

Uitleg van dit document



Dit document bevat een samenvatting van twee projectfasen die uitgevoerd zijn tussen april 2024 en oktober 2025. De pagina's zijn een selectie uit de twee projectdocumenten die voor beide fasen zijn opgeleverd, en geeft een indruk van de genomen stappen en de relevante context informatie. Dit document is geanonimiseerd.

In fase I lag de focus op het in kaart brengen van het werkproces van het verzoeken van het elektriciteitsnet in woonwijken en identificeren van kansen om het werk van de medewerker te ondersteunen. De gekozen focus was het rooien van laagspanningkabels. Dit document richt zich op het rooiproces. Dit proces is verder onderzocht en er is een eerste conceptrichting ontwikkeld.

In fase II lag de focus op deze conceptrichting verder te ontwikkelen, d.m.v. experimenten, iteraties, visualisaties en gesprekken met medewerkers en experts uit de organisatie.

Als er vragen of onduidelijkheden zijn over informatie in dit document, kan er contact opgenomen worden met Enexis en Alliander.

Contact

innovatie.ontwikkeling@enexis.nl

ronald.seele@alliander.com

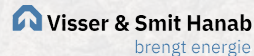
De in deze publicatie opgenomen informatie, tekeningen, beschrijvingen, modellen en technische uitwerkingen worden gepubliceerd teneinde onderzoek, validatie, reproductie en verdere ontwikkeling mogelijk te maken. Deze publicatie strekt mede tot het openbaar maken van de hierin beschreven techniek en het toevoegen daarvan aan de stand van de techniek. Aan deze publicatie kunnen geen exclusieve rechten op de beschreven technische oplossing worden ontleend. Voor zover op deze publicatie intellectuele eigendomsrechten rusten, verlenen Enexis en Alliander een wereldwijde, eeuwigdurende, niet-exclusieve en royaltyvrije licentie voor gebruik, reproductie, en verdere ontwikkeling, mits bronvermelding plaatsvindt.

ROBO HOUSE

Fase I

Verzwaring laagspanningnet in woonwijken

5 april - november 2024



Project Definitie

Doel en uitdaging

Het gezamenlijke doel waar dit project aan bijdraagt is:

"Door gebruik te maken van nieuwe technologie en met behulp van een sector brede en actiegerichte groep van organisaties, kunnen de netbeheerders en aannemers het werk op tijd en met gezonde en tevreden medewerkers uitvoeren."

Hierbij kijken we naar werkzaamheden binnen de wijkgerichte aanpak van het laagspanningsnet, zoals het wordt uitgevoerd door de aannemers Siers Groep, Visser & Smit Hanab en BAM in opdracht van de netbeheerders.

laagspanning

tijdsdruk

wet en
regelgeving

medewerkers
tekorten

Stakeholders in project

- Netbeheerders:
 - Enexis
 - Alliander
 - Stedin
- Aannemers:
 - Siers
 - Bam
 - Visser & Smit Hanab
- Onderaannemers:
 - Aktief Team



Projectrichtingen

Na de Identify fase is er met de monteurs, grondwerkers, Netbeheerders en het RoboHouse innovatieteam, aan de hand van de Impact versus Effort sessie, gekozen om verder te gaan met:

Rooien

Per projectstap zal deze richting benoemd worden.

Context

in
woonwijken

van
middenspannings-
ruimte tot aan de
gevel/meterkast

alleen
laagspanningsnet



Project aanpak fase 1

Het project volgde een Double Diamond-aanpak, waarbij netbeheerders en aannemers intensief betrokken zijn om gezamenlijk focus te bepalen en tot een gedragen oplossing te komen.



April

Kick-Off Identify

- Site visit - Kennismaking
- Site visits - Onderzoek
- Interviews
 - Medewerkers (monteurs, grondwerkers, voormannen)
 - Experts uit de organisaties
- Employee Journey Workshop met medewerkers
- Kansen identificeren vanuit:
 - Medewerker
 - Organisatie
 - Technologie (RoboHouse innovatieteam)
- Impact versus Effort Workshop met medewerkers, organisatie en technologie

Define

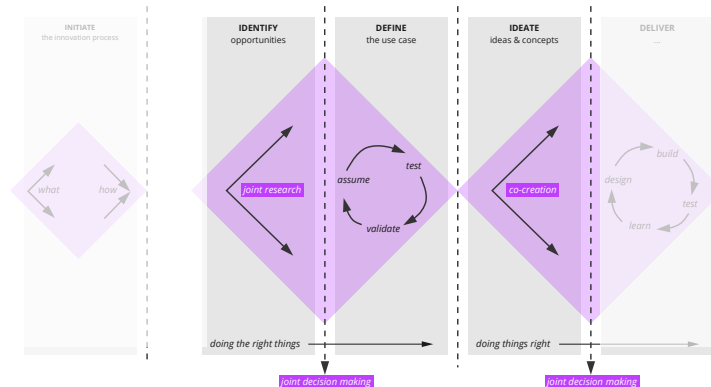
- Site visit - Manual Task Mapping
- Eisen verzamelen
- Use case definitie

Ideate

- Brainstorm Workshop met met medewerkers, organisatie en technologie
- Concept (Direction) Development
- Impact versus Effort Workshop met medewerkers, organisatie en technologie

Discuss & Present

Nov



Project aanpak Visuele samenvatting



Kick-off

Identify

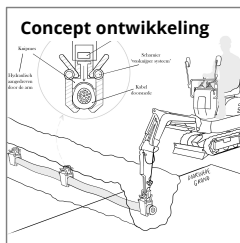
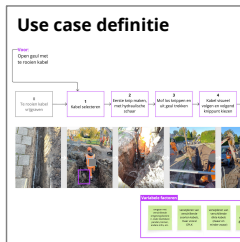
Kansen identificeren
en selecteren

Define

Definiëren van
kansrichtingen

Ideate

Idee generatie en
concept ontwikkeling



Gids voor de lezer & Woordenlijst



Leeswijzer



Sectie/projectstap

Grijze slides geven het begin van een nieuwe sectie/projectstap aan. Hier worden ook de belangrijkste inzichten en mogelijke vervolgstappen verzameld



Relevante inzichten zijn **groen** gemarkeerd

Inzichten worden zijn **groen** gemarkeerd of zijn geplaatst in een groen kader of op een groene sticky note.



Appendices

Paarse slides geven het begin van een nieuwe appendix aan.



Sticky notes

Notities en/of input aangeven van verschillende belanghebbenden, medewerkers en/of deelnemers aan het project.

Woordenlijst & Afkortingen in alfabetische orde

Aansnijden kabel: Een snede maken in de mantel van de kabel, maar niet er doorheen, zodat deze verwijderd kan worden en het koper of draden bloot komt te liggen.

Bats: Schop/schep.

Combi: Naast werkzaamheden aan elektra ook aan andere nutsvoorziening zoals water (anders 'solo').

Duspol®: Apparaat om spanning te meten.

HAS: Huisaansluiting

Koud: Spanningsloos of spanningsarm

LS: Laagspanning

Leek: Iemand met VOP certificering maar zonder de certificaten die nodig zijn voor montagehandelingen

Mof: Een nieuw verbindingspunt tussen kabels die rondom waterdicht afsluit

MS: Middenspanning

MS-ruimte (MSR), wijktrafo, distributiestation, Ring Main Unit (RMU), stoomhuisje, transformatorstation, trafo, etc.: Benamingen voor middenspanningsruimte, waar middenspanning wordt omgezet naar laagspanning.

Tegelwippen: Binnen dit verslag bedoelen we met tegelwippen het verwijderen van het straatwerk zoals tegels en klinkers.

Netkabel: de hoofdkabel

NGE: Niet-gesprongen explosieven

OIV: Operationeel installatie verantwoordelijke

OOO: Opsporen Ontploffbare Oorlogsresten

OV: Openbare verlichting

Overlassen: Verbindingsmof maken om kabel te verlengen

PBM: Persoonlijke beschermingsmiddelen

Rooien: Verwijderen van oude kabels

Selecteren: Methode om te controleren welke kabel welke is doormiddel van een meting.

Solo: alleen werkzaamheden aan elektra (anders 'combi')

Tegelwippen: Het uit de straat 'wippen' van de tegels.

VOP: Voldoende Onderricht Persoon

VP: Vakbekwaam Persoon

Warm: Onder spanning

WV: Installatie- of werkverantwoordelijke

KLIC: (Kadaster) Kabels en Leidingen Informatie Centrum

GPLK: Gepantserde Papier-Lood Kabel

Shovel / Wiellader / Laadschop: Grondverzetmachine op brede wielen, knikbesturing en een laadbak voorop.

Contextoverzicht & Scope



Gedurende dit project ligt de focus op de vervanging van het laagspanningsnet. Hierbij kijken we ook naar werkzaamheden rondom het laagspanningsgedeelte van de middenspanningsruimte.

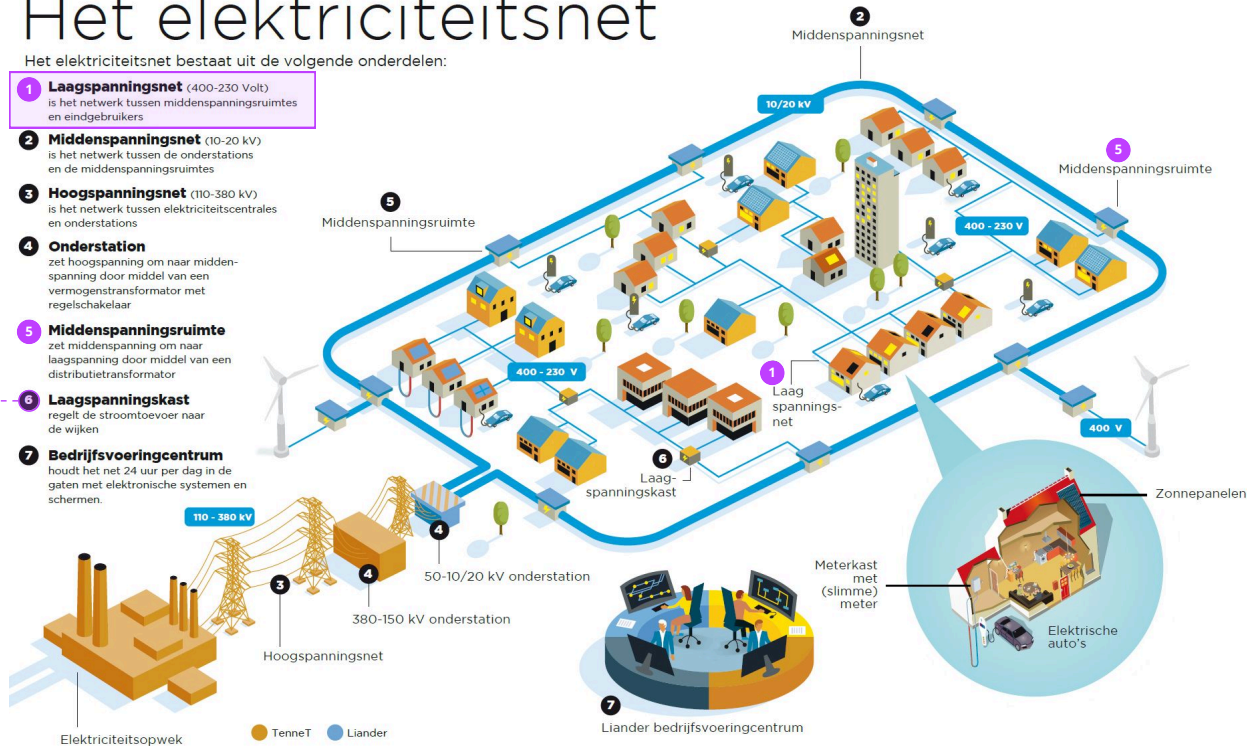
Deze elementen zijn in de afbeelding hiernaast aangegeven **in het paars**.

Het elektriciteitsnet

Het elektriciteitsnet bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1 Laagspanningsnet** (400-230 Volt) is het netwerk tussen middenspanningsruimtes en eindgebruikers
- 2 Middenspanningsnet** (10-20 kV) is het netwerk tussen de onderstations en de middenspanningsruimtes
- 3 Hoogspanningsnet** (110-380 kV) is het netwerk tussen elektriciteitscentrales en onderstations
- 4 Onderstation** zet hoogspanning om naar middenspanning door middel van een vermogenstransformator met regelschakelaar
- 5 Middenspanningsruimte** zet middenspanning om naar laagspanning door middel van een distributietransformator
- 6 Laagspanningskast** regelt de stroomtoevoer naar de wijken
- 7 Bedrijfsvoeringcentrum** houdt het net 24 uur per dag in de gaten met elektronische systemen en schermen.

Laagspanningskasten (ook wel LS-kasten genoemd) worden gebruikt om het bestaande elektriciteitsnet te verlengen met kleine knooppunten in het vermaasde net. Het nieuwe net wordt op een andere manier opgebouwd, namelijk in een ster vorm. Bij deze nieuwe opbouw worden LS-kasten niet meer gebouwd. Daarom is er voor gekozen dat LS-kasten niet binnen de scope van dit project vallen.





Identify

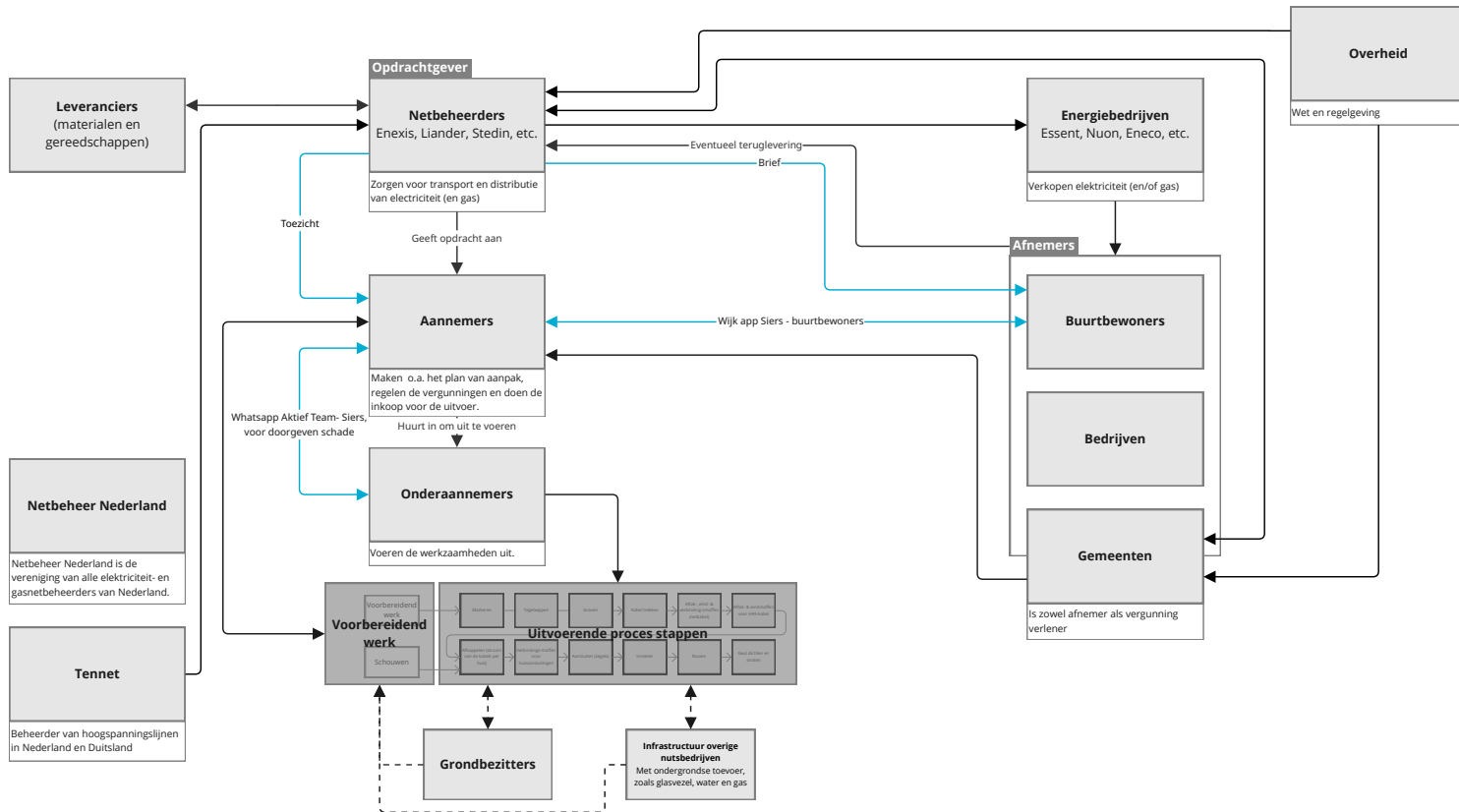
Site visits

Stakeholders & de werkweek

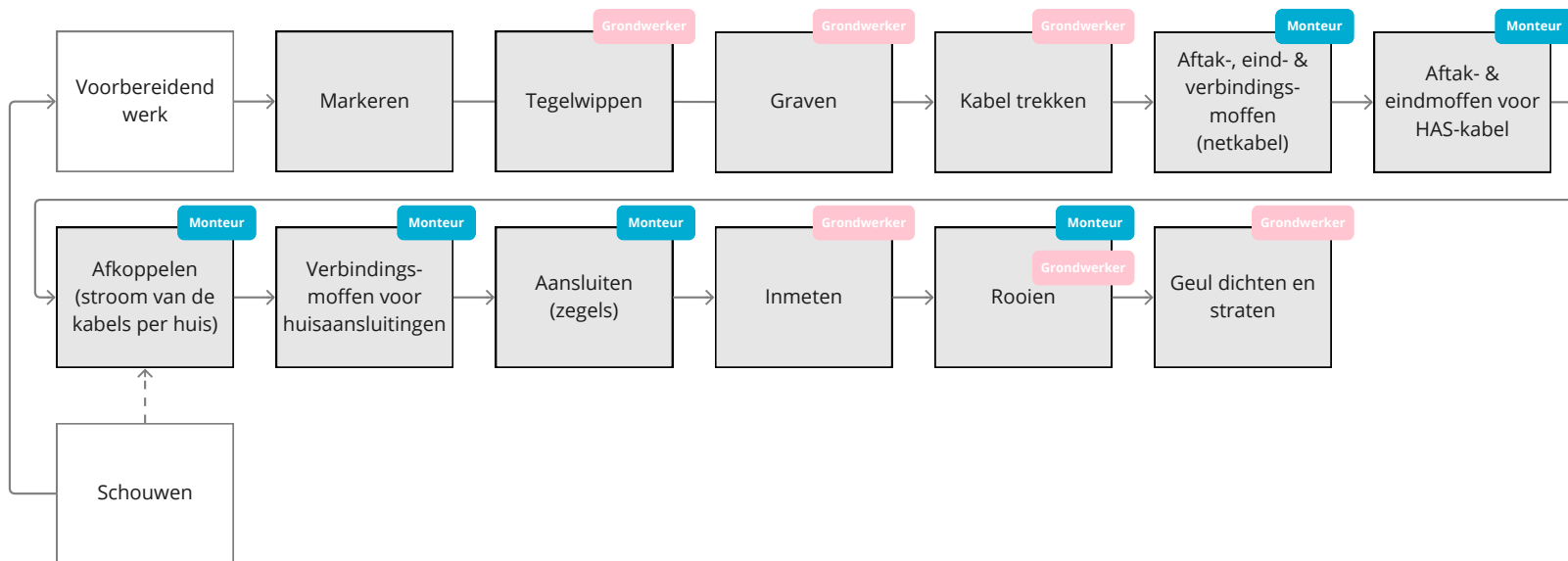
Tijdens de site visits wordt kennis gemaakt met de werkomgeving, het werkproces en de medewerker. Dit bezoek geeft inzicht in wat het werk inhoud, en welke factoren het werk beïnvloeden. Deze inzichten worden onder andere gebruikt om een analyse van betrokken partijen te maken, die bedoeld is om meer inzicht te krijgen in de afhankelijkheden tussen omgevingsstakeholders en informatiestromen die invloed kunnen hebben op de gekozen projectfocus. Hierdoor ontstaat een beter begrip van de context waarin het werk plaatsvindt.

Inzichten

- Doordat er veel verschillende partijen met verschillende belangen betrokken zijn zit er veel voorwerk in het komen tot een plan.
- Er is een grote afstand tussen de mensen die het plan opzetten en de werknemers die het proces uitvoeren.
- Het werk is zo ingedeeld dat grondwerkers en monteurs nooit (lang) op elkaar hoeven te wachten omdat werkzaamheden parallel kunnen worden uitgevoerd (behalve bij de eerste kabel).
- Het hele proces kan in de ideale situatie in 2 weken worden uitgevoerd.



Overzicht Werkproces Verzwaren van het laagspanningsnet, stap voor stap





Identify

Impact versus Effort *op kansen*

Een Impact vs. Effort sessie is bedoeld om overzicht te krijgen in een grote hoeveelheid kansen.

Het doel van deze sessie is om gezamenlijk een kans te selecteren waarmee het projectteam verdergaat in het RoboHouse innovatieproces. Dit helpt om focus aan te brengen en de beschikbare middelen en tijd effectief in te zetten.

Inzichten

Tijdens de Impact versus Effort sessie is gezamenlijk met de organisatie, medewerker en de technologie een keuze gemaakt om binnen dit project verder te focussen op het **rooien**.

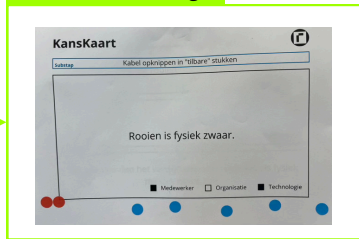
Impact versus Effort: keuze voor het rooien



Na de site-visits en interviews is er een Impact versus Effort sessie geweest gezamenlijk met de organisatie, medewerker en de technologie. De keuze is gemaakt om binnen dit project verder te focussen op het **rooien**, omdat:

- De geselecteerde kans wordt aangemerkt als een van de fysiek zware taken en vormt een aanzienlijk gedeelte van de werkweek.
- Er nog geen oplossingen bestaan die het rooien kunnen verlichten en versnellen.
- Bij andere kansen rondom voorbereidend werk, en montagehandelingen (zoals het maken van moffen) is wet- en regelgeving een beperkende factor, wat buiten de scope van dit project is.
- De kansselectie is beïnvloed door al lopende (innovatie)projecten binnen de verschillende netbeheerders.

Gekozen kansrichtingen





Define

Manual Task Map

Rooien

Een Manual Task Map is een visuele weergave van een huidig werkproces, waarin alle handmatige taken, processtappen en overdrachten in kaart worden gebracht. Het helpt om inzicht te krijgen in tijdsbesteding, knelpunten en verbeterkansen voordat procesverbeteringen of automatisering worden onderzocht.

Inzichten

- Na het selecteren van de te rooien kabel door de WV-er zet deze ook de eerste knip. Hierna kan er gerooid worden zonder de WV-er.
- Vop-ers en VP-ers zijn gecertificeerd om kabels te knippen. De VP-er is altijd aanwezig bij het rooien.
- Bij een enkele kabel wordt niet altijd geselecteerd omdat er geen verwarring kan ontstaan met andere kabels. Bij twee of meer zit wel een risico.
- Bij een onderbreking tijdens het rooien door een obstructie, zoals een boom, wordt er opnieuw geselecteerd.
- Glasvezel kabels liggen regelmatig boven de GPLK kabels, omdat deze GPLK kabels verward worden voor oude KPN kabels. Hierdoor is het risico op schade aan glasvezelkabels tijdens het rooien hoger.
- Er wordt veel in een gebogen werkhouding gewerkt.
- In sommige gevallen wordt er gekozen om niet te rooien.
- Er worden meerdere type kabels gerooid, maar met name de oude GPLK kabels worden als vies ervaren. Dit is ook het type kabel die het meest gerooid wordt.

Manual Task Map Samenvatting



Het rooiproces

Information flow

- De voorman van onderaannemer bepreekt met de aannemer het plan tijdens de dagstart, en geeft dit vervolgens door aan zijn werknemers
- Als het werk gedaan is geeft voorman dit weer door aan de aannemer.

Process

1. Eerste mof van te rooien kabel zoeken (methode om te selecteren).
2. Mof met graafmachine omhoog trekken.
3. Eerste knip maken, met hydraulische schaar.
4. Mof met graafmachine omhoog trekken.
5. Mof aan andere kant knippen en uit geul trekken.
6. Kabel visueel volgen en volgend knip-punt kiezen.
7. Kabel met graafmachine optillen.
8. Kabel knippen en uit geul trekken.
9. Vanaf stap 6 herhalen tot de hele kabel geknipt en uit de geul is.
10. Stukken kabel naast geul oprollen en langs de weg leggen.
11. Stukken kabel ophalen met een shovel en in speciale container storten.

Input

- Werkplan getekend door WV'er en voorman
- Open geul met te rooien kabel
- Kabel geselecteerd door mensen van Enexis, en uit MS-ruimte gehaald
- Gereedschappen en machines staan klaar

Output

- Schone geul zonder kabelresten van gerooide kabel.
- De gerooide kabels in stukken in beveiligde container
- (als stukken kabel blijven liggen moeten die afgedopt en ingemeten worden)

Customer(s)

- De grondwerkers
- Enexis
- De overheid

Chronological visualization of process



Manual Task Map Input

Het rooiproces



- **Werkplan getekend door WV'er en voorman:**

Op de ochtend van het rooien bespreken de WV'er en de voorman van de onderaannemer het werkplan. Ook wordt het rooiplan ondertekend dat de WV'er heeft opgesteld.

- **Open geul met te rooien kabel:**

De oude kabel is niet altijd helemaal zichtbaar. Daarom moet er vaak nog gegraven worden.

De kabels die nu gerooid moeten worden zijn voornamelijk GPLK kabels (Gepantserde Papier Lood Kabels). Deze kabels liggen al 60 -70 jaar in de grond en zijn breekbaar geworden. Bij het rooien van deze kabels is er risico dat ze uit elkaar vallen, wat zorgt voor scherpe stukken veel troep en extra werk.

Ter indicatie van het gewicht. De kabels die op dat moment gerooid werden hebben een gewicht van respectievelijk 8,4kg/m en 2,5kg/m.

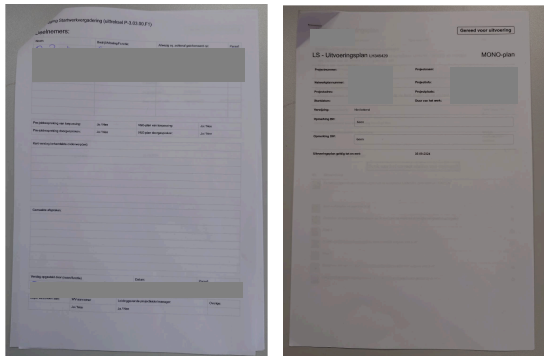
- **Kabel geselecteerd door mensen van Enexis, en uit MS-ruimte gehaald:**

Gecertificeerde personen van de aannemer halen de kabel uit de MS-ruimte, met veel getrek en geduw (hier zijn 4 mensen voor nodig). Zij laten het uiteinde van de kabel buiten de MS-ruimte omhoog steken zodat de rooiploeg deze kan volgen.

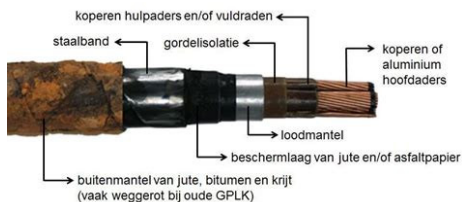
- **Gereedschappen en machines staan klaar:**

- Telefoon met KLIC
- Handschoenen
- Helm
- Bats (schep)
- Hydraulische schaar (afstandsknipper)
- Graafmachine
- Ketting
- Shovel
- Eventueel waterpomp of iets om water mee te scheppen als de geul volgelopen is.

Het werkplan getekend door WV'ers en voorman



Een GPLK kabel



Manual Task Map Proces

Het rooiproces



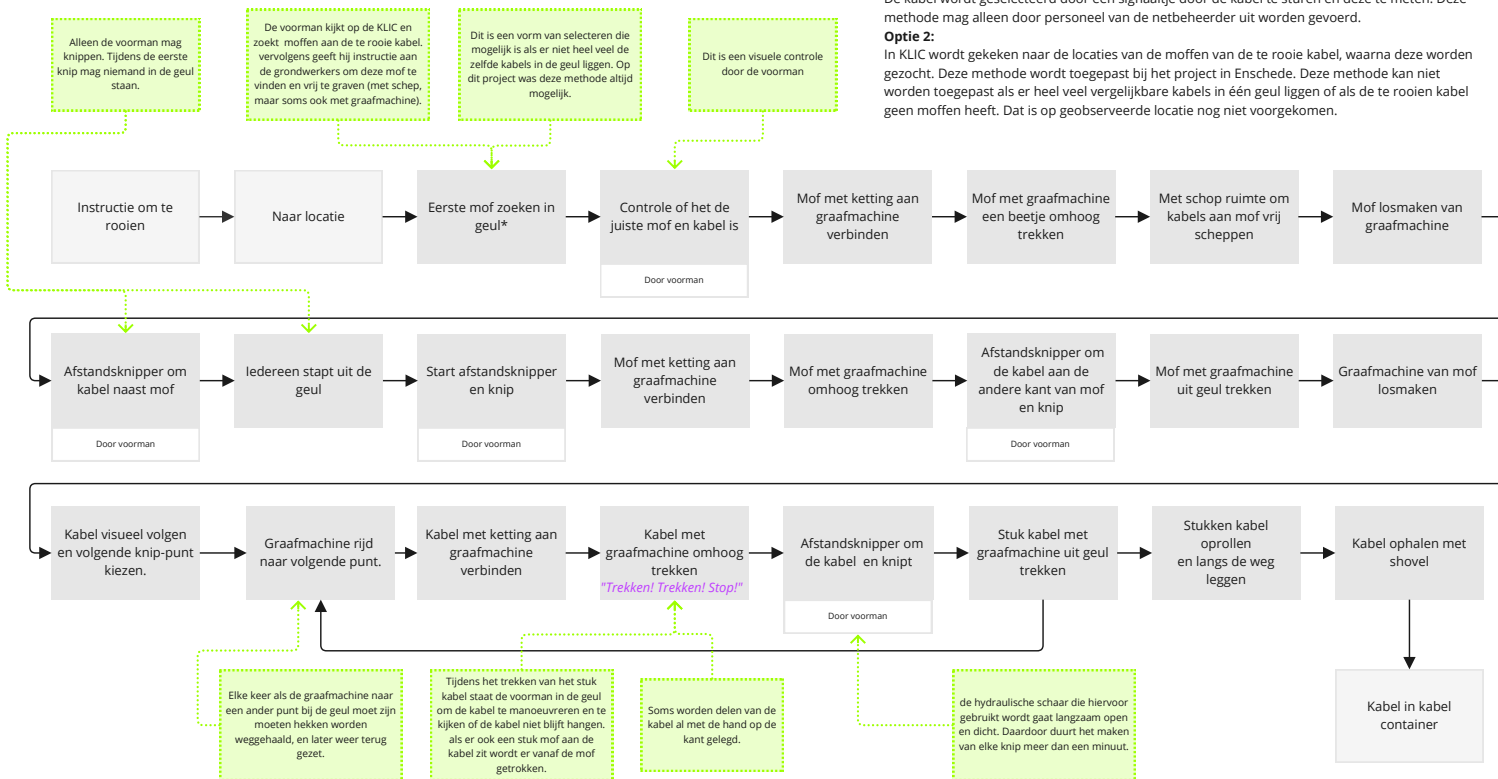
*Een kabel selecteren in de geul:

Optie 1:

De kabel wordt geselecteerd door een signaalje door de kabel te sturen en deze te meten. Deze methode mag alleen door personeel van de netbeheerder uit worden gevoerd.

Optie 2:

In KLIC wordt gekeken naar de locaties van de moffen van de te rooie kabel, waarna deze worden gezocht. Deze methode wordt toegepast bij het project in Enschede. Deze methode kan niet worden toegepast als er heel veel vergelijkbare kabels in één geul liggen of als de te rooien kabel geen moffen heeft. Dat is op geobserveerde locatie nog niet voorgekomen.



Manual Task Map Output

Het rooiproces



- **Schone geul zonder kabelresten van gerooide kabel:**
stukken kabelmantel die afgebroken zijn moeten ook worden opgeruimd
- **De gerooide kabels in stukken in beveiligde container:**
Deze stukken worden opgehaald door de netbeheerder

Kabels worden met shovel naar container gebracht



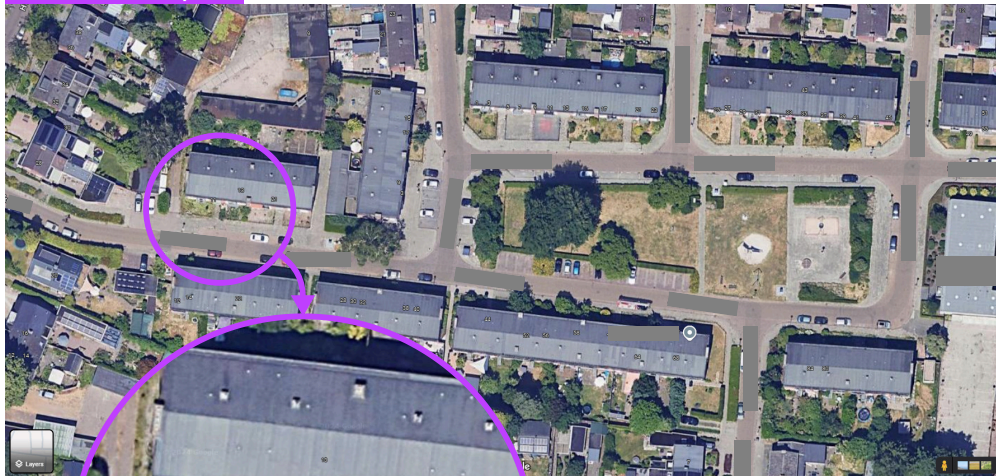
Kabels in beveiligde container



Manual Task Map Floorplan



Locatie van het rooiproces



Waterleiding met asbest.
Niet in de buurt komen.

Kwetsbare
panden

Overleggen met bewoner
die slecht ter been is

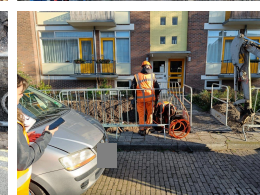
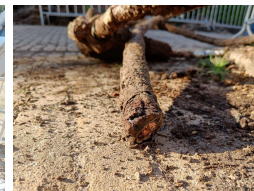
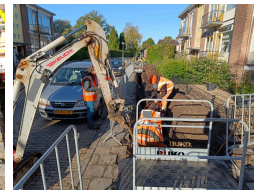
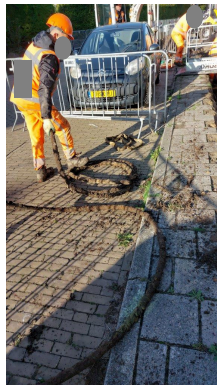
Let op:
Vervuiling

Op locatie wordt de inschatting gemaakt of er gerooid kan worden. Er wordt hierbij gekeken naar het gevaar op beschadiging van overige infrastructuur.

- Dieper dan 60cm wordt er niet gerooid, omdat je dan in de buurt van de waterleiding kan komen (deze ligt op ca. 1,10 - 1,20 m diepte).
- Bij een sterk verzakte kabel in een opgehoogde omgeving kan ervoor gekozen worden deze te laten liggen.

Manual Task Map Context Foto's

Het rooiproces





Define

Use case definitie

Rooien

De Use Case definitie is een beschrijving van de uitdagingen rondom het rooien van kabels, inclusief de huidige knelpunten, gewenste verbeteringen en gestelde eisen.

Inzichten

- Afbakening van de use case:
 - Voor: open geul met te rooien kabel
 - Na: Gerooide kabel ophaalbaar naast de geul
- Randvoorwaarden verschillen wanneer er wel of niet rekening wordt gehouden met de huidige context en afspraken.
- Er zijn veel variabele factoren die het werk beïnvloeden.
- De belangrijkste selectiecriteria vanuit:
 - Medewerker:
 - werkplezier en
 - ARBO verantwoord
 - Organisatie:
 - uitval verminderen
 - projectdoorlooptijd verkorten
 - Technologie:
 - rooit de juiste kabel,
 - werkt met geul van $\pm 40\text{cm}$ breed en max. 60cm diep
 - beschadigt geen andere infra, gebouwen of bomen en
 - is bestand tegen redelijke weersomstandigheden

Use case Het Rooien van laagspanningskabels

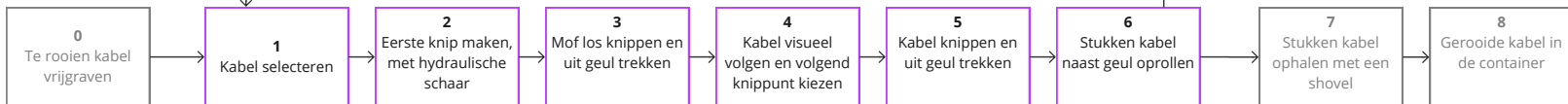


Voor:

Open geul met
te rooien kabel

Na:

Gerooide kabel
ophaalbaar naast de
geul, en geul zonder
stukken oude kabel



Variabele factoren

omgaan met
verschillende
omgevingsfacto-
ren, zoals kwetsbare
panden, bomen,
andere infra, etc.

verwijderen van
verschillende
soorten kabels,
maar vooral
GPLK

verwijderen van
verschillende
dikte kabels
(zwaar en
minder zwaar)

werken met
verschillende
grondsoorten

het werk is
weersafhankelijk

Use case Doel



Voor:

Open geul met
te rooien kabel



Het rooien van LS-kabels voor
de werknemer makkelijker maken



Na:

Gerooide kabel
ophaalbaar naast de
geul, en geul zonder
stukken oude kabel



Randvoorwaarden Rooien



Binnen de huidige context

Functioneel

- Wanneer in de geul in gebruik; moet kunnen functioneren binnen de beperkte werkruimte, in een geul met een minimale breedte van 40 cm.
- Mag niet de nodige communicatie tussen medewerkers beperken. Bijvoorbeeld; bij besturing of bediening door de medewerker heeft deze de mogelijkheid om een hand vrij te hebben voor het communiceren met handgebaren in luidruchtige situaties.
- Mag niet de nodige samenwerking tussen medewerkers beperken.
- Niet significant langzamer dan huidige werksnelheid (25 meter per 30 minuten met 3-4 man (zonder voorbereiding, en in gunstige situatie))
- Moet voldoen aan voorwaarden voor wie (met welke certificering) wat mag doen:
 - Na het selecteren zet de WV'er de eerste knip.
 - Vop en VP mogen kabels knippen. De VP'er is altijd aanwezig bij het rooien.

Schade en overlast

- Moet voldoen aan voorschriften en regelgeving: Er worden afstanden besproken ten opzichte van andere objecten in de grond waarbij wel op niet gerooid kan worden. In deze casus wordt er op minimaal 50 cm horizontale afstand gerooid van een waterleiding met asbest.
- Niet onder 60 cm diepte rooien (tenzij goedgekeurd): Onder de 60cm (verticaal) wordt er liever ook niet gerooid omdat je dan ook in de buurt van de waterleiding kan komen die op ca 1,10 - 1,20 m diepte ligt.

In elke context

Ergonomie

- Moet de druk op het lichaam tijdens het tillen verlichten en/of voorkomen.
- Het werken in gebogen werkhouding voorkomen of verlichten.
- Repeterende handelingen verminderen.

Functioneel

- Moet weersbestendig zijn.
- Moet bestand zijn tegen vuil en water.
- Moet om kunnen gaan met verschillende soorten kabels, maar minimaal de GPLK
- Moet kunnen functioneren met verschillende grondsoorten (zoals zand of klei).
- Moet om kunnen gaan met verschillende dikte en gewicht van kabels.
- Alleen juiste (spanningsloze) kabels knippen (in de huidige context betekent dat dat de kabel geselecteerd moet worden als er meerdere kabels in de geul liggen, en als de kabel niet meer visueel gevolgd kan worden)
- Alle resten kabel uit de geul (tenzij daar toestemming voor is).

Schade en overlast

- Andere kabels niet beschadigen
- Alle resten kabel uit de geul (tenzij daar toestemming voor is).
- Mag geen schade geven aan (kwetsbare) gebouwen, bomen of natuur in de omgeving.
- Mag geen schade veroorzaken aan andere ondergrondse infrastructuur.
- Mag (relatief) geen extra overlast geven aan buurtbewoners.

Selectiecriteria Rooien



Het maken van de juiste keuze vereist een grondige analyse van verschillende aspecten, variërend van menselijke behoeften en organisatorische overwegingen tot technologische mogelijkheden. Op basis van eerder verkregen inzichten zijn onderstaande selectie criteria verzameld om een goede selectie te kunnen maken.



Mens

De impact op individuen, gebruikerservaringen en menselijke behoeften staat hier centraal.

Behoud of
vergroten
van
werkplezier

Minder
repetitiviteit
in de
handelingen

Verlichten of
voorkomen
buk- en til-
bewegingen

Behoud of
vergroten van
baan-
aantrekkelijk-
heid

Binnen
veiligheids-
afspraken en
-wetgeving

Ergonomisch
verantwoord
(ARBO)



Organisatie

De implicaties van de oplossing voor bedrijfsprocessen, organisatiecultuur en strategie komen hier aan bod.

voorkeur voor
innovatie die
past binnen
bestaande wet
en regelgeving

Het moet voldoen
aan ARBO
regelgeving en
ergonomisch
verantwoord zijn

Uitval
verminderen

Werkcultuur
organisatie

kostprijs
(?)

voorkeur voor
het passen
binnen huidige
manier van
werken

(relatief) geen
extra overlast
geven aan
buurtbewoners

de huidige
werksnelheid is 25
meter per 30
minuten met 3-4
man (zonder
voorbereiding, en in
gunstige situatie)



Technologie

De technische haalbaarheid, schaalbaarheid en compatibiliteit met bestaande systemen wordt bekeken.

alleen de juiste,
spanningsloze,
kabel knippen

Haalbaarheid

Alle resten
kabel uit de
geul (tenzij daar
toestemming
voor is)

Dieper dan
60cm wordt
niet geroid
(waterleidingen)

Minimale
geulbreedte
van 40cm

Minimale
afstand tot
buis met
asbest is 50cm

Buiten in weers-
omstandigheden,
zand en modder

verschillende
grondsoorten
(zoals zand en
klei)

verschillende
soorten diktes om
te rooien (met
verschillend gewicht
en verschillende
stugheid)

verschillende
soorten
kabels om te
rooien, vooral
GPLK

geen schade
geven aan
(kwetsbare)
gebouwen of
bomen in de
omgeving

andere kabels
en
ondergrondse
infra niet
beschadigen

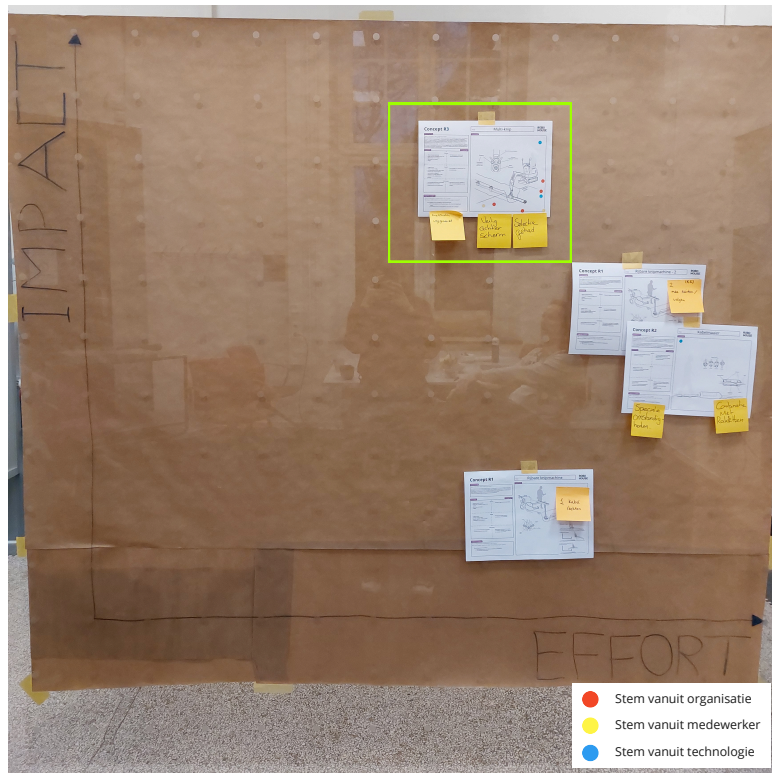
Ideate

Concept keuze

Samen met (onder)aannemers, experts van netbeheerders en ontwikkelaars zijn verschillende concepten bedacht en beoordeeld. Op basis van haalbaarheid, verwachte impact en aansluiting op de gebruikersbehoefte is één concept geselecteerd voor verdere uitwerking.

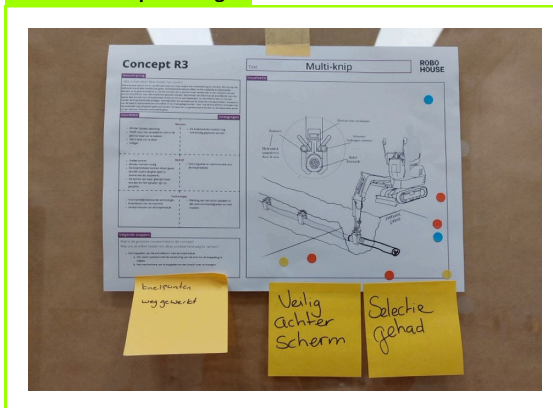


Impact versus Effort **Rooien** Matrix en keuze



Tijdens de Impact versus Effort sessie is gezamenlijk met de organisatie, medewerker en de technologie een keuze gemaakt op uitgewerkte concepten. Daarbij is gekozen voor concept **R3 Multiknip**.

Gekozen conceptrichtingen



Notities van discussie rondom de gekozen concept:

Duidelijke
voorkeur:
multi-knip

het systeem
erachter kan
ook mee-
ontwikkeld
worden

als jullie iets op
de kabelmaaiër
willen
proberen; ook
interessant

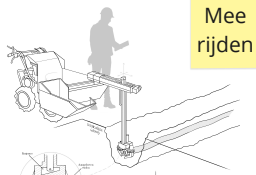
relatief goedkope
oplossing, je hoeft
alleen de [end-
effector] elementen
te ontwikkelen. (en
stukje vision?)

Selectie is
gedaan ->
veilig achter
scherm

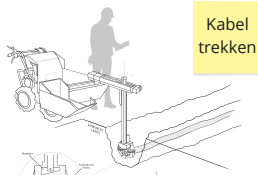
Impact versus Effort Notities van discussie, per concept



R1 Rijbare knipmachine



R1 Rijbare knipmachine



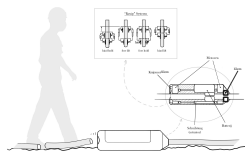
In de sleuf
mag je
eigenlijk niet
knippen

Risico bij trekken
is beschadigen
van andere
leidingen (nat,
gas, ...)

Optie: kabel
blijven volgen
met knipmachine
ipv statisch en
trekken

Idee: meerdere armen ->
rijbare deel en knipdeel los
-> 3 delen: rij-knip-rij op
die manier kan het
achterste deel altijd
takelen en wegvoeren in
de bak. Zo laat je de kabel
in de geul niet los

R2 Kabelmaaier



De kabel zit hier en
daar onder de
grond of vast. Is dit
voorwerk voor de
mens? Of gaat de
Kabelmaaier deze
"loswrikken"

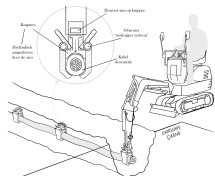
Problemen uit
elkaar trekken: 1.
eromheen en
knippen 2.
eromheen en
verplaatsen

Waarom 40cm
boven de grond
knippen bij Enexis?
Anders bij Stedin en
Alliander (Tjeerd
zoekt uit)

Veiligheid anders
oplossen: Met
signaal op de
kabel zou je
constant aan
kunnen wijzen

Veiligheid anders
oplossen: Met
signaal op de
kabel zou je
constant aan
kunnen wijzen

R3 Multi-knip



Onderaannemer:
goed idee. Je kunt
gewoon
aansluiten
omhoog en dan
knippen

Draaien zou
werken als
vork met
spaghetti

Wel nog handmatig
de knipper
installeren, machine
kan zelf wegzetten
en loslaten

Proces-
optimalisatie:
Degene die de
nieuwe aftakmof
zet neemt deze
blokjes mee en
installeert ze gelijk

Matro

Nadeel:
veel multi-
knip delen

potentie om in
knipmodules een
hulpmiddel in te
bouwen die tijdens
selecteren oplicht
als het de juiste
kabel is?

Concept R3

Omschrijving

Wat is het idee? Wat maakt het uniek?

Zodra de geul open is kan er op elke plek waar een knip nodig is een knipmodule gezet worden. Met behulp van selectoren wordt elke module juist gezet. De knipmodule bestaat alleen uit het snijdende en klemmende element, er zit geen krachtbron in. Op het moment dat er gerooid moet worden kan er een machine met een arm en end-effector naar elke kniplocatie gereden worden. Met behulp van vision kan de end-effector voor het laatste deel zichzelf naar de knipmodule sturen en zich er aan bevestigen. De end-effector kan nu met een cilinder de knipmodule bekrachtigen. Hiermee klemt het de kabel vast en knipt het ook doormidden. Vandaaruit kan de kabel in bijvoorbeeld een shovelpak of op straat gelegd worden. Door met de end-effector te draaien kan het eventueel nog compacter gedraaid worden. De klem kan nu gedeactiveerd worden en de knipmodule wordt op een daarvoor bestemd verzamelrek gezet.

Voordelen

Uitdagingen

Mensen

- Minder fysieke belasting
- Hoeft voor het verwijderen niet in de geul te staan en te bukken.
- Het is leuk om te doen
- Veiliger
- De knipmodules moeten nog handmatig geplaatst worden

Bedrijf

- Sneller proces
- Minder mensen nodig
- De knipmodules kunnen direct gezet worden zodra de geul open is (eventueel als stopwerk).
- De kennis van waar geknipt moet worden en het ophalen zijn nu gesplitst.
- Extra logistiek en administratie voor de knipmodules

Technologie

- Voornamelijk bestaande technologie.
- Krachtbron van de machine
- Serieproductie van de knipmodule
- Werking van het vision systeem in alle weersomstandigheden en met modder.

Volgende stappen

Wat is de grootste onzekerheid in dit concept?

Wat zou je willen testen om deze onzekerheid weg te nemen?

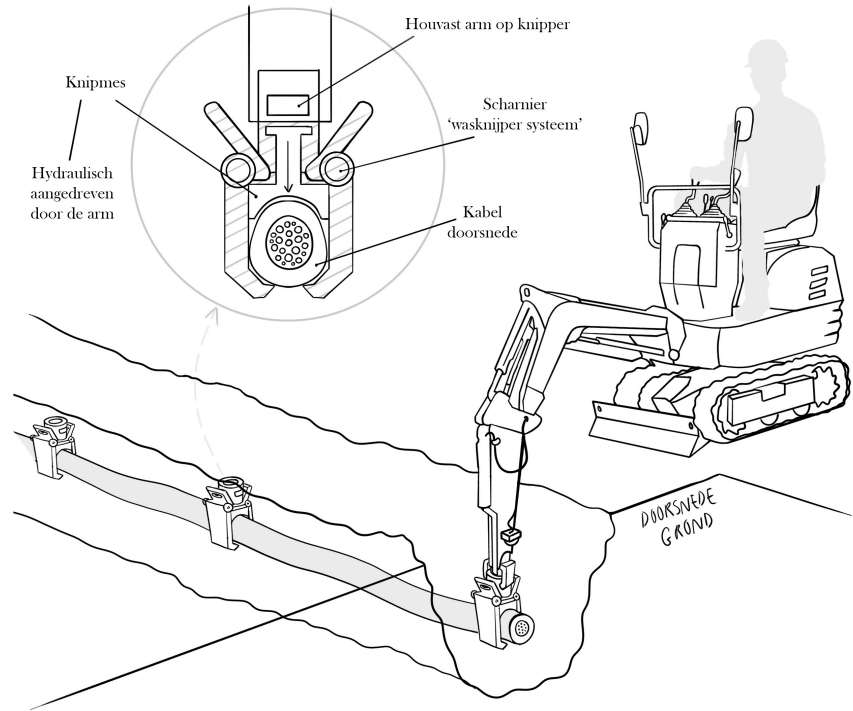
- Het koppelen van de end-effector met de knipmodule
 - a. Het vision systeem met de aansturing van de arm om de koppeling te maken.
 - b. Het mechanisme om te koppelen en een kracht over te brengen.

Titel

Multi-knip

ROBO
HOUSE

Visualisatie



ROBO HOUSE

Fase II
Project Rooibot

19 mei - 6 oktober 2025



Project introductie

Doel en uitdaging

Het gezamenlijke doel waar dit project aan bijdraagt is:

"Door gebruik te maken van nieuwe technologie en met behulp van een sector brede en actiegerichte groep van organisaties, kunnen de netbeheerders en aannemers het werk op tijd en met gezonde en tevreden medewerkers uitvoeren."

Hierbij kijken we naar werkzaamheden binnen de wijkgerichte aanpak van het laagspanningsnet, zoals het wordt uitgevoerd door de aannemers Siers Groep, Visser & Smit Hanab en BAM in opdracht van de netbeheerders.



Stakeholders in project

- Netbeheerders:
 - Enexis
 - Alliander
- Aannemers:
 - Siers
- Onderaannemers:
 - Aktief Team



Projectaanpak

a) Verificatietraject

1. Uitwerken en valideren van het gebruiksscenario met low-tech mock-ups.
2. Aanvullen van requirements samen met medewerkers en de organisatie.
3. Definieren van experimenten op basis van requirements en technische uitdagingen.
4. Uitvoeren van de eerste experimenten op de end-effector.

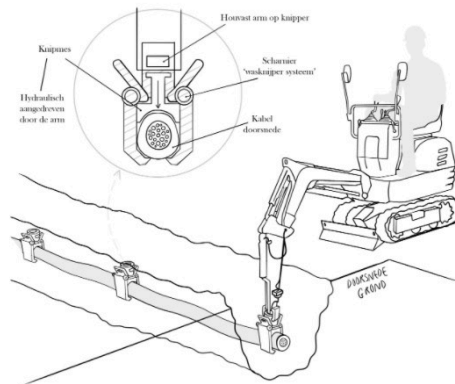
b) Marktaansluiting

Parallel zoeken de netbeheerders marktpartijen die het systeem in hun portfolio willen opnemen, met RoboHouse in een adviserende rol. Zij werken daarnaast aan business case en regelgeving (buiten dit project).

Gekozen concept

Multi-knip

Zodra de geul open is kan er op elke plek waar een knip nodig is een knipmodule gezet worden. Met behulp van selectoren wordt elke module juist gezet. De knipmodule bestaat alleen uit het snijdende en klemmende element, er zit geen krachtbron in. Op het moment dat er gerooid moet worden kan er een machine met een arm en end-effector naar elke kniplocatie gereden worden. Met behulp van vision kan de end-effector voor het laatste deel zichzelf naar de knipmodule sturen en zich er aan bevestigen. De end-effector kan nu met een cilinder de knipmodule bekrachtigen. Hiermee klemt het de kabel vast en knipt het ook doormidden. Vandaaruit kan de kabel in bijvoorbeeld een shovelpak of op straat gelegd worden. Door met de end effector te draaien kan het eventueel nog compacter gedraaid worden. De klem kan nu gedeactiveerd worden en de knipmodule wordt op een daarvoor bestemd verzamelrek gezet.



Project aanpak fase 2



Mei

Deliver

Gebruikersscenario verificatie met medewerker

Requirements ophalen met medewerkers en experts uit de organisaties

Definitie van experimenten

Uitvoeren van de experimenten

Experiment 1: End-effector A

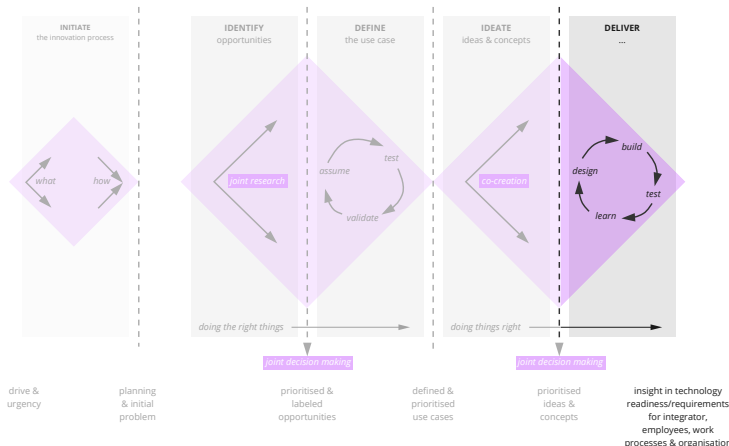
Experiment 2: End-effector B

Experiment 3: End-effector C

Discuss & Present

Inzichten & aanbevelingen vervolgstappen

October



Gesprekken marktpartijen

Gehele periode door Netbeheerders



Deliver

Experiment: Gebruikersscenario

In het gebruikersscenario wordt onderzocht hoe een gebruiker een oplossing in de praktijk toepast om een specifiek doel te bereiken. Het maakt inzichtelijk hoe de oplossing past binnen het werkproces en welke waarde deze toevoegt.

Conclusie

- Medewerkers kunnen zelfstandig bepalen waar knipmodules moeten komen en deze zelf plaatsen, om de juiste kabel.
- In dit experiment zijn er gemiddeld 3 modules per 10 meter geplaatst. De hoeveelheid nodige modules verschilt per traject.
- De grootste barrières voor dit concept zijn mogelijke aanpassing van de BEI en de bereikbaarheid van de kabel in de geul.

Insights

Het werken met modules:

- Het concept van werken met modules werd geaccepteerd bij de medewerkers waarmee dit experiment is uitgevoerd. De volgende voorkeuren voor het ontwerp van de modules zijn opgehaald:
 - De module moet makkelijk onder en om de kabel te steken zijn.
 - De module moet vast te zetten zijn (tegen omvallen).
 - De module moet snel en eenvoudig in gebruik zijn.
 - De module moet verzegelbaar zijn.
 - De knip-kant en de grijp-kant van de modules moeten duidelijk te onderscheiden zijn.

De hoeveelheid nodige modules:

- De hoeveelheid nodige modules wordt beïnvloed door:
 - De hoeveelheid bochten in het traject.
 - De hoeveelheid moffen op de kabel.
 - Eventuele onderdoortjes.
 - Aanwezigheid van overige infrastructuur rondom de kabel.
 - De bereikbaarheid van de kabel in de geul.
- Er zijn in dit experiment gemiddeld 3 modules per 10 meter geplaatst.

Barrières:

- Dit concept vereist een nieuwe werkwijze, waarvoor aanpassingen in de BEI noodzakelijk zijn.
- Het bereiken van de geul met een graafmachine is in de huidige situatie niet overal makkelijk of zelfs mogelijk, vanwege zand en de tegels die naast de geul liggen of smalle paden.

Kansen:

- De beschikbaarheid van de WV-er (van de Netbeheerder) voor het selecteren met een selectieapparaat is erg beperkt. Als in dit concept een selectiefunctie toegevoegd zou kunnen worden, kan dat deze afhankelijkheid weggenomen worden en bied dit kans voor versnelling van het proces.
- Naast de netkabel ligt soms een OV kabel. In de vervolgstappen van dit project zou gekeken kunnen worden naar hoe de OV kabel mee-gerooid kan worden.

Experiment

nr. 1A

naam Gebruikersscenario; plaatsen van modules

duur 8 uur

eigenaar Auke

deadline 10 juni 2025



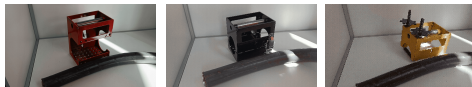
1. Aanname

Wij geloven dat het werken met Rooi-modules een geaccepteerde en werkbare manier van rooien is voor de medewerker.

Kritiek: 

2. Experiment

- Om dat te verifiëren, gaan we een gebruikersscenario uitvoeren in het veld. In dit scenario worden door 2 medewerkers mockup modules in de geul geplaatst. In korte interviews vragen we of ze dit zouden gebruiken.
- Er worden 3 verschillende type mockups gebruikt om geen afwijzing te creëren door de limitaties van 1 specifieke module. Daarnaast krijgen we inzicht in de voorkeur van werkingen van de module.



Kosten: 

3. Meten

We meten de verschillende inzichten die naar voren komen doormiddel van notulen, film en foto's. Onderliggend hieraan is of er fundamentele argumenten/bezwaren naar voren komen.

Benodigde tijd: 

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is:

- Weersomstandigheden zoals te mooi weer
- Zandgrond i.p.v. klei
- Een "makkelijke" geul

5. Criteria

Onze aanname klopt als er een basis van acceptatie is aangegeven bij de deelnemers.

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:



Inzichten

We hebben geleerd dat ...

- Een combinatie van verschillende elementen van de modules de voorkeur heeft:
 - Het makkelijk onder de kabel steken zoals bij geel.
 - Het vast kunnen zetten zoals bij geel.
 - Gebruiksgemak zoals bij rood.
 - Borging/verzegeling zoals bij zwart.
- De BEI wetgeving zal aanpassing nodig hebben voor deze werkwijze.
- De locatie om de modules te positioneren is een inschatting van de medewerker naar gelang de objecten waar het onderdoor getrokken moet worden versus de stukken kabel zo lang mogelijk houden.
- Gemiddeld over de twee medewerkers zijn er 3 modules per 10 meter geplaatst.
- Elementen als zand, modder en hardhandig gebruik zijn een uitdaging voor de wat fijnere onderdelen zoals schroefdraad.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

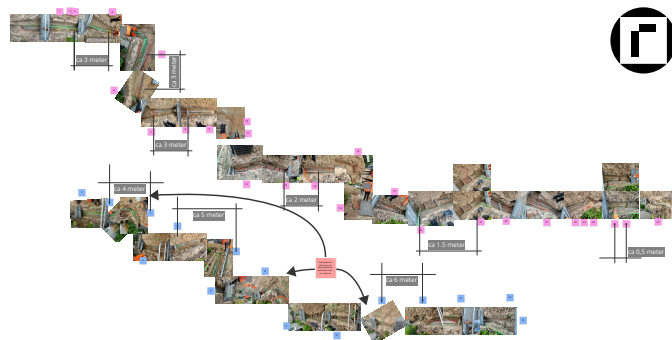
- NVT

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

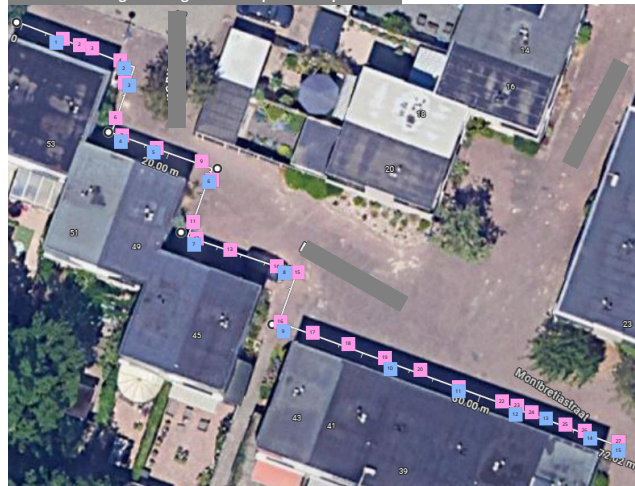
- De aanname worden uitgelicht bij het overzicht van gebruikersscenario's.

- Dit zijn **gemiddeld 3 modules per 10 meter** (3,33m per knipmodule).

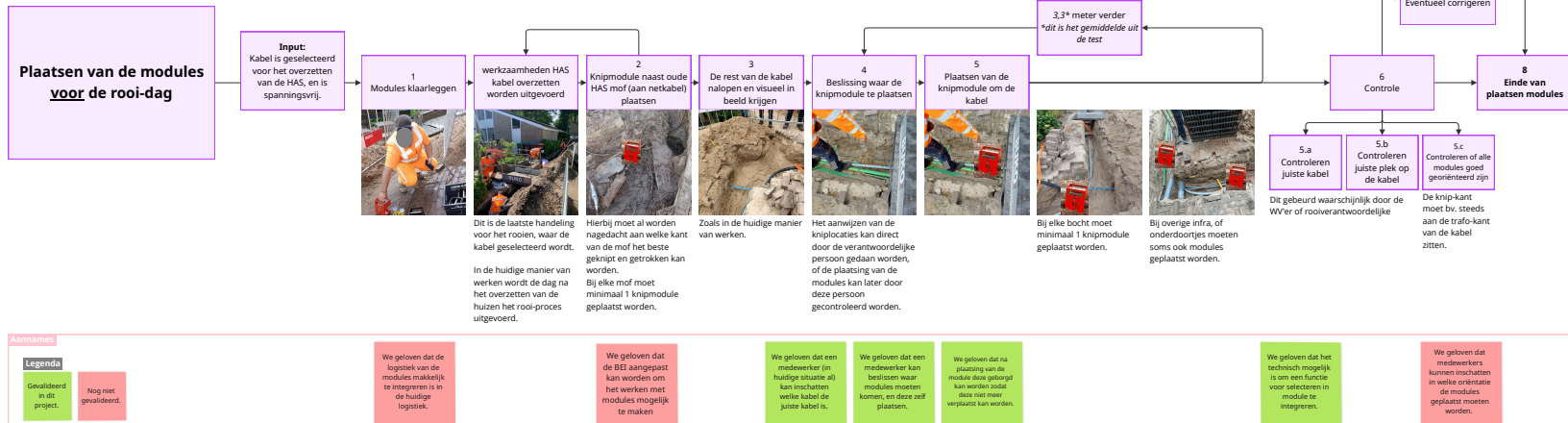
- Het aantal bochten in het traject.
 - Voor en/of na elke bocht moet worden geknipt. Dat betekent **minimaal 1 module per bocht**.
- Het aantal moffen in het traject
 - Moffen moeten losgeknipt worden van de kabel. Dat betekent dat er **minimaal 1 module per mof** geplaatst moet worden (m.u.v. hele smalle moffen).
- Het aantal onderdoortjes onder wegen door.
 - In deze test waren deze niet aanwezig. Er is waarschijnlijk **minimaal 1 module per onderdoortje** nodig.
- Aanwezigheid (en kwetsbaarheid) van overige infra.
 - Het aantal **nodige modules is afhankelijk van de kwetsbaarheid van overige infra** rondom de kabel. Het gaat vooral om kabels en leidingen die bovenlangs de te rooien kabel lopen. Als de kabel onder deze infra uit getrokken kan worden is het plaatsen van extra modules niet nodig.
- Bereikbaarheid met graafmachine.
 - Dit is een factor in de keuze voor de locatie van een knip in de huidige manier van werken. In het toekomstige scenario **kan de bereikbaarheid ook invloed hebben op de keuze voor de locatie van een knipmodule**.



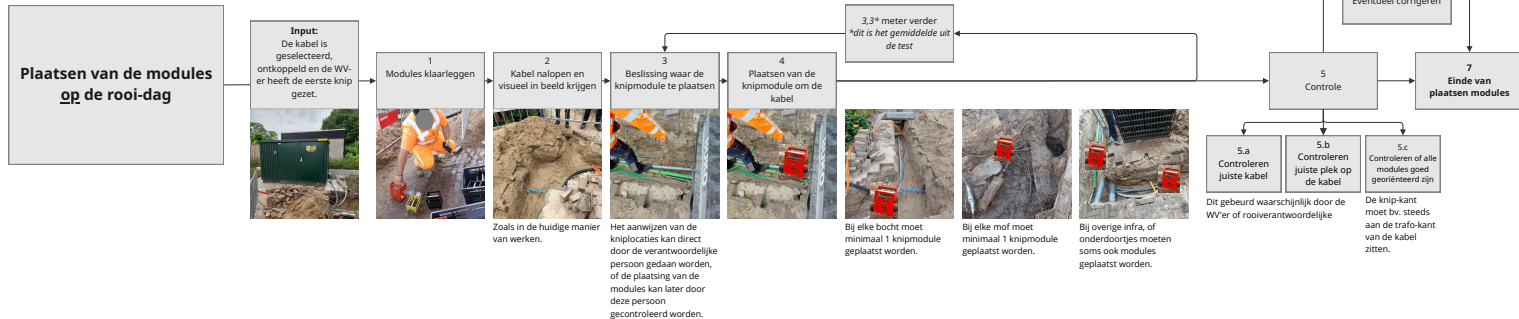
Grove inschatting van aangewezen kniplocaties op de kaart



Gebruikersscenario Modules een dag van te voren plaatsen



Gebruikersscenario Modules plaatsen op de rooi-dag



Aannames

Legenda

Gevalideerd

Nog niet gevalideerd

We geloven dat de logistiek van de modules makkelijk te integreren is in de huidige logistiek.

We geloven dat de BEI aangepast kan worden om het werken met modules mogelijk te maken

We geloven dat een medewerker (in huidige situatie al) kan inschatten welke kabel de juiste kabel is.

We geloven dat een medewerker kan beslissen waar modules moeten komen, en deze zelf plaatsen.

We geloven dat na plaatsing van de module deze geborgd kan worden zodat deze niet meer verplaatst kan worden.

We geloven dat het technisch mogelijk is om een functie voor selecteren in module te integreren.

We geloven dat medewerkers kunnen inschatten in welke oriëntatie de modules geplaatst moeten worden.

Gebruikersscenario Kabel uit geul verwijderen



Het rooien van de kabel, op de rooi-dag

Input:
De kabel is geselecteerd, ontkoppeld en de WV-er heeft de eerste knip gezet.



1
Met de machine naar locatie



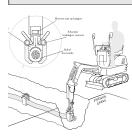
Met een graafmachine is dit nog niet overal mogelijk

2
Met de machine de module bereiken en koppelen



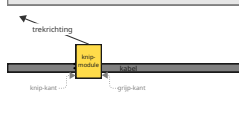
Module moet, bij gebruik van een graafmachine, vanuit de machine gevonden kunnen worden, en daarna kunnen koppelen.

3
Knip en grijphandeling uitvoeren



De knip wordt gezet, en de module grijpt het geknipte stuk kabel. Er mag tijdens het knippen niemand in de geul aanwezig zijn. Ook moet de graafmachine niet onder stroom gaan kunnen staan. Het systeem moet blijven functioneren in zand en modder.

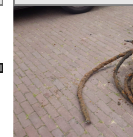
4
Met de machine het stuk losse kabel in een schuine en lage beweging uit de geul trekken



Bij de huidige manier van werken wordt een stuk kabel losgeknipt en onder de obstakels uit getrokken. Met deze manier van werken hoeft er minder vaak geknipt te worden. Dit kan bij het gebruik van de modules ook gedaan worden.

"Eén persoon moet bij het trekken altijd in de geul meelopen om te kijken of het goed gaat"

5
Kabel naast de geul leggen



6
Module loskoppelen en naast geul leggen



7
Stukken kabel en modules ophalen.



Aannames

Legenda

Gevalideerd

Nog niet gevalideerd

We geloven dat er een machine ontwikkeld kan worden die bij moeilijk bereikbare plekken in de geul kan komen.

We geloven dat de End effector (die aan het einde van de machine bevestigd is) gekoppeld kan worden aan de module, waarna de end effector de knip- en grijphandeling kan uitvoeren

We geloven dat de end effector de knip kan zetten.

We geloven dat de end-effector het afgeknipte stuk kabel vast kan houden.

We geloven dat de full system de kracht kan overbrengen/aan sturen en de knip kan zetten.

We geloven dat de full system naast het knippen ook het afgeknipte stuk kabel vast kan houden.

We geloven dat de full system het stuk kabel uit de grond kan trekken

We geloven dat de full system het afgeknipte stuk kabel uit de geul kan tillen en naast de geul kan lossen.

We geloven dat de module ontkoppelt kan worden zonder handen.

We geloven dat de logistiek van de modules makkelijk te integreren is in de huidige logistiek.



Deliver

Experiment

Om de technische haalbaarheid van het concept te toetsen, zijn verschillende experimenten uitgevoerd. De eerste focus ligt op drie cruciale functies: het nauwkeurig positioneren van de end-effector, het veilig en betrouwbaar selecteren van de juiste kabel en het gecontroleerd knippen van de kabel.

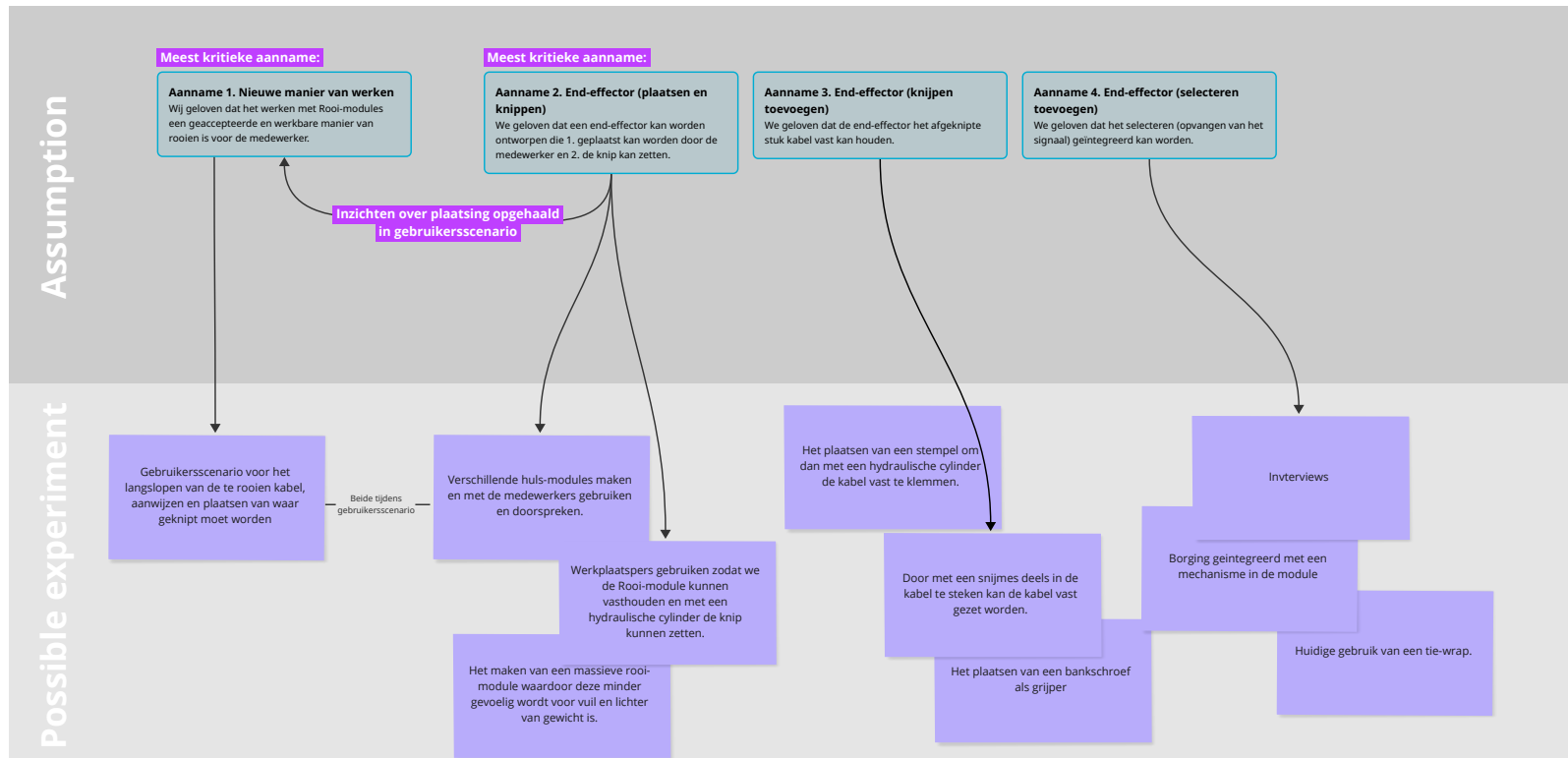
Insights

- Beide type kabels kunnen geknipt worden door er met een relatief stompe hoek in te drukken.
- Een kunststof aluminium kabel kan doormidden geknipt worden door er een staalkabel door te trekken.
- Een GPLK kabel kan niet doormidden getrokken worden met een staalkabel vanwege de stalen buitenmantel.
- De kabel kan met een grijper vastgehouden worden zodat deze niet kan draaien.
- Bij het borgen van een geselecteerde kabel volstaat een tie-wrap.
- De identificatie fase bepaling methode is technisch gezien een goede techniek, maar is niet geschikt voor elke module gezien vanuit het proces en kosten.

Conclusie

- De kabels kunnen relatief makkelijk met een scherpe constructie (mes) geknipt worden. Bij het snijden met stompere voorwerpen met meer kracht wordt het resultaat onzekerder.
- De kracht die nodig is om een knip te zetten is laag genoeg om door een robot (/graafmachine) geleverd te worden.
- De kabel kan stevig vastgeklemd worden.
- De modules borgen met een tie wrap is voldoende.
- Het is technisch mogelijk om een functie voor selecteren in de module/end effector te integreren, maar is niet kosten efficiënt.

Aannames & mogelijke experimenten



Experiment

nr. 2A

naam Knippen met een mes

duur

40

eigenaar

deadline

...



1. Aanname

Wij geloven dat een Rooi-module zo rond de kabel geplaatst kan worden dat deze een knip kan zetten met dezelfde technologie als nu.

Kritiek:

2. Experiment

Om dat te verifiëren, gaan we een werkplaatspers ombouwen, zodat we de knip-module kunnen vasthouden en met een hydraulische cilinder de knip kunnen zetten.

We gebruiken een handpomp om de hydraulische druk te genereren.

Kosten:

3. Meten

En meten we:

1. Of beide type kabels geheel doorgeknipt kunnen worden met de knip module.
2. Of er geen gevaar is voor omliggende beschadigingen.

Benodigde tijd:

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is:

- De handpomp geeft minder debiet en daarom een lagere snelheid van knippen.
- Er is geen vuiligheid zoals water, zand, klei.
- Labopstelling (geen zachte onderbodem, andere kwetsbare kabels).

5. Criteria

Onze aanname klopt als:

1. Beide type kabels geheel doorgeknipt kunnen worden met de knip module.
Ja, beide type kabels zijn te knippen binnen een module.
2. Of er geen gevaar is voor omliggende beschadigingen.
Ja, doordat de knip en de krachten hiervoor binnen de module plaats vindt is er geen gevaar voor de omgeving.

6. Visuals & resultaten

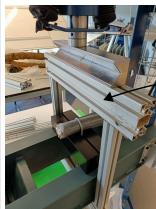
Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:



Mes:
Dikte: 15mm
Hoek: 86 graden

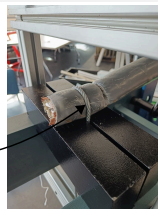
Rooi (knip) Module:
Eerste primitive opzet van een knip module. **Let op** de ondersteun die nodig is om de knipkracht te weerstaan.

Resultaat na ca 5 ton drukken. Bij sommige gaat het kortstondig richting de 10 ton.



De eerste opzet om een versimpelde manier van knippen te testen

6mm staaldraad



Inzichten

We hebben geleerd dat ...

- Beide type kabels geknipt kunnen worden met een relatief stomp voorwerp in vergelijking tot het huidige knipgereedschap.
- Dat het ondersteunende deel wel sterk uitgevoerd moet worden omdat een stomp voorwerp meer kracht vergt.
- Een kabel eventueel gebruikt kan worden als ophanging of snijgereedschap.
 - Simpel van opzet
 - Potentieel goedkoper
 - De kabel wordt maar een staalkabeldikte verhoogd (obstructie overige infrastructuur).
 - De machine kan alleen met de kabel knippen. Overige kabels knippen is niet mogelijk (veiligheid).

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- N.v.t. dit is het eerste experiment.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

- Dat beide type kabels met een staalkabel geknipt kunnen worden door deze erdoor te trekken.

Experiment

nr. 2B

naam Knippen met een staalkabel

duur

32

eigenaar

deadline

...



1. Aanname

Wij geloven dat ... De kabel geknipt kan worden met een staalkabel door deze er doorheen te trekken.

Kritiek:   

2. Experiment

Om dat te verifiëren, gaan we ... staalkabels van verschillende diameters door twee afzetplaten trekken voor zowel de nieuwere kunststof kabels als GPLK.

Opstelling

- Er is een trekbank opstelling gemaakt met twee potkrikken van ieder een maximale kracht van 30 ton.
- Er is geen aflezing mogelijk van de kracht die uitgeoefend wordt door de potkrikken.
- Er zijn 4 staalkabels gebruikt met diameter, 4, 6, 8 en 10mm.
- De ruimte tussen de afzetplaten is 10mm

Kosten:  

3. Meten

En meten we ... of deze beide type kabels doorgeknippt kunnen worden.

Benodigde tijd:   

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is ...

5. Criteria

Onze aanname klopt als ...

1. beide type kabels doorgeknippt kunnen worden.

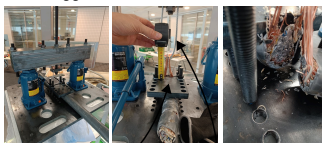
Ja, een kunststof kabel met aluminium geleiders kan geknipt worden, met de kanttekening dat er soms wat aarddraad mee komt.

Nee, een GPLK kabel wil op deze manier niet geknipt worden vanwege de stalen buitenmantel.

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:

- De kunststof kabel kan doorgetrokken worden vanaf 6mm diameter staalkabel. Er blijven soms nog wel enkele draden van de aardmantel in takt.
- De GPLK kabel laat zich niet doorknippen door geen enkele diameter. Dit komt doordat de stalenmantel niet stuk gaat en vastloopt tussen de afzetplaten ongeacht de ruimte die hier tussen zit.
- Bij een te grote tussenruimte van de afzetplaten wordt de gehele binnenkant mee omhoog getrokken.



afzetplaat

6mm staaldraad



Ophoping van de buitenmantel

Inzichten

We hebben geleerd dat ...

- De stalen buitenmantel van de GPLK kabel het sterkste deel is dat niet kapot gaat met een stomp snijdeel als een staalkabel.
- De kunststof kabel zich wel laat knippen door een stomp snijdeel als een staalkabel.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- N.v.t.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

- Dat de GPLK kabel met een staalplaat geknipt kan worden door deze erdoor te trekken omdat er hierbij meer kracht op een kleiner (snij)oppervlakte uitgeoefend kan worden.

Meer ruimte tussen de afzetplaten

Experiment

nr. 2C

naam Knippen met plaatstaal

duur

32

eigenaar

deadline

...



1. Aanname

Wij geloven dat ... De GPLK kabel doorgetrokken kan worden met een stuk plaatstaal.

Kritiek:

2. Experiment

Om dat te verifiëren, gaan we ... plaatstaal van verschillende diktes om de GPLK kabel zetten en door twee afzetplaten trekken.

Opstelling

- Er is een trekbank opstelling gemaakt met twee potkrikken van ieder een maximale kracht van 30 ton.
- Er is geen aflezing mogelijk van de kracht die uitgeoefend wordt door de potkrikken.
- Er zijn 4 diktes plaatstaal gebruikt, 4, 6, 8 en 10mm.
- De ruimte tussen de afzetplaten is 10mm

Kosten: ☐ ☐

3. Meten

En meten we ... of de GPLK kabel goed doorgeknipt kan worden.

Benodigde tijd:

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is ...

5. Criteria

Onze aanname klopt als ...

1. De GPLK kabel doorgeknipt kan worden.
Nee, een GPLK kabel wil op deze manier niet geknipt worden vanwege de stalen buitenmantel.

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:

- De GPLK kabel laat zich niet doorknippen. Dit komt doordat de stalenmantel zich gaat ophopen en vastloopt tussen de afzetplaten ongeacht de ruimte tussen de afzetplaten.



Inzichten

We hebben geleerd dat ...

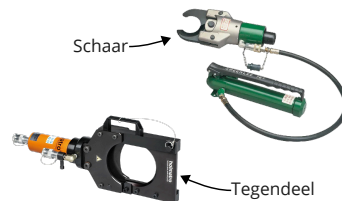
- De stalen buitenmantel van de GPLK kabel het sterkste deel is dat niet kapot gaat met een stomp snijdeel van plaatstaal.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- Exp 2B, De stalen buitenmantel van de GPLK kabel het sterkste deel is dat niet kapot gaat met een stomp snijdeel als een staalkabel.
- Exp. 2A, Dat het ondersteunende deel wel sterk uitgevoerd moet worden omdat een stomp voorwerp meer kracht vergt.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

- Een GPLK kabel kan met meer zekerheid geknipt worden met bestaande technieken. Hierbij heeft de schaarbeweging de voorkeur om te voorkomen dat het tegendeel (de module) sterk uitgevoerd moet worden om de tegenkrachten op te vangen.



Experiment

nr. 3A

naam Vasthouden door deels in te snijden

duur 8 uur

eigenaar

deadline ...



1. Aanname

We **geloven dat** het gedeeltelijk zetten van een knip goed kan functioneren om de kabel mee vast te houden. Hierdoor zou het mes twee functies kunnen hebben, knippen of klemmen.

Kritiek:

2. Experiment

Om dat te **verifiëren**, gaan we een werkplaatspers ombouwen zodat we de module kunnen vasthouden en met een hydraulische cilinder het snijvlak in de top laag van de kabel kunnen zetten.

We gebruiken een handpomp om de hydraulische druk te genereren. Daarna halen we de ondersteuning weg zodat de kabel komt te hangen. Hierbij gaan we ook aan de kabel in verschillende richtingen trekken om te ontdekken wat er gebeurt.

Kosten: ☐ ☐

3. Meten

En **meten we**:

Of de kabel vast blijft zitten onder verschillende omstandigheden als het snijvlak een stukje in de kabel gedrukt wordt.

Benodigde tijd:

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan **beïnvloeden is**:

- Er is geen vuiligheid zoals water, zand, klei.
- Een machine die de kabel weg trekt genereert grotere (piek) krachten op de kabel.

5. Criteria

Onze **aanname klopt als** het idee van een mes als vasthoudend element te gebruiken werkt omdat deze onder de labomstandigheden blijft hangen.

1. **Ja**, de kabel blijft hangen ongeacht hoe hard er door menselijke kracht aan getrokken en gedraaid wordt, maar geeft niet volledige controle over de kabel omdat er een roterende vrijheidsgraad in voorkomt.

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:



Ca 20mm in de kabel gedrukt

In alle richtingen aangetrokken



Inzichten

We hebben geleerd dat ...

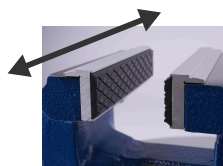
- Bij het zo hard mogelijk met menselijke kracht proberen los te trekken van de kabel dat deze goed vast blijft zitten bij het deels indrukken met het mes.
- Er enige rotatievrijheid is om de kabel links-/rechtsom te draaien.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- N.v.t.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

- Het vastklemmen van de kabel heeft meer oppervlakte nodig om volledige controle te hebben over de kabel zoals bij een bankschroef.



De botheid van het mes zorgt dat er een vrijheidsgraad die enige rotatie mogelijk maakt.

Experiment

nr. 3B

naam Vasthouden door te klemmen

duur

8

eigenaar

deadline

...



1. Aanname

Wij geloven dat ... het plaatsen van een grijper genoeg is om de kabel te hanteren.

Kritiek:

2. Experiment

Om dat te verifiëren, gaan we ... een bankschroef op de beide type kabels plaatsen en hier met de hand zo hard mogelijk alle kanten op trekken.

Kosten:

3. Meten

En meten we ... of de kabel los laat of de neiging hier tot heeft.

Benodigde tijd:

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is ...

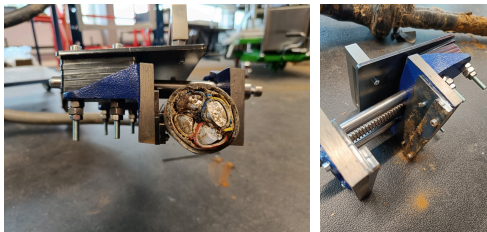
5. Criteria

Onze aanname klopt als ... als de kabel vast blijft zitten en er geen vrijheidsgraden meer zijn.

1. **Ja**, de kabel blijft goed vast zitten en heeft geen vrijheidsgraden.

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:



150mm lengte

Inzichten

We hebben geleerd dat ...

- Het vastklemmen van beide type kabels met een grijper geeft genoeg klemming om de kabels te hanteren.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- Exp. 3A, Er enige rotatievrijheid is om de kabel links-/rechtsom te draaien.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

- Het is mogelijk om een kabel die tussen ander kabels ligt met een grijper te pakken en op te tillen.

Experiment

nr. 4A

naam **Borging**

duur 8 uur

eigenaar

deadline ...



1. Aanname

We geloven dat enkel het gebruik van een tie-wrap voorkomt dat de module overgezet kan worden naar een andere kabel zonder dat dit zichtbaar is.

Kritiek:

2. Experiment

Om dat te verifiëren, verzamelen we verschillende inzichten van experts betrokken bij het proces.
De vraag die voorgelegd wordt is of een tie-wrap voldoet in het nieuwe concept van modules om te waarborgen dat de module niet verzett is tussen plaatsing en het moment van knippen.

Kosten:

3. Meten

En meten we:
1. Een positief of negatief oordeel.

Benodigde tijd:

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is:
• ...

5. Criteria

Onze aanname klopt als het positief beoordeeld wordt dat een tie-wrap voldoet als borging.

1. Ja, een tie-wrap volstaat als borging volgens de geïnterviewden.

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:



Inzichten

We hebben geleerd dat ...

- Een tie-wrap volstaat als borging tegen het verzetten van de module tussen plaatsing en het moment van knippen.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- N.v.t.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

- De tie-wrap kan zodanig op de module ontworpen worden dat het voor de operator te controleren is of de borging nog intact is.

Experiment

nr. 5A

naam Potentie van selecteren inschatten

duur 24 uur

eigenaar

deadline ...



1. Aanname

Wij geloven dat de bestaande selecteer-technologieën kunnen worden toegepast om selecteren met modules mogelijk te maken. **We geloven dat** het verder verdiepen in deze technologieën duidelijkheid geeft over welke techniek de meeste potentie heeft, en wat de mogelijke impact is op werkproces, kosten en nodige innovatie.

Kritiek:

2. Experiment

Om dat te verifiëren gaan we in gesprek met Bert van Norden, Alliander en eventueel VandenTempel BV.

Kosten:

3. Meten

En meten we:
door een inschatting te maken of het haalbaar is ten aanzien van:

1. Techniek
2. Werkproces
3. Kosten

Benodigde tijd:

4. Risico's & afhankelijkheden

Wat het experiment kan beïnvloeden is:

• ...

5. Criteria

Onze aanname klopt als we kunnen inschatten dat het potentie heeft om te kunnen selecteren per module ten aanzien van:

1. Techniek -> JA
2. Werkproces -> NEE
3. Kosten -> NEE

6. Visuals & resultaten

Hoe het experiment eruit zag en wat de resultaten zijn:

1. Lus methode
Hierbij wordt het verschil tussen de verzonden en retour puls gemeten. Er wordt geïdentificeerd aan de hand van de positieve uitslag bij metingen.
2. Spoel methode
Hierbij wordt met pulsen een magnetisch veld door de kabel gestuurd die bij de te meten punten te herleiden is door daar de meetversterking steeds lager af te stellen. Hierdoor meet je steeds dichterbij de bron welke de juiste kabel is.
3. Identificatie fase bepaling methode
Hierbij wordt vanaf beide kanten een frequentie signaal op een fase geïnjecteerd die bij het te meten punt gemeten kan worden. Bij selecteren is het genoeg om het van één kant te injecteren.
4. Singel methode
Met deze methode wordt aan de hand van de lus methode geïdentificeerd welke enkel fase kabels bij elkaar horen (L1, L2 en L3).
5. Antenne methode
Dit is alleen nog in gedachte een concept waarbij de kabel als een antenne werkt. Het voordeel hierbij is dat er niet een sluitend circuit gemaakt hoeft te worden zoals bij alle huidige methoden.



Inzichten

We hebben geleerd dat ...

- De **identificatie fase bepaling** methode de meeste potentie heeft ten aanzien van de **techniek** omdat:
 - Deze, naar onze inschatting, een betrouwbare meting op elke punt van de kabel zou kunnen geven.
 - De lus methode is o.a. niet geschikt omdat deze gekalibreert moet worden en afhankelijk is van de aarde in het circuit. Deze aarde is veranderlijk over de tijd, door bijvoorbeeld een regenbui.
 - De spoel methode is o.a. niet geschikt omdat er over de lengte van de kabel gezocht moet worden naar een locatie waar het signaal sterk genoeg is.
- De potentie ten aanzien van het **werkproces** er niet is omdat:
 - Er tijdens het plaatsen al met de huidige procedure geselecteerd wordt (visueel en apparatuur). Het zou dan alleen nog bruikbaar zijn bij het rooien vlak voor de eerste knip waarbij er een laatste controle uitgevoerd kan worden over de gehele kabel met de modules. Daarna is het circuit verbroken en een selectie meting niet meer mogelijk.
- De potentie ten aanzien van de **kosten** er niet is omdat:
 - De gehele kosten voor een "koffer" meer dan 10.000,- euro zijn. Onze aanname is dat de ontvanger al een substantieel deel van de kosten is. Dit nog buiten de ontwikkelingskosten die nodig zijn om het te integreren in een module.

Relevante inzichten vanuit vorige experiment(en):

- N.v.t. omdat dit het eerste experiment is m.b.t. selecteren.

Volgende aanname(s) die uit dit experiment komen:

We nemen aan dat er mogelijkheden zijn buiten bestaande technologieën en selectiemethoden, die niet geëxploreerd zijn in dit experiment.



Deliver

Eisen en wensen

Gedurende fase 2 zijn samen met gebruikers en experts de belangrijkste eisen en wensen voor de Rooibot vastgesteld. Deze vormen het uitgangspunt voor de ontwikkeling van het concept en zorgen ervoor dat de oplossing aansluit bij de praktijk, veiligheidsvereisten en operationele behoeften.

Insights

- Er zijn eisen opgehaald vanuit verschillende perspectieven:
 - De huidige context en manier van werken
 - Simulatie van de toekomstige manier van werken
 - Technische eisen
 - Eisen vanuit wet en regelgeving*.
- Bij het ophalen deze eisen is te zien dat er veel herhaling voorkomt, wat aangeeft dat overeenstemming is in wat belangrijk wordt gevonden.

*Regelgeving (BEI)

Hoofdstukken van de BEI die als belangrijk werden aangegeven zijn E-10, E-11, E-12, E-46, E-47 en E48. De actuele documenten en extra informatie kan worden gevonden op <https://www.beiviag.nl/bei-bls/vwvis>

Functioneel - binnen huidige context

- Wanneer in de geul in gebruik; moet kunnen functioneren binnen de beperkte werkruimte, in een geul met een minimale breedte van 40 cm.
- Mag niet de nodige communicatie tussen medewerkers beperken. Bijvoorbeeld; bij besturing of bediening door de medewerker heeft deze de mogelijkheid om een hand vrij te hebben voor het communiceren met handgebaren in luidruchtige situaties.
- Mag niet de nodige samenwerking tussen medewerkers beperken.
- Niet significant langzamer dan huidige werksnelheid (25 meter per 30 minuten met 3-4 man (zonder voorbereiding, en in gunstige situatie))
- Moet voldoen aan voorwaarden voor wie (met welke certificering) wat mag doen:
 - Na het selecteren zet de WV-er de eerste knip.
 - Vop en VP mogen kabels knippen. De VP-er is altijd aanwezig bij het rooien.

Schade en overlast - binnen huidige context

- Moet voldoen aan voorschriften en regelgeving; Er worden afstanden besproken ten opzichte van andere objecten in de grond waarbij wel op niet gerooid kan worden. In deze casus wordt er op minimaal 50 cm horizontale afstand gerooid van een waterleiding met asbest.
- Niet onder 60 cm diepte rooien (tenzij goedgekeurd): Onder de 60cm (verticaal) wordt er liever ook niet gerooid omdat je dan ook in de buurt van de waterleiding kan komen die op ca 1,10 - 1,20 m diepte ligt.

Legenda

Eisen opgehaald in het gebruikersscenario

Eisen vanuit voortraject

Eisen vanuit interview met Technisch Specialist | O&S Component Management

Eisen vanuit interview met Technische Expertise & OIV

Eisen vanuit interview met WV-er

Functioneel

- Moet weersbestendig zijn.
- Moet bestand zijn tegen vuil en water.
- Moet om kunnen gaan met verschillende soorten kabels, maar minimaal de GPLK.
- Moet kunnen functioneren met verschillende grondsoorten (zoals zand of klei).
- Moet om kunnen gaan met verschillende dikte en gewicht van kabels.
- Alleen juiste (spanningsloze) kabels knippen (in de huidige context betekent dat dat de kabel geselecteerd moet worden als er meerdere kabels in de geul liggen, en als de kabel niet meer visueel gevolgd kan worden)
- Alle resten kabel moeten uit de geul (tenzij daar toestemming voor is).
- De (graaf)machine moet bij de geul kunnen werken (en de werklocatie kunnen bereiken).
- De methode/end-effector om de kabels uit de geul te krijgen moet de bodem van de geul kunnen bereiken.
- De module moet vanuit de machine gelokaliseerd kunnen worden.
- De modules moeten terug te vinden zijn na (deels) instorten of bewust dichten van de geul.
- De modules moeten verschillende type en diameter kabels kunnen hanteren.
- De modules moeten robuust zijn en functioneren in de werkomgeving (met zand, modder etc.). (Hufter proof).
- De module mag niet van de kabel loskomen tijdens het optillen van het stuk kabel uit de geul.
- De modules moeten makkelijk te verwijderen zijn van het stuk kabel als deze uit de geul verwijderd is.
- Het uiteindelijke proces zou minimaal een rooisnelheid van 50 meter per uur (huidige snelheid) moeten opleveren .
- Er moet op bepaalde vlakken aan gebruikersgemak worden voldaan zoals:
 - Makkelijk te plaatsen.
 - Onderhoudsvriendelijk.
 - Eenvoudig schoon te maken.
 - Niet vast komen te zitten door zand.
 - Makkelijk the koppelen aan de machine.
- De modules moeten van buiten de sleuf goed te zien/vinden zijn met de (graaf)machine.

Ergonomie

- Moet de druk op het lichaam tijdens het tillen verlichten en/of voorkomen.
- Het werken in gebogen werkhouding voorkomen of verlichten.
- Repeterende handelingen verminderen.
- De modules moeten niet te zwaar zijn.
- De modules moeten niet kunnen omvallen waardoor een medewerker dit weer handmatig zou moeten corrigeren.
- Er moet voldaan worden aan de ARBO wetgeving zoals bijvoorbeeld een maximaal tilgewicht van 23kg onder ideale omstandigheden.

Schade en overlast

- Andere kabels niet beschadigen
- Alle resten kabel uit de geul (tenzij daar toestemming voor is).
- Mag geen schade geven aan (kwetsbare) gebouwen, bomen of natuur in de omgeving.
- Mag geen schaden veroorzaken aan andere ondergrondse infrastructuur.
- Mag (relatief) geen extra overlast geven aan buurtbewoners.
- De vorm van de module mag geen schade geven op omliggende kabels met bijvoorbeeld scherpe randjes enzo.
- Je moet knippers hebben die helemaal omsluiten. Anders is er nog kans dat je wat anders beschadigd.

Veiligheid

- Het uiteindelijke product en bijbehorende procedure moet voldoen aan de huidige of hiervoor aangepaste BEI wetgeving.
- Eenmaal geplaatst moet de module geborgd worden zodat er na ontbrekend toezicht altijd gecontroleerd kan worden of deze van de kabel af is geweest.
- Bij het aankoppelen mag er geen significante druk van het systeem overgebracht worden op de omliggende grond en objecten.
- Bij het aankoppelen mag de kabel niet significant bewegen.
- De module moet voorkomen dat eventuele elektrotechnische spanning doorgeleid kan worden naar mens of machine.
- Bij het knippen van de kabel mogen er geen medewerkers in de geul aanwezig zijn en mag niemand binnen 5 meter afstand (haaks) van de knip-plek zijn (BEI). *Er moet gekeken worden hoe een uitzondering gemaakt kan worden voor een eventuele (graaf)machine bestuurder, wanneer van toepassing.*
- Bij het knippen van een kabel onder spanning moet de knip altijd afgemaakt worden.
- Maak gebruik van isolerende elementen zoals isolerende olie en slangen bij het gebruik van hydrauliek.
- Voorzien van een borging die aangeeft "gebroken" te zijn bij misbruik.
- Er moet bescherming zijn voor als het mis gaat zoals vlamboogbescherming en aarde.
- Voor de eerste knip moet spanningsloosheid aangetoond worden.
- Er moet elektrische isolatie zijn tussen de machine (operator) en de kabel.
- Te voldoen aan de ARBO en BEI
- Het werk moet veilig gebeuren.
- Er moet een veilige afstand genomen worden.
- De (knip en grijp)machine moet veilig zijn voor deze toepassing.
- De (graaf)machine mag niet op spanning komen te staan

Functioneel

- De end-effector kan ook een kabel grijpen zonder een module. (excl. knippen)
- Er zou een forecasting gemaakt kunnen worden van het aantal te gebruiken modules in een traject.
- Het uiteindelijke proces zou moeten leiden tot minder man-uren in de geul.
- Het heeft een positieve werking op de planning (aanwezigheid) van de WV-er (vanuit de netbeheerder) in het proces.
- Versnelt het rooiproces t.o.v. huidige proces.
- Ook toe te passen voor de middenspanning.
- Maak het aantrekkelijk om de kabel te rooien.
- Toepasbaar voor het proces waarbij de oude kabel niet in beeld is.
- Gebruiksgemak voor het werken in deze buitenomgeving.
- Dat de knipper er tussen kan komen. Knipper mag niet te groot zijn.
- Het aankoppelen moet makkelijk zijn. Denk aan zand en dergelijke.
- Selecteer-functie, "als dat goed werkt geeft dat wat meer vertrouwen"

Veiligheid

- Het systeem biedt de zekerheid dat de juiste kabel geknipt wordt.
- Het systeem geeft aan of er spanning op de kabel staat en blokkeert dan de mogelijkheid om te knippen.
- De modules zijn gekoppeld aan elkaar in een datanetwerk wat een mogelijkheid moeten geven om te controleren of ze allemaal op dezelfde kabel zijn aangesloten.
- Er kan maar één kabel in de module (dus niet een OV kabel er bij).
- Kabels snel na het plaatsen rooien, zodat omwonende kinderen er niet mee kunnen gaan spelen.
- Het zo ontwerpen dat je altijd het einde van de kabel in zicht hebt als je knipt
- Een aardpen aan de knipmodule.
- Een selectieindicator in de modules die niet alleen een indicatie geeft maar een methode is die volgens de BEI vertrouwd mag worden.

Legenda

Wensen opgehaald in het gebruikersscenario

Wensen vanuit voortraject

Wensen vanuit interview met Technisch Specialist | O&S Component Management

Wensen vanuit interview met Technische Expertise & OIV

Wensen vanuit interview met WV-er



Deliver

De rooibot

Het resultaat van fase 2 is het Rooibot-concept. Op basis van gebruikersbehoeften, eisen en wensen en de eerste experimenten is een concept opgesteld dat richting geeft aan de verdere ontwikkeling en validatie van de oplossing.

De rooirobot



In het voortraject is het verzwaren van het laagspanningsnet in woonwijken in kaart gebracht en is gekozen om te focussen op het rooiproces vanwege de hoge potentiële impact. In dit traject is het concept van de multiknip naar voren gekomen als het meest kansrijk.

Het huidige rooiproces, zoals geobserveerd in het voortraject, gaat met een snelheid van 25 meter per 30 minuten, uitgevoerd door 3-4 man. Dit is exclusief voorbereiding en in gunstige omstandigheden.

In dit proces moet veel gebukt gewerkt worden en moeten zware stukken door medewerkers uit de geul worden getild.

Het rooien zou fysiek lichter, veiliger en sneller moeten worden.

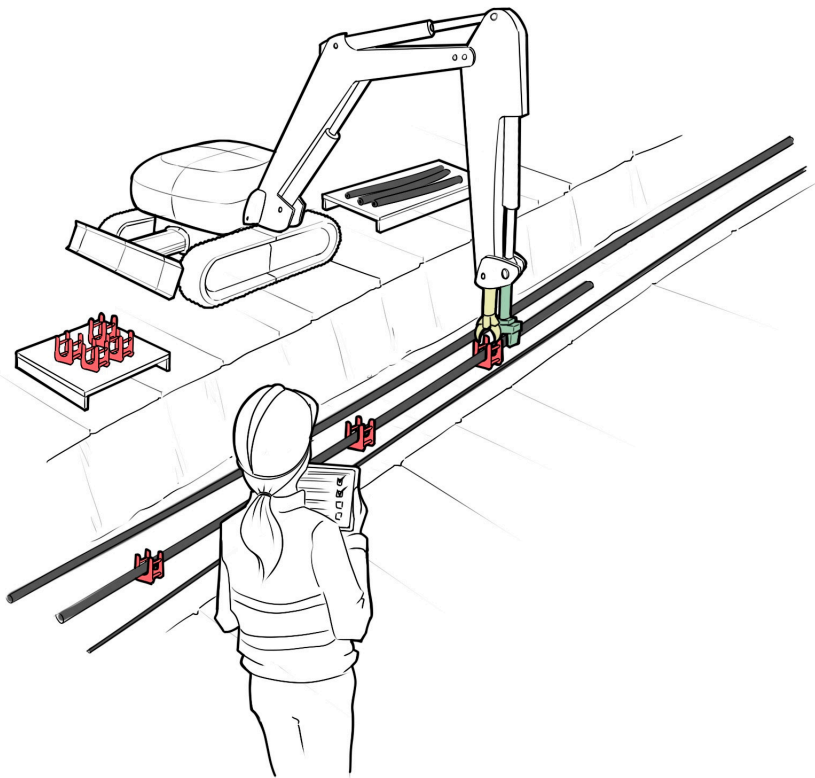
Rooirobot

De rooirobot verbetert het rooiproces door fysieke werkzaamheden te ondersteunen met robotica.

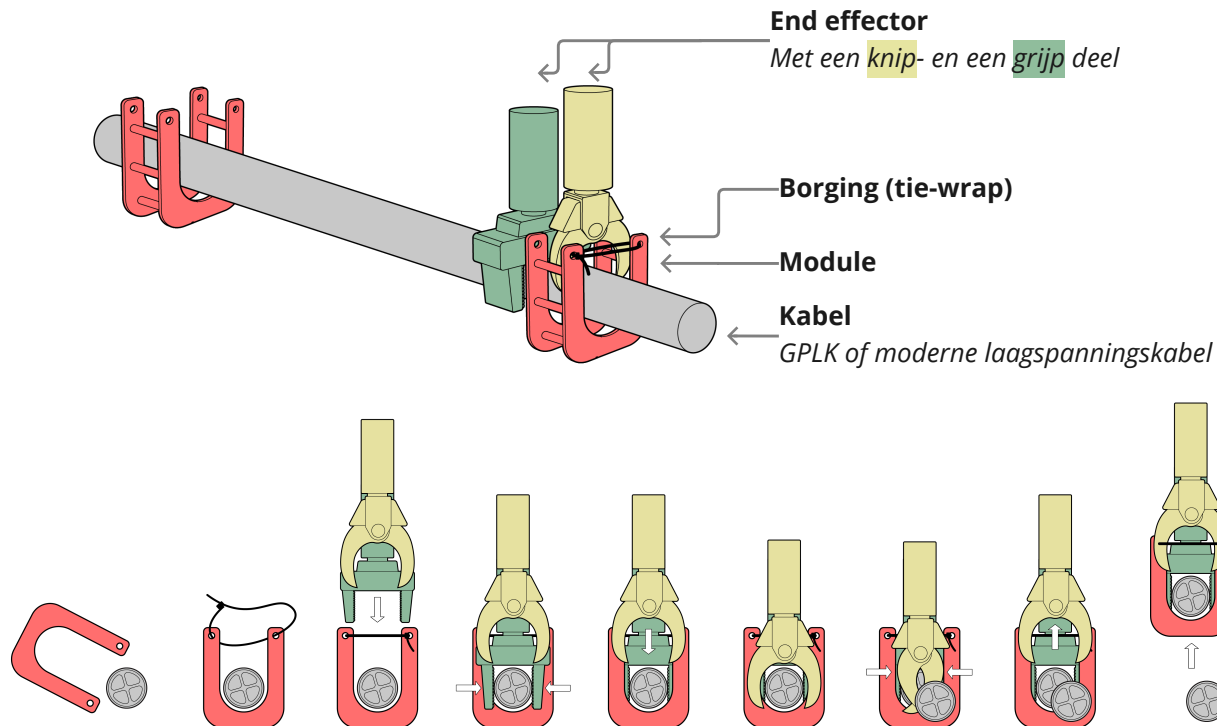
Een dag voordat de kabel verwijderd moet worden, kan er op elke plek waar een knip nodig is een module worden gezet. Met behulp van huidige selectiemethoden wordt elke module door de medewerker op de juiste kabel gezet. De module wordt gebruikt om de juiste kabel en kniplocatie aan te geven en omliggende infrastructuur af te schermen tijdens het knippen.

De end effector die vanuit de robot aangestuurd wordt heeft een snijdend en grijpend element. Om deze end effector veilig met de module te koppelen, zal een semi-autonoom systeem de laatste afstand overbruggen waarbij de operator bij elke kritieke stap goedkeuring moet geven.

Na het koppelen knipt de end effector de kabel binnenin de module, en grijpt deze vast. De kabel en module worden in een gecontroleerde beweging uit de geul getrokken, onder besturing van de operator. De module wordt van de kabel ontkoppeld en beiden worden naast de geul geplaatst.



De module en end effector



Voordelen van de Rooibot



- Minder fysiek belastend voor personeel, omdat de medewerker het gewicht van de kabel niet meer zelf hoeft te tillen.
- Het kan veiliger, doordat minder (menselijke) activiteit in de geul nodig is.
- De spreiding van werkzaamheden (aanwijzen van kniplocaties en het verwijderen van de kabel) geeft meer flexibiliteit in planning.
 - Doordat een deel van het werk een dag van te voren gedaan kan worden kan het werk op de rooidag potentieel sneller uitgevoerd worden (dit moet blijken uit testen).
- Afhankelijk van of regelgeving (in de BEI) aangepast kan worden, is het niet meer nodig om gedurende het hele rooiproces een Wv'er aanwezig te hebben (vanuit de aannemer).
- Het plaatsen van de modules en het verwijderen van de kabel zou potentieel uitgevoerd kunnen worden door één persoon met een VOP certificering.
- Meer controle tijdens het verwijderen van de kabel uit de geul, dan bij de huidige manier van werken.

