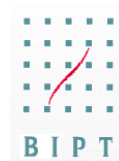


BULRIC-model voor HFC-netwerken

Beschrijvende handleiding

December 2018



Dit document is opgesteld door Axon Partners Group uitsluitend voor het gebruik door de klant voor wie het bestemd is. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming mag hieruit niet worden gekopieerd en mag niets op enige manier beschikbaar worden gesteld aan derden.

Inhoudsopgave

| | |
|---|----|
| Inhoudsopgave..... | 2 |
| 1. Inleiding..... | 4 |
| 1.1. Methodische keuzen | 4 |
| 1.2. Structuur van het document..... | 6 |
| 2. Algemene architectuur van het Model..... | 8 |
| 3. Modelinputs | 10 |
| 4. Dimensioneringsdrivers | 11 |
| 4.1. Concept van dimensioneringsdrivers..... | 11 |
| 4.2. De diensten linken aan de drivers | 12 |
| 4.3. Factoren voor omzetting van diensten naar drivers | 13 |
| 5. Geografische analyse | 15 |
| 5.1. Kenmerking van geotypes | 15 |
| 5.2. Bepaling van de locatie van de knooppunten | 17 |
| 5.3. Berekening van afstanden tussen netwerkelementen..... | 19 |
| 6. Dimensioneringsmodule | 25 |
| 6.1. Dimensionering van het toegangsnetwerk (afhankelijk van het geotype) | 25 |
| 6.1.1. Dimensionering van de kabel en elementen van civiele infrastructuur | 27 |
| 6.1.2. Dimensionering van de toegangsnetwerkapparatuur | 37 |
| 6.2. Dimensionering van het transmissienetwerk (onafhankelijk van het geotype) | 39 |
| 6.2.1. Stap 1. Berekening van links tussen lokale knooppunten - coreknooppunten..... | 41 |
| 6.2.2. Stap 2. Berekening van links tussen coreknooppunten onderling | 43 |
| 6.2.3. Stap 3. Bepaling van het aantal vereiste routers | 43 |
| 6.2.4. Stap 4. Berekening van bijkomende geulen voor het transmissienetwerk | 44 |
| 6.3. Dimensionering van het corenetwerk (onafhankelijk van het geotype) .. | 45 |

| | |
|---|----|
| 7. CapEx- & OpEx-kostenmodule | 47 |
| 7.1. Stap 1. Bepaling van de eenheidskosten van de middelen en kostentrends | 47 |
| 7.2. Stap 2. Berekening van de verwerving van middelen | 48 |
| 7.3. Stap 3. Berekening van de jaarlijkse CAPEX en OPEX | 49 |
| 8. Afschrijvingsmodule | 50 |
| 9. Kostentoewijzing aan diensten | 51 |
| 9.1. Berekening van incrementele en gemeenschappelijke kosten..... | 51 |
| 9.2. Toerekening van de kosten van middelen aan diensten | 52 |
| 9.2.1. Stap 1: Combinatie van routeringsfactoren en verkeer van de diensten | 53 |
| 9.2.2. Stap 2: Kostentoewijzing aan diensten..... | 54 |
| Bijlage A. Beschrijving van de diensten..... | 55 |

1. Inleiding

Dit document beschrijft de modelleringswijze, de modelstructuur en het berekeningsproces, gevolgd voor de uitwerking van het Bottom-up Long Run Incremental Cost-model (BU-LRIC) voor HFC-netwerken ("het Model"), in opdracht gegeven door het Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie (hierna "het BIPT") aan Axon Partners Group (hierna "Axon Consulting").

Het model heeft de volgende hoofdkenmerken:

- ▶ Het berekent de netwerkkosten van de diensten onder de LRIC+-kostenstandaard die gemeenschappelijke kosten omhelst.
- ▶ Het is gebaseerd op technische modules die toelaten om tijdschema's van meerdere jaren in rekening te brengen.

In dit deel worden de voornaamste methodische aspecten voorgesteld die in overweging werden genomen bij de uitwerking van het model en wordt een overzicht gegeven van de structuur van dit document.

1.1. Methodische keuzen

De voornaamste structurele en methodische keuzen werden reeds besproken met het BIPT en bepalen het kader voor de implementatie van het Model.

De volgende tabel bevat een samenvatting van het methodische kader dat werd vastgelegd voor de uitwerking van het Model.

| Methodisch aspect | Gekozen aanpak |
|---|--|
| Kostenstandaard | ▶ LRIC+ (Long Run Incremental Costs Plus Common Costs) |
| Dimensioneringsmethode | ▶ Bottom-up aanpak. |
| Type van operator | ▶ Hypothetische efficiënte operator die moderne efficiënte netwerken uitrolt |
| Methode voor de waardebeoordeling van de activa | ▶ Waardebepaling van de activa op basis van de huidige kosten (Current Cost Accounting of CCA) |
| Behandeling van middelen voor civiele infrastructuur | ▶ Het model veronderstelt dat CapEx gerelateerd aan middelen voor civiele infrastructuur (geulen, goten, manholes, enz.) die volledig afgeschreven zijn, niet inbegrepen zijn. |
| Afschrijvingsmethode | ▶ Economische afschrijving (Economic Depreciation). |
| Toewijzing van gemeenschappelijke netwerkcosten | ▶ Aanpak van de daadwerkelijke capaciteit (Effective Capacity). De toewijzing van gemeenschappelijke kosten is gebaseerd op de capaciteit die elke dienst gebruikt, zoals in het geval van de toewijzing van de zuiver incrementele kosten |
| Netwerktopologie | ▶ Scorched Node, waarbij de bestaande locaties van de netwerkknooppunten van de operatoren ("Local Headends") worden gebruikt. |
| Toegangstechnologieën | ▶ HFC-netwerken |
| Transmissietechnologieën | ▶ Glasvezellinks (Ethernet met/zonder WDM). |
| Coretechnologieën | ▶ Next Generation (NGN)-corenetwerk |
| Tijdsbestek | ▶ 50 jaar |
| Geografische modellering | ▶ Geotypes gedefinieerd op sectorniveau op basis van bouwdichtheid en het gemiddelde aantal huishoudens per gebouw |

| | |
|--------------------------------------|---|
| Diensten | ▶ Retail- en wholesalediensten voor toegang en transport |
| Incrementen | ▶ Toegangslijnen vs. Transport |
| In aanmerking te nemen kosten | ▶ Netwerk-CAPEX (afschrijving en kapitaalkosten), netwerk-OPEX en overheadkosten (G&A en IT-kosten) |

Figuur 1.1: samenvatting van het methodische kader. [Bron: Axon Consulting]

1.2. Structuur van het document

De resterende delen van dit document beschrijven:

- ▶ de modelleringswijze,
- ▶ de modelstructuur en
- ▶ het gevolgde berekeningsproces.

Het document is als volgt opgebouwd:

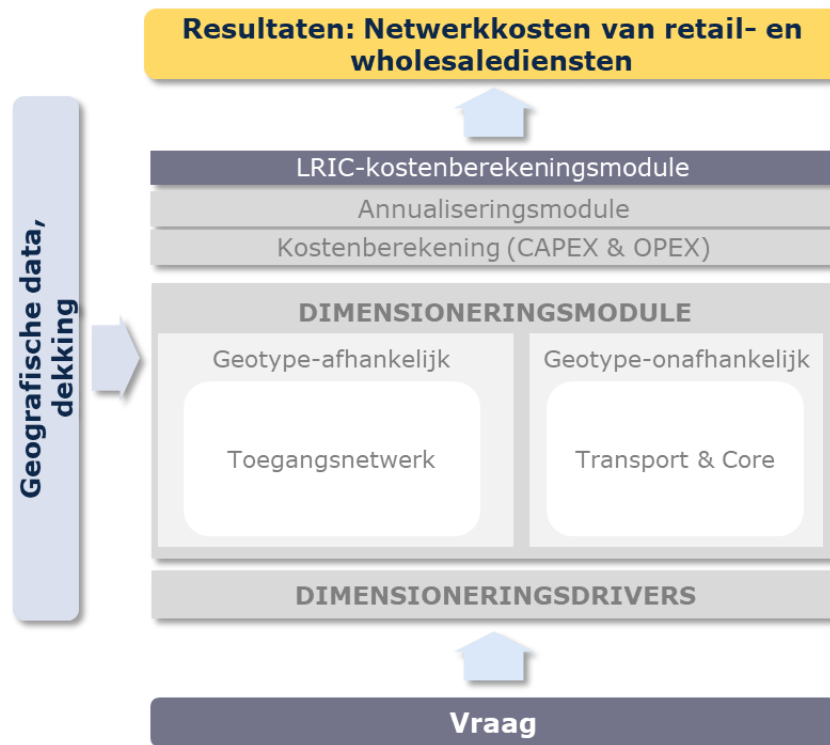
- ▶ **Algemene architectuur van het Model** geeft een inleiding over de algemene structuur van het Model, van de Vraagmodule tot de Netwerkdimensionering- en Kostentoe rekeningsmodules.
- ▶ **Modelinputs** introduceert de voornaamste inputs die vereist zijn voor het Model.
- ▶ **Dimensioneringsdrivers** onderzoekt de omzetting van verkeer (op dienstenniveau) naar netwerkparameters (bijvoorbeeld Erlang en Mbps) wat de dimensionering van netwerkmiddelen vergemakkelijkt.
- ▶ **Geografische analyse** stelt de manier voor waarop de geografische kenmerken van het land werden verwerkt teneinde deze aan te passen volgens de behoeften van het BULRIC-model.
- ▶ **Dimensioneringsmodule** illustreert de gevolgde criteria teneinde het netwerk te ontwerpen en het aantal middelen te berekenen die nodig zijn om te beantwoorden aan de dekkings- en capaciteitsverplichtingen.
- ▶ **CapEx- & OpEx-kostenmodule** toont de berekening van jaarlijkse OPEX en CAPEX over de jaren.
- ▶ **Afschrijvingsmodule** stelt de berekening voor van de afschrijvingsmethoden om de CAPEX te verspreiden over de jaren (annualisering).

- ▶ **Kostentoewijzing aan diensten** omvat verdere toelichtingen bij de berekening van kosten onder de LRIC+-standaard en geeft ook de methodiek weer die werd gebruikt voor de toewijzing van de kosten van de middelen aan de diensten.

Ten slotte werd een gebruikershandleiding opgesteld die wordt verstrekt als een afzonderlijk document.

2. Algemene architectuur van het Model

Dit hoofdstuk van het document geeft een inleiding over de algemene structuur van het Model. De volgende figuur geeft de functieblokken en hun onderlinge verhouding in het model weer.



Figuur 2.1: structuur van het model [Bron: Axon Consulting]

Er kunnen verschillende functieblokken worden geïdentificeerd, maar als eerste indeling worden de volgende delen hieronder beschreven:

- ▶ **Dimensioneringsdrivers:** Zet het verkeer om in dimensioneringsdrivers, die later helpen bij het dimensioneren van netwerkmiddelen.
- ▶ **Dimensioneringsmodule:** Berekent het aantal middelen en bouwt het netwerk op dat de voornaamste diensten kan leveren die door de referentieoperator worden verstrekt.

De vraag geraamd voor alle gemodelleerde diensten wordt gebruikt door de Dimensioneringsmodule.

Bijkomend worden geografische data ingevoerd in de dimensioneringsmodule om rekening te houden met de relevante geografische aspecten van het land.

Het model erkent dat de verschillende onderdelen van het netwerk van de referentieoperator al dan niet afhankelijk kunnen zijn van het geotype. Bijvoorbeeld, het dimensioneringsproces dat overeenstemt met het toegangsnetwerk en de toegangsinfrastructuur is per geotype verschillend en onafhankelijk.

- ▶ **Kostenberekening (CAPEX en OPEX):** Berekent de kosten van de middelen die worden verkregen na de netwerkdimensionering, zowel in termen van CAPEX als OPEX.
- ▶ **Annualiseringsmodule:** Wijst de CAPEX-middelenkosten door de tijd heen toe volgens de gedefinieerde methode. Met andere woorden, past een methode van economische afschrijving toe.
- ▶ **LRIC-kostenberekeningsmodule:** Berekent de zuiver incrementele kosten die verband houden met de verschillende incrementen (elk increment wordt gedefinieerd als een groep van diensten) en de gemeenschappelijke kosten.

De volgende delen werken elk blok van het model verder uit.

3. Modelinputs

Per definitie is de belangrijkste input van een BULRIC-model de vraag waaraan het te dimensioneren netwerk zou moeten voldoen. Er is echter bijkomende informatie vereist. De volgende lijst beschrijft de belangrijkste inputs die nodig zijn voor het BULRIC-model:

- ▶ **Dekking:** de bereikte dekking (in termen van bereikte huishoudens of “households passed”) heeft een beduidende impact op de resultaten van het Model. In het Model moeten dan ook historische en voorspelde dekkingsgraden per geotype worden ingegeven.
- ▶ **Geografische informatie:** om het netwerk te dimensioneren dient rekening te worden gehouden met specifieke informatie over de verschillende gebieden van het land. Deze informatie wordt samengevoegd tot geotypes. Bijkomend moet het corenetwerk worden gekarakteriseerd (bijv. coreknooppuntlocaties, links). Geografische informatie wordt gegenereerd aan de hand van de methodiek beschreven in deel 5.
- ▶ **Verkeersstatistieken:** voor de dimensionering van het netwerk is het nodig om bepaalde statistieken van het netwerk te definiëren (bijv. piekverbruik per gebruiker, capaciteit tv-kanalen, enz.).
- ▶ **Parameters voor netwerkdimensionering en capaciteit van de apparatuur:** dimensioneringsalgoritmen vereisen informatie over de kenmerken van de netwerkapparatuur in termen van capaciteit.

4. Dimensioneringsdrivers

De grondgedachte achter de dimensioneringsdrivers is om het verkeer en de vraag (op dienstniveau) zo uit te drukken dat de netwerkmiddelen gemakkelijker kunnen worden gedimensioneerd.

In dit deel worden de volgende aspecten in verband met de dimensioneringsdrivers weergegeven:

- ▶ Concept van dimensioneringsdrivers
- ▶ De diensten linken aan de drivers
- ▶ Factoren voor omzetting van diensten naar drivers

4.1. Concept van dimensioneringsdrivers

De uitdrukkelijke erkenning van een “driver” voor dimensionering in het model is bedoeld om het proces voor netwerkdimensionering te vereenvoudigen en transparanter te maken.

Dimensioneringsdrivers vertegenwoordigen, onder andere, de volgende vereisten:

- ▶ Aantal aansluitingen voor de dimensionering van het toegangsnetwerk
- ▶ Mbps voor transmissie via het corenetwerk (met inbegrip van bijvoorbeeld breedband- en tv-diensten).

De volgende lijst bevat de drivers gebruikt in het BULRIC-model voor HFC-netwerken:

| VARIABELE |
|--|
| DRIV.CABLE.Connections.Total Active connection |
| DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Voice traffic |
| DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Data traffic |
| DRIV.CORE TRAFFIC.Traffic.Voice traffic |
| DRIV.CORE TRAFFIC.Traffic.Data traffic |
| DRIV.TRANSPORT.Leased Lines.Local |
| DRIV.TRANSPORT.Leased Lines.Regional |
| DRIV.TRANSPORT.Leased Lines.National |
| DRIV.TRANSPORT.Broadband.Local |
| DRIV.TRANSPORT.Broadband.Regional |
| DRIV.TRANSPORT.Broadband.National |
| DRIV.CORE CONNECTIONS.Connections.Total lines |
| DRIV.CORE CONNECTIONS.Connections.Total Internet lines |
| DRIV.DIGITAL TV.Traffic.Traffic |
| DRIV.ANALOGUE TV.Traffic.Traffic |
| DRIV.VOD.Traffic.Traffic |
| DRIV.RADIO.Traffic.Traffic |

Figuur 4.1: lijst van drivers gebruikt in het model (Blad 'OC PAR DRIVERS'). [Bron: Axon Consulting]

Om de drivers te berekenen zijn er twee stappen nodig:

1. De diensten linken aan de drivers;
2. De eenheden van verkeer omzetten in de overeenstemmende eenheden van de drivers.

Elk van deze stappen wordt hieronder in detail besproken.

4.2. De diensten linken aan de drivers

Om de drivers te verkrijgen, moet worden aangeduid welke diensten eraan gelinkt zijn. Merk op dat een dienst doorgaans wordt toegewezen aan meer dan één driver

aangezien drivers verkeer op een specifieke plaats in het netwerk vertegenwoordigen.

Bijvoorbeeld, breedbanddiensten moeten vervat zitten in zowel de drivers die gebruikt worden voor de dimensionering van het transmissienetwerk (i.e. de links tussen lokale en coreknooppunten) als in de drivers gebruikt voor de dimensionering van de coreapparatuur.

De volgende figuur geeft een voorbeeld van hoe diensten worden gelinkt aan drivers:

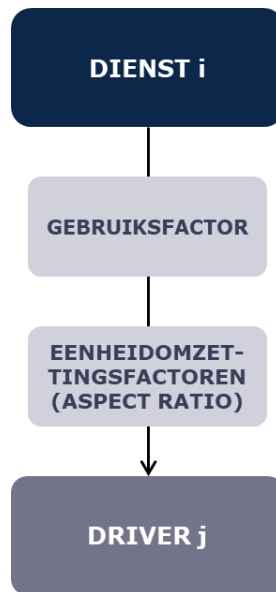
| Lijst van relaties | |
|--|--|
| DIENST (Naam Variabele) | DRIVER (Naam Variabele) |
| Access.Cable.Retail.Access | DRIV.CABLE.Connections.Total Active connection |
| Access.Cable.Wholesale.Access | DRIV.CABLE.Connections.Total Active connection |
| | |
| Voice.Voice.Retail.Voice traffic | DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Voice traffic |
| Europacket Cable.Cable.Wholesale.EPC of equivalent QoS feature | DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Voice traffic |
| | |
| Voice.Voice.Retail.Voice traffic | DRIV.CORE TRAFFIC.Traffic.Voice traffic |
| | |
| Broadband.Broadband.Retail.25 Mbps | DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Data traffic |
| Broadband.Broadband.Retail.50 Mbps | DRIV.REGIONAL TRAFFIC.Traffic.Data traffic |

Figuur 4.2: voorbeeld van het linken van diensten aan drivers (Sheet '3A MAP SERV TO DRIV') [Bron: Axon Consulting]

4.3. Factoren voor omzetting van diensten naar drivers

Zodra de diensten gelinkt zijn aan de drivers, moeten de bijhorende volumes worden omgezet om de drivers in gepaste eenheden te verkrijgen.

Daartoe werd een omzettingfactor gedefinieerd die het aantal eenheden van een driver vertegenwoordigt, gegenereerd door elke eenheid van een vragende dienst. Over het algemeen bestaat de berekening van omzettingfactoren uit twee subfactoren, in overeenstemming met de volgende structuur:



Figuur 4.3: proces voor de omzetting van Diensten naar Drivers [Bron: Axon Consulting]

De omzettingfactor omvat aldus de volgende onderdelen:

1. Gebruiksfactor (UF of "Usage Factor")
2. Eenheidomzettingfactoren (UCF of "Units Conversion Factor")

Ten slotte wordt de link tussen een gegeven dienst en een driver verkregen door de hieronder uiteengezette formule toe te passen:

$$FC = UF * UCF$$

De **gebruiksfactor** vertegenwoordigt het aantal keren dat een dienst gebruikmaakt van een specifiek middel. Deze factoren worden gedefinieerd in kolom D van het werkblad '3A MAP SERV TO DRIV'.

De **omzetting van eenheden** staat voor de noodzaak om de eenheden van de diensten (bijv. spraakdienst in Erlang) aan te passen aan de eenheid gebruikt door de driver (bijv. Mbps). Deze factoren worden gedefinieerd in kolom I van het werkblad '3A MAP SERV TO DRIV'.

Het is belangrijk om op te merken dat, naast de twee voormelde parameters, het model in het geval van breedbanddiensten voor verschillende snelheidsprofielen (tiering), ook het gemiddelde verbruik per gebruiker tijdens piekuren beschouwt (input gedefinieerd in het werkblad '2A INP NW') om het totale verkeer in Mbps te ramen dat zou moeten worden gelinkt aan die breedbanddiensten. Deze berekening wordt uitgevoerd in het werkblad '5A CALC ADJUSTED DEMAND' van het model.

5. Geografische analyse

Om netwerken voor vaste toegang te ontwerpen dienen de te dekken geografische zones grondig te worden geanalyseerd aangezien deze een rechtstreekse impact zullen hebben op de lengte van de kabels die moeten worden uitgerold.

Het voornaamste doel van deze analyse is om de locaties van knooppunten (hoofdzakelijk optische knooppunten) samen te voegen in geotypes, waarbij de zones die onder elk geotype vallen gekenmerkt worden in termen van afstanden tussen netwerkkonderdelen. Deze informatie wordt later gebruikt om het toegangsnetwerk en een deel van het transmissienetwerk te dimensioneren, zoals meer in detail beschreven in deel 6.

De stappen die werden gevolgd bij de geografische analyse werden volgens de aard ervan uitgesplitst in:

- ▶ Kenmerking van geotypes
- ▶ Bepaling van de locatie van de knooppunten
- ▶ Berekening van afstanden tussen netwerkelementen

5.1. Kenmerking van geotypes

Op basis van de informatie die beschikbaar is op sectorniveau over het hele land hebben we alle sectoren ondergebracht in geotypes. Het aantal geotypes werd op 3 vastgelegd teneinde drie verschillende types van gebieden te vertegenwoordigen: Stedelijk, Voorstedelijk en Landelijk.

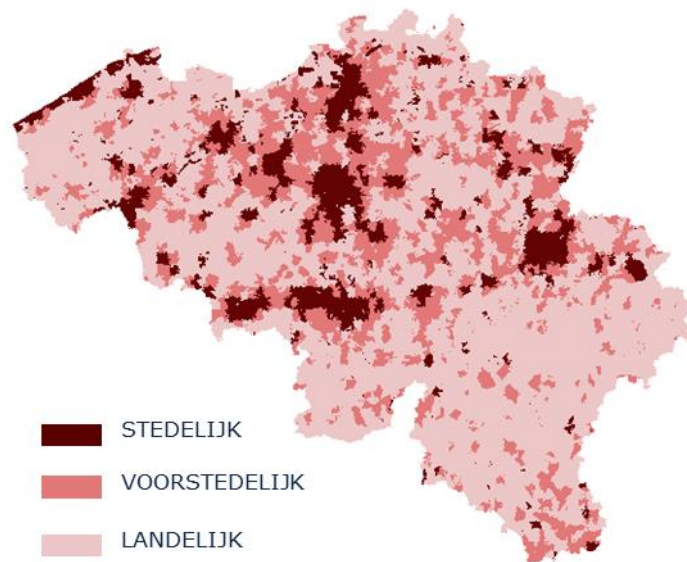
Het geotype werd gedefinieerd aan de hand van een clusteranalyse. Deze clusteroefening wordt uitgevoerd aan de hand van een "k-means"-algoritme waarbij rekening wordt gehouden met twee hoofdvariabelen die werden geselecteerd om de geotypes te kenmerken:

- ▶ Bouwdichtheid (gebouwen/km²), i.e. het aantal gebouwen per gebied.
- ▶ Huishoudensdichtheid (huishoudens/gebouw), i.e. het gemiddelde aantal huishoudens per gebouw.

Het gevolgde proces omhelsde een reeks stappen:

1. Clustervariabelen berekenen. De bouwdichtheid en het gemiddelde aantal huishoudens per gebouw werden berekend op sectorniveau. Als informatiebron voor deze berekening werd een beroep gedaan op de interne databank waarover het BIPT beschikt, "Atlas" genaamd.
2. Beide variabelen op schaal brengen. Alvorens de clusteroefening uit te voeren, werden beide variabelen op schaal gebracht.
3. Het k-means-algoritme uitvoeren. Als standaard wordt het algoritme van Hartigan and Wong (1979)¹ gebruikt.
4. Toewijzing van verkregen clusters aan elke sector. Zodra de drie clusters zijn berekend, worden ze toegewezen aan hun verwante sectoren.

De volgende figuur geeft de resultaten weer van de kenmerking van de geotypes:



Figuur 5.1: indeling in geotypes van Belgische sectoren voor de geografische analyse [Bron: Axon Consulting]

Zoals kan worden afgelezen van de figuur, worden de meer dichtbevolkte gebieden van het land ondergebracht bij het stedelijke geotype terwijl minder dichtbevolkte gebieden als landelijk worden aangemerkt.

¹ "A K-Means Clustering Algorithm", door J. A. Hartigan en M. A. Wong. Meer details in: https://www.labri.fr/perso/bpinaud/userfiles/downloads/hartigan_1979_kmeans.pdf

5.2. Bepaling van de locatie van de knooppunten

De GIS-databank beschikbaar bij het BIPT bevat de coördinaten van alle gebouwen over het hele land. Deze informatie werd gebruikt om de optimale positie te bepalen voor de optische knooppunten. Daartoe, en gelijkaardig aan de kenmerking van het geotype, werd een k-means-algoritme toegepast.

Dit algoritme vereist een eerste definitie van het aantal “k” optische knooppunten (verkregen uit de verhouding tussen het gemiddelde aantal gebouwen per optisch knooppunt) die willekeurig worden gegenereerd binnen het domein van de gebouwen.

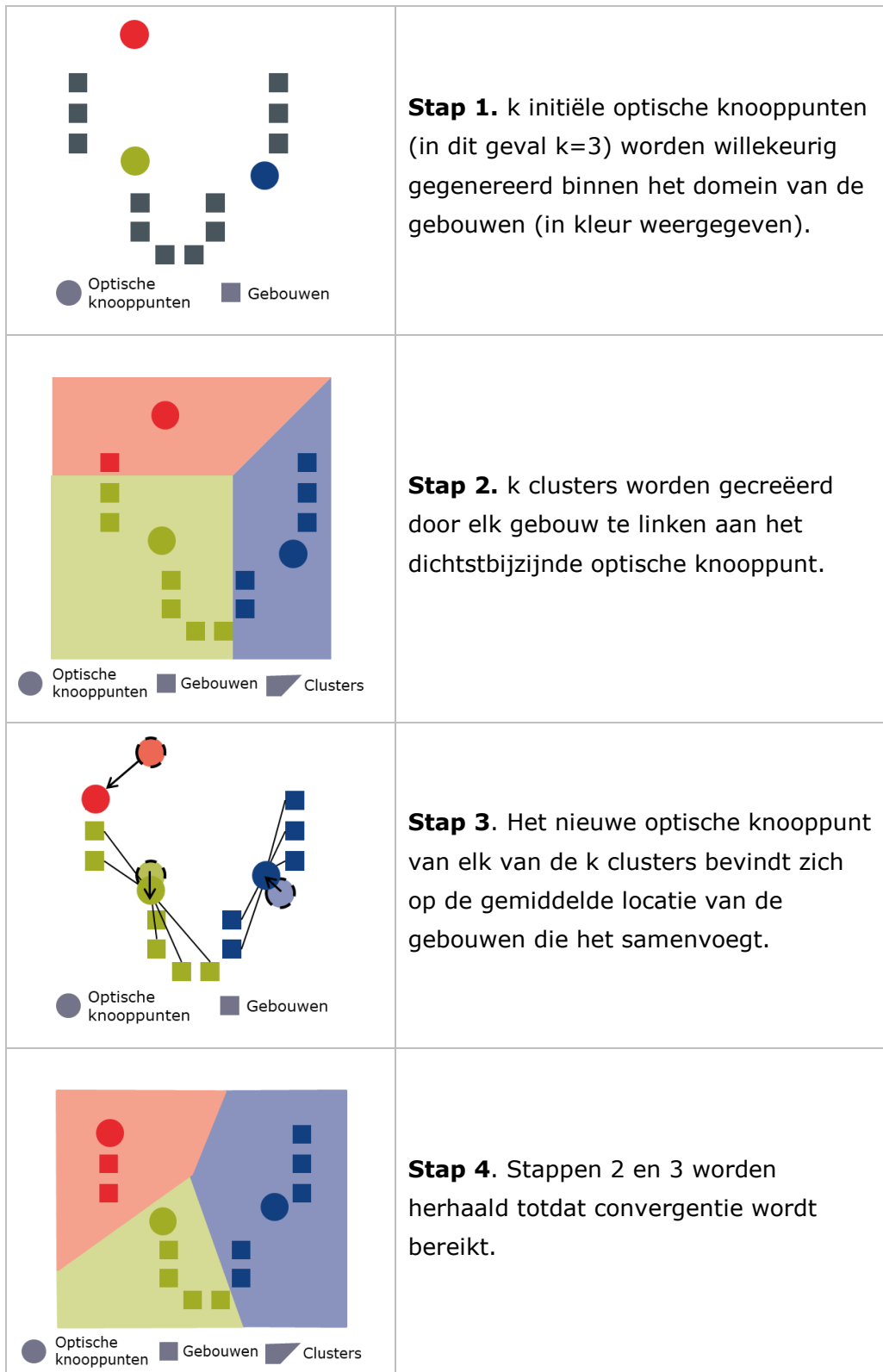
Daarna kent het algoritme elk gebouw toe aan zijn dichtstbijzijnde optische knooppunt. Wanneer alle gebouwen toegewezen zijn, is de eerste stap voltooid en wordt een eerste samenvoeging doorgevoerd. Op dat ogenblik moeten k nieuwe optische knooppunten worden herberekend als de massamiddelpunten van de clusters die voortvloeien uit de vorige stap. Zodra de nieuwe locaties van de optische knooppunten bekend zijn, moet een nieuwe link worden gesmeed tussen dezelfde reeks van gebouwen en hun dichtstbijzijnde nieuwe optische knooppunt waardoor een lus tot stand komt. Als resultaat van deze lus wijzigen de k optische knooppunten stap voor stap hun locatie totdat er geen veranderingen meer plaatsvinden.

Dit algoritme is bedoeld om een doelfunctie (“objective function”) te minimaliseren, in dit geval een kwadratische foutfunctie:

$$J = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n \|x_i^j - c_j\|^2$$

waarbij $\|x_i^j - c_j\|^2$ staat voor de afstand tussen een gebouw x_i^j en een optisch knooppunt c_j .

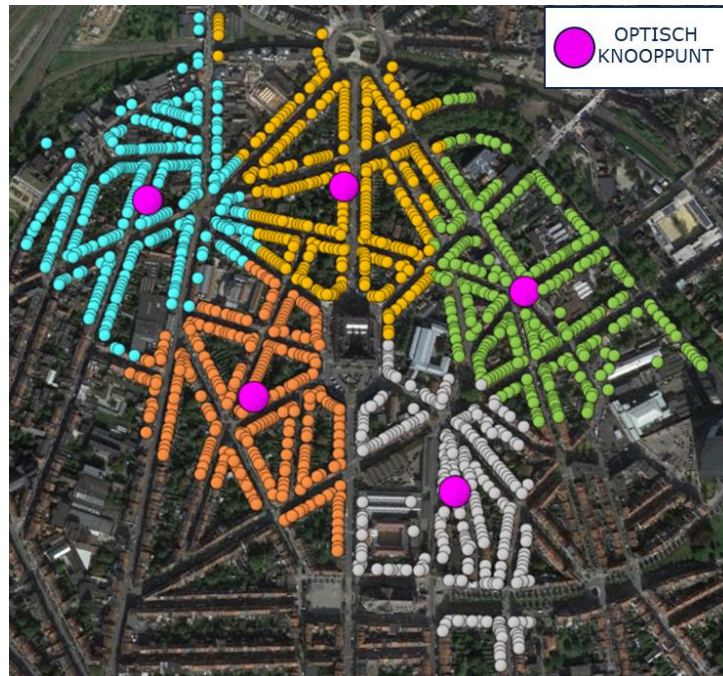
Het proces dat via dit algoritme wordt uitgevoerd, wordt uiteengezet in de tabel hieronder:



Figuur 5.2: grafische weergave van het proces dat wordt gevolgd door het k-means-algoritme [Bron: Axon Consulting]

Uit deze analyse vloeien de specifieke locaties voort waarop de optische knooppunten zouden moeten worden geplaatst, en tegelijk genereert ze ook de groepering tussen optische knooppunten en gebouwen.

De volgende figuur geeft een overzicht ter illustratie van de toepassing van dit algoritme in een STEDELIJK geotype, waarbij de roze cirkels zouden staan voor de optimale locaties van de optische knooppunten en de rest van de cirkels gebouwen aanduiden die gelinkt zijn aan verschillende optische knooppunten.



Figuur 5.3: optische knooppunten die zouden moeten worden uitgerold voor een gebied binnen een STEDELIJK geotype [Bron: Axon Consulting]

In het geval van de positie die overeenstemt met de lokale headends (het volgende aggregatiepunt na de optische knooppunten), is het nuttig op te merken dat deze informatie werd vergaard tijdens het datavergaringsproces waarbij de operatoren de exacte locatie van hun eigen lokale headends hebben meegedeeld.

Zodra de locatie van zowel de optische knooppunten als de lokale headends bekend is, worden de afstanden tussen netwerkelementen berekend in het volgende deel.

5.3. Berekening van afstanden tussen netwerkelementen

De berekening van afstanden tussen netwerkelementen wordt uitgevoerd door de toepassing van een minimumafstandsboomalgoritme ("Minimum Distance Tree").

Nu alle vereiste informatie over de positie van de netwerkelementen in het toegangsnetwork bekend is, bestaat de volgende stap uit het vastleggen van hun onderlinge links.

De links tussen de verschillende netwerkelementen (bijv. van gebouwen tot optische knooppunten en van optische knooppunten tot lokale headends) werden ontworpen met als referentie de minimumafstandsboomtopologie. De filosofie van dit algoritme wordt hieronder uitgelegd voor de links tussen gebouwen en optische knooppunten:

1. Het startgebouw "a₁" is het lid dat de volgende formule minimaliseert

$$\sum_{\forall b} d(a_1, b)$$

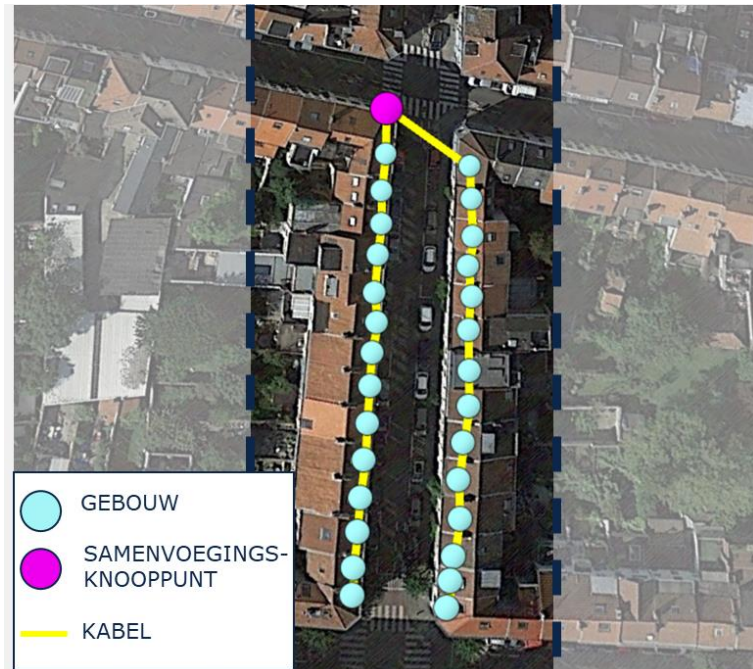
Waarbij d(x,y) staat voor de afstand van gebouw a tot gebouw b.

2. Om het volgende gebouw "a_i" te verkrijgen (waarbij "i" staat voor de uitvoeringsindex); worden de afstanden van de nog niet verbonden gebouwen tot de reeds verbonden gebouwen berekend.
3. De minimumafstand van diegene die in stap 2 berekend zijn, wordt geselecteerd. Deze afstand is verbonden met de link tussen één reeds verbonden gebouw en het nieuwe gebouw a_i.
4. Als er gebouwen overblijven die nog niet verbonden zijn, wordt het proces herhaald vanaf stap 2.

Zodra dit proces voltooid is voor de links tussen gebouwen en optische knooppunten, wordt het nogmaals herhaald voor de links tussen de locaties van de optische knooppunten en lokale headends om alle vereiste verbindingen in het toegangsnetwerk te kenmerken. Deze berekening levert de afstanden tussen de netwerkelementen op voor elk geotype.

Dit algoritme werd toegepast op zowel de links tussen de gebouwen en optische knooppunten als tussen de optische knooppunten en de lokale headends.

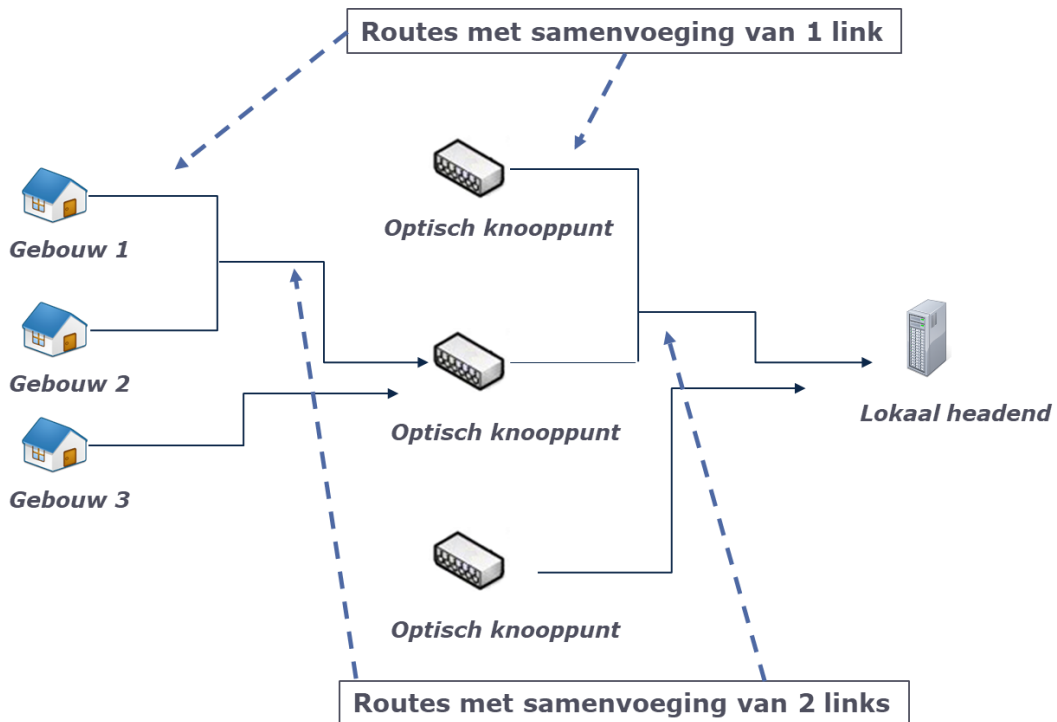
De volgende illustratie geeft een overzicht van de links gedimensioneerd tussen gebouwen en optische knooppunten in een STEDELIJK geotype.



Figuur 5.4: illustratief voorbeeld van de resultaten van het minimumafstandsboomalgoritme tussen gebouwen en hun optische knooppunten in een STEDELIJK geotype [Bron: Axon Consulting]

Gebaseerd op alle informatie afkomstig uit de voorgaande stappen, bestaat de laatste fase uit de verwerking van deze data zodat deze kunnen worden gebruikt in het BULRIC-model.

Gelet op de minimumafstandsboomtopologie die hierboven werd uiteengezet, kunnen links opeenvolgend worden samengevoegd om graaf-, geul- en bekabelingskosten uit te sparen. De figuur hieronder illustreert deze samenvoegingen:



Figuur 5.5: weergave ter illustratie van de verbinding van netwerkelementen aan de hand van een minimumafstandsboomtopologie [Bron: Axon Consulting]

De toepassing van een minimumafstandsboomtopologie op de geografie van het land om de netwerkroutes tussen de verschillende netwerkelementen te berekenen, verschaft de gemiddelde afstand van de links op de verschillende niveaus van het toegangsnetwerk. De volgende tabel geeft een voorbeeld van resultaten uit de geografische analyse die zullen gebruikt worden als input in het BULRIC-model.

Het dient ook te worden opgemerkt dat in geval van het BULRIC-model voor HFC-netwerken, voor berekeningsdoeleinden een tussenstap tussen de gebouwen en de optische knooppunten werd gedefinieerd, het "distributiepunt" of "DP" geheten. Het is echter mogelijk dat dit fysieke punt niet noodzakelijk bestaat in de netwerken van de operatoren. In andere gevallen zou het kunnen verwijzen naar een splitter of versterker.

| Gemiddelde afstand van TAP/gebouw naar Distributiepunt (DP) | Gemiddelde afstand per TAP (meter) | | |
|---|------------------------------------|---------------|---------------|
| | STEDELIJK | VOORSTEDELIJK | LANDELIJK |
| Samenvoeging van 1 link | 6,77 | 11,79 | 20,81 |
| Samenvoeging van 2 links | 7,28 | 12,49 | 21,17 |
| Samenvoeging van 3 links | 7,65 | 13,05 | 21,26 |
| Samenvoeging van 4 links | 7,77 | 12,68 | 20,57 |
| Samenvoeging van 5 links | 7,88 | 12,20 | 19,10 |
| Samenvoeging van 6 links | 7,72 | 11,38 | 18,64 |
| Samenvoeging van 7 links | 7,72 | 11,60 | 17,94 |
| Samenvoeging van 8 links | 7,28 | 11,00 | 17,35 |
| Samenvoeging van 9 links | 6,86 | 10,40 | 17,37 |
| Samenvoeging van 10 links | 6,45 | 9,65 | 15,17 |
| Samenvoeging van 11 links | 6,17 | 9,17 | 14,25 |
| Samenvoeging van 12 links | 5,98 | 8,68 | 13,05 |
| Samenvoeging van 13 links | 5,43 | 8,49 | 12,75 |
| Samenvoeging van 14 links | 4,85 | 7,84 | 11,15 |
| Samenvoeging van meer dan 14 links | 51,48 | 85,95 | 145,17 |
| TOTAAL | 147,28 | 236,38 | 385,75 |

| Gemiddelde afstand van Distributiepunt (DP) naar optisch knooppunt (ON) | Gemiddelde afstand per DP (meter) | | |
|---|-----------------------------------|---------------|-----------------|
| | STEDELIJK | VOORSTEDELIJK | LANDELIJK |
| Samenvoeging van 1 link | 126,30 | 220,89 | 427,28 |
| Samenvoeging van 2 links | 95,35 | 155,93 | 273,56 |
| Samenvoeging van 3 links | 64,27 | 122,06 | 187,26 |
| Samenvoeging van 4 links | 41,34 | 75,01 | 129,16 |
| Samenvoeging van 5 links | 28,41 | 46,75 | 76,69 |
| Samenvoeging van 6 links | 14,98 | 34,32 | 49,21 |
| Samenvoeging van 7 links | 14,53 | 21,37 | 34,48 |
| Samenvoeging van 8 links | 7,30 | 19,80 | 36,46 |
| Samenvoeging van 9 links | 6,58 | 7,95 | 13,61 |
| Samenvoeging van 10 links | 2,27 | 4,85 | 10,03 |
| Samenvoeging van 11 links | 1,28 | 6,74 | 3,72 |
| Samenvoeging van 12 links | 2,48 | 10,57 | 2,89 |
| Samenvoeging van 13 links | 0,17 | 1,96 | - |
| Samenvoeging van 14 links | 0,59 | 1,87 | 2,50 |
| Samenvoeging van meer dan 14 links | - | 8,11 | 17,49 |
| TOTAAL | 405,85 | 738,18 | 1.264,35 |

| Gemiddelde afstand van optisch knooppunt (ON) naar lokale headend | Gemiddelde afstand per ON (meter) |
|---|-----------------------------------|
| Samenvoeging van 1 link | 705,35 |
| Samenvoeging van 2 links | 648,10 |
| Samenvoeging van 3 links | 401,00 |
| Samenvoeging van 4 links | 587,61 |
| Samenvoeging van 5 links | 859,59 |
| Samenvoeging van 6 links | 428,12 |
| Samenvoeging van 7 links | 278,47 |
| Samenvoeging van 8 links | 537,70 |
| Samenvoeging van 9 links | 329,89 |
| Samenvoeging van 10 links | 219,75 |
| Samenvoeging van 11 links | 496,07 |
| Samenvoeging van 12 links | 214,56 |
| Samenvoeging van 13 links | 230,76 |
| Samenvoeging van 14 links | 213,50 |
| Samenvoeging van meer dan 14 links | 3.929,58 |
| TOTAAL | 10.080,06 |

Figuur 5.6: tabellen ter illustratie van de resultaten verkregen voor afstanden tussen netwerkelementen met beschouwing van een minimumafstandsboomnetwerktopologie
[Bron: Axon Consulting]

6. Dimensioneringsmodule

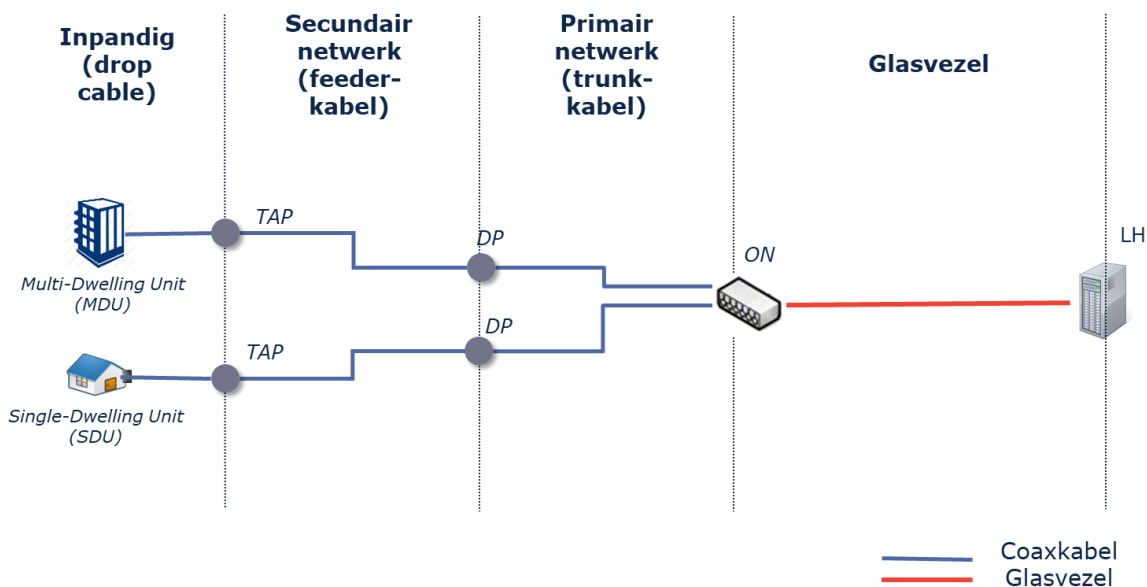
De dimensioneringsmodule is bedoeld om het netwerk te ontwerpen en het aantal netwerkmiddelen te berekenen dat vereist is voor de vraag en de dekkningsniveaus van de referentieoperator. Dit deel is onderverdeeld in drie verschillende netwerkdelen die hieronder in detail worden beschreven:

- ▶ Dimensionering van het toegangsnetwerk (afhankelijk van het geotype)
- ▶ Dimensionering van het transmissienetwerk (onafhankelijk van het geotype)
- ▶ Dimensionering van het corenetwerk (onafhankelijk van het geotype)

6.1. Dimensionering van het toegangsnetwerk (afhankelijk van het geotype)

De Toegangsnetwerkmodule is bedoeld om het coaxkabel- en het glasvezelnetwerk te ontwerpen en het aantal netwerkmiddelen te berekenen dat vereist is voor de vraag en de dekkningsniveaus van de referentieoperator op geotypeniveau. Dit proces wordt uitgevoerd in het werkblad '6A CALC DIM ACCESS' van het Model.

Om deze dimensioneringsprocedure beter te begrijpen, geeft de volgende figuur ter illustratie een overzicht van de netwerkarchitectuur die wordt gemodelleerd, samen met de termen die worden gebruikt voor de verschillende elementen:



Figuur 6.1: architectuur van het gemodelleerde toegangsnetwerk [Bron: Axon Consulting]

Het toegangsnetwerk omvat de netwerkelementen, gaande van de gebouwen van de gebruikers tot de lokale headends (LH). Daartussen kunnen de volgende netwerkelementen worden geïdentificeerd:

- ▶ **Inpandig (Lead-in) of drop cable:** Staat voor de coaxkabel in het algemeen binnen in het gebouw (al kan deze connectie ook langs de gevel uitgevoerd worden) die het klantenhuishouden verbindt met het eerste verbindingspunt in het netwerk van de operator (TAP in het geval van SDU's of gebouwen met één huishouden en 'Building Unit' in het geval van MDU's of gebouwen met meerdere huishoudens). Merk op dat dit element werd gemodelleerd als aantal eenheden in plaats van met een kabellengte (de overeenstemmende drop cable voor het HFC-netwerk).
- ▶ **TAP:** Dit netwerkelement verbindt de drop cable met de feeder-kabel. De TAP vormt een aggregatiepunt voor een aantal huishoudens, en zorgt voor voldoende signaalsterkte tot bij het eindpunt van de eindgebruiker. In het model werden drie verschillende types van n-wegconfiguraties overwogen: 2-, 4- en 8-wegs.
- ▶ **Secundair netwerk (feeder-kabel):** Vertegenwoordigt het deel van het coaxnetwerk dat de TAP met het DP verbindt, i.e. de feeder-kabel. Dit omvat de coaxkabels alsook de fysieke infrastructuur vereist om hen in onder te brengen (geulen, goten, manholes, enz.)
- ▶ **Distributiepunt (DP):** Vertegenwoordigt een aggregatiepunt dat een aantal feeder-kabels samenbrengt. De distributiepunten worden niet als kosten opgenomen in het model aangezien ze enkel worden gebruikt in het kader van de bepaling van netwerkhiërarchie.
- ▶ **Primair netwerk (trunk-kabel):** Vertegenwoordigt het deel van het coaxnetwerk dat het DP met het ON verbindt, i.e. de trunk-kabel. Dit omvat de coaxkabels alsook de fysieke infrastructuur vereist om hen in onder te brengen (geulen, goten, manholes, enz.)
- ▶ **Optisch knooppunt (ON of "optical node"):** Vertegenwoordigt het interconnectiepunt tussen de coaxkabel en de glasvezelkabel in het toegangsnetwerk. Het houdt ook rekening met de actieve apparatuur.
- ▶ **Lokaal headend (LH):** Vertegenwoordigt een aggregatiepunt voor optische knooppunten. Het houdt ook rekening met de actieve apparatuur.

Bijkomend bij de hierboven beschreven netwerkelementen, bestaat het coaxkabelnetwerk ook uit coaxversterkers en splitters die het signaal respectievelijk versterken en multiplexen.

Op basis van de hierboven beschreven netwerkarchitectuur, gaat het signaal van de huishoudens naar het dichtstbijzijnde straatpunt waar de TAP zich bevindt en wordt het doorgestuurd naar de distributiepunten (DP) die uiteindelijk worden samengevoegd tot optische knooppunten (ON's).

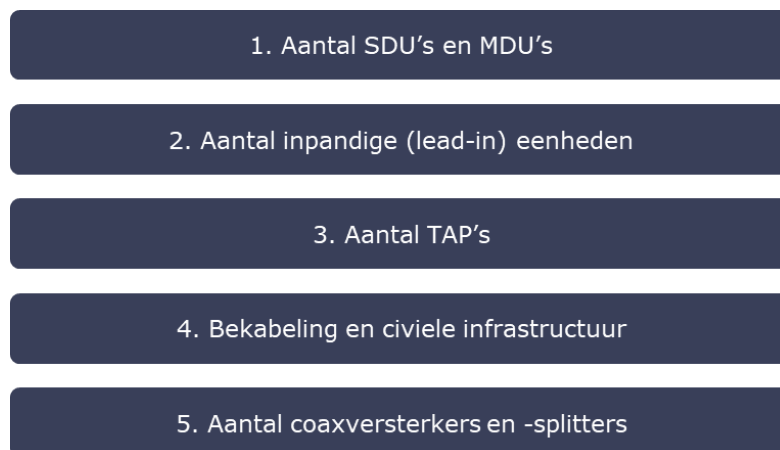
De dimensionering van het toegangsnetwerk gebeurt afzonderlijk voor elk beschouwd geotype, om de impact van de geografische kenmerken op de uitrol accuraat weer te geven. De dimensioneringsaanpak werd opgedeeld in de volgende twee verschillende blokken, namelijk:

- ▶ Dimensionering van de kabel en elementen van civiele infrastructuur
- ▶ Dimensionering van de toegangsnetwerkapparatuur

Elk van de volgende delen geeft verdere details over de technische algoritmen die werden gebruikt voor elk blok.

6.1.1. Dimensionering van de kabel en elementen van civiele infrastructuur

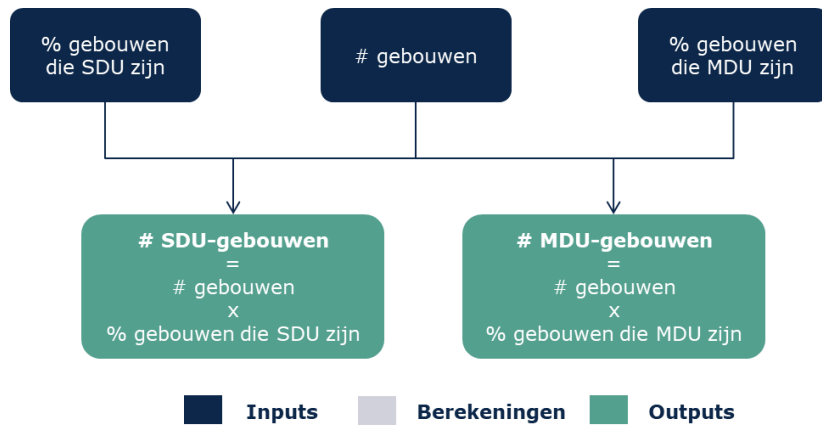
De dimensionering van de kabel en elementen van civiele infrastructuur wordt georganiseerd volgens vijf blokken zoals weergegeven in de grafiek hieronder.



Figuur 6.2: schematische stappen voor de dimensionering van de kabel en elementen van civiele infrastructuur [Bron: Axon Consulting]

1. Aantal SDU's en MDU's

Het aantal dergelijke elementen wordt berekend volgens het algoritme dat hieronder wordt uiteengezet:

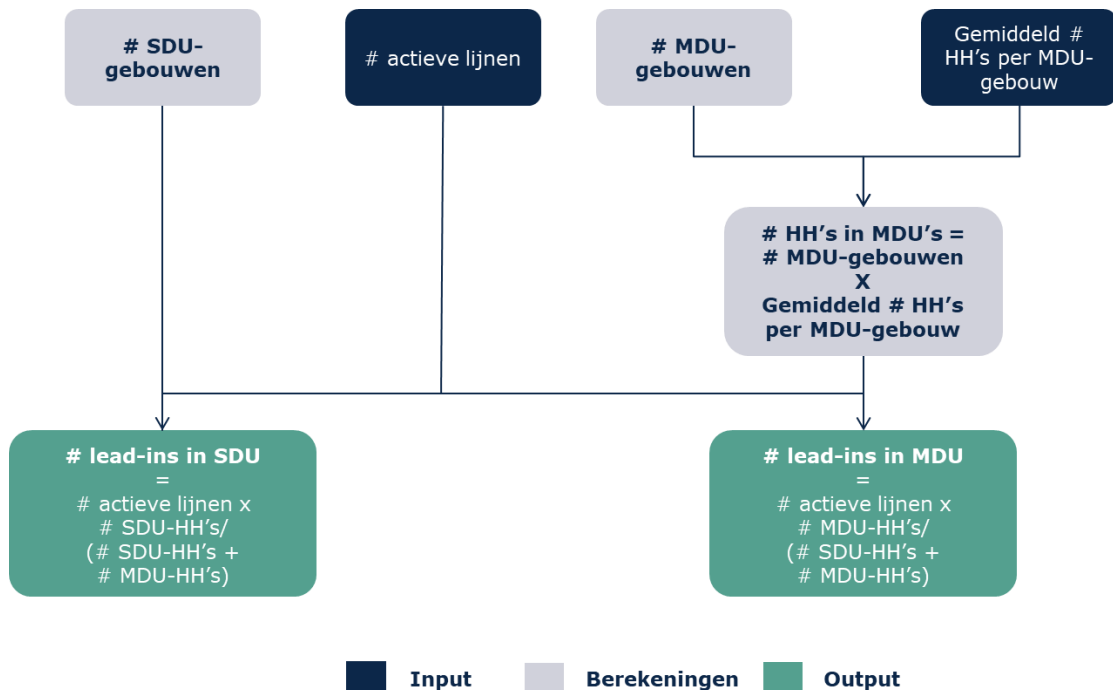


Figuur 6.3: algoritme om het aantal SDU's en MDU's te berekenen [Bron: Axon Consulting]

Het aantal gedekte gebouwen wordt vermenigvuldigd met het percentage van gebouwen die SDU en MDU zijn (*single-dwelling unit of multiple-dwelling unit*, i.e. gebouwen met één huishouden of meerdere huishoudens), waardoor het overeenstemmende aantal van gedekte SDU- en MDU-eenheden wordt verkregen.

2. Aantal in pandige (Lead-in of drop cable) eenheden en NIU's

Het aantal in pandige eenheden, dat overeenstemt met de actieve lijnen, wordt berekend zoals aangegeven in de volgende figuur:



Figuur 6.4: algoritme voor de berekening van het aantal in pandige eenheden in SDU- en MDU-huishoudens [Bron: Axon Consulting]

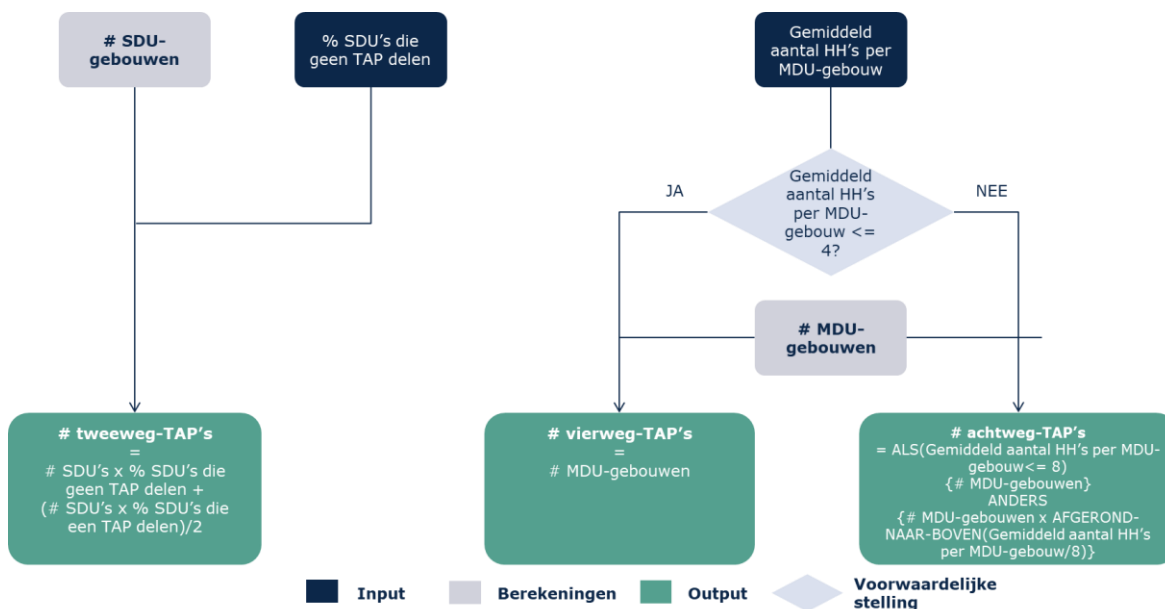
De eerste stap bestaat uit het berekenen van het aantal gedekte huishoudens in MDU-gebouwen, waarbij het aantal gedekte MDU-gebouwen wordt vermenigvuldigd met het gemiddelde aantal huishoudens per MDU-gebouw. Per definitie wordt een waarde van één huishouden aangenomen in het geval van SDU. Vervolgens wordt het aantal actieve lijnen opgedeeld in het aantal inpendige lijnen in SDU en MDU op basis van het aantal bereikte huishoudens voor elk type (SDU en MDU).

Het model houdt er ook rekening mee dat de introductiekabel (lead-in) in geval van een eenheid met verscheidene huishoudens (MDU's) geen rechtstreekse verbinding vormt tussen het huishouden/'dwelling' van de klant en de TAP, aangezien deze via een tussenvoegsel in het netwerk passeert, namelijk de 'building unit', die zich doorgaans op de benedenverdieping van het gebouw bevindt. Het aantal 'building units' wordt geschat gelijk te zijn aan het aantal aangesloten MDU-gebouwen.

Ten slotte berekent het model het vereiste aantal NIU's (Network Interface Units) gelijk aan het aantal geactiveerde klanten.

3. Aantal TAP's

Het aantal TAP's en hun verschillende configuraties (2-wegs, 4-wegs en 8-wegs) worden berekend met inachtneming van het aantal huishoudens in elk type van gebouw, zoals aangegeven in de volgende figuur:



Figuur 6.5: algoritme om het aantal TAP's te berekenen voor de verschillende configuraties
 [Bron: Axon Consulting]

Een 2-wegs-TAP wordt gekoppeld aan SDU-gebouwen, rekening houdend met het percentage van SDU's die de TAP delen. Er wordt namelijk standaard aangenomen dat twee SDU-gebouwen één 2-wegs-TAP zullen delen.

Anderzijds worden de 4-wegs- en 8-wegs-TAP's gereserveerd voor MDU-gebouwen en worden ze berekend afhankelijk van het gemiddelde aantal huishoudens per MDU-gebouw. Indien dit gemiddelde lager dan of gelijk is aan 4, dan wordt elk gedekt MDU-gebouw gekoppeld aan één 4-wegs-TAP. In andere gevallen worden de MDU-gebouwen gekoppeld aan één of meer 8-wegs-TAP's (< 9 huishoudens per gebouw aan één 8-wegs-TAP, 9-16 huishoudens per gebouw aan twee 8-wegs-TAP's enz.).

4. Bekabeling en civiele infrastructuur

De bekabeling en civiele infrastructuur worden in twee verschillende stappen gedimensioneerd:

- ▶ Berekening van het aantal kilometer coaxkabel en glasvezelkabel in het toegangsnetwerk;
- ▶ Berekening van civiele infrastructuurelementen op basis van de gebruikte bekabeling.

4.1 Bekabeling in het toegangsnetwerk

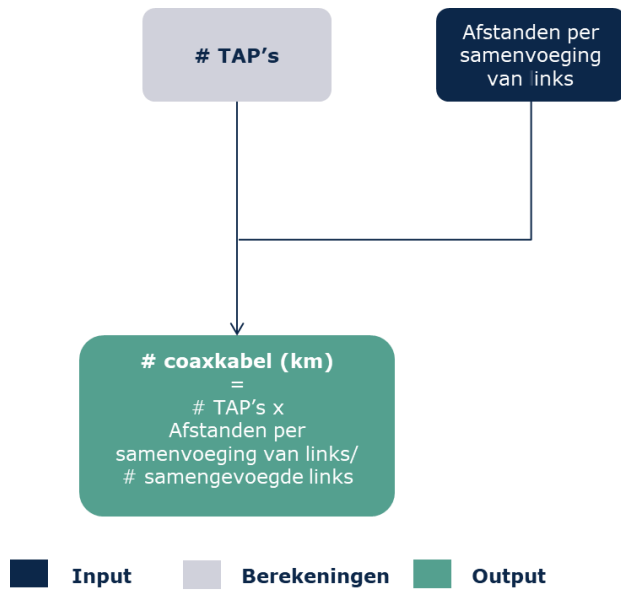
De eerste stap bestaat erin om het totale aantal kilometer te berekenen van coaxkabel en feeder-glasvezel die nodig zijn om het toegangsnetwerk te dekken. Deze berekeningen worden verdeeld in drie fysieke onderdelen, overeenstemmend met elk netwerksegment (zie Figuur 6.1 voor de architectuur van het netwerk):

- ▶ Secundair netwerk (TAP-DP) of Feeder-kabel
- ▶ Primair netwerk (DP-ON) of Trunk-kabel
- ▶ Feeder-glasvezelnetwerk (ON-LH)

De output van de geografische analyse (zie deel 5) wordt als input gebruikt om het aantal kilometer coaxkabel en glasvezel in het toegangsnetwerk te berekenen.

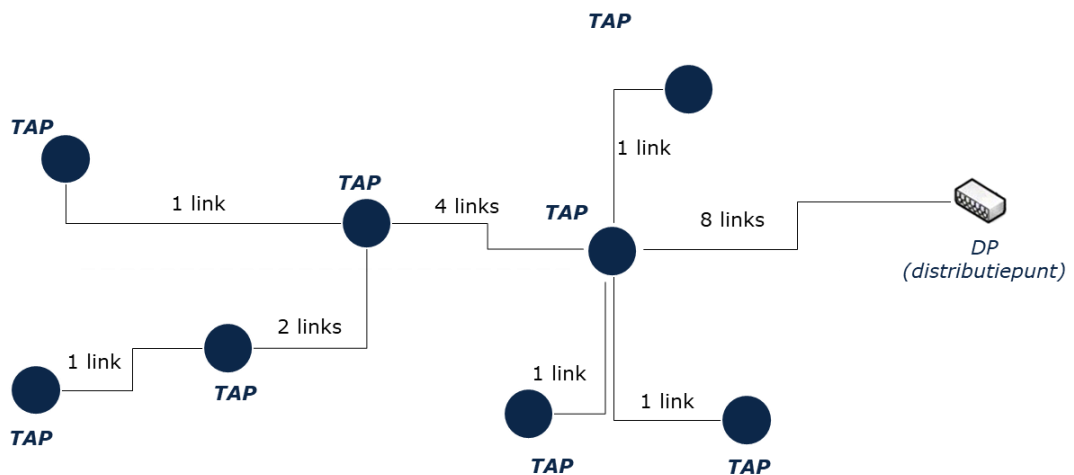
Secundair netwerk (TAP-DP) of Feeder-kabel

De volgende figuur illustreert de werkwijze die werd gehanteerd voor de coaxkabel in het secundaire netwerk (genaamd feeder-kabel):



Figuur 6.6: algoritme voor de berekening van het aantal kilometer coaxkabel in het secundaire netwerk [Bron: Axon Consulting]

De parameter “afstanden per samenvoeging van links” komt voort uit de resultaten verkregen in de geografische analyse en verschaft informatie over de afstanden in het toegangsnetwerk voor de verschillende samenvoegingen van links. De volgende figuur geeft een voorbeeld van hoe links kunnen worden samengevoegd in het netwerk.



Figuur 6.7: illustratie van samenvoegingen van links [Bron: Axon Consulting]

Deze informatie inzake afstanden wordt dan gecombineerd met het aantal TAP's om de totale afstand te berekenen voor coaxkabel in het secundaire netwerk. Hieronder volgt een voorbeeld van de berekening, stap voor stap:

Stap 1: berekening van de gemiddelde afstand van coaxkabel gekoppeld aan elk individueel TAP

| Aantal samengevoegde links tussen de TAP en het DP | Gemiddelde afstand (meter) [A] | Aantal samengevoegde TAP's [B] | Gemiddelde afstand van coaxkabel gekoppeld aan elke individueel TAP (meter) [A] / [B] |
|--|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Samenvoeging van 1 link | 6,77 | 1 | 6,77 |
| Samenvoeging van 2 links | 7,28 | 2 | 3,64 |
| Samenvoeging van 3 links | 7,65 | 3 | 2,55 |
| Samenvoeging van 4 links | 7,77 | 4 | 1,94 |
| Samenvoeging van 5 links | 7,88 | 5 | 1,58 |
| Samenvoeging van 6 links | 7,72 | 6 | 1,29 |
| Samenvoeging van 7 links | 7,72 | 7 | 1,10 |
| Samenvoeging van 8 links | 7,28 | 8 | 0,91 |
| Samenvoeging van 9 links | 6,86 | 9 | 0,76 |
| Samenvoeging van 10 links | 6,45 | 10 | 0,65 |
| Samenvoeging van 11 links | 6,17 | 11 | 0,56 |
| Samenvoeging van 12 links | 5,98 | 12 | 0,50 |
| Samenvoeging van 13 links | 5,43 | 13 | 0,42 |
| Samenvoeging van 14 links | 4,85 | 14 | 0,35 |
| Samenvoeging van meer dan 14 links | 51,48 | 15 | 3,43 |
| TOTAAL | 147,29 | - | 26,44 |

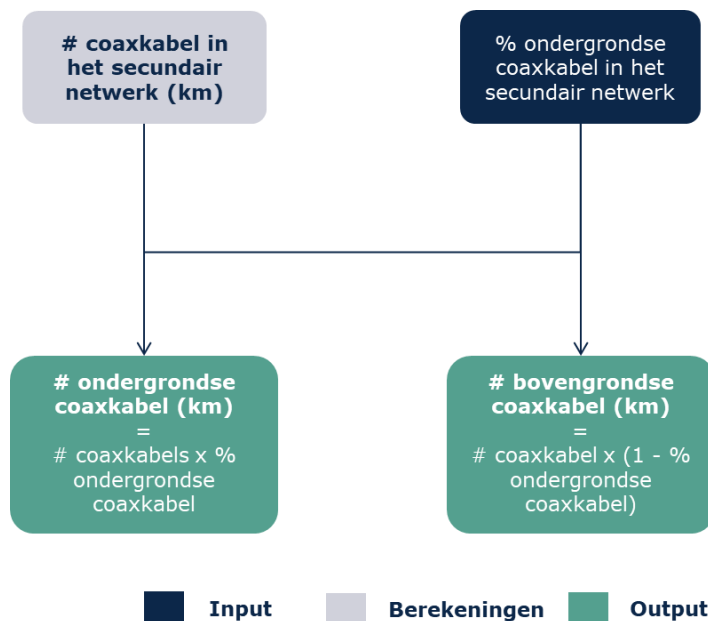
Stap 2: berekening van de totale lengte van coaxkabel in het secundaire netwerk voor het geanalyseerde geotype

| Parameter | Waarde |
|--|------------------|
| Aantal TAP's [n] | 100 ² |
| Gemiddelde afstand van coaxkabel gekoppeld aan elk individueel TAP (meter) [d] | 26,44 |
| Totale lengte van coaxkabels (meter) [n] x [d] | 2.644 |

Figuur 6.8: voorbeeld van de berekening van afstanden [Bron: Axon Consulting]

Zoals kan worden afgeleid uit het bovenstaande, worden de kilometers van coaxkabel die zijn gekoppeld aan een individuele TAP berekend met inachtneming van het aantal samengevoegde TAP's op elk niveau van het netwerk, wat overeenstemt met het aantal samengevoegde links. Ten slotte leidt de vermenigvuldiging van een dergelijke individuele afstand met het totale aantal TAP's tot het totale aantal kilometer coaxkabel in het secundaire netwerk.

Zodra het totale aantal kilometers kabel is berekend, wordt de ondergrondse en bovengrondse kabel als volgt berekend:



Figuur 6.9: algoritme voor de berekening van het aantal kilometer ondergrondse of bovengrondse coaxkabel in het secundaire netwerk [Bron: Axon Consulting]

² Hypothetische waarde voor dit voorbeeld.

Primair netwerk (DP-ON) of Trunk-kabel

Voor de lengte van de coaxkabel in het primaire netwerk zijn de berekeningen identiek aan deze uitgevoerd voor het secundaire netwerk (zie hierboven), ermee rekening houdende dat:

- ▶ het aantal TAP's nu vervangen wordt door DP's om het netwerksegment van het DP tot het ON te weerspiegelen. De berekening van de DP-eenheden wordt in detail toegelicht in deel 6.1.2.
- ▶ De gemiddelde afstanden per aantal samengevoegde links verschillend zijn en specifiek voor dit deel van het netwerk.

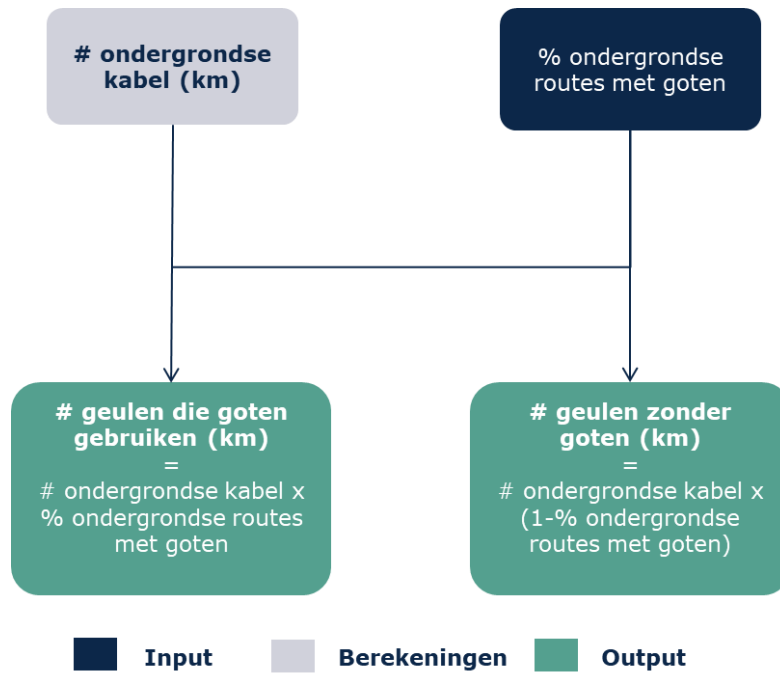
Feeder-glasvezelnetwerk (ON-LH)

Voor de kabellengte in het feeder-glasvezelnetwerk zijn de berekeningen identiek aan deze uitgevoerd in het secundaire netwerk, ermee rekening houdende dat:

- ▶ het aantal TAP's nu vervangen wordt door ON's om het netwerksegment van het ON tot de LH te weerspiegelen. De berekening van de ON-eenheden wordt in detail toegelicht in deel 6.1.2.
- ▶ De gemiddelde afstanden per aantal samengevoegde links verschillend zijn en specifiek voor dit deel van het netwerk.

4.2 Civiele infrastructuur in het toegangsnetwerk

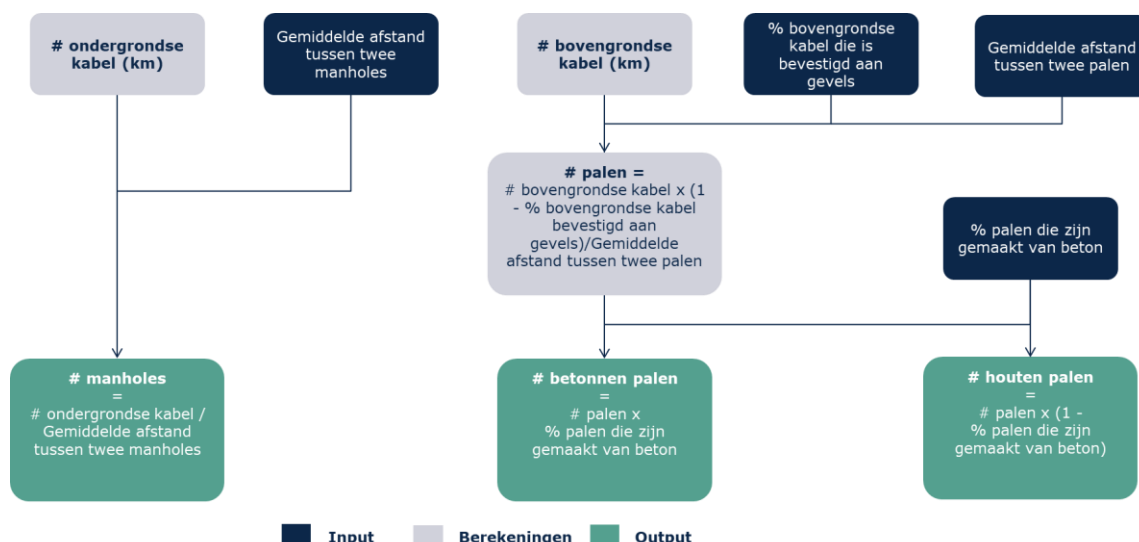
De berekening van de civiele infrastructuurelementen hangt sterk samen met het type van geïnstalleerde kabel (onder- of bovengronds). De kilometers aan geulen en goten worden berekend zoals aangegeven in het volgende schema:



Figuur 6.10: algoritme voor de berekening van de kilometers aan geulen die al dan niet gebruikmaken van goten in het toegangsnetwerk [Bron: Axon Consulting]

De kilometers ondergrondse kabel zijn gelijk aan de kilometers geulen, die uiteindelijk worden uitgesplitst in geulen die gebruikmaken van goten en geulen die dat niet doen. Het percentage ondergrondse routes die gebruikmaken van goten verschilt van netwerksegment tot netwerksegment.

De mangaten en palen houden ook rekening met het soort geïnstalleerde kabel, als volgt:

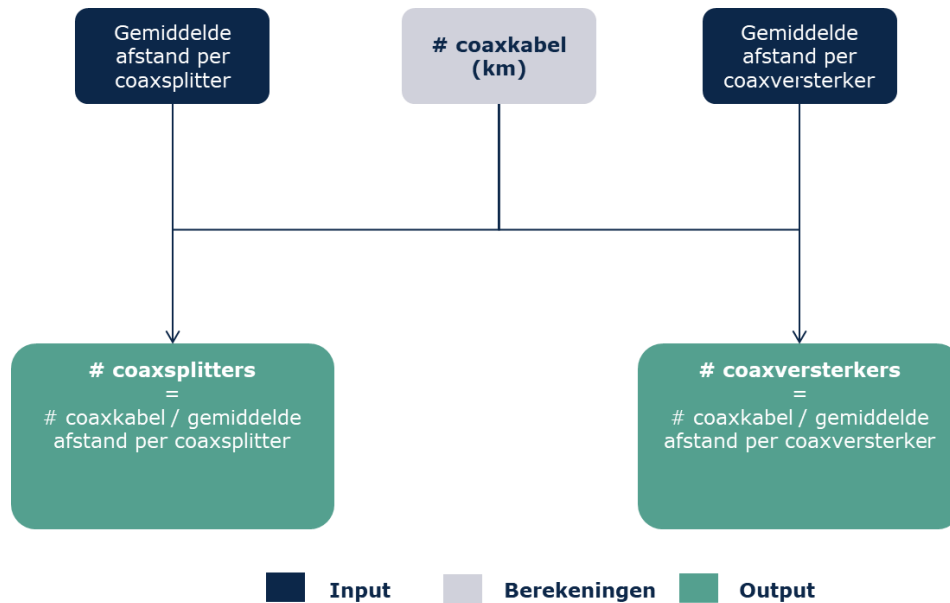


Figuur 6.11: algoritme om het aantal mangaten en palen in het secundaire netwerk te berekenen [Bron: Axon Consulting]

Net zoals bij de geulen en goten zijn de gebruikte parameters om de mangaten en palen te berekenen specifiek voor elk netwerkdeel. De gemiddelde afstand tussen mangaten en palen wordt gebruikt om de totale kabellengte te verdelen per netwerkdeel, wat leidt tot het aantal mangaten en palen per deel. Ten slotte worden de palen uitgesplitst in betonnen en houten palen.

5. Aantal coaxversterkers en -splitters

Het totale aantal kilometers aan coaxkabel (secundair en primair) wordt gebruikt om het aantal coaxversterkers en -splitters te verkrijgen:



Figuur 6.12: algoritme om het aantal coaxversterkers en -splitters in het netwerk te berekenen [Bron: Axon Consulting]

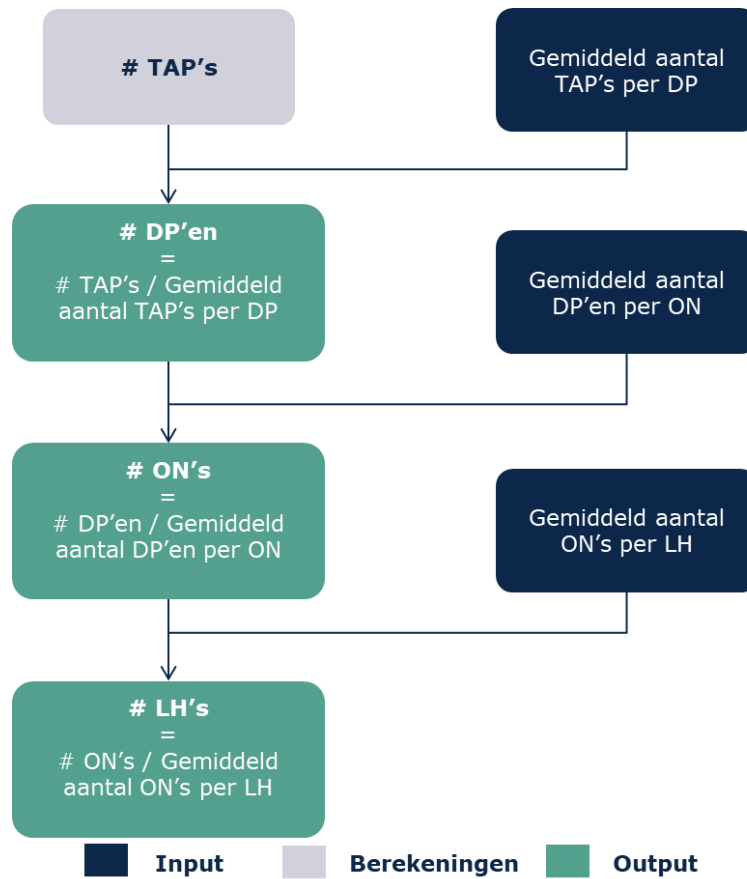
Het totale aantal coaxsplitters en -versterkers wordt berekend door het totale aantal kilometers aan coaxkabel te delen door de gemiddelde afstand tussen twee dezelfde elementen van elk specifiek onderdeel.

6.1.2. Dimensionering van de toegangsnetwerkapparatuur

De toegangsnetwerkelementen omvatten de netwerkelementen die behoren tot een coaxkabelnetwerk:

- ▶ distributiepunten (DP's);
- ▶ optische knooppunten (ON's);
- ▶ lokale headends (LH's), die CMTS- en QAM-apparatuur omvatten.

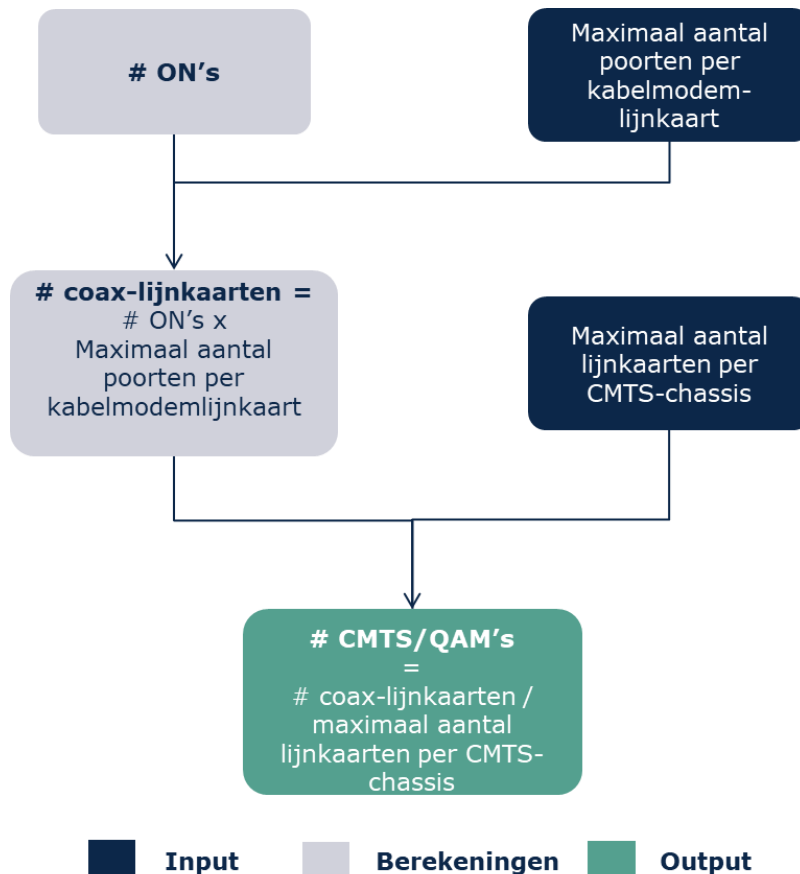
De berekening van toegangsnetwerkelementen wordt uitgevoerd zoals aangegeven in de volgende figuur:



Figuur 6.13: algoritme om het aantal toegangselementen te berekenen [Bron: Axon Consulting]

Zoals kan worden vastgesteld in de vorige figuur volgt de berekening een watervalstructuur waarbij elk toegangselement voortvloeit uit het aantal elementen van het vorige aggregatieniveau.

Ten slotte wordt het aantal CMTS- en QAM-elementen (actieve apparatuur) berekend met inachtneming van hun typische configuraties in termen van lijnkaarten:



Figuur 6.14: algoritme om het aantal CMTS'en en QAM's te berekenen [Bron: Axon Consulting]

Het aantal CMTS'en is gelijk aan het aantal QAM's (er wordt aangenomen dat één enkel toestel over beide functionaliteiten beschikt).

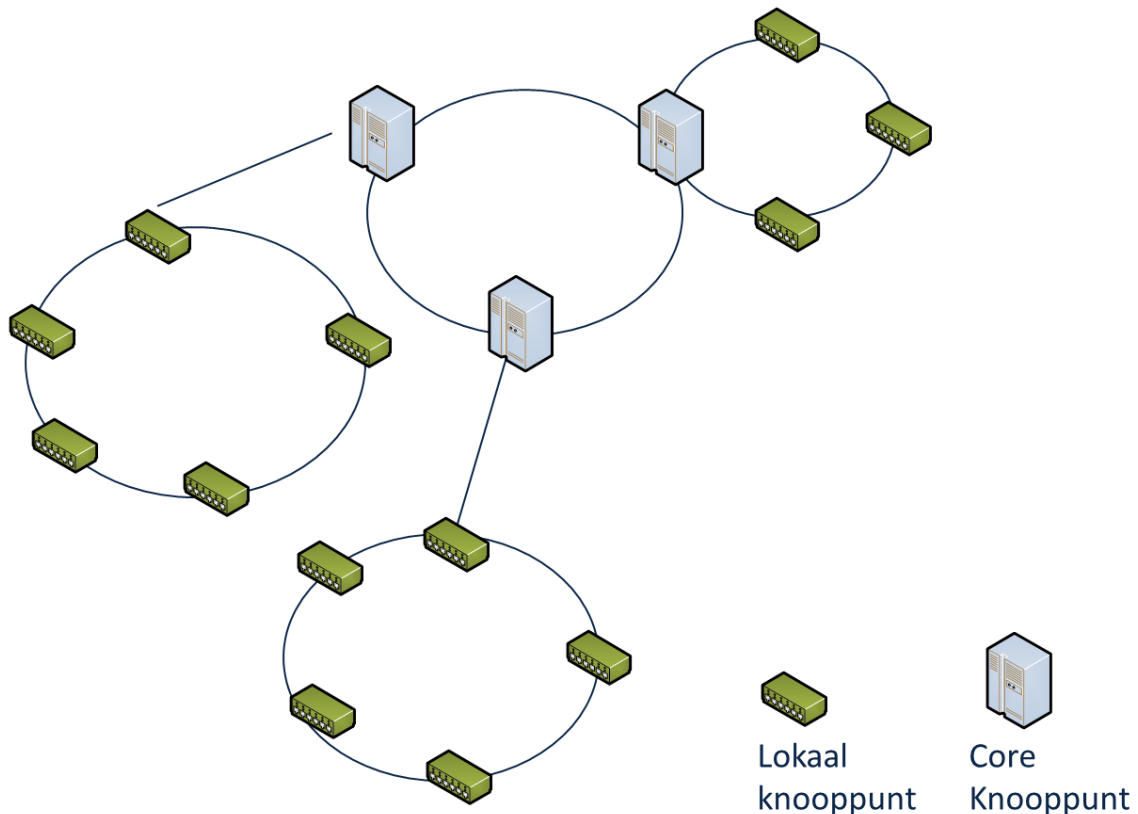
6.2. Dimensionering van het transmissienetwerk (onafhankelijk van het geotype)

De Transmissiemodule zorgt voor de dimensionering van de vereiste apparatuurinterconnecties die plaatsvinden tussen het toegangs- en corenetwerk. Deze module dimensioneert alle links van de lokale knooppunten (gesitueerd in de lokale headends) tot de coreknooppunten, alsook hun connecties onderling. Dit proces wordt uitgevoerd aan het begin (blok 1) van het werkblad '7A CALC DIM CORE' van het Model.

Het gemodelleerde transmissienetwerk kan worden verdeeld in twee verschillende stappen, afhankelijk van de netwerkelementen die gelinkt zijn, zoals hieronder beschreven:

- ▶ *Lokaal knooppunt - coreknooppunt*: Dit deel van het netwerk verbindt de lokale knooppunten met de coreknooppunten van de operatoren.
- ▶ *Coreknooppunt - coreknooppunt*: Vertegenwoordigt de connecties tussen de corelocaties van de operatoren.

In overeenstemming met de reële situatie van Belgische operatoren werden de netwerkconnecties gemodelleerd met ringtopologieën. De figuur hieronder geeft een illustratie van het beschouwde transmissienetwerk:



Figuur 6.15: overzicht van de algemene architectuur beschouwd in het transmissienetwerk
[Bron: Axon Consulting]

De dimensionering van de transmissielinks werd geoptimaliseerd rekening houdend met de positie van de netwerkelementen van de operatoren. Specifiek werd de door de operatoren verschaft informatie gebruikt om de verschillende ringen in het land in termen van lengte te bepalen.

De dimensionering van de transmissielinks beschouwt drie verschillende technologieën (DWDM-glasvezel, Ethernet-glasvezel en microgolven), en selecteert het goedkoopste beschikbare alternatief dat het verkeer van een link aankan. Er dient ook te worden opgemerkt dat er momenteel geen microgolflinks worden

gebruikt door Belgische operatoren, een reden waarom de beschikbaarheid van dit soort van links in het Model op nul werd gezet.

Het percentage van verkeer dat door elke link zal passeren, wordt ingevoerd op basis van het percentage van actieve gebouwen waarvoor het bijbehorende verkeer door die link zal moeten circuleren.

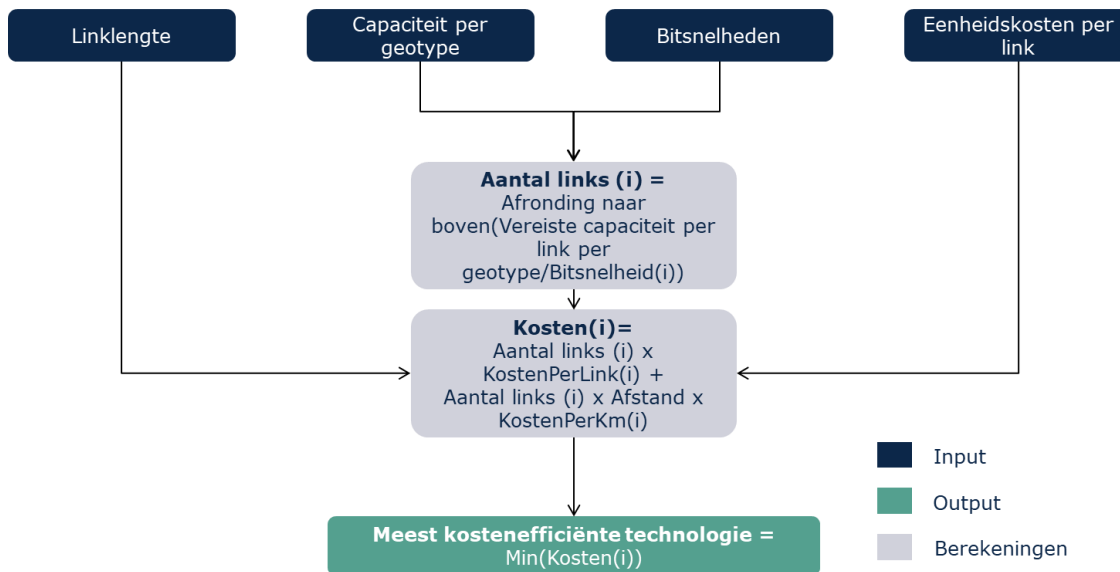
Het dimensioneringsalgoritme dat werd gehanteerd bij de dimensionering van het transmissienetwerk wordt ingedeeld in vier stappen zoals hieronder getoond:



Figuur 6.16: stappen voor de dimensionering van het transmissienetwerk [Bron: Axon Consulting]

6.2.1. **Stap 1. Berekening van links tussen lokale knooppunten - coreknooppunten**

Als een eerste stap berekent het Model het aantal links dat zou vereist zijn onder elke technologie, op basis van de bitsnelheid. Eens het aantal vereiste links bekend is, berekent het Model de verwante kosten, en selecteert het het meest kostenefficiënte beschikbare alternatief, zoals weergegeven in de illustratie hieronder:

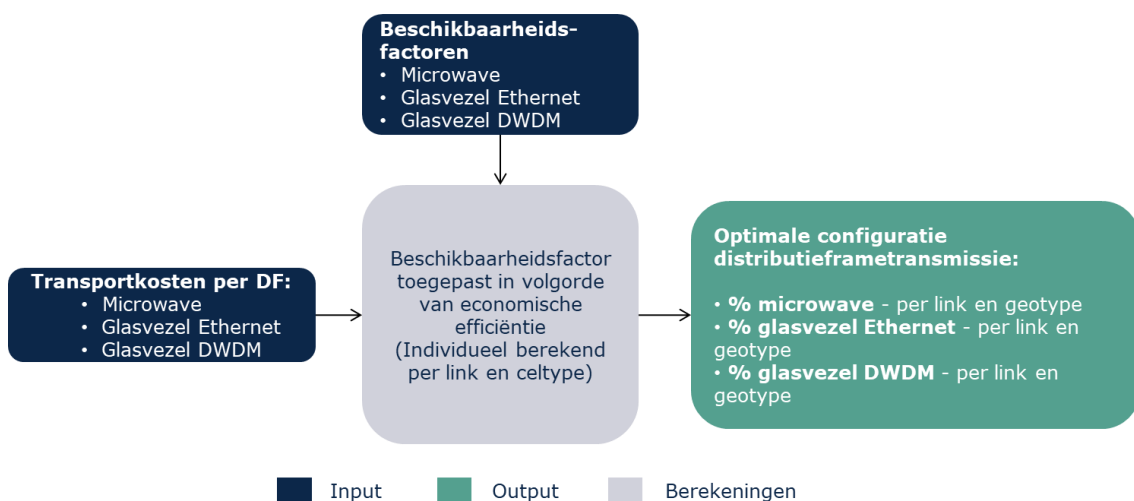


Figuur 6.17: berekening van de optimale configuratie van links. [Bron: Axon Consulting]

Gelieve op te merken dat de geselecteerde technologie in het algoritme hierboven mogelijk niet kan worden gebruikt voor alle sites om technische redenen. Er wordt met deze omstandigheden rekening gehouden in overeenstemming met wat de operatoren hebben aangegeven tijdens het proces van informatievergaring.

Om die reden wordt de goedkoopste technologie in elke link gekozen en, door de beschikbaarheidsfactor toe te passen voor die technologie, wordt het percentage links bepaald van elk type dat zal kunnen worden gebruikt. De procedure wordt dan herhaald voor elke technologie, in volgorde van economische efficiëntie totdat alle links gedekt zijn.

De figuur hieronder illustreert het berekeningsalgoritme:



Figuur 6.18: bepaling van het optimale transmissienetwerk [Bron: Axon Consulting]

6.2.2. Stap 2. Berekening van links tussen coreknooppunten onderling

Stap 2 berekent de transmissielinks vereist voor de interconnectie van coreknooppunten met coreknooppunten.

De berekeningen die in deze stap worden uitgevoerd zijn gelijkaardig aan deze beschreven in stap 1, behalve dat de gebruikte input overeenstemt met de links tussen coreknooppunten onderling.

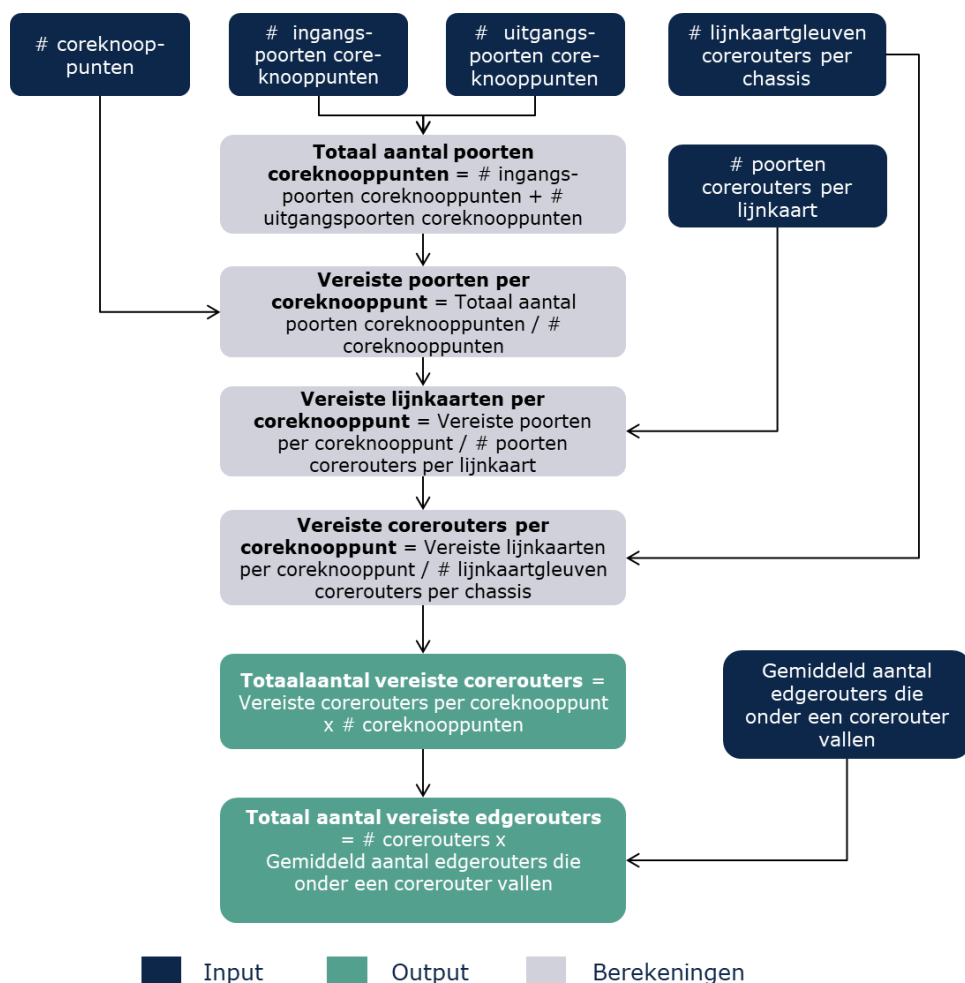
6.2.3. Stap 3. Bepaling van het aantal vereiste routers

In deze stap wordt het aantal routers berekend dat vereist is voor de transmissie- en corenetwerken. Dit aantal routers is sterk afhankelijk van het aantal links berekend in de vorige stappen, specifiek het aantal poorten vereist voor elk transmissiedeel.

Ten eerste wordt het aantal corerouters berekend aan de hand van het aantal ingangs- en uitgangspoorten gebruikt in de core-tot-coreknooppunten.

Het aantal ingangs- en uitgangspoorten van de coreknooppunten werd verkregen in de voorgaande stappen.

De figuur hieronder toont het berekeningsalgoritme dat werd gehanteerd voor de berekening van het aantal vereiste corerouters:



Figuur 6.19: algoritme gebruikt om het aantal vereiste corerouters te berekenen [Bron: Axon Consulting]

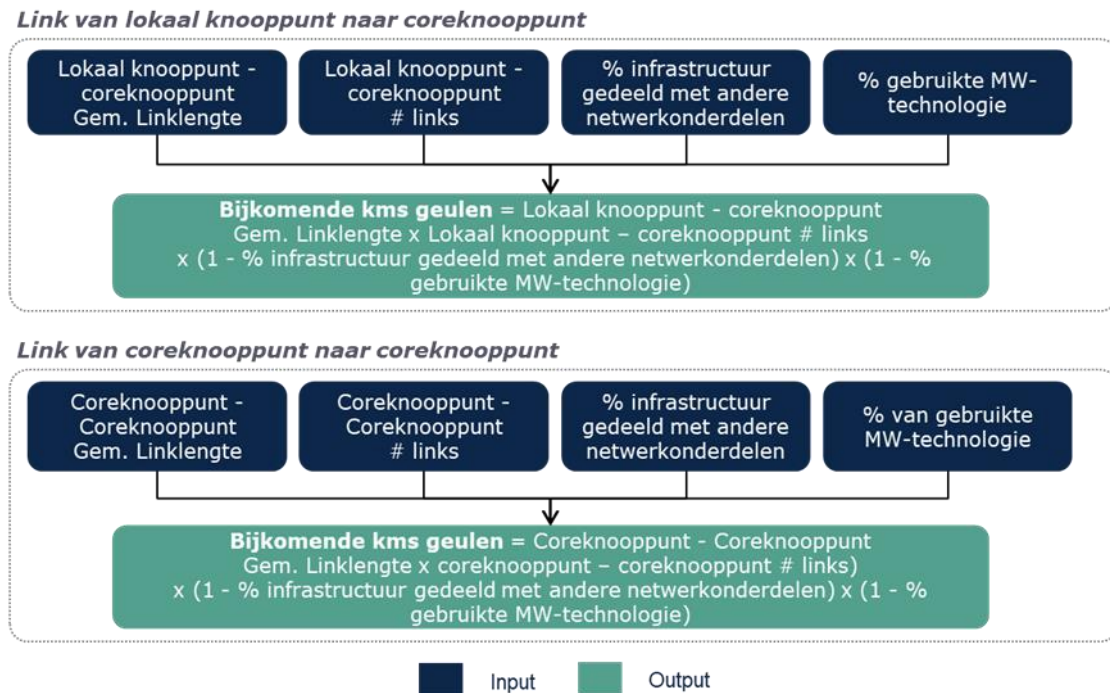
Zoals te zien is, wordt uit het aantal corepoorten het aantal lijnkaarten verkregen, wat resulteert in een totaal aantal corerouters (chassis). Ten slotte wordt de capaciteit van de corerouters gebruikt om het aantal edgerouters te berekenen.

6.2.4. Stap 4. Berekening van bijkomende geulen voor het transmissienetwerk

Deze stap vertegenwoordigt de berekening van de bijkomende kilometers aan geulen die vereist zijn voor het transmissienetwerk. De uitgevoerde berekening beschouwt beide types van de twee verschillende netwerkdelen die in aanmerking worden genomen in het transmissienetwerk:

- ▶ links van het lokale knooppunt tot het coreknooppunt
- ▶ links tussen coreknooppunten

De figuur hieronder illustreert het algoritme dat gebruikt werd om deze bijkomende geulen te berekenen.



Figuur 6.20 berekening van bijkomende geulen die moeten worden uitgerold per linktype
 [Bron: Axon Consulting]

6.3. Dimensionering van het corenetwerk (onafhankelijk van het geotype)

De module voor dimensionering van het corenetwerk zorgt voor de dimensionering van de coreapparatuur, die dient voor het beheer van het centrale netwerk. Dit proces wordt uitgevoerd aan het einde (blok 2) van het werkblad '7A CALC DIM CORE' van het Model.

Het model beschouwt een NGN-corenetwerk, wat het MEA van traditionele vaste netwerken vertegenwoordigt. In die context kan een NGN-corenetwerk alle retail- en wholesalediensten verstrekken die momenteel worden verkocht door operatoren. Het is echter belangrijk om op te merken dat specifieke spraakplatformen, die niet het resultaat zijn van spraakdiensten in de scope van dit model, niet werden gemodelleerd. De volgende netwerkelementen werden gemodelleerd:

- ▶ **HSS (Home Subscriber Server):** Verantwoordelijk voor de opslag van verscheidene soorten abonneegerelateerde data, inclusief authenticatiegegevens, details van de diensten waarop werd ingetekend. Het

aantal eenheden werd beperkt door de nominale capaciteit in termen van abonnees:

$$Aantal\ HSS \geq \frac{Totaal\ verbindingen\ (Klanten)}{Technische\ beperking\ (Klanten)}$$

- ▶ **BRAS (Broadband Remote Access Server):** Verantwoordelijk voor de aggregatie van gebruikerssessies vanuit het toegangsnetwerk naar het internet. Het aantal eenheden werd beperkt door de nominale capaciteit in termen van breedbandgebruikers die tegelijk zijn verbonden:

$$Aantal\ BRAS \geq \frac{Totaal\ gelijktijdige\ verbindingen\ (Klanten)}{Technische\ beperking\ (Klanten)}$$

- ▶ **RADIUS (Remote Authentication Dial-In User Service):** Zorgt voor diensten voor de authenticatie en machtiging van op afstand om het gebruik van een netwerkmiddel door de gebruikers te beheren. Het aantal eenheden werd beperkt door de nominale capaciteit in termen van breedbandgebruikers die tegelijk zijn verbonden:

$$Aantal\ RADIUS \geq \frac{Totaal\ gelijktijdige\ verbindingen\ (Klanten)}{Technische\ beperking\ (Klanten)}$$

- ▶ **DNS (Domeinnaamsysteem):** Vertaalt domeinnamen in numerieke IP-adressen. Het aantal eenheden werd beperkt door de nominale capaciteit in termen van breedbandgebruikers die tegelijk zijn verbonden:

$$Aantal\ DNS \geq \frac{Totaal\ gelijktijdige\ verbindingen\ (Klanten)}{Technische\ beperking\ (Klanten)}$$

- ▶ **VoD-server (Video On-demand-server):** Zorgt voor aangepaste video-inhoud op verzoek van de gebruiker. Er werd één VoD-servereenheid gemodelleerd, op voorwaarde dat het aantal coreverbindingen niet gelijk is aan nul.
- ▶ **Analoge-tv-platform:** Zorgt voor de verwerking, modulering en codering van het analoge-tv-signaal voordat het wordt uitgezonden. Er werd één analoge-tv-platform gemodelleerd, op voorwaarde dat het aantal analoge tv-verbindingen niet gelijk is aan nul.
- ▶ **Digitale-tv-platform:** Zorgt voor de verwerking, modulering en codering van het digitale-tv-signaal voordat het wordt uitgezonden. Er werd één digitale-tv-platform gemodelleerd, op voorwaarde dat het aantal digitale-tv-verbindingen niet gelijk is aan nul.

7. CapEx- & OpEx-kostenmodule

Het doel van de Capex- & Opex-kostenmodule bestaat erin om de uitgaven (capex en opex) te berekenen die verband houden met de vereiste netwerkmiddelen die voortvloeien uit de dimensioneringsmodule. Dit deel geeft de stappen weer om deze uitgaven te verkrijgen, zoals geïllustreerd in de volgende figuur.

Stap 1. Bepaling van eenheidskosten van middelen en toepassing van trends

Stap 2. Berekening van de verwerving van middelen

Stap 3. Berekening van de jaarlijkse CapEx en OpEx

Figuur 7.1: kostentoerekening van de middelen [Bron: Axon Consulting]

Hierna wordt elke stap gedetailleerd toegelicht.

7.1. Stap 1. Bepaling van de eenheidskosten van de middelen en kostentrends

Om de eenheidskosten van de in het Model beschouwde middelen te bepalen, zijn twee inputs nodig:

- ▶ **Eenheidskostprijs:** Gescheiden in CAPEX en OPEX (voor de middelen waarop dat van toepassing is) in het lopende jaar. Deze informatie wordt ingevuld in het werkblad '1E INP UNITARY COSTS'.
- ▶ **Kostentrends:** Voor elk middel kan een kostentrend worden ingevuld, waarbij de verwachte evolutie van de prijzen ervan (zowel CapEX als OpEX afzonderlijk) in de toekomst kan worden geschetst. Deze informatie wordt ingevuld in het werkblad '1F INP COST TRENDS'.

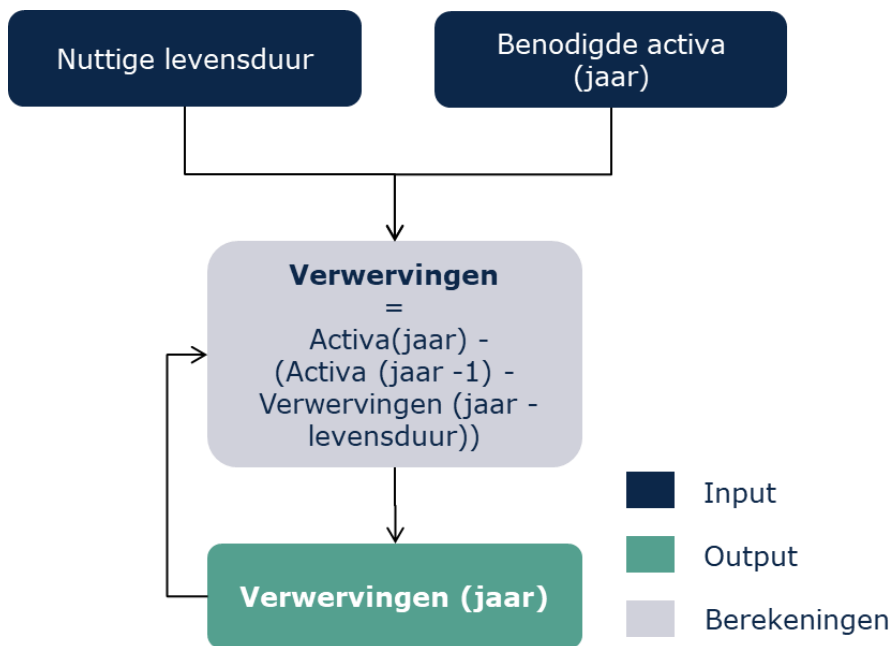
Nadat de historische eenheidskosten en kostentrends ingevoerd zijn, zal het model de trend toepassen daar waar de eenheidskosten niet zijn ingevoerd (d.i. gewoonlijk in toekomstige jaren). De formule die wordt gebruikt voor de toepassing van kostentrends is de volgende.

$$\text{Eenheidskost (jaar)} = \text{Eenheidskost (jaar - 1)} * (1 + \text{Trend (jaar)})$$

In het geval van de CapEx worden bijkomstig de kosten die verwant zijn aan de volledig afgeschreven activa uitgesloten. Aangezien deze activa reeds hun volledige nuttige levensduur hebben bereikt, vertegenwoordigen ze geen kosten meer voor de operator en zullen ze niet worden opgenomen in de resultaten van het model. Deze berekening wordt uitgevoerd in het werkblad '4A CALC UNIT CAPEX CONSOL' van het model.

7.2. Stap 2. Berekening van de verwerving van middelen

In stap 2 wordt voor elk jaar de berekening gemaakt van de investeringsuitgaven (CAPEX) die nodig zijn om nieuwe middelen te verwerven. Het volgende algoritme wordt gebruikt:



Figuur 7.2: Algoritme voor de berekening van verwerving van nieuwe middelen [Bron: Axon Consulting]

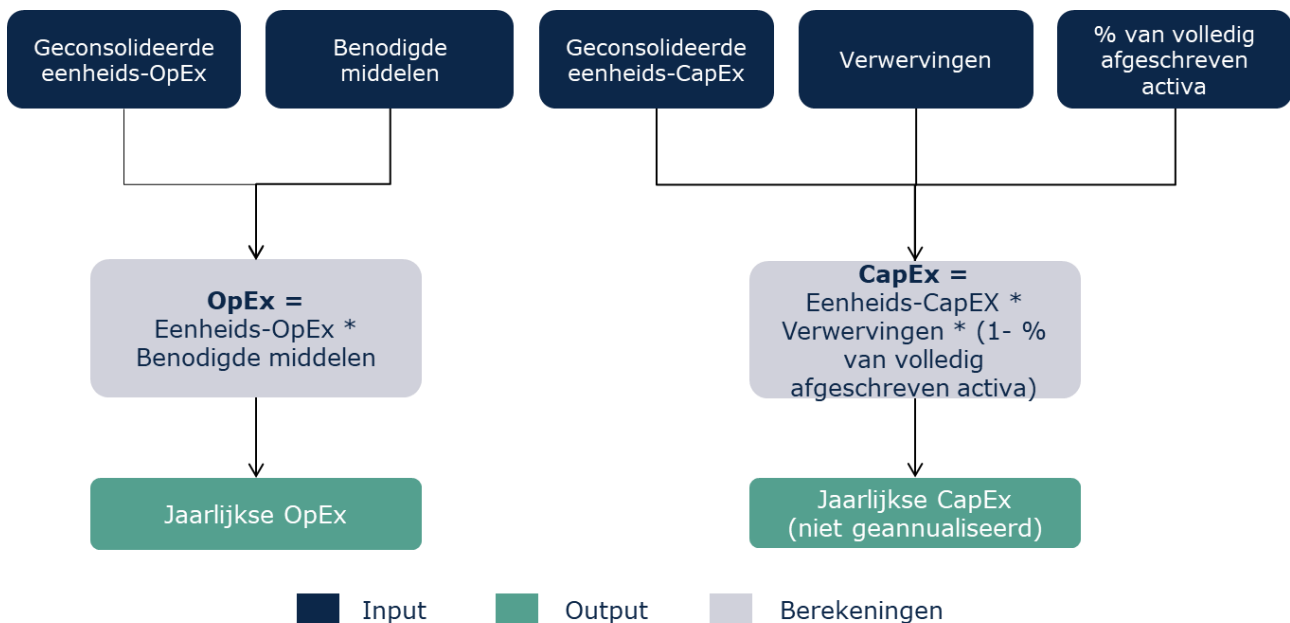
De verwerving van nieuwe middelen kan worden gestuurd door twee factoren, netwerkaanleg of vervanging van apparatuur, op de volgende manier:

- ▶ **Netwerkaanleg:** Het uitrollen van nieuwe of bestaande technologieën, of de verwerving van nieuwe apparatuur om de capaciteit te verhogen, zullen worden bepaald door bijkomende eisen aan het netwerk om aan de vraag te voldoen.
- ▶ **Vervanging van apparatuur:** Zodra de nuttige levensduur van de apparatuur verstreken is en als dit middel nog steeds nodig is voor de

netwerkvereisten, wordt het middel vervangen. In sommige gevallen, als de apparatuur niet langer nodig is, wordt de apparatuur alleen ontmanteld maar niet vervangen.

7.3. Stap 3. Berekening van de jaarlijkse CAPEX en OPEX

Zodra de eenheidskosten en de nieuwe verwervingen voor elk middel en jaar zijn bepaald, zal een "P*Q"-systeem worden gebruikt om de uitgaven te krijgen. De berekening van de jaarlijkse CAPEX (vóór annualisering) en de OPEX volgt het algoritme:



Figuur 7.3: algoritme voor de berekening van de jaarlijkse CAPEX en OPEX [Bron: Axon Consulting]

8. Afschrijvingsmodule

Doel van de afschrijvingsmodule is om de CAPEX te verdelen over de jaren (annualisering). In het model wordt de Economische afschrijvingsmethode toegepast. Het doel van economische afschrijving is om de terugwinning van de waarde van het bedrijfsmiddel aan te passen aan de economische waarde die het produceert.

In het bijzonder past economische afschrijving de annuïteiten van de investering aan door middel van een productiefactor die wordt gedefinieerd uitgaande van de prestatie die uit het bedrijfsmiddel wordt gehaald. Wanneer bijvoorbeeld verwacht wordt dat een bedrijfsmiddel in de toekomst meer zal worden gebruikt (bijv. door een toename in gebruik) resulteert de toepassing van economische afschrijving in hogere annuïteiten in de toekomst, dan in het heden (en betrekkelijk constante eenheidskosten).

Specifiek ziet de formule die wordt gebruikt in de berekening voor de economische afschrijving er als volgt uit:

$$c_i = I \cdot \frac{p_i \cdot f_i}{\sum_{n=i_0}^{i_0+UL-1} (p_n \cdot \alpha_n \cdot f_n)}$$

Waarbij:

- ▶ I de investering is in verband met het bedrijfsmiddel
- ▶ c_i staat voor de geannualiseerde kosten in jaar i (binnen de nuttige levensduur)
- ▶ f_i gelijk is aan de productiefactor die geassocieerd kan worden met het bedrijfsmiddel in jaar i , in termen van gemiddelde vraag per activa.
- ▶ p_i gelijk is aan de referentieprijs van het bedrijfsmiddel voor jaar i
- ▶ UL ("useful life") staat voor de nuttige levensduur van het bedrijfsmiddel
- ▶ i_0 gelijk is aan het jaar van aankoop van het bedrijfsmiddel
- ▶ α_i de factor kapitaalkosten vertegenwoordigt en beantwoordt aan de volgende formule:

$$\alpha_i = (1 + WACC)^{-(i-i_0+1)}$$

9. Kostentoe wijzing aan diensten

Dit deel beschrijft de methodiek die gevolgd werd om de incrementele en gemeenschappelijke kosten van de middelen te berekenen en hoe deze kosten toegewezen zullen worden aan de diensten, om te komen tot de eenheidskosten op basis van de LRIC+-standaard.

9.1. Berekening van incrementele en gemeenschappelijke kosten

De incrementele kosten verbonden aan elk increment zijn de vermindering in de kosten die worden berekend door het Model indien de verstrekking van de in dat increment opgenomen diensten stopgezet wordt. Deze kosten worden mathematisch uitgedrukt als het verschil tussen de kosten van de volledige vraag en de kosten die worden verkregen wanneer het niveau van de vraag naar de diensten opgenomen in het increment op nul worden gezet, waarbij alle overige diensten ongewijzigd blijven:

$$INCREMENTELE\ KOST(increment1) = F(v1, v2, v3, vN, C) - F(0, v2, v3, vN, C)$$

Waarbij F de formule is die het LRIC+-model weergeeft (dat de kosten berekent volgens de vraag en dekking), v_i het volume van de vraag van increment i vertegenwoordigt, en C de dekking vertegenwoordigt.

Om de incrementele kosten te berekenen, worden de incrementen gedefinieerd als groepen van diensten. Daarom moeten de diensten worden toegewezen aan incrementen. In het model (blad '0D PAR OTHER') zijn twee incrementen gedefinieerd: Toegang ("Access") en Transport ("Conveyance"). Vervolgens worden de diensten toegewezen aan dit increment in blad '0A PAR SERVICES'.

Nadat de incrementele kosten zijn berekend voor deze twee incrementen, zoals hiervoor beschreven, worden de gemeenschappelijke kosten per middel verkregen via het verschil tussen de totale kostenbasis verkregen op basis van de Fully Allocated Costs-standaard (waarbij de gehele vraag wordt beschouwd) en de incrementele kosten. In de volgende formule wordt deze berekening getoond:

$$\begin{aligned} GEMEENSCHAPPELIJKE\ KOST &= TOTALE\ KOST\ ("Fully\ Allocated\ Costs") \\ &- INCREMENTELE\ KOST(Toegangsincrement + Transportincrement) \end{aligned}$$

In het model worden de incrementele kosten van de middelen berekend in blad '9C CALC RES COST CONSOL' terwijl de gemeenschappelijke kosten te zien zijn in blad '11A CALC RES COMMON COST'.

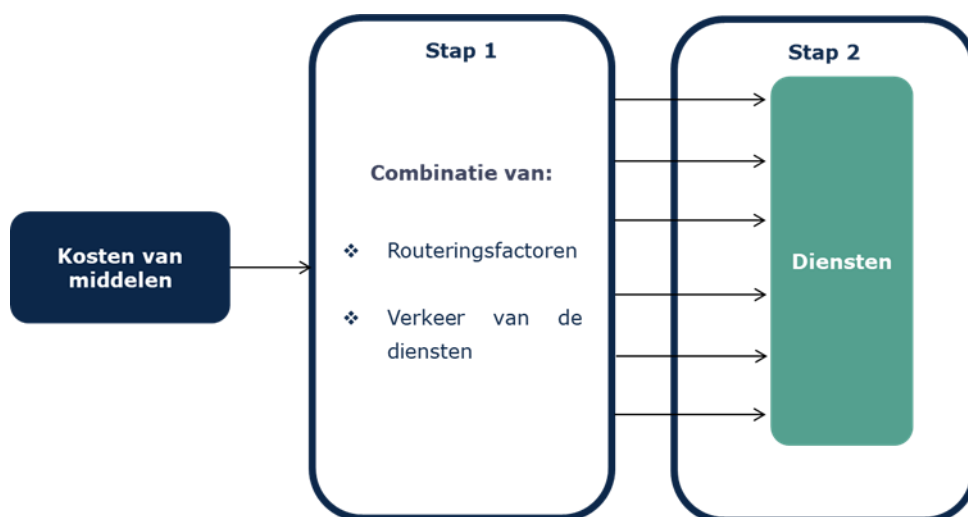
In het volgende deel wordt de methodiek voorgesteld die gebruikt wordt voor de toewijzing van de kosten van de middelen aan de diensten in het Model.

9.2. Toerekening van de kosten van middelen aan diensten

De incrementele kosten worden aan diensten toegerekend met behulp van routeringsfactoren. Deze methodiek wijst kosten toe aan producten op basis van het gebruik dat van elke apparatuur wordt gemaakt. De routeringsfactor is een maatstaf voor het aantal keren dat een middel door een specifieke dienst tijdens de verstrekking ervan wordt gebruikt. Zodra de jaarlijkse kosten die per middel worden opgelopen bekend zijn, moeten ze over de uiteindelijke diensten worden verdeeld.

Het proces van kostentoewijzing verloopt in twee grote stappen (zie onderstaande figuur):

- ▶ Stap 1. Combinatie van routeringsfactoren en verkeer van de diensten
- ▶ Stap 2. Toewijzing van kosten aan de diensten op basis van voorgaande combinatie



Figuur 9.1: Proces van kostentoewijzing met behulp van routeringsfactoren [Bron: Axon Consulting]

Nadat de incrementele kosten zijn toegewezen, is de toewijzing van de gemeenschappelijke kosten gebaseerd op een aanpak van de daadwerkelijke

capaciteit ('Effective capacity'). Deze methodiek wijst gemeenschappelijke kosten eveneens toe via de routeringsfactoren, waarbij dezelfde filosofie wordt gevolgd als bij de incrementele kosten.

Tot slot, wanneer de netwerkkosten zijn toegerekend, worden de algemene en administratieve uitgaven (G&A) en IT-kosten toegewezen aan alle diensten, volgens een aparte marge boven op de kosten van de diensten.

In de volgende paragrafen wordt dieper ingegaan op stap 1 en 2.

9.2.1. Stap 1: Combinatie van routeringsfactoren en verkeer van de diensten

De methodiek die wordt gebruikt om de kosten van middelen toe te rekenen aan diensten is gebaseerd op de idee dat de kosten van een middel die aan een dienst toegewezen worden in verhouding moeten zijn tot de hoeveelheid verkeer die deze dienst genereert, en tot een "factor van gebruik", de routeringsfactor. Vandaar dat hoe meer verkeer een dienst genereert, hoe hoger de kosten die aangerekend zullen worden vanuit het bedrijfsmiddel in kwestie; en hoe hoger het gebruik van een bedrijfsmiddel, hoe hoger de kosten die worden genomen.

Hieronder staat een illustratie van enkele voorbeelden van associaties van routeringsfactoren tussen diensten en middelen.

| EQUIVALENT EQUIPMENT (Group of resources) | Service CATEGORY | Service SUBCATEGORY | Service SEGMENT | Service DESCRIPTION | Routing Factor |
|---|------------------|---------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| Network Building Unit | Access | Cable | Retail | Access | 1.00 |
| Network Building Unit | Access | Cable | Wholesale | Access | 1.00 |
| Access Cable Cabling | Access | Cable | Retail | Access | 1.00 |
| Access Cable Cabling | Access | Cable | Wholesale | Access | 1.00 |

Figuur 9.2: illustratie van correlatie van routeringsfactoren en diensten en middelen (Blad '3C MAP ROUTING FACTORS') [Bron: Axon Consulting]

9.2.2. Stap 2: Kostentoewijzing aan diensten

Nadat het gewicht van één dienst met betrekking tot elk afzonderlijk bedrijfsmiddel is vastgesteld, kunnen alle kosten over alle diensten worden verdeeld.

De basisrelatie is als volgt:

$$ServiceCost(i, year) = \sum_n \frac{Asset(n, year) \cdot Traffic(i, year) \cdot RF(i, n)}{\sum_i Traffic(i, year) \cdot RF(i, n)}$$

Waarbij:

- ▶ ServiceCost (i, year) gelijk is aan de kosten van dienst i in een gegeven jaar
- ▶ Asset (n, year) gelijk is aan de kosten van middel n in dat jaar
- ▶ Traffic (i, year) gelijk is aan het verkeer van dienst i in het gekozen jaar
- ▶ RF (i, n) de routeringsfactor is die middel n koppelt aan dienst i

De toewijzing van kosten van de middelen aan diensten wordt voorgesteld in blad '10B CALC SERV INCR COST' en, waarbij de gebruikte formule de toepassing mogelijk maakt van de stappen die beschreven zijn in dit deel 9.2.

Bijlage A. Beschrijving van de diensten

Deze bijlage bevat een beschrijving van de diensten die werden opgenomen in het BULRIC-model voor HFC-netwerken.

- ▶ **Toegangsdiensten:** Deze diensten verschaffen toegang tot de klanten vanuit hun huishoudens/'dwellings' tot de lokale headend van de operator.
 - ❖ **'Access.Cable.Retail.Access':** Verstrekking van een coaxkabel aan een eindklant. De eenheidskost omvat de kosten voor het toegangsnetwerk, vanaf het gebouw van de klant tot aan de toegangsknooppunten (tot de lokale headend, en de CMTS-kosten inbegrepen). Gelieve op te merken dat het transport van verkeer dat door de abonnee wordt gegenereerd, vervat zit in andere diensten zoals breedband-, tv- of huurlijndiensten.
 - ❖ **'Access.Cable.Wholesale.Access':** Wholesaledienst die in termen van netwerkkosten gelijk is aan zijn tegenhanger bij de retaildiensten (zonder de kosten voor het HSS-platform) en doorverkocht zal worden door een vragende partij.

- ▶ **Breedbanddiensten:** Diensten die de kosten voor de verstrekking van breedbanddiensten omvatten. Deze diensten omvatten de kosten voor de transmissie en de toepasselijke coreapparatuur. Gelieve op te merken dat deze diensten geen kosten in verband met het (hierboven beschreven) toegangsnetwerk behelzen maar enkel de kosten voor het transport van dataverkeer. Deze diensten worden als volgt opgesplitst volgens type van dienst en maximumdownloadcapaciteit:
 - ❖ **Retaildiensten:** Bevatten de kosten gerelateerd aan de transmissie van het breedbandverkeer van een retailklant vanaf de toegangsknooppunten (lokale headends) tot het Internet³:
 - **'Broadband.Broadband.Retail.25 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Retail.50 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Retail.75 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Retail.100 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Retail.125 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Retail.150 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Retail.200 Mbps'**

³ Er dient te worden opgemerkt dat de kosten van de internationale connectiviteit met het Internet niet inbegrepen zijn.

- **'Broadband.Broadband.Retail.300 Mbps'**
- **'Broadband.Broadband.Retail.500 Mbps'**
- ❖ **Wholesalediensten (Bitstream):** Bevatten de kosten voor de transmissie van het breedbandverkeer voor de klant van een vragende partij vanaf het toegangsknooppunt (lokale headend) tot het punt waar het verkeer wordt gekoppeld met dat van de vragende partij:
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 25 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 50 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 75 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 100 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 125 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 150 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 200 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 300 Mbps'**
 - **'Broadband.Broadband.Wholesale.Bitstream 500 Mbps'**
- ❖ **'Broadband.Broadband.Wholesale.Local Ethernet Transport'.** Breedbanddienst verstrekt met een 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk via een Ethernet-connectie op lokaal niveau. De kosten omvatten enkel de netwerkkosten gerelateerd aan het transmissienetwerk.
- ❖ **'Broadband.Broadband.Wholesale.Regional Ethernet Transport'.** Breedbanddienst verstrekt met een 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk via een Ethernet-connectie op regionaal niveau. De kosten omvatten enkel de netwerkkosten gerelateerd aan de transmissie/corenetwerken.
- ❖ **'Broadband.Broadband.Wholesale.National Ethernet Transport'.** Breedbanddienst verstrekt met een 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk via een Ethernet-connectie op nationaal niveau. De kosten omvatten enkel de netwerkkosten in verband met de transmissie/corenetwerken.
- ▶ **'Voice.Voice.Retail.Voice traffic'.** Deze dienst omvat de kosten voor het transport van spraakverkeer via het vaste netwerk. De kosten houden verband met het transport van het spraakverkeer via het transmissie/corenetwerk, zonder de toegangsdienst te omvatten (zie hierboven) die vereist is om deze dienst te kunnen aanbieden.
- ▶ **Europacket Cable.Cable.Wholesale.EPC of equivalent QoS feature.** Deze dienst omvat de kosten voor het transport van spraakverkeer door middel van een dedicated kanaal volgens het EuroPacketCable-protocol. De kosten houden verband met het transport van het spraakverkeer via het

transmissie/corenetwerk, zonder de toegangsdienst te omvatten (zie hierboven) die vereist is om deze dienst te kunnen aanbieden.

- ▶ **Tv-diensten:** Deze diensten omvatten kosten voor het transport van tv-verkeer.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.TV - SD channel'**. Deze dienst vertegenwoordigt de kosten voor de transmissie van één SD-kanaal via het netwerk. De kosten houden verband met de transmissie van tv-verkeer en het gebruik van tv-platformen in de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.TV - HD channel'**. Deze dienst omvat de kosten voor de transmissie van één HD-kanaal via het netwerk. De kosten houden verband met de transmissie van tv-verkeer en het gebruik van tv-platformen in de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.Analogue TV - Channel'**. Deze dienst omvat de kosten voor de transmissie van één analoog kanaal via het netwerk. De kosten houden verband met de transmissie van tv-verkeer en het gebruik van tv-platformen in de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.Radio - Channel'**. Deze dienst omvat de kosten voor de transmissie van één radiokanaal via het netwerk. De kosten houden verband met de transmissie van tv-verkeer en het gebruik van tv-platformen in de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.VoD - Channel'**. Deze dienst vertegenwoordigt de kosten voor de transmissie van VoD-kanalen via het netwerk. De kosten houden verband met de transmissie van tv-verkeer en het gebruik van tv-platformen in de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.TV - SD channel'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Deze dienst wordt verkocht aan een andere operator of een ander bedrijf.
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.TV - HD channel'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Deze dienst wordt verkocht aan een andere operator of een ander bedrijf.
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.Analogue TV - Channel'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Deze dienst wordt verkocht aan een andere operator of een ander bedrijf.
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.Radio - Channel'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Deze dienst wordt verkocht aan een andere operator of een ander bedrijf.
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.VoD - Channel'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Deze dienst wordt verkocht aan een andere operator of een ander bedrijf.

- ❖ **'TV.TV.Retail.TV Line - Analogue'**. KPI die de kosten per klant voor de transmissie van analoge-tv-verkeer vertegenwoordigt.
 - ❖ **'TV.TV.Retail.TV Line - Digital'**. KPI die de kosten per klant voor de transmissie van digitale-tv-verkeer vertegenwoordigt (inclusief zowel SD- als HD-kanalen).
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.TV Line - Analogue'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Dezelfde netwerkkosten zijn van toepassing.
 - ❖ **'TV.TV.Wholesale.TV Line - Digital'**. Tegenhanger van de retaildienst in termen van eenheidskosten. Dezelfde netwerkkosten zijn van toepassing.
- ▶ **Huurlijnen:** Diensten aangeboden aan bedrijven of andere netwerkoperatoren die hen voorzien van 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk:
- ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Retail.Local Ethernet Transport'**. Huurlijnendienst verstrekt met een 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk via een Ethernet-connectie op lokaal niveau. De kosten omvatten enkel de netwerkkosten gerelateerd aan het transmissienetwerk.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Retail.Regional Ethernet Transport'**. Huurlijnendienst verstrekt met een 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk via een Ethernet-connectie op regionaal niveau. De kosten omvatten enkel de netwerkkosten gerelateerd aan de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Retail.National Ethernet Transport'**. Huurlijnendienst verstrekt met een 'uncontended' (dedicated) capaciteit in het netwerk via een Ethernet-connectie op nationaal niveau. De kosten omvatten enkel de netwerkkosten gerelateerd aan de transmissie/corenetwerken.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Wholesale.Local Ethernet Transport'**. Tegenhanger van de retaildienst van lokale huurlijnen in termen van eenheidskosten. De dienst wordt aangeboden aan andere netwerkoperatoren.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Wholesale.Regional Ethernet Transport'**. Tegenhanger van de retaildienst van regionale huurlijnen in termen van eenheidskosten. De dienst wordt aangeboden aan andere netwerkoperatoren.
 - ❖ **'Leased Lines.Leased Lines.Wholesale.National Ethernet Transport'**. Tegenhanger van de retaildienst van nationale huurlijnen

in termen van eenheidskosten. De dienst wordt aangeboden aan andere netwerkoperatoren.

► **Verwante en andere diensten.**

- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Retail.Consumption fee for exceeding monthly basic volume'**. De dienst omvat de extra kosten voor de retailklant wanneer hij de maandelijkse verbruikslimiet overschrijdt. In termen van eenheidskosten vertegenwoordigt deze dienst de kosten gerelateerd aan het transmissie/corenetwerk.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.Consumption fee for exceeding monthly basic volume'**. De dienst omvat de extra kosten voor de wholesaleklanten van de andere netwerkoperator wanneer ze de maandelijkse verbruikslimiet overschrijden. In termen van eenheidskosten vertegenwoordigt deze dienst de kosten gerelateerd aan de transmissie/corenetwerken.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.1 GE Port'**. Deze wholesaledienst omvat de kosten voor het gebruik van een Ethernet-poort van 1 Gigabit in het transmissienetwerk.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.10 GE Port'**. Deze wholesaledienst omvat de kosten voor het gebruik van een Ethernet-poort van 10 Gigabit in het transmissienetwerk.
- ❖ **'Ancillary.Ancillary.Wholesale.100 GE Port'**. Deze wholesaledienst omvat de kosten voor het gebruik van een Ethernet-poort van 100 Gigabit in het transmissienetwerk.

► **Andere ondersteunende diensten:** behelst een lijst van diensten die worden gebruikt voor de kostentoerekening van de rest van de hiervoor opgelijste diensten (gelijkaardig aan KPI's die vereist zijn) en die zijn:

- ❖ **Broadband.Broadband.Retail.Lines (niet voor kostentoerekening)**. Dit omvat het totale aantal breedbandlijnen voor retailklanten. Deze ondersteunende dienst wordt gebruikt om de kosten te berekenen voor sommige coreplatforms die worden toegewezen aan de eerder opgelijste breedbanddiensten.