



SmartGrid

Minor Programmeren 2020

Beast-Mode

Noah van de Bunt, Simon van Eeden & Hendrik Scheeres

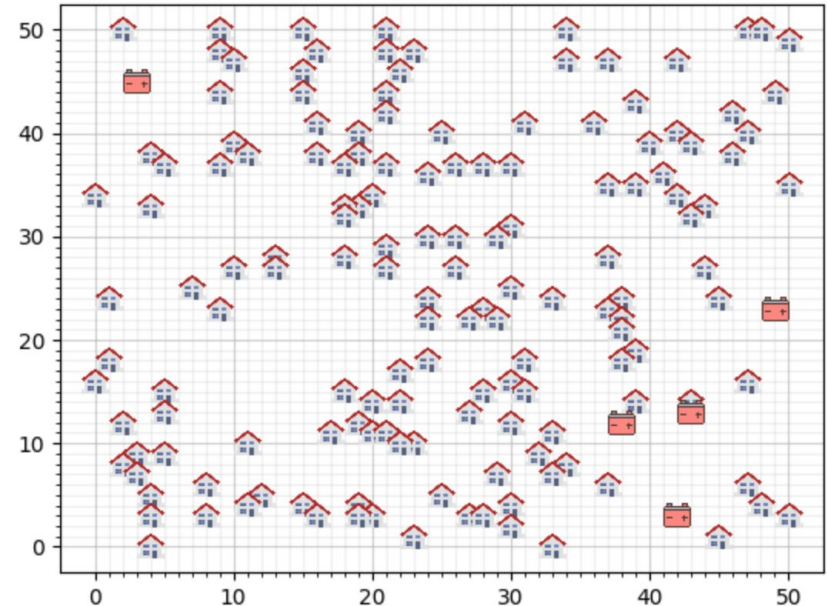


Case overview

- Districten met huizen en batterijen
- Door zonnepanelen hebben huizen output energie
- Connecteer de huizen aan de batterijen om de output energie op te slaan
- Batterijen hebben vaste kosten (€5000 p.s.)
- Het aanleggen van kabels kost geld (€9 per grid segment)

Doel:

Optimaliseer de kosten van een district



District 1 grid met huizen en batterijen



Unique Cables

Voorwaarden

- Een huis moet verbonden zijn met **één** batterij.
- Batterij capaciteit mag niet overschreden worden. (*p.s. 1507, totaal: 7535*)
- Elk huis heeft een unieke kabel
- Er mogen wel meerdere kabels over een grid-segment lopen
- Batterijen mogen niet onderling verbonden zijn

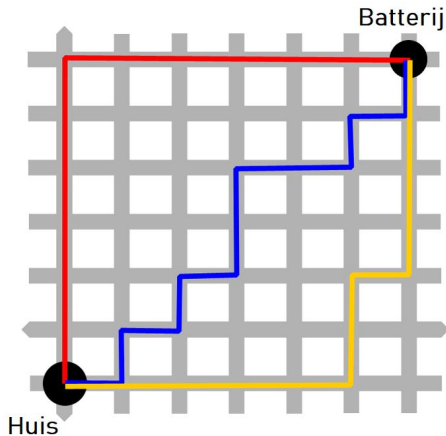
Opmerkingen

- De output van de huizen varieert (*totaal: 7500*)
- De afstand tussen huizen en batterijen kan berekend worden met de **Manhattan distance**

Unique Cables

Manhattan distance

De kortste afstand tussen twee punten in de grid is altijd gelijk aan de manhattan distance tussen die twee punten



State space

150 : *houses*, 5 : *batteries*
 $150^5 = 7.6 \cdot 10^{10}$

Lower bound

Ieder huis aan dichtsbijzijnde batterij, ongeacht capaciteit. (*district 1* \approx €53000)

Upper bound

Ieder huis aan verst batterij, ongeacht capaciteit.
(*district 1* \approx €1.0 * 10⁵)

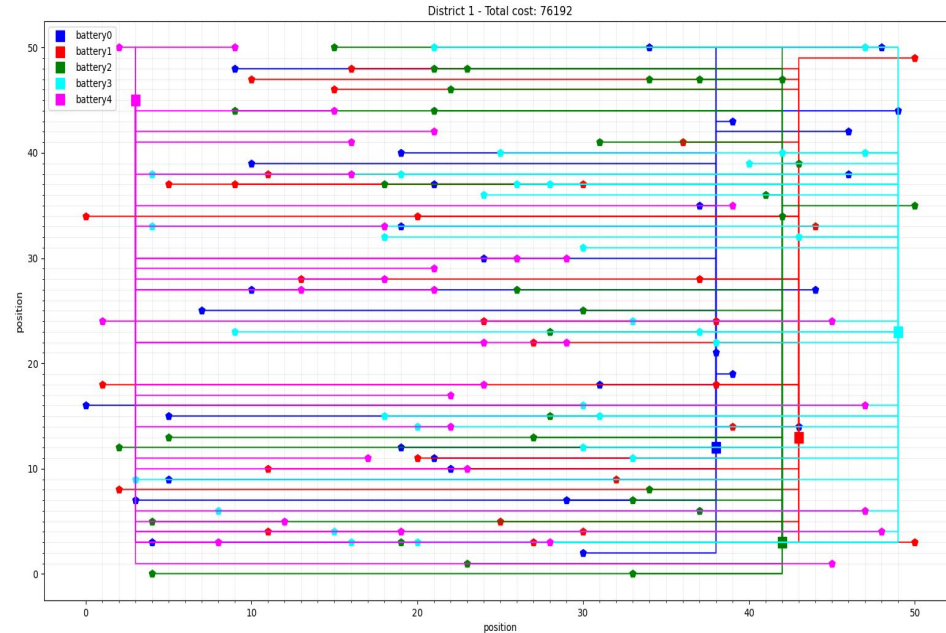
Algoritmes: Random

Werking

LOOP totdat configuratie valide is:
SHUFFLE de lijst met huizen

VERBIND de huizen met de leegste
batterij

CHECK of de configuratie valide is



Resultaat van Random algoritme

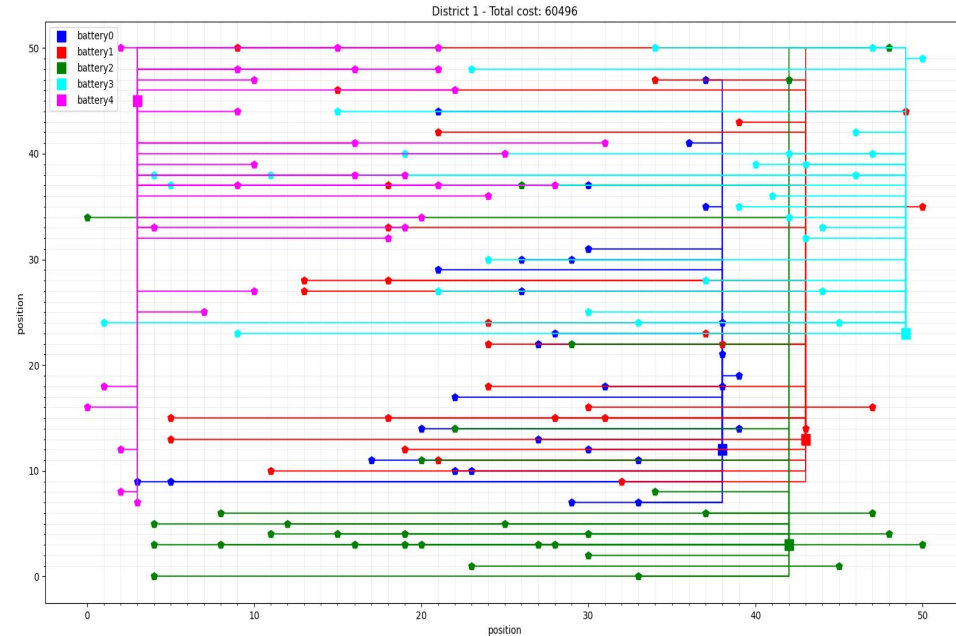
Algoritmes: Random greedy

Werking

LOOP totdat configuratie valide is:
SHUFFLE de lijst met huizen

VERBIND de huizen met dichtstbijzijnde
vrije batterij

CHECK of de configuratie valide is



Resultaat van Random Greedy algoritme

Algoritmes: Simple Swap

Werking

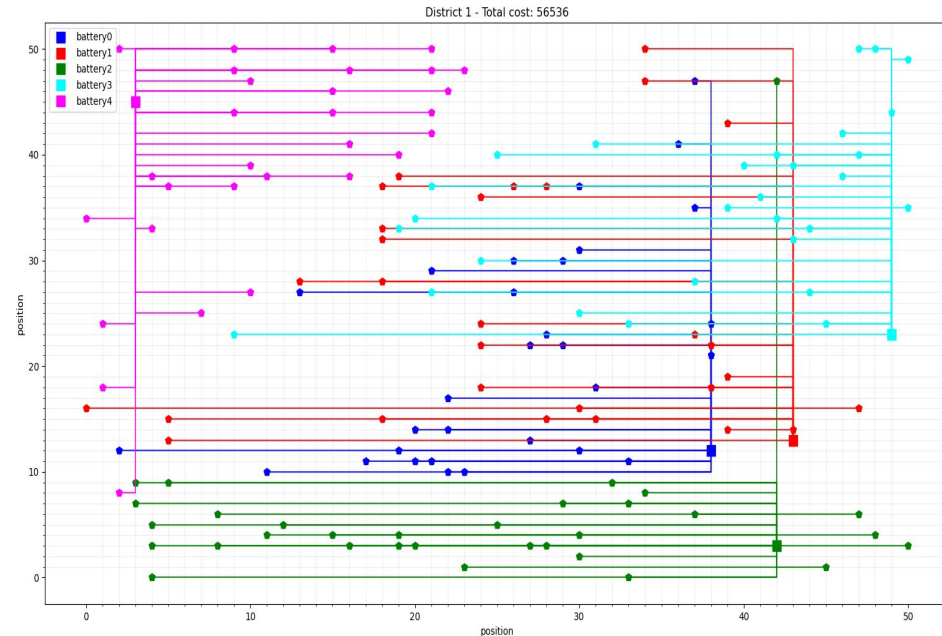
SORTEER de connecties op lengte

LOOP door de connecties tot er geen verbetering meer zijn:

PAK de langste connectie

CHECK of er een betere swap mogelijk is

SWAP de connecties

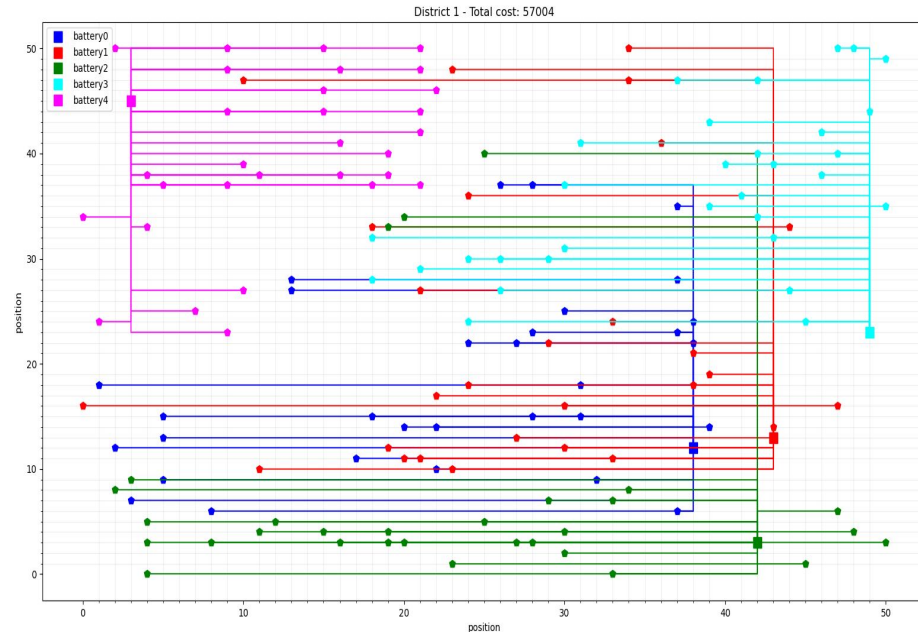


Resultaat van Simple Swap algoritme

Algoritmes: Group swap

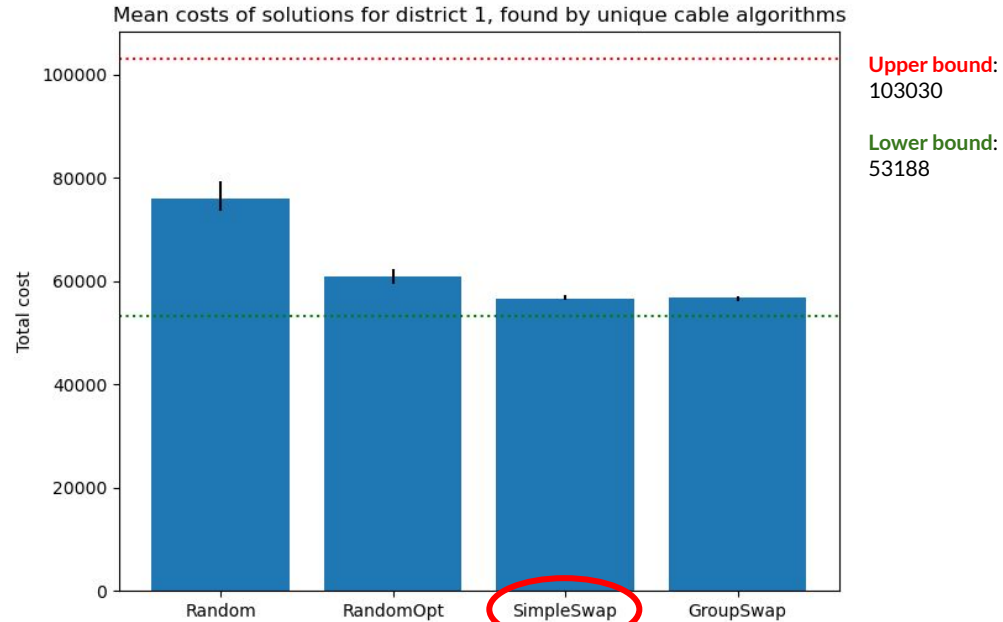
Werking

```
LOOP door de group sizes:  
  LOOP i keer:  
    SORTEER de connecties op lengte  
  
    VERWIJDER de groep langste kabels  
  
    SHUFFLE de lijst met huizen  
  
    VERBIND de lege huizen  
  
    ONTHOUD de goedkoopste configuratie  
  
ONTHOUD de goedkoopste configuratie voor  
de volgende groep
```



Resultaat van Group Swap algoritme

Resultaten



Unique cables District 1 over 50 iteraties

Random (mean: 76090.12 , minimum: 73564), RandomOpt (mean: 60791.74, minimum: 59551), SimpleSwap (mean: 56541.58 , minimum: 56320), GroupSwap (mean: 56766.58, minimum: 56194)



Shared Cables

Voorwaarden

- Huis moet verbonden zijn aan één batterij.
- Capaciteit mag niet overschreden worden.
- Huizen mogen kabels delen.

State Space

Unieke paden voor 1 verbinding = $\frac{100!}{50!(100 - 50)!} \approx 1.0 \cdot 10^{29}$
Aantal mogelijke verbindingen = $150^5 \approx 7,6 \cdot 10^{10}$
Totale state space = $(1.0 \cdot 10^{29}) \cdot (150) \cdot (7,6 \cdot 10^{10}) \approx 1.1810^{42}$

Lower Bound

Elk huis hoeft maar één kabel aan te leggen
 $5 \cdot \text{€}5000 + 150 \cdot \text{€}9 = \text{€}26350$

Upper Bound

Elke kabel loopt over alle grid segmenten
 $51 \cdot 50 \cdot 150 \cdot \text{€}9 = \text{€}3.4 \cdot 10^6$

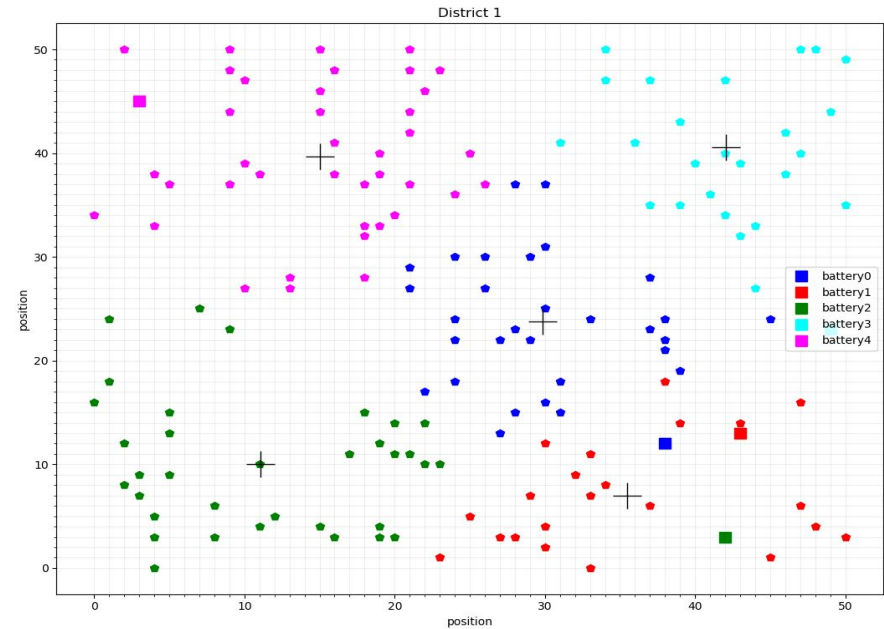
Algoritmes: Kmeans

Werking

MAAK lijst van cluster middelpunten

LOOP totdat middelpunten niet veranderen:
VERBIND alle huizen aan dichtst-
bijzijnde middelpunt van een cluster

HERBEREKEN middelpunt van cluster

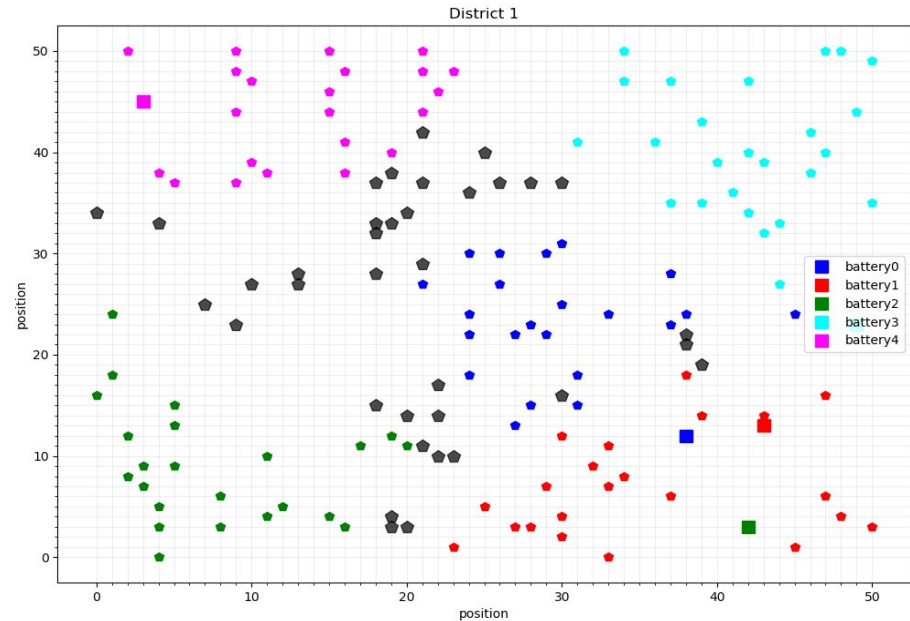


Kmeans clustering met middelpunten van clusters

Algoritmes: Kmeans Sorting

Werking

```
LOOP door huizen van cluster  
  ZOEK dichtstbijzijnde huis van ander  
  cluster  
  
  BEREKEN afstand tot dat huis  
  
SORTEER huizen op berekende afstand
```



Kmeans Sorting waarna huizen verwijderd zijn met een capacity offset van 350



Algoritmes: Config Finder

Werking

```
LOOP door iteraties:  
    VERWIJDER connecties op de randen van  
    de clusters  
  
    SHUFFLE de lijst met vrije huizen  
  
    VERBIND de vrije huizen  
  
    ONTHOUD de beste configuratie*
```

**Hierop zijn twee verschillende heuristieken toegepast*



Algoritmes: Depth First

Werking

VERWIJDER connecties op de randen van de clusters

LOOP door de states:

 PAK de bovenste state

 ZOEK een vrij huis

 MAAK een child voor elke mogelijke connectie met een batterij

 VOEG de twee beste children toe aan de states*

 ONTHOUD de beste eind configuratie*

**Hierop zijn twee verschillende heuristieken toegepast*

Heuristieken: Depth First en Config Finder

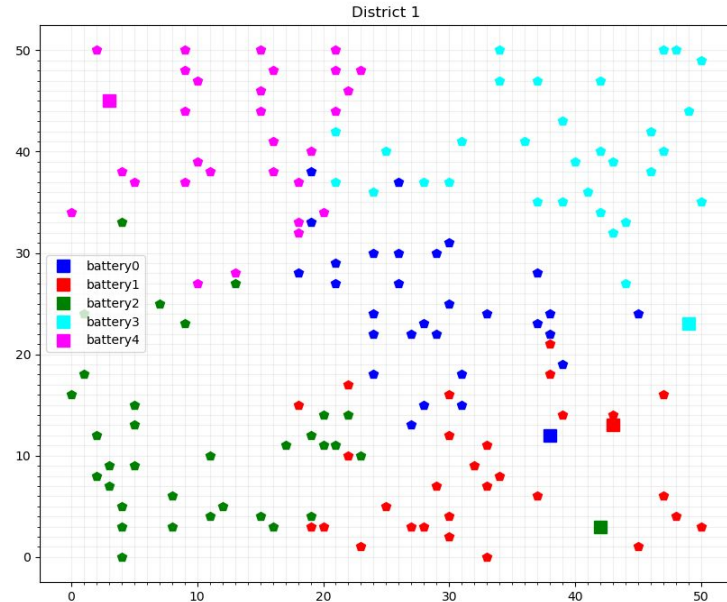
Analyse heuristiek

Nog steeds relatief lange kabels tov het cluster middelpunt

Bij het minimaliseren van de kosten wordt de configuratie met **gemiddeld** de kortste kabels opgeslagen.

Nieuwe heuristiek

Minimalisatie van de **langste** kabel naar een cluster middelpunt.



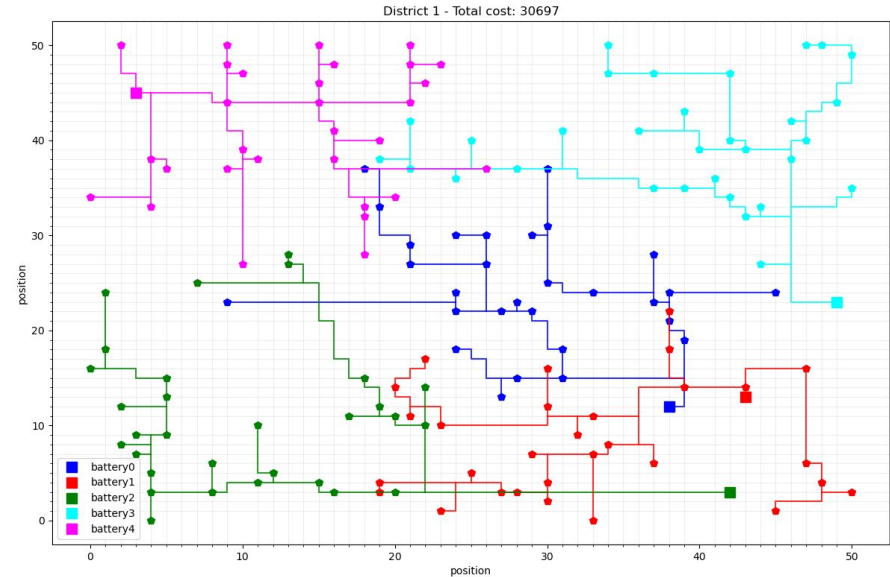
Resultaat van Config Finder na 50000 iteraties, met lengte heuristiek

Algoritmes: Random Shared Greedy

Werking

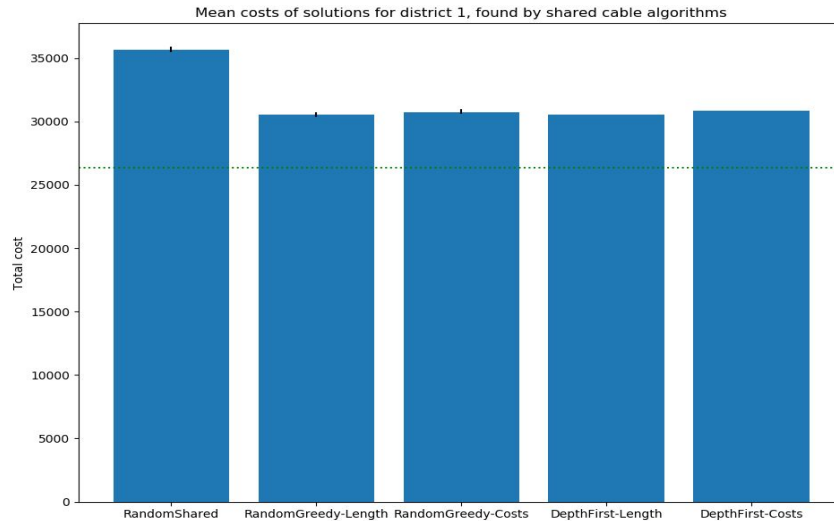
```
LOOP door iteraties:  
    LOOP door batterijen  
        SORTEER lijst met huizen van  
        dichtbij naar ver weg  
  
    LOOP door huizen  
        ZOEK dichtstbijzijnde  
        connectpoint  
  
    MAAK een random pad naar  
    connectpoint  
  
    OEG alle punten van het  
    pad toe aan connectpoints
```

ONTHOUD de goedkoopste configuratie



Resultaat van Random Shared Greedy na 3000 iteraties, met als een input het resultaat van de Config Finder Length na 50000 iteraties

Resultaten



Lower bound:
26350

Shared cables, District 3

RandomShared (mean: 35634.4, minimum: 35476), RandomGreedyLength (mean: 30572.8, minimum: 30373), RandomGreedyCosts (mean: 30734.8, minimum: 30589), DepthFirstLength (30553), DepthFirstCosts (30841)



Discussie

Unique Cables:

- Beste oplossing over alle districten: **Simple swap**

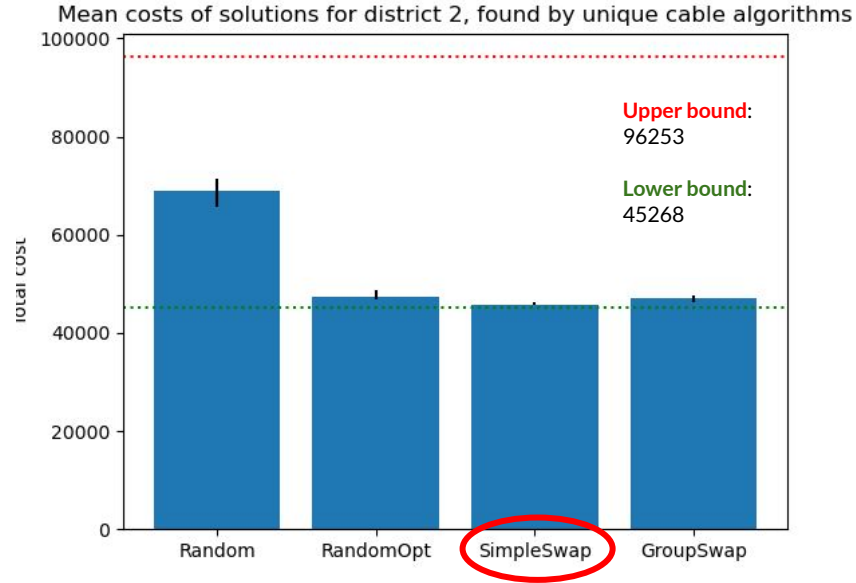
Shared Cables:

- Beste oplossing over alle districten: **Random Greedy** na configuratie gevonden door **ConfigFinder** op **Length**

Ideeën voor de toekomst

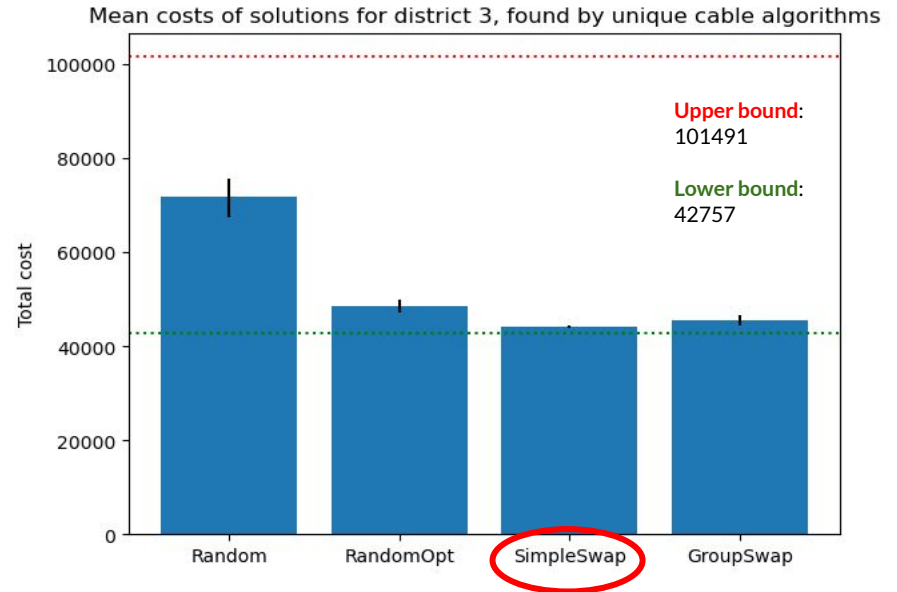
- Bij de **shared cables** de path vorming optimaliseren
- Zelf de batterijen plaatsen-> **K-Means**

Bedankt voor de aandacht!



Unique cables District 2 over 50 iterations:

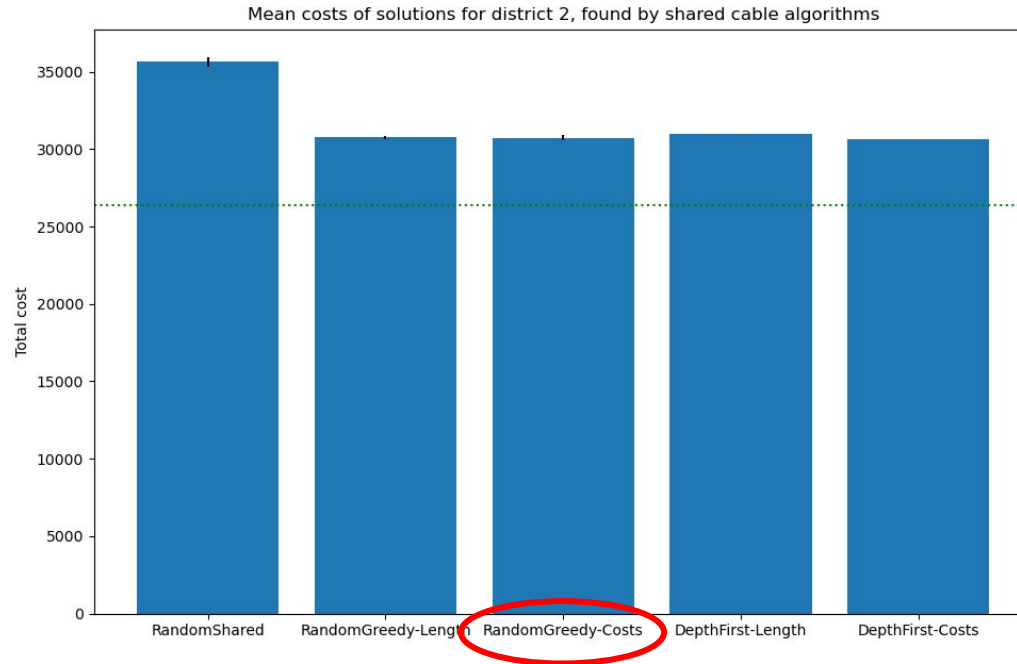
Random (mean: 69081.46, minimum: 65752), RandomOpt (mean: 47459.14, minimum: 46762), SimpleSwap (mean: 45831.58, minimum: 45646), GroupSwap (mean: 46955.86, minimum: 46339)



Unique cables District 3 over 50 iterations:

Random (mean: 71858.5, minimum: 67381), RandomOpt (mean: 48394.42, minimum: 47149), SimpleSwap (mean: 44013.4, minimum: 43909), GroupSwap (mean: 45387.52, minimum: 44512)

Unique Cables Resultaten: District 2 & District 3

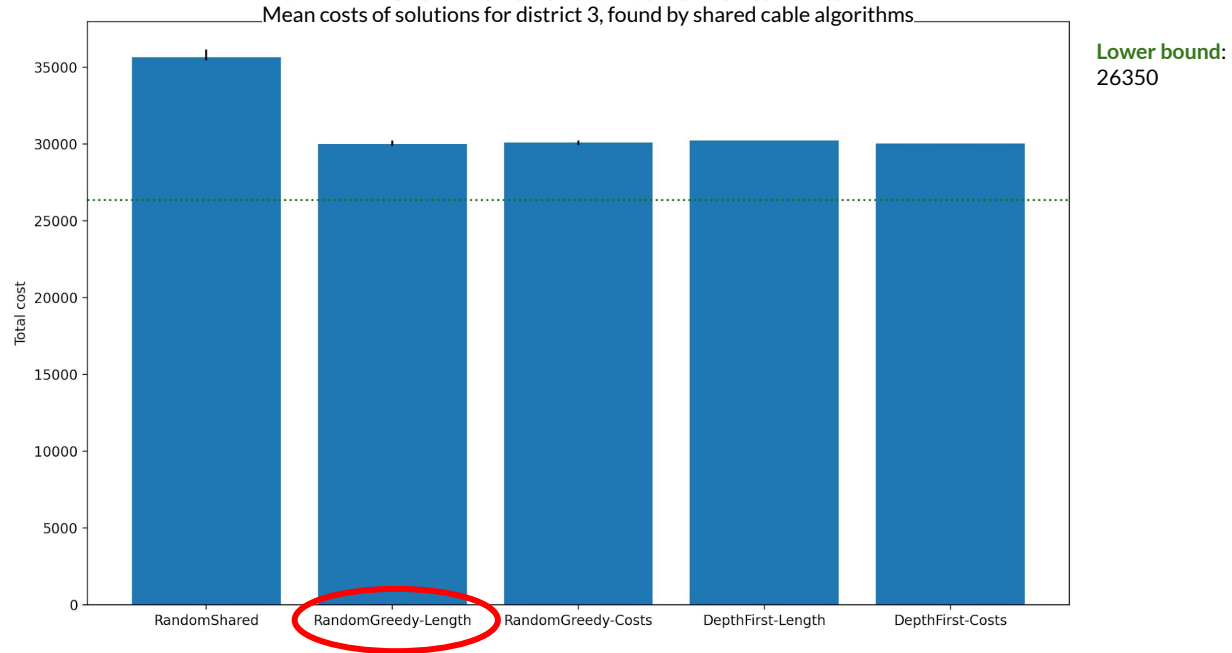


Lower bound:
26350

Shared cables, District 2

RandomShared (mean: 35675.8, minimum: 35296), RandomGreedy Length (mean: 30765.4, minimum: 30643), RandomGreedyCosts (mean: 30740.2, minimum: 30598), DepthFirstLength (30994), DepthFirstCosts (30652)

Shared Cables Resultaten: District 2



Shared cables, District 3

RandomShared (mean: 35672.2, minimum: 35458), RandomGreedy Length (mean: 30023.8, minimum: 29878), RandomGreedyCosts (mean: 30090.4, minimum: 29941), DepthFirstLength (30427), DepthFirstCosts (30040)

Shared Cables Resultaten: District 3