



Berekening van de magneetveldcontouren van transformatorstation Steenwijk (Bedelaarspad)

Consequenties beoogde uitbreiding van het station



Berekening van de magneetveldcontouren van transformatorstation Steenwijk (Bedelaarspad)

Consequenties beoogde uitbreiding van het station

opdrachtgever	Enexis B.V.
rapportnummer	FA 21656-3-RA-001
datum	27 november 2020
referentie	GL/MHo/AvdS/FA 21656-3-RA-001
verantwoordelijke	ir. G.W. Lassche
opsteller	MSc M. Hopma 085 8228 672 m.hopma@peutz.nl

peutz bv, postbus 7, 9700 aa groningen, +31 85 822 85 00, groningen@peutz.nl, www.peutz.nl

kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – eindhoven – düsseldorf – dortmund – berlijn – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
2	Beoordelingskader	5
3	Uitgangspunten	6
3.1	Algemeen	6
3.1.1	RIVM-richtlijnen	6
3.1.2	Rekenmethode	6
3.2	Transformatorstation Steenwijk	8
3.2.1	Situatiebeschrijving	8
3.2.2	Afspraken hoogspanningsstation	9
3.2.3	Huidige situatie transformatorstation Steenwijk	10
3.2.4	Beoogde situatie transformatorstation Steenwijk	11
3.2.5	Aansluiting hoogspanningsmast (huidige en beoogde situatie)	12
4	Berekeningen	13
4.1	Rekenmodel	13
4.2	Rekenresultaten	13
4.2.1	Huidige situatie	13
4.2.2	Beoogde situatie	14
4.2.3	Vergelijking huidige en beoogde situatie	14
5	Beoordeling en conclusie	16

1 Inleiding

In opdracht van Enexis is een onderzoek uitgevoerd naar de magneetveldcontouren rondom het transformatorstation gelegen aan het Bedelaarspad te Steenwijk.

Enexis is voornemens het station uit te breiden met een aantal aansluitvelden. Hiertoe zal het terrein aan de zuidzijde worden uitgebreid en een aantal ondergrondse leidingen (kabels) worden gerealiseerd. Deze kabels worden aangesloten op een nieuw modulair gebouw.

Tevens wordt rekening gehouden met een uitbreiding van de capaciteit van het transformatorstation middels het vervangen van de huidige twee transformatoren met elk een vermogen van 40 MVA door twee transformatoren met elk een vermogen van maximaal 90 MVA.

Enexis wenst inzicht te verschaffen in de optredende magneetveldcontouren voor zowel de huidige als de toekomstige situatie.

Op basis van de door Enexis verstrekte informatie zijn rekenmodellen opgesteld waarmee de magneetveldcontouren zijn bepaald. Het betreft hier de 0,4 μ T-contouren.

In dit rapport worden de gehanteerde uitgangspunten en de resultaten van de berekeningen gepresenteerd.

2 Beoordelingskader

Een extreem laagfrequent wisselend (ELF) magnetisch veld zoals het 50 Hz elektriciteitsnet dat boven een bepaalde sterkte komt kan acute effecten op het menselijk lichaam veroorzaken, zoals het zien van lichtflitsen of het onvrijwillig samentrekken van de spieren. Om de bevolking te beschermen voor deze acute effecten is door de International Commission for Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) binnen de EU een grenswaarde van 100 μT (microTesla) vastgesteld.

Over de lange termijneffecten als gevolg van langdurige blootstelling aan zwakkere ELF-magneetvelden is echter geen consensus. De theorie (die niet bevestigd, nog verworpen kan worden) is dat langdurige blootstelling aan laagfrequente magnetische velden (gemiddeld > 0,3 à 0,4 μT) van hoogspanningsleidingen een verhoogd risico op leukemie bij kinderen kan veroorzaken.

Het (toenmalige) ministerie van VROM heeft in 2005 (en later verduidelijkt in 2008) geadviseerd aan gemeenten en netbeheerders om zoveel als redelijkerwijs mogelijk is, te vermijden dat er nieuwe situaties ontstaan waarbij kinderen langdurig (gedurende minimaal een jaar met een verblijftijd van minimaal circa 14 tot 18 uur per dag) verblijven in gebied rond bovengrondse hoogspanningslijnen waarbinnen het jaargemiddelde magneetveld hoger is dan 0,4 μT .

Hoewel niet direct van toepassing op transformatorstations en ondergrondse leidingen wordt, op grond van het voorzorgsbeginsel, in dit rapport de ligging van de 0,4 μT -magneetveldcontouren bepaald. Hiermee wordt een indruk gekregen van het gebied waarbinnen verblijf gedurende langere tijd niet wenselijk is. De magneetveldcontouren zijn bepaald voor zowel de huidige als de toekomstige situatie.

3 Uitgangspunten

3.1 Algemeen

Voor dit onderzoek zijn de volgende gegevens beschouwd:

1. RIVM Handreiking voor het berekenen van specifieke magneetveldzone bij bovengrondse hoogspanningslijnen versie 4.1 d.d. 26 oktober 2015 door G. Kelfkens en M.J.M. Pruppers;
2. Verkenning jaargemiddelde belasting van bovengrondse hoogspanningslijnen in 2011 en 2013, RIVM Rapport 2015-0187 door G. Kelfkens en M.J.M. Pruppers;
3. Plattegrond beoogde situatie: 'SW1-E-A00-ALG-SIT-2B-RJ-10-09-2020'.

Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van de handreiking van het RIVM versie 4.1 [1]. Het beleidsadvies in dit document heeft echter alléén betrekking op bovengrondse hoogspanningslijnen met een spanning van 50 kV of hoger, en strekt zich niet uit tot opstijgpunten, ondergrondse hoogspanningsverbindingen en hoogspanningsstations. Er zijn daarom aanvullend afspraken gemaakt tussen Peutz en Enexis over de berekening van de magneetveldcontouren ten gevolge van het hoogspanningsstation.

3.1.1 RIVM-richtlijnen

Het beleidsadvies met betrekking tot hoogspanningslijnen hanteert als grens voor het magneetveld een veldsterkte van $0,4 \mu\text{T}$. Op locaties waar deze grenswaarde wordt overschreden is langdurig verblijf (gedurende minimaal een jaar met een verblijftijd van minimaal circa 14 tot 18 uur per dag) afgeraden. De berekening wordt uitgevoerd op een hoogte van 1 meter boven het maaiveld.

Bij verschillende hoogspanningsverbindingen in elkaars nabijheid en die elkaars magneetveld beïnvloeden, wordt een berekening uitgevoerd waarbij alle mogelijke combinaties van de stroomrichtingen in elke hoogspanningsverbinding worden meegenomen.

3.1.2 Rekenmethode

Magnetische velden ontstaan in de nabijheid van een stroomvoerende geleider (zowel boven- als ondergronds). In de buurt van elektriciteitsleidingen zijn dus magnetische velden aanwezig. De sterkte van deze velden hangt sterk af van de stroomsterkte die door de geleiders loopt en de afstand tot deze geleider.

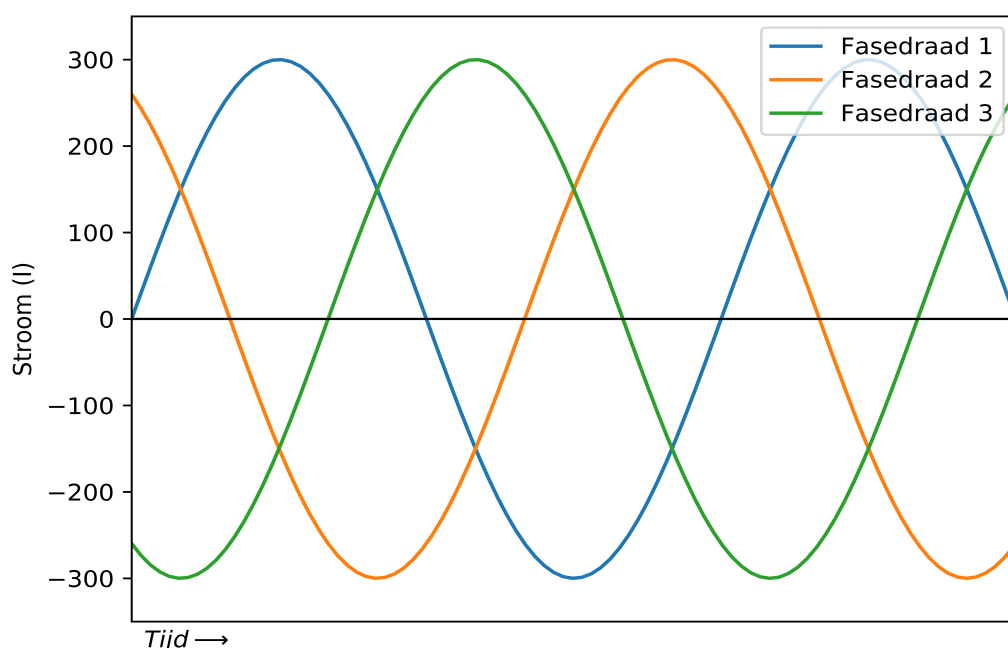
Voor de berekening van een magnetisch veld als gevolg van een stroomvoerende draad geldt de wet van Biot-Savart. Deze formule houdt rekening met de stroomsterkte door de

draad, de afstand tot de draad en de hoek tussen het punt P waarop de magnetische veldsterkte berekend wordt en de uiteinden van de draad dat de elektrische stroom draagt:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \int \frac{dl \times \hat{r}}{r^2}$$

Omdat het hoogspanningsnetwerk werkt met wisselspanning (3 fasen), worden per stroomkring telkens 3 draden gebruikt. Deze drie draden hebben een constante faseverschuiving ten opzichte van elkaar, zie figuur 3.1. Dit betekent dus dat op een gegeven moment in tijd niet alle draden maximale spanning leveren. Het magnetisch (B) veld wordt daarom voor een juiste bepaling van de resulterende veldsterkte vermenigvuldigd met de cosinus van de fasedraaiing.

f3.1 Wisselstroom binnen een hoogspanningsnetwerk

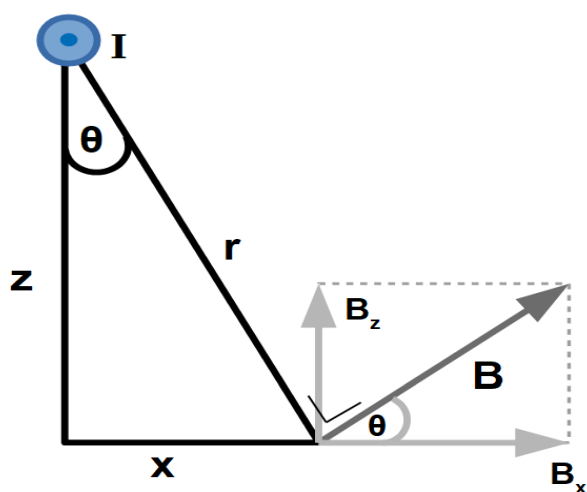


De fases van de stroomvoerende componenten (onder andere verbindingen en transformatoren) worden uitgedrukt in klokgetallen. Een klokgetal geeft vermenigvuldigd met 30° de faseverschuiving aan tussen de primaire en secundaire spanning. Iedere fase krijgt daarom een getal toegekend tussen de 1 en 12. Zo komt het voor dat een set draden op station Steenwijk de klokgetallen 2-6-10 (faseverschil van respectievelijk 60°, 180° en 300°) toegewezen krijgt.

Het berekende magnetisch veld staat loodrecht op de stroomrichting. Om tot een goede optelsom van alle betrokken magnetische velden te komen, is het noodzakelijk om de magnetische velden op te splitsen in de verschillende richtingen. Uitgaande van een 2D situatie wordt het magnetisch veld opgesplitst in een x-, en z-richting. Dit kan door het totale

B-veld te vermenigvuldigen met respectievelijk de cosinus en de sinus van de hoek θ tussen r (de totale afstand van het rekenpunt x_i tot de draad) en z (de verticale afstand tussen het rekenpunt en draad), zie figuur 3.2.

f3.2 Richting van een magnetisch veld



Als bij een berekening meerdere stroomvoerende draden aanwezig zijn, worden de voorgaande stappen per draad herhaald op verschillende punten in de x-richting (uitgaande van een puur 2D situatie). Op elk punt x_i wordt het magnetisch veld van alle draden vectorieel bij elkaar opgeteld. Dit levert op elk punt x_i het totale magnetische veld in Tesla (T) op. Vervolgens kan er worden gezocht naar de locatie waar het veld juist boven de $0,4 \mu\text{T}$ komt te liggen. Daar komt dan de contourlijn te liggen.

3.2 Transformatorstation Steenwijk

3.2.1 Situatiebeschrijving

De locatie van het transformatorstation, de binnenkomende hoogspanningslijnen en omliggende woningen zijn weergegeven in figuur 3.3. De figuur toont de huidige situatie (links) en de beoogde situatie (rechts).

In de beoogde situatie wordt het terrein aan de zuidzijde uitgebreid. Op deze uitbreiding wordt een modulair gebouw met 18 afgaande velden gerealiseerd. Verder worden de twee transformatoren met een vermogen van 40 MVA vervangen door twee transformatoren met een vermogen van maximaal 90 MVA.

f3.3 Locatie transformatorstation Steenwijk en binnenkomende hoogspanningslijnen (rood) en omliggende woningen (grijs). Links toont de huidige situatie, rechts toont de beoogde situatie.



Het hoogspanningsstation is aan de oostkant aangesloten op een hoogspanningsmast die een zestal hoogspanningslijnen van circa 110 kV draagt. Daarnaast bestaat het station zelf ook uit verschillende stroomvoerende leidingen (bovengrondse lijnen of ondergrondse kabels van 10 of 110 kV), die elk weer hun eigen magnetische veld creëren. De meeste leidingen bevinden zich ondergronds (zowel in de huidige als de beoogde situatie). Alleen bij de aansluiting van de hoogspanningsmast op de transformatoren is sprake van bovengrondse lijnen.

3.2.2 Afspraken hoogspanningsstation

Voor de stroomsterkte door alle aanwezige stroomdraden (zowel op het hoogspanningsstation als de binnenkomende hoogspanningsmasten) is in overleg met Enexis uitgegaan van de fysiek maximaal haalbare stroomsterkte. Hiermee wordt de 'worst case'-situatie beschreven. In praktijk zal sprake zijn van lagere stroomsterkten en daarmee lagere magneetveldsterkten.

Voor de stroomrichtingen in de huidige situatie wordt uitgegaan van één variant (zie bijlage 1). Stroom wordt door de hoogspanningsmast bovengronds aangeleverd aan de transformatoren, welke op hun beurt ondergronds de stroom leveren aan gebouw A01.

Wat betreft de stroomrichtingen in de beoogde situatie bestaan er twee varianten.

In variant A (zie bijlage 2.1) levert het modulair gebouw stroom terug aan beide transformatoren T111 en T112. T111 krijgt tevens stroom van de hoogspanningsmast en levert aan gebouw A01. T112 levert stroom terug aan de hoogspanningsmast en aan gebouw A01.

In variant B (zie bijlage 2.2) levert de hoogspanningsmast stroom aan beide transformatoren (T111 en T112). T111 ontvangt daarnaast ook stroom van het modulair gebouw en levert stroom aan gebouw A01. T112 levert stroom aan de gebouwen A01 en het modulair gebouw, van waar de stroom het hoogspanningsstation verlaat.

Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat in praktijk deze situaties niet (fysiek) zullen optreden; met de beschreven situaties wordt wel een beeld geschetst van de 'worst case' optredende contouren.

Voor een situatie waar meerdere varianten bestaan, wordt voor beide varianten een magneetveldcontour berekend om te bepalen waar de resulterende contour op $B = 0,4 \mu T$ ligt. De eindbeoordeling wordt uiteindelijk gebaseerd op de omhullende contour van alle beschouwde varianten.

3.2.3 Huidige situatie transformatorstation Steenwijk

Voor de modellering van het station is voor het rekenmodel gebruik gemaakt van een plattegrond van de beoogde situatie zoals verstrekt door Enexis, zie bijlage 3, exclusief de stroomkabels van de transformatoren T111 en T112 naar het nieuwe modulair gebouw. Op de plattegrond zijn alle aanwezige geleiders weergegeven. De stroomsterktes, -richtingen en klokgetallen zijn in overleg met Enexis bepaald (zie bijlage 1).

De stroomdraden die de transformatorstations verbinden met gebouw A01 liggen ondergronds in een configuratie zoals weergegeven in figuur 3.4. De stroomkabels hebben een diameter van circa 10 cm en liggen per set van 3 strak tegen elkaar aan. Elke set heeft een onderlinge afstand van 60 cm.

f3.4 Configuratie ondergrondse kabels, waar klokgetallen worden gerepresenteerd door kleur (2 = rood, 6 = blauw, 10 = geel)

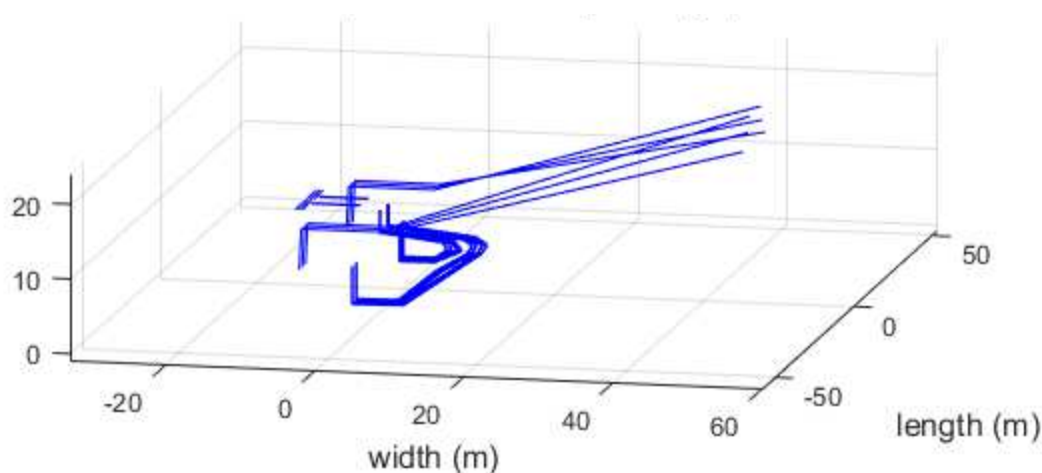


Tevens toont figuur 3.4 dat de kabels dusdanig worden gelegd dat de klokgetallen 2 en 10 worden gespiegeld.

Bij de aansluiting op de transformatoren wordt aangenomen dat de ondergrondse kabels recht omhoog lopen tot een hoogte van 4 meter. Bij de aansluiting binnen gebouw A01 wordt aangenomen dat de ondergrondse kabels recht omhoog lopen tot een hoogte van 2,5 meter. De leidingen binnen dit gebouw worden tevens tot op een hoogte van circa 2,5 meter berekend.

Figuur 3.5 toont een schematisch 3D overzicht van de leidingen (onder- en bovengronds) in de huidige situatie van het hoogspanningsstation.

f3.5 Schematisch 3D overzicht van lijnen en kabels op station Steenwijk



3.2.4 Beoogde situatie transformatorstation Steenwijk

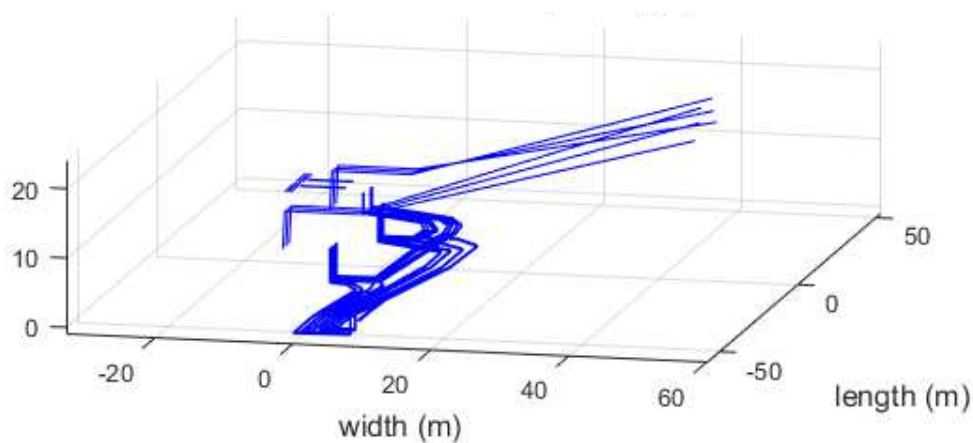
Voor de modellering van het station is voor het rekenmodel gebruik gemaakt van de volledige plattegrond zoals verstrekt door Enexis, zie bijlage 3. De stroomsterktes, -richtingen en klokgetallen zijn in overleg met Enexis bepaald (zie bijlage 2). In de beoogde situatie wordt tevens het vermogen van de twee transformatorstations verhoogd van 40 MVA naar 90 MVA. Dit resulteert in hogere stroomsterkten (vergelijk bijlage 2 met bijlage 1).

Bij de aansluiting op de nieuwbouw (het modulair gebouw) wordt aangenomen dat de ondergrondse kabels recht omhoog lopen tot een hoogte van 2,5 meter. De kabels binnen dit gebouw worden tevens tot op een hoogte van circa 2,5 meter berekend.

De configuratie van de nieuwe ondergrondse kabels is vergelijkbaar met de configuratie in de huidige situatie (zie figuur 3.4).

Figuur 3.6 toont een schematisch 3D overzicht van de leidingen (onder- en bovengronds in de beoogde situatie van het transformatorstation.

f3.6 Schematisch 3D overzicht van lijnen en kabels op station Steenwijk



3.2.5 Aansluiting hoogspanningsmast (huidige en beoogde situatie)

Voor de aansluiting van het hoogspanningsstation op de hoogspanningsmast is uitgegaan van een masthoogte van circa 20 meter. Betreffende de aansluithoogte bij de trafo's wordt uitgegaan van circa 9,5 meter (in overeenstemming met vergelijkbare hoogspanningsstations), waarna de lijnen voor aansluiting op de trafo's loodrecht naar beneden lopen tot een hoogte van 5 meter (zie figuur 3.6).

Voor de hoogspanningsmasten is alleen rekening gehouden met de aansluiting tot de eerste mast vanaf het hoogspanningsstation.

4 Berekeningen

4.1 Rekenmodel

De berekeningen zijn uitgevoerd met een door Peutz ontwikkeld simulatieprogramma dat gebaseerd is op het softwareprogramma Matlab. Het rekenmodel is gebaseerd op de in hoofdstuk 3 beschreven rekenmethode. Daarbij is rekening gehouden met de 3D-situatie. Faseverschuivingen van de stromen in de 10 kV en 110kV fasen zijn verwerkt in de berekening. Daarbij is uitgegaan van de door Enexis verstrekte informatie wat betreft de stroomsterktes, -richtingen en klokgetallen (zie bijlage 1 en 2).

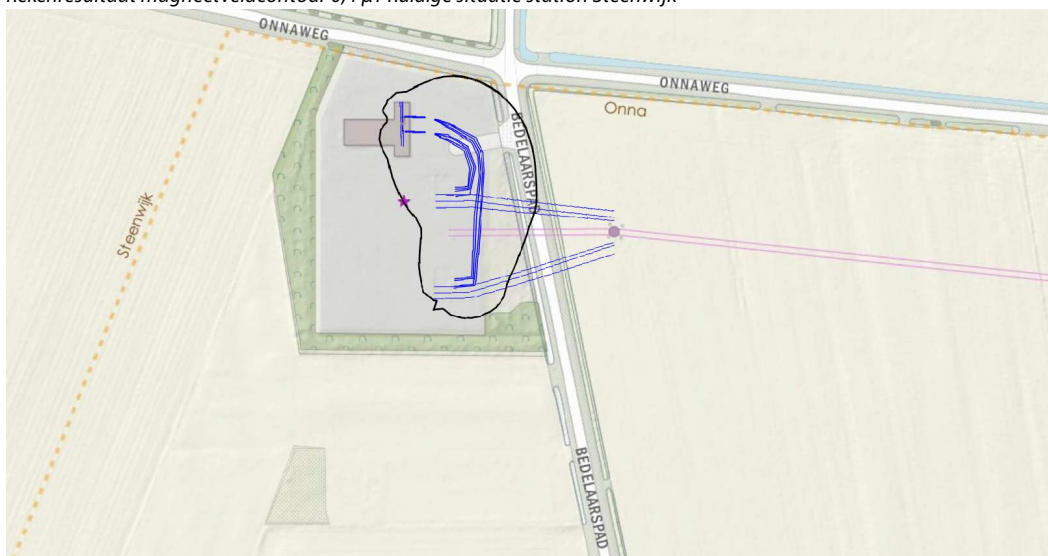
In het rekenmodel zijn de diverse stroomgeleiders opgenomen. Voor elke stroomgeleider is een aparte berekening opgesteld die het magnetisch veld in de omgeving van de geleider berekend. De resulterende magneetveldcontour is gebaseerd op de vectoriële som van alle berekende magneetvelden. De berekeningen zijn per variant uitgevoerd.

4.2 Rekenresultaten

4.2.1 Huidige situatie

In bijlage 4 (alsmede in figuur 4.1) is het rekenresultaat van de magneetveldcontour van 0,4 μ T ten gevolge van het huidige hoogspanningsstation te Steenwijk en de aangesloten hoogspanningsmast weergegeven.

f4.1 Rekenresultaat magneetveldcontour 0,4 μ T huidige situatie station Steenwijk

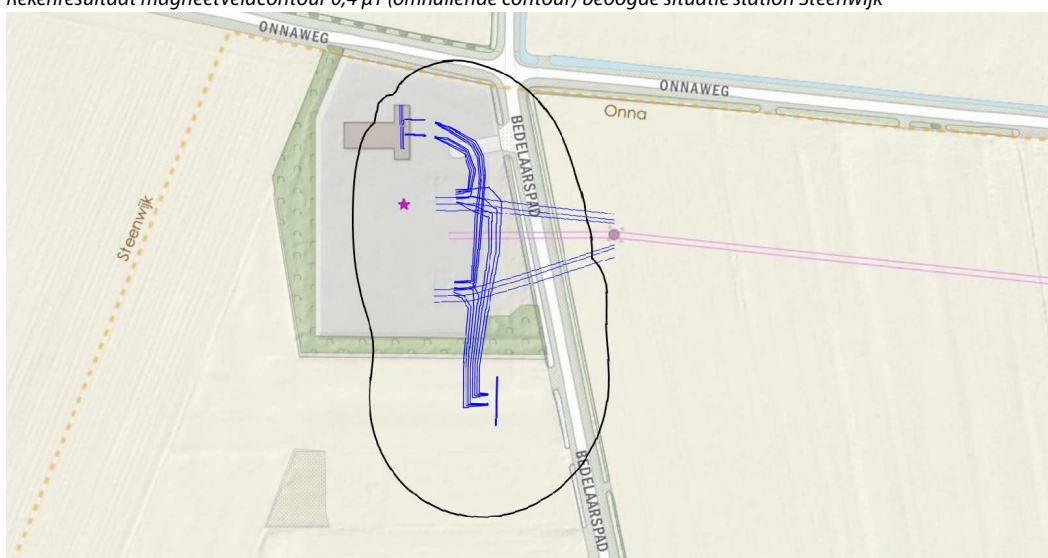


De dichtstbijzijnde woningen liggen ten noorden en ten zuiden van het hoogspanningsstation, ruim buiten de contour van 0,4 μ T.

4.2.2 Beoogde situatie

In bijlage 5 (alsmede in figuur 4.2) is het rekenresultaat van de omhullende magneetveldcontour van $0,4 \mu\text{T}$ (variant A + variant B) ten gevolge van het beoogde hoogspanningsstation te Steenwijk en de aangesloten hoogspanningsmast weergegeven. Bijlage 5 toont tevens de afzonderlijke contouren behorende bij variant A en variant B.

f4.2 Rekenresultaat magneetveldcontour $0,4 \mu\text{T}$ (omhullende contour) beoogde situatie station Steenwijk

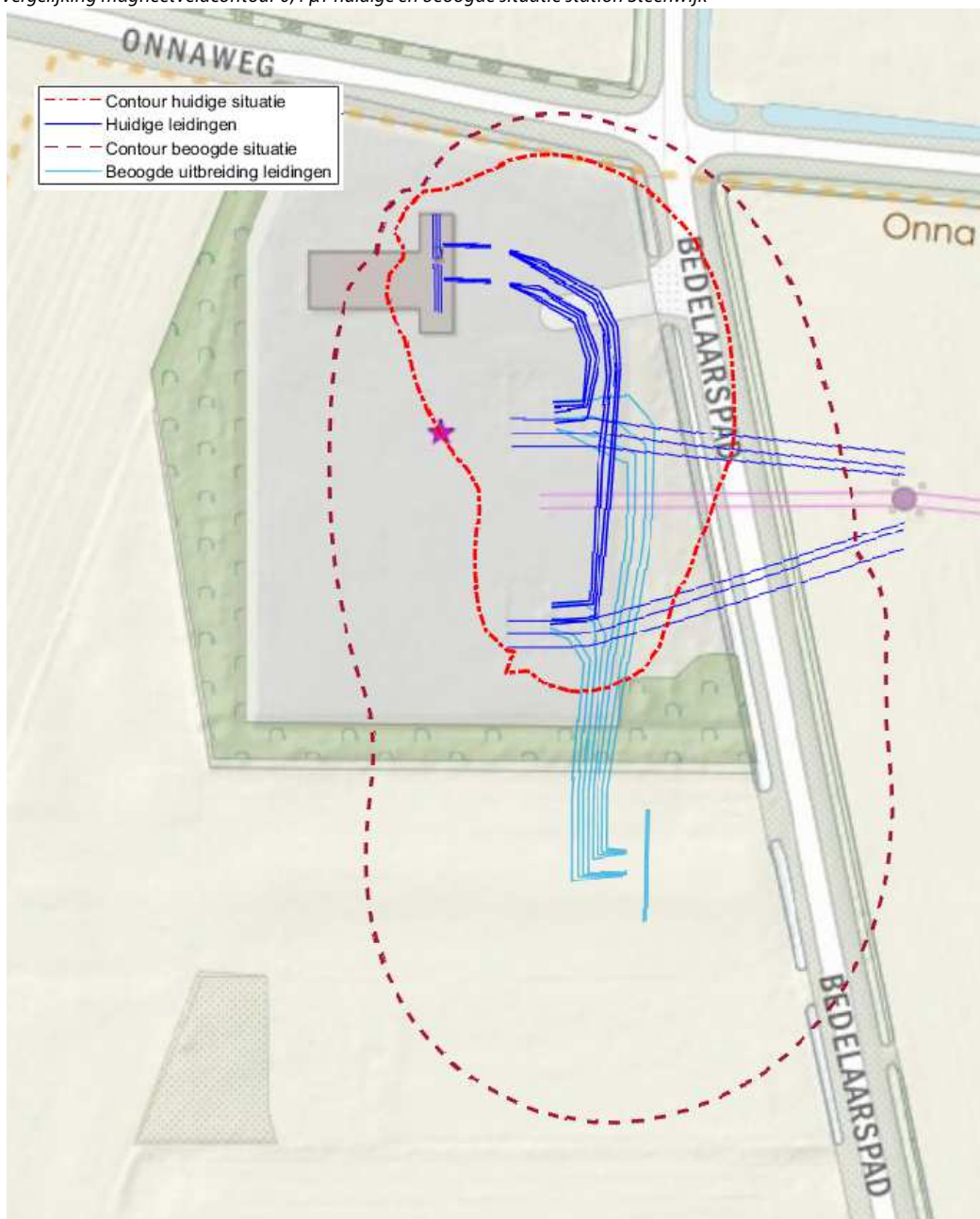


De dichtstbijzijnde woningen liggen ten noorden en ten zuiden van het hoogspanningsstation, ruim buiten de contour van $0,4 \mu\text{T}$.

4.2.3 Vergelijking huidige en beoogde situatie

Bijlage 6 en figuur 4.3 tonen een vergelijking van de berekende magneetveldcontouren van $0,4 \mu\text{T}$ ten gevolge van het huidige station met de berekende magneetveldcontouren van $0,4 \mu\text{T}$ ten gevolge van het beoogde station te Steenwijk.

f4.3 Vergelijking magneetveldcontour 0,4 μ T huidige en beoogde situatie station Steenwijk



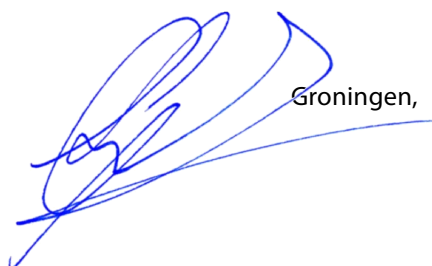
5 Beoordeling en conclusie

Uit de resultaten van het onderzoek volgt dat alle omliggende woningen zich in beide situaties (huidig en beoogd) ruim buiten de magneetveldcontour van $0,4 \mu\text{T}$ ten gevolge van het transformatorstation bevinden. Daarmee wordt geconcludeerd dat het optredende magneetveld op de omliggende woningen in beide situaties ruimschoots lager dan $0,4 \mu\text{T}$ zal zijn. Hiermee wordt ruim voldaan aan de streefwaarde zoals beschreven in hoofdstuk 2.

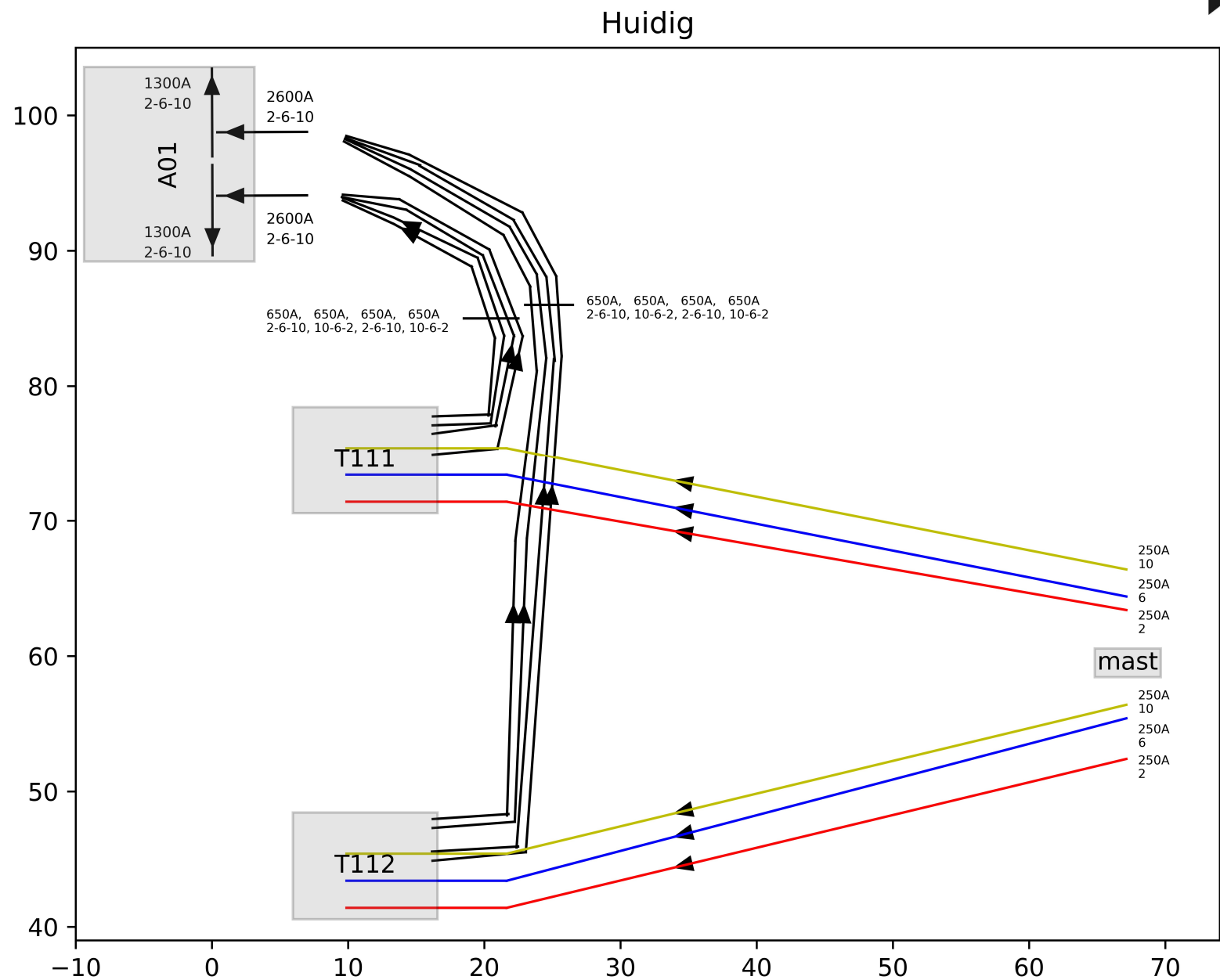
Opgemerkt wordt dat de magneetveldcontourberekening berust op de maximaal mogelijke stroomsterktes die optreden op het hoogspanningsstation. In praktijk zullen de optredende stroomsterktes ruim lager zijn en dus zullen de contouren kleiner zijn en het grootste deel van het jaar zelfs binnen de begrenzingen van het terrein zijn gelegen. Dit geldt voor zowel de huidige als de beoogde situatie.

Het is zeer onwaarschijnlijk dat de $0,4 \mu\text{T}$ contourlijn op jaargemiddeld niveau verder zal uitbreiden.

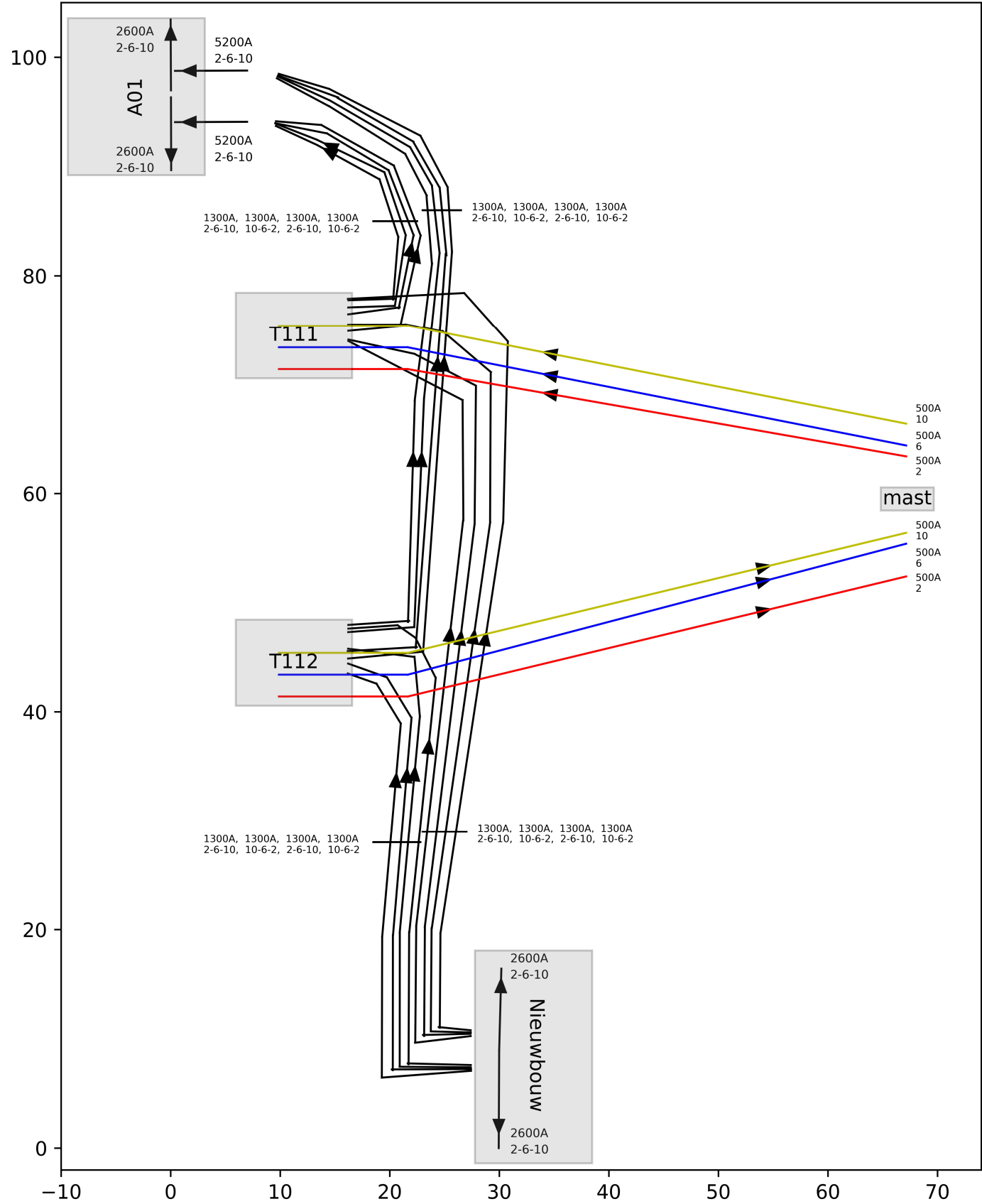
Dit rapport bevat 16 pagina's en 6 bijlagen



Groningen,



Beoogd, Variant A



Beoogd, Variant B

