%
Ruwbouw hoofdstations, helling en toegangspuut	179 656 944 €	29,5%
Ruwbouw en uitgraving met grondbevriezing	18 648 087 €	3,1%
Tunnelwerken	158 957 471 €	26,1%
Afvoer en behandeling van grond en bemalingswater	10 331 996 €	1,7%
Zettingsbeperkende maatregelen	11 686 559 €	1,9%

De verdeling van de deelposten wordt hieronder weergegeven. De hieronder vermelde percentages hebben betrekking op het totaal van Civiel werken.



9.3.2 Minder hinder

De infrastructuurwerken leveren altijd verstoringen op die voor de omgeving allerhande overlast kunnen veroorzaken, vooral op het gebied van geluid, mobiliteit, luchtkwaliteit en economische schade. Met omgeving bedoelen we vooral de bewoners en handelaars die rond de terreinen van de toekomstige stations wonen, maar ook de bewoners en handelaars langs de aanvoerroutes en die nabij de productie- en/of opslaglocaties. Er worden verschillende maatregelen genomen om de overlast op een acceptabel niveau te houden. Deze maatregelen kunnen onder meer de volgende elementen bevatten :

- Communicatiecampagne (fotografische verslagen, observatieplatformen, brieven naar de buurtbewoners,...) ;
- Bedrukte grafische info panelen ;
- Inrichting van werfhekken (openingen voor het publiek, LED-verlichting,...) ;

- Maatregelen met betrekking tot trillingen en geluidshinder (akoestische matten, akoestische schermen, monitoring...);
- Reinigen van de rijweg en de ramen;
- ...

Het budget Minder Hinder wordt geraamd op 3% van de kosten voor burgerlijke bouwkunde, met verwijzing naar het project Metro Noord, hetzij **5,5 M€**.

Minder hinder	5 500 000 €	0,9%
---------------	-------------	------

9.3.3 Algemene posten

De schatting van de algemene posten bedraagt 8% van de kosten voor burgerlijke bouwkunde. Dit bedrag omvat voornamelijk de werfinrichtingskosten, de uitvoeringsstudies, het documentenbeheer, aanvullende test- en geotechnische campagnes en monitoringcampagnes (nabije structuren zowel voor tunnel als stations). De kosten bedragen **34 M€** met de volgende detail :

- Werfinrichting en algemene taken zoals werfinstallaties, plaatsbeschrijvingen, vergelijkingsstaten, wegenisretributies en as-built dossiers: 20 M€ ;
- Studies, Kwaliteit, Veiligheid en andere algemene werkzaamheden : 7 M€ ;
- Monitoring tunnel en stations : 7 M€.

Algemene posten	34 000 000 €	5,6%
Werfinrichting en algemene taken	20 000 000 €	
Studies, Kwaliteit, Veiligheid en andere algemene werkzaamheden	7 000 000 €	
Monitoring tunnel en stations	7 000 000 €	

9.3.4 Infrastructuurwerken

De kosten met betrekking tot de infrastructuurwerken bedragen **4,3 M€**. Deze werken betreffen het vrijmaken van de innamezone, inclusief beplantingen (bomen, groenzones,...) en het herstellen in een tijdelijke fases. De hypothese die wordt gehanteerd is een eerste herstelling van de bestaande toestand, gevolgd door een meer doorgedreven herinrichting (zie paragraf 9.4 Heraanleg omgeving).

Infrastructuurwerken (voorbereiding sites en tijdelijke aanleg)	4 319 000 €	0,7%
Vertrekschacht en helling	1 240 000 €	40 €/m2
Station Bolivar	810 000 €	100 €/m2
Station Museum	630 000 €	100 €/m2
Station Sint-Andries	343 000 €	100 €/m2
Station Groenplaats	280 500 €	100 €/m2
Station Stadswaag	326 500 €	100 €/m2
Station Ossenmarkt	306 000 €	100 €/m2
Nooduitgang Pottenbrug	53 000 €	100 €/m2
Aansluiting Rooseveltplaats	330 000 €	100 €/m2

9.3.5 Ruwbouw hoofdstations, helling en toegangspuut

De civieltechnische werken aan de verschillende kunstwerken, exclusief de bevezingszones, worden geraamd op **180 M€**. De methodologie die wordt gebruikt per soort werk wordt hieronder toegelicht. In de mate van het mogelijke zijn de hoeveelheden voor de belangrijke posten in detail geraamd terwijl minder maatgevende posten zijn ingeschat op basis van ratio's.

Voor de **vertrekschacht en toegangshelling, 26,6 M€**, wordt de raming in detail geëvalueerd op basis van de vergelijkbare constructie van de startput van het referentieproject Metro Noord.

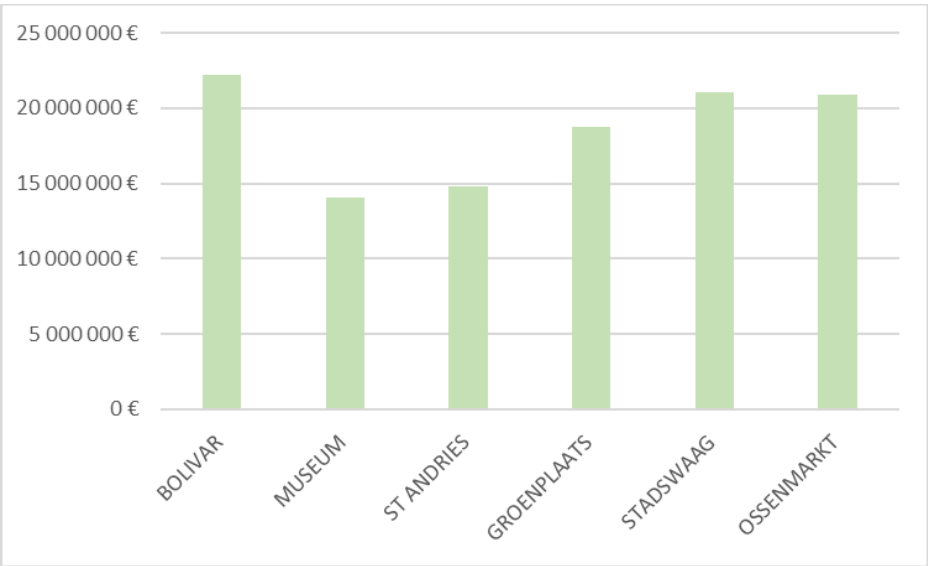
Voor de stations wordt het station Museum ook in detail geschat, per post en gekwantificeerde hoeveelheid, door de eenheidsprijzen van het Metro Nord-project toe te passen. De overige stations worden geschat op basis van de calculatie voor het station Museum, door een reeks verhoudingen toe te passen (oppervlakte,

binnen volume, hoogte, planning,...) die relevant zijn per type post. Voor het station Bolivar, waarvan de verhouding tegenover station Museum van 2,08 is, wordt de totale hoeveelheid « Uitgravingswerken » voor het station Museum bijvoorbeeld vermenigvuldigd met deze verhouding (2,08) om de schatting voor het station Bolivar te verkrijgen. Sommige hoofdstukken zijn afhankelijk van verschillende verhoudingen, zoals die van de diepwanden, waarbij rekening moet worden gehouden met de omtrek van de dozen maar ook met de diepten. De kosten van de civieltechnische werken variëren op deze manier tussen 14 M€ en 22 M€.

De kosten voor de stations bedragen 111,8 M€

	BOLIVAR	MUSEUM	ST ANDRIES	GROENPLAATS	STADSWAAG	OSSENMARKT	TOTAL
	€ 22 245 211	€ 14 045 509	€ 14 814 903	€ 18 777 442	€ 21 030 725	€ 20 876 411	€ 111 790 201
PU/m3 binenvol.	€ 558	€ 732	€ 732	€ 776	€ 530	€ 523	

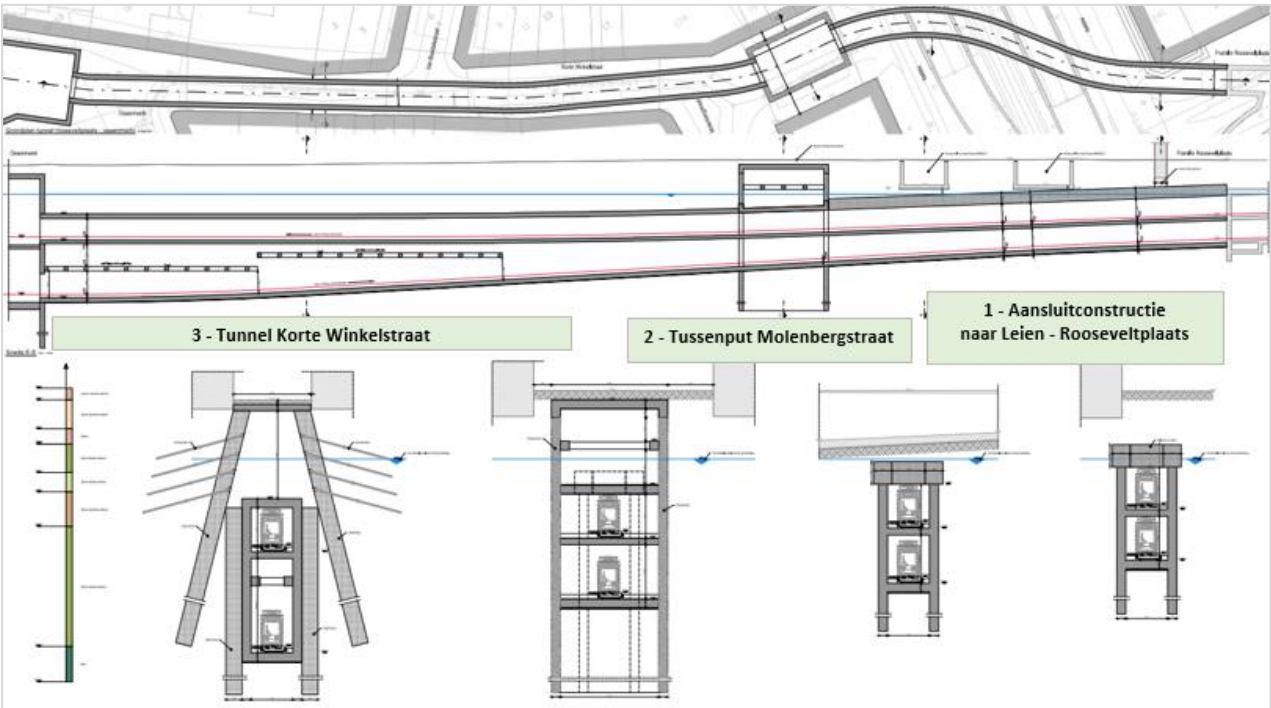
De onderstaande grafiek vergelijkt de totale hoeveelheden van de 6 stations.



Figuur 106 – Vergelijking van de kosten van stations

Met betrekking tot de **aansluiting tussen Ossenmarkt en Rooseveltplaats, in totaal geschat op 39 M€**, is deze aansluiting opgedeeld in 3 kunstwerken :

- Tunnel Korte Winkelstraat 25,4 M€ : een tunnel van 150m lang, geschat op basis van de posten uit de schatting van het verbindingskunstwerk onder het Noordstation (Metro Noord). De prijs per lopende meter is +- 170.000 €/m ;
- Tussenput Molenbergstraat 2,9 M€ : een tussenput tussen de twee tunnels, vergelijkbaar met een station doos in open bouwput. De schatting wordt beoordeeld op basis van de belangrijkste civieltechnische posten (uitgraving, diepwanden, beton platen, wapeningen...) ;
- Aansluiting Rooseveltplaats 10,8 M€ : een tunnel van 90m lang, geschat op basis van de prijs per lopende meter van de schatting voor de Schuman-Josaphat tunnel op +- 100.000 €/m waarop een veiligheidsfactor van 1,2 is toegepast.



Figuur 107 - Aansluiting tussen Ossenmarkt en Rooseveltplaats

Ruwbouw hoofdstations, helling en toegangspuit	179 656 944 €	29,5%
Vertrekschacht en helling	26 591 704 €	
Station Bolivar	22 245 211 €	
Station Museum	14 045 509 €	
Station Sint-Andries	14 814 903 €	
Station Groenplaats	18 777 442 €	
Station Stadswaag	21 030 725 €	
Station Ossenmarkt	20 876 411 €	
Nooduitgang Pottenbrug	2 243 595 €	
Aansluiting Rooseveltplaats	39 031 444 €	
Tunnel Korte Winkelstraat	25 364 647 €	
Tussenput Molenbergstraat	2 866 797 €	
Aansluitconstructie naar Leien - Rooseveltplaats	10 800 000 €	

Nota : de gedetailleerde berekening van de kosten voor deze structuren is geleverd in bijlage

9.3.6 Ruwbouw en uitgraving met grondbevriezing

De uitvoering van de bevroeringszones van de stations Sint-Andries, Groenplaats en de nooduitgang bedragen **18,7 M€**.

De schatting is gebaseerd op een referentieproject met grondbevriezing van verbindingstunnels in Parijs. De vriesmethode is daar vergelijkbaar met boorpijpen van korte boorlengte en kleinere bevroersvolume, die kunnen worden toegepast op ons project, waar wordt ingevroren in de dwarsrichting van het station (Methode Keulen). Anderzijds bestaat de bevriezing in het Metro Noord-project uit boringen met een aanzienlijke lengte (lengte tot 60 m), in de lengterichting van de stations, met grotere volumes. Gezien de andere verhoudingen werden deze constructies niet als vergelijkbaar beschouwd.

De schatting wordt hier per item in detail bestudeerd, rekening houdend met een veiligheidsfactor van 1,2 op de gehanteerde eenheidsprijzen. De gemiddelde kostprijs is 2500 €/m³ uitgegraven volume.

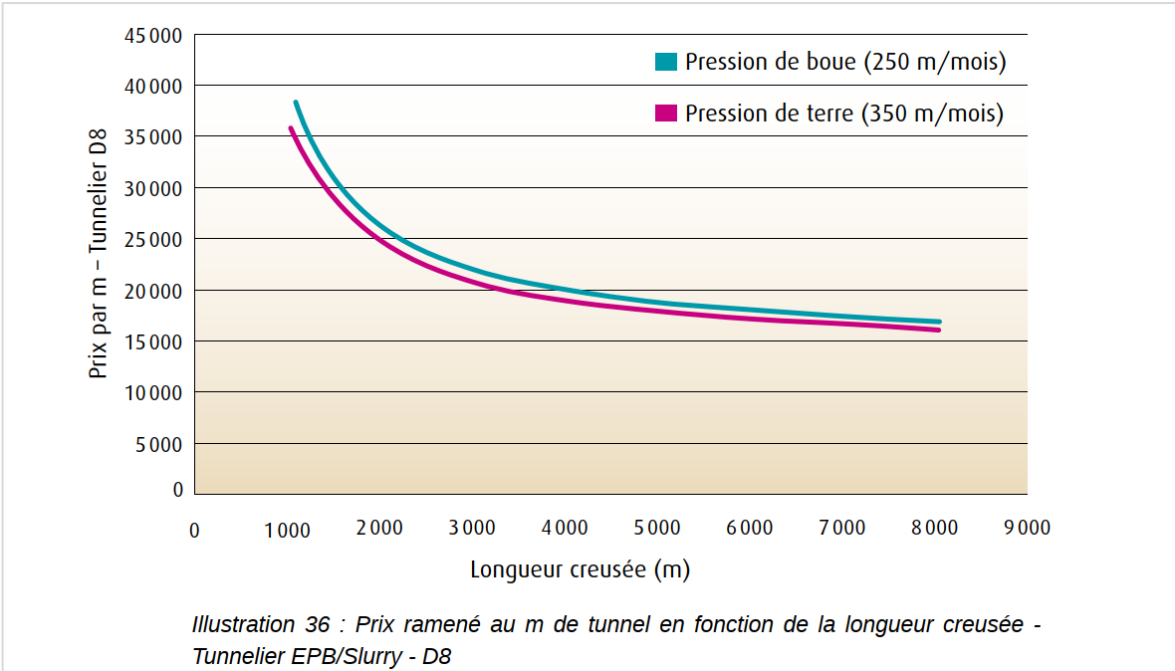
Ruwbouw en uitgraving met grondbevriezing	18 648 087 €	3,1%
Station Sint-Andries	7 760 154 €	
Station Groenplaats	8 642 716 €	
Nooduitgang Pottenbrug	2 245 217 €	

Nota : de gedetailleerde berekening van de kosten voor deze structuren is geleverd in bijlage

9.3.7 Tunnelwerken

De werken met betrekking tot de TBM's bedragen **159 M€** met inbegrip van de aankoop van twee tunnelboormachines, de montage, de ontmanteling, de tunnelboorwerkzaamheden, de ingangsapparatuur, de uitgang en doorgang, de tunnelsegmenten en de bouwkundige inrichting.

De prijs per strekkende meter voor de werken van een tunnelboormachine (exclusief in-, uit- en verplaatsingen in het station) varieert naargelang de totale uitgegraven lengte, zoals weergegeven in de volgende grafiek :



Figuur 108 - Prijs TBM teruggebracht tot meter tunnel volgens de uitgegraven lengte (bron :

http://www.cetu.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DIPrixTunnels-CETU_Document-complet_03-2016.pdf)

De twee tunnelboormachines boren 3,2 en 3,4 km, de in aanmerking te nemen eenheidsprijs is 20.000 €/m, wat een totaal van 132 M€ oplevert voor de volgende posten :

- Levering van de tunnelboormachine, met inbegrip van de aankoop, levering, montage en demontage
- Tunnelboorwerkzaamheden ;
- Levering en plaatsing van de tunnelsegmenten ;
- Bouwkundige afwerking tunnels.

Voor de passagen in de station en de compenserende maatregelen wordt de raming in detail gemaakt, per item (eenheidsprijzen en hoeveelheden) op basis van de geraamde kosten van het Metro Noord-project.

Rekening houdend met de 6,6 km TBM-boring (twee buizen), bedraagt totale de prijs per lopende meter dan 24.000 €/m.

Tunnelwerken	158 957 471 €	26,1%
Tunnelboormachine, tunnelboorwerkzaamheden, tunnelsegmenten, interne structuren	131 950 000 €	
Ingang van de tunnelboormachine in het station, inclusief waterdichting en alle nodige materialen	7 560 000 €	
Uitgang van de tunnelboormachine in het station, inclusief waterdichting en alle nodige materialen	7 560 000 €	
Doorgang in de stations	10 000 000 €	
Versterkingen	1 887 471 €	

9.3.8 Afvoer en behandeling van grond en bemalingswater

Deze post betreft zowel de afvoer en het storten van vervuilde grond als de behandeling van het bemalingswater. In dit stadium van de studie is er nog geen gedetailleerde bodemstudie met betrekking tot de oppervlakte die moet worden vrijgemaakt. Daarom wordt in een veiligheidsbenadering voor de stations, putten en het kunstwerk Aansluiting Rooseveltplaats rekening gehouden met een eenheidsprijs van 15 €/m³, gehanteerd op de ontgravingsvolumes. Deze prijs betreft de afvoer, transport inbegrepen, van gronden met een kwaliteit geschikt voor "bouwkundig bodemgebruik" naar bestemming. Voor de uitgegraven grond van de tunnel wordt een eenheidsprijs van 10 €/m³ gerekend voor de afvoer, transport inbegrepen, van gronden naar een bestemming geschikt voor vrij gebruik. Afhankelijk van de onderzoeken en de mate van de bodemverontreiniging, kan de grond een biologische reiniging, fysicochemische reiniging of thermische reiniging nodig hebben. De verhoging van de schatting als gevolg van deze specifieke behandelingen worden opgenomen in het Risico-budget.

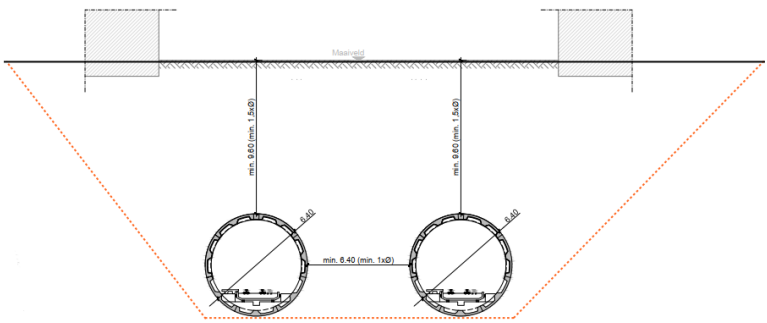
Voor de behandeling van het bemalingswater tot de lozingsnormen is een gemiddeld forfaitair tarief van 100.000 € per station voorzien. Voor de bijbehorende kunstwerken varieert de forfaitaire prijs tussen 20.000 € en 50.000 € afhankelijk van de grootte.

Totale kost : **10,3 M€.**

Afvoer en behandeling van grond en bemalingswater	10 331 996 €	1,7%
Vertrekschacht en helling	1 192 124 €	
Station Bolivar	1 146 241 €	
Station Museum	551 947 €	
Station Sint-Andries	582 283 €	
Station Groenplaats	695 864 €	
Station Stadswaag	1 140 269 €	
Station Ossenmarkt	1 146 969 €	
Nooduitgang Pottenbrug	92 432 €	
Aansluiting Rooseveltplaats	831 915 €	
Tunnel Korte Winkelstraat	517 400 €	
Tussenput Molenbergstraat	133 565 €	
Aansluitconstructie naar Leien - Rooseveltplaats	180 950 €	
Tunnel	2 951 953 €	

9.3.9 Zettingsbeperkende maatregelen

Zettingsbeperkende maatregelen moeten voornamelijk voorzien worden voor de vriesstations : Sint-Andries en Groenplaats. Deze maatregelen kunnen uit verschillende methoden bestaan. De hypothese die hier wordt overwogen, is het gebruik van “Compensation grouting” aan een EH-prijs van 1200 €/m² toegepast op de oppervlakken van de gebouwen gelegen in de invloedzone. De invloedzone wordt geschat rekening houdend met een hoek van 45° vanuit het laagste niveau van de tunnels naar het oppervlak. Het principe wordt hieronder weergegeven in het geval van zij-aan-zij tunnelconfiguratie. De invloedbreedte varieert tussen de 50 en 85 m op het tracé. De kosten van de zettingsbeperkende maatregelen bedragen 4,2 M€ voor Sint-Andries en 6,7 M€ voor de Groenplaats.



Figuur 109 - Berekeningsprincipe van de invloedzone van de tunnel op het oppervlak (zij-aan-zij tunnels)

Voor de tunnelzone zijn verstergingswerken van de bebouwingen gepland voor een gemiddelde kostprijs van de 4 €/m² invloedzone, ofwel in totaal 814 k€. De mogelijke verstergingswerken zijn de volgende :

- Beveiliging door stutting van de vloer ;
- Beveiliging door de stempeling van de openingen ;
- Beschermingsnetten op de gevel ;
- Beschermingsbeplating ;
- Beschermingsfolies ;
- Versteving van de draagmuren ;
- Versteving van de vloeren ;
- Grondversteving door de injectie van expanderende hars.

Het gebruik van compensation grouting wordt hier niet meegerekend gezien de behoorlijk veilige diepte van de boortunnels.

De totale kosten van bovengenoemde inrichting bedragen **11,7 M€.**

Zettingsbeperkende maatregelen	11 686 559 €	1,9%
Station Sint-Andries	4 188 000 €	
Station Groenplaats	6 684 000 €	
Tunnel	814 559 €	

9.3.10 Afwerking en speciale technieken

De kosten met betrekking tot het architecturale gedeelte en de speciale technieken, inclusief alle systemen die specifiek zijn voor de werking van de lijn, bedragen **113 M€.** Ze werden geschat op basis van de verhoudingen van oppervlakken en binnen volumes en gemiddelde algemene prijzen van het Metro Noord-project en getoetst op basis van ratio's die door De Lijn zelf werden meegegeven.

De gemiddelde oppervlaktekosten voor architectuur bedragen 1.400 €/m², voor de uitrustingen 1000 €/m².

Voor de tunnel, Vertrekschacht en helling inbegrepen, is de inschatting van het deel uitrustingen gebaseerd op de gemiddelde kostprijs opgegeven door De Lijn : 5.500 €/m (enkelrichting).

Voor de vertrekschacht en helling, Nooduitgang Pottenbrug en Aansluiting Rooseveltplaats zijn geen bouwkundige kosten voorzien. Eventuele deuren en ijzerwerkelementen worden meegeteld in de uitrusting voor deze aanvullende kunstwerken.

Afwerking en speciale technieken		112 735 773 €	18,5%
Architectuur en afwerking		40 871 364 €	6,7%
Vertrekschacht en helling		- €	
Station Bolivar		8 336 838 €	
Station Museum		5 176 357 €	
Station Sint-Andries		4 691 715 €	
Station Groenplaats		7 582 267 €	
Station Stadswaag		7 223 582 €	
Station Ossenmarkt		7 860 605 €	
Nooduitgang Pottenbrug		- €	
Aansluiting Rooseveltplaats		- €	
Speciale Technieken		71 864 410 €	11,8%
Station Bolivar		6 443 130 €	
Station Museum		3 655 037 €	
Station Sint-Andries		3 628 181 €	
Station Groenplaats		5 274 913 €	
Nooduitgang Pottenbrug		524 338 €	
Station Stadswaag		5 734 013 €	
Station Ossenmarkt		6 468 547 €	
Tunnel incl. Vertrekschacht en helling		40 136 250 €	

9.3.11 Liften en roltrappen

De kosten voor toegangs- en circulatieapparatuur bedragen **15 M€** en zijn onderverdeeld in drie componenten :

- Roltrappen : roltrappen van 5,5 m tot 12m zijn voorzien. De prijzen met betrekking tot de verschillende roltrappen variëren tussen 200.000 €/st en 290.000 €/st.
- Liften : liften voor 2 tot 9 verdiepingen zijn voorzien. De prijzen van brandweerliften variëren tussen 290.000 €/st en 865.000 €/st.
- Automatisch toegangsluik in de rijweg : 20.000 €/st.

Liften en roltrappen		15 020 000 €	2,5%
Station Bolivar		1 945 000 €	
Station Museum		1 535 000 €	
Station Sint-Andries		1 535 000 €	
Station Groenplaats		3 090 000 €	
Nooduitgang Pottenbrug		925 000 €	
Station Stadswaag		3 140 000 €	
Station Ossenmarkt		2 850 000 €	

9.4 Heraanleg omgeving

De schatting voor de herinrichting van de omgeving bedraagt **11,8 M€**. In deze fase van de studie wordt rekening gehouden met een gemiddelde eenheidsprijs van 300 €/m², toegepast op werfinrichting zone. Dit is afhankelijk van het gewenste afwerkingsniveau. Voor de herinrichting van het terrein van de parkzone Konijnenwei wordt een lagere eenheidsprijs gehanteerd. Echter door de grote afmetingen van deze werfsite aan de vertrekschacht is hier ook een belangrijk budget voorzien.

IV Heraanleg omgeving		11 718 500 €	1,9%
Vertrekschacht en helling		2 432 000 €	80 €/m2
Station Bolivar		2 430 000 €	300 €/m2
Station Museum		1 890 000 €	300 €/m2
Station Sint-Andries		1 029 000 €	300 €/m2
Station Groenplaats		841 500 €	300 €/m2
Station Stadswaag		979 500 €	300 €/m2
Station Ossenmarkt		918 000 €	300 €/m2
Nooduitgang Pottenbrug		159 000 €	300 €/m2
Aansluiting Rooseveltplaats		1 039 500 €	300 €/m2

9.5 Risico's

Bij de berekening van de investeringskost wordt rekening gehouden met een marge van 20% om rekening te houden met de aanwezigheid van onzekerheden en risico's. Deze omvatten onder meer onzekerheden met betrekking tot :

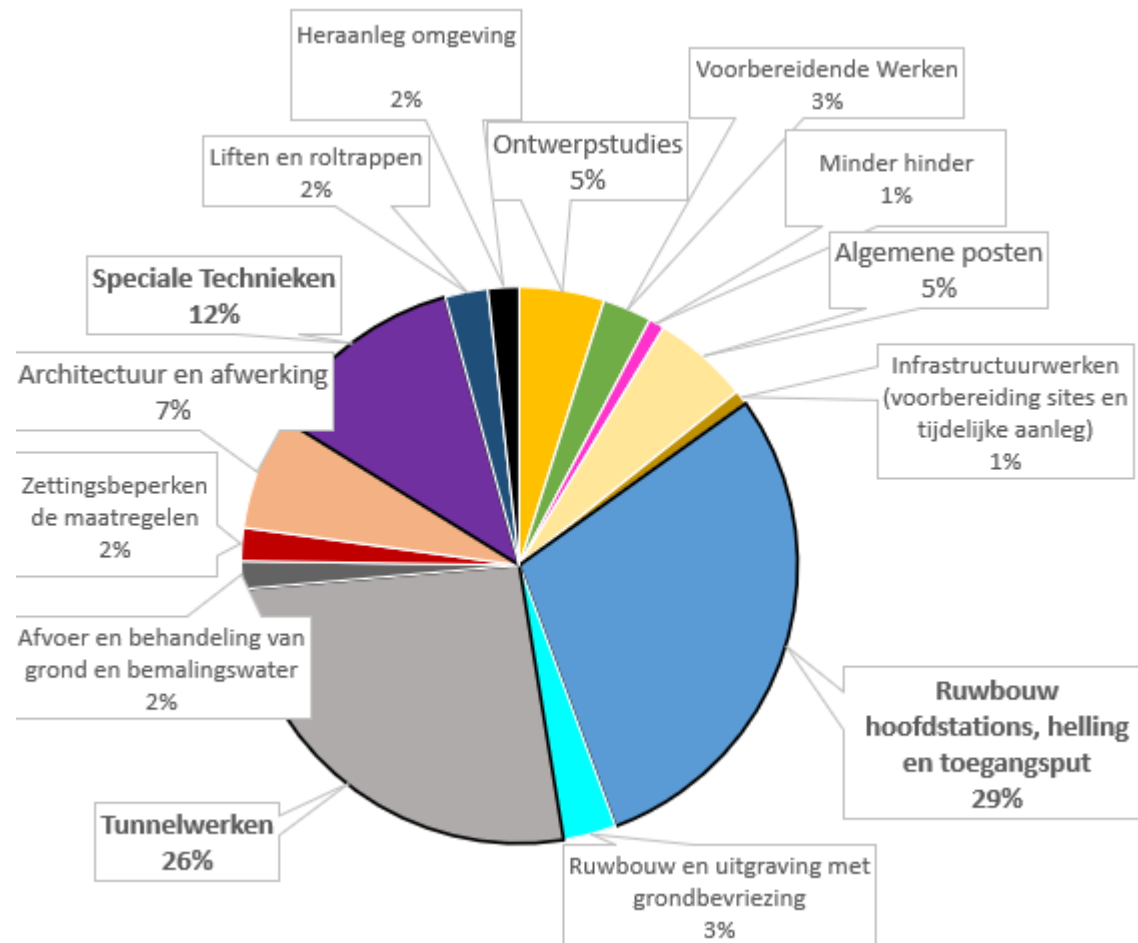
- Gebrek aan data (monitoringkosten, eisen van derden, kennis van de ondergrond, behandeling van grondoverschot) ;
- Nog te nemen beslissingen (exacte locatie van stations en ondersteunende structuren, reikwijdte van de studie) ;
- Evoluties in de projectfase (budgettaire wijzigingen gekoppeld aan de meer gedetailleerde studies die zullen volgen) ;
- Marktschommelingen ;
- Een reserve om de aanvullende wensen van de opdrachtgever op te vangen.

Deze kosten worden geschat op **122 M€**.

Risico's	121 998 446 €	20,0%
----------	---------------	-------

9.6 Conclusie

De directe en indirecte investeringskosten van het project Antwerpen Bitube Tracé A worden geraamd op bijna **610 M€**, waaraan een risico- en onzekerheidsenveloppe van **122 M€** wordt toegevoegd. De algemene verdeling van de posten wordt hieronder weergegeven.



De drie meest bepalende posten van het project (70%), en waar op het gebied van risico's aandacht aan moet worden besteed, zijn de volgende :

- Werken van de tunnelboormachine die bijna een kwart van de schatting waard is ;
- Civieltechnische werken (dozen en vrieszones) die tellen voor bijna een derde van de raming ;
- Kosten van de uitrustingen (speciale technieken) en vooral de tunneluitrusting, die 12% van de raming bedragen.

10. Bijlagen

10.1 Bijlage 1 - Tracé plannen

10.2 Bijlage 2 - Stations en verbindingswerken Situatieplannen

10.3 Bijlage 3 – Werfinrichtingsplannen

10.4 Bijlage 4 - Simulaties evacuatie

10.5 Bijlage 5 - Algemene architecturale visie

10.6 Bijlage 6 – Planning

10.7 Bijlage 7 – Raming

10.7.1 Raming Samenvatting

10.7.2 Raming Detail : ruwbouw stations

10.7.3 Raming Detail : stations grondbevriezing

10.7.4 Raming Detail : aansluiting Rooseveltplaats

10.8 Bijlage 8 – Plannen bestaande kunstwerken en gebouwen