



AALBORG UNIVERSITET

TEKNIK & IT

AFGANGSPROJEKTRAPPORT

# WIRELESS LAST MILE I GRØNLANDSKE BYGDER

3. oktober 2016

*Aqqalu Josefsen*

## **Resumé**

Kort og rammende ....

# Indhold

<b>1</b>	<b>Fremgangsmåde i projektet</b>	<b>2</b>
1.1	Projektets målsætning . . . . .	2
1.1.1	Formålsbeskrivelsen . . . . .	3
1.1.2	Projektets leverancer . . . . .	3
1.1.3	Projektets succeskriterier . . . . .	3
1.2	Interessentanalyse for projektet . . . . .	4
1.2.1	Liste over interessenter . . . . .	4
1.3	Grønland . . . . .	6
1.3.1	Fakta om Grønland . . . . .	6
1.3.2	Infrastruktur af telekommunikation . . . . .	7
1.3.3	Kapacitet . . . . .	8
1.3.4	Services . . . . .	8
1.3.5	Dataforbrug . . . . .	8
1.3.6	Prognose . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Tabs-konceptet</b>	<b>9</b>
2.1	ITU-R's koncept for tab over radio-forbindelser . . . . .	9
2.1.1	Systemtabet . . . . .	9
2.1.2	Transmissionstabet . . . . .	10
2.1.3	Basistabet og antenneforstærkningen . . . . .	10
2.2	Longley-Rice's computer metode . . . . .	11
2.2.1	Den glatte kurve gennem terrænet . . . . .	12
<b>A</b>	<b>Bilag</b>	<b>14</b>
A.1	Telesites . . . . .	14
*		

# Kapitel 1

## Fremgangsmåde i projektet

Til støtte for gennemførelse af dette projekt udarbejdes først en handlingsplan bestående af følgende elementer:

1. Målsætning for projektet. Målsætningen neddeles i:
  - (a) en formåls-beskrivelse,
  - (b) en liste over leverancer i projektet og
  - (c) projektets succeskriterier
2. Projektafgrænsning
3. Interessentanalyse
4. Milestone-plan
5. Projektorganisation
6. Arbejdsrum

### 1.1 Projektets målsætning

For at lave afgangsprojektet har vi behov for en klar målsætning.

Telekommunikationen netværket i Grønland (især i nordgrønland og østgrønland) er nu ved at være forældet. Derfor har Tele Greenland planer om at udskifte den nuværende kommunikationsnetværk med nyere teknologi, som opfylder kundernes behov. Tele Greenland har allerede i dag nyere kommunikationssystem i nogle steder i Grønland, især i større befolkede byer. Det teknologi skal udvides og fornyes i nogle steder. I mindre befolkede byer som i nordgrønland, skal hele kommunikationssystemet skiftes. Planen er at det nye kommunikationsnetværk kun skal være “mobile only”, dvs. den fastnettede kommunikationssystem bliver udfaset.

### 1.1.1 Formålsbeskrivelsen

*Vi ønsker at afklare, hvorledes Tele Greenland's forbindelser mellem kunden og centralen i bygder og mindre byer kan udskiftes fra kabelforbindelser til trådløse forbindelser.*

Følgende emner bliver analyseret:

- Størrelsen af Grønland
- Befolkningstal
- Hvilke produkter/services kunderne bruger i hver by og hver bygd

For at projektet leveres og afsluttes tilfredsstillende er der lavet succeskriterier, som kan læses i afsnit 1.1.3

### 1.1.2 Projektets leverancer

Projektets leverancer er en Rapport - færdiggjort og afleveret inden den 5. januar kl. 12.00 (dansk tid) 2017 indeholdende:

- Case-study af én eller to udvalgte bygder
- 

### 1.1.3 Projektets succeskriterier

Projektet har to sæt succeskriterier. Det ene sæt er kriterierne for en god projektrapport, der bliver evalueret ved afgangseksamen. Her skal rapporten demonstrere, at den studerende:

- "Skal kunne vurdere praksisnære og teoretiske problemstillinger samt begrunde og vælge relevante løsningsmodeller."
- "Skal evne at omsætte akademiske kundskaber og færdigheder til relevant, praktisk problembearbejdning og løsning på diplomingeniørniveau"
- "Skal evne at opstille robuste tids- og arbejdsplaner for eget projekt"
- "Skal selvstændigt og med professionel tilgang kunne indgå i en dialog med professionelle interessenter"

Det andet sæt succeskriterier er kriterierne for en anvendelig løsning, der opfylder formålsbeskrivelsen. Følgende succeskriterier sættes op:

- Udarbejdelse af prognose for kapacitetskrav
- Udarbejdelse af specifikationer for, hvilke interfaces/tjenester, det trådløse Last-Mile koncept skal levere

- Ud fra kapacitetskrav udarbejde krav til dimensionering af det lokale mobilnet ()
- Identifikation af, hvilke informationer, der er nødvendige for at kunne beregne eller analysere kapacitet og dækningsbehov på en given lokation
- Udarbejde en model og en metode, som kan bruges til at beregne placering, antal og typer af antenner - En beregningsmodel som efterfølgende kan genbruges generelt på en given lokation.
- beskrivelse af de værktøjer, der anvendes for - ud fra modellen - at
- Udarbejdelse af specifikationer til valg af bygd, der er velegnet for en case-study (forslag: En bygd, hvor alle tjenester er repræsenteret, og hvor de topografiske forhold er en udfordring)
- Valg af bygd

## 1.2 Interessentanalyse for projektet

*"Hvem skal vi gøre glade"* I interessentanalysen findes en liste over projektens interessenter, og en beskrivelse af hvordan interessenterne gøres tilfredse og hvordan de hvert enkel kommer til at bidrage til projektet.

### 1.2.1 Liste over interessenter

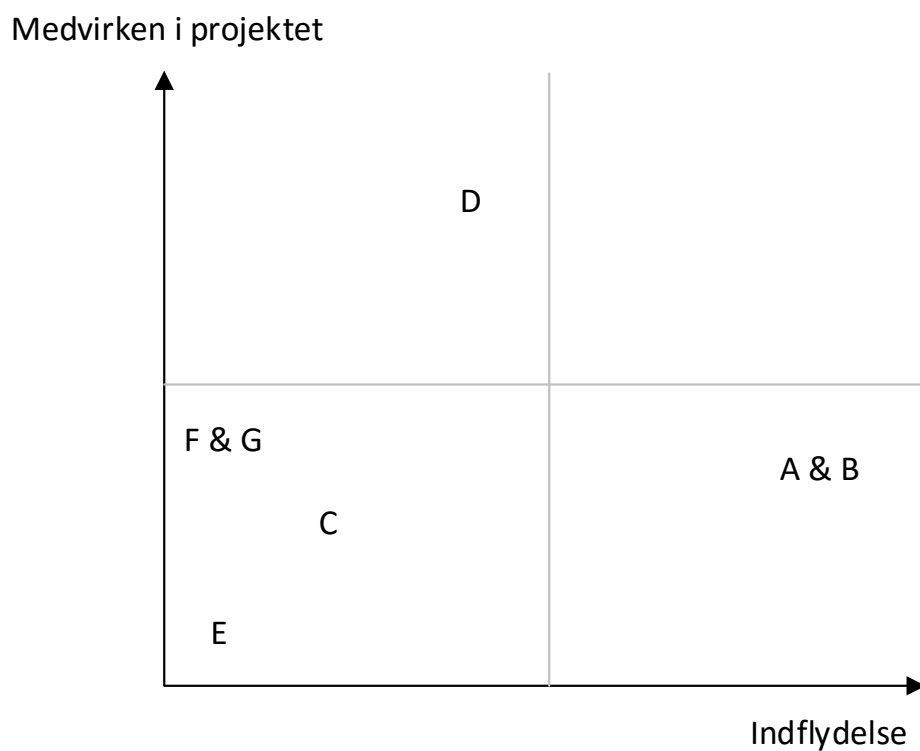
- A. Troels Bundgaard Sørensen** Associate Professor i Dep.8 (Department of Electronic Systems), Aalborg Universitet, +45 9940 8618  
*Vejleder for Aqqalu Josefsen. Sidder i projektets styregruppe.*
- B. John Siegstad (JFS)** Afdelingschef for afd.4400 Planning, Tele Greenland A/S, +299554853  
*Sidder i projektets styregruppe.*
- C. Haukur Thor Bragason (THOR)** Afdelingschef, Tele Greenland A/S, +299555224  
*Teknisk ansvarlig for "Last Mile" i Grønland (dog ikke kabelnettet og krydsfelterne).*
- D. Jukka Wagnholt (JUW)** Radioplanlægger, 386335, Tele Greenland A/S, +299585688  
*Planlægger af Grønlands mobilnet. Anvender et Radio Planning og optimerings software udviklet af software-virksomheden "Forsk". Kan potentielt bidrage rigtig meget til projektet.*
- E. ArKalo Andersen (ARAN)** Afdelingschef for afd.6020 TED LTS ("liniefolkene"), Tele Greenland A/S, +299562263  
*Teknisk ansvarlig for land-kabelnettet og krydsfelterne.  
Det videre udfald, der efterfølger dette afleveringsprojekt, vil have indflydelse på hvordan og hvornår Wireless Last Mile erstatter kabelnettet i grønlandske bygder og mindre byer, hvilket igen vil have stor indflydelse på liniefolkenes arbejdsområde.*

**F. Karin G. Nielsen (KGN)** Tegnestueleder, Tele Greenland A/S, +299550915.

*Forventes at kunne levere dokumentation som kort, tekniske tegninger og topografiske data til projektet.*

**G. Mattias Törnquist (MATOR)** Planlægningsingeniør i afd.4120 4120 Server/ Database, Tele Greenland A/S +299386485

*Forventes at kunne levere statistiske data som antal abonnenter, kapacitetsforbrug, fremskrivninger o.lign.*



Figur 1.1: Illustration af hvor interessenterne er placeret i forhold til medvirken og indflydelse for projektet

## 1.3 Grønland

I denne afsnit vil Grønland blive beskrevet. Her vil størrelsen af landet, byerne samt bygderne og befolkningstallet blive analyseret.

### 1.3.1 Fakta om Grønland



Figur 1.2: Afstandene mellem byerne er store og største delen af Grønland er dækket med is

Grønland er verdens største (ikke kontinental) ø 1.2, som ligger imellem den nordlige Atlantiske Ocean og den Arktiske Hav. Størrelsen af landet er  $2.166.086 km^2$ , hvor  $410.449 km^2$  er isfrit og kystlinjen strækker sig over 44.000 km. Den isfrie del af Grønland er bjergrig med mange fjorde[2].

Grønland ligger i arktis, det betyder at temperaturen i vinter perioden ligger omkring  $-20 \text{ deg } C$  i den nordligste by og  $-3 \text{ deg } C$  i den sydligste by, hvor imod i sommer perioden ligger temperaturen omkring  $7 \text{ deg } C$  i den nordligste ny og  $8 \text{ deg } C$  i den sydligste by[4][3].

Den 1. januar 2016 boede der 55.847 personer og grønlands statistik forventer at befolkningsantallet vil falde til 53.000 personer i de kommende 24 år[1].

Hovedstaden hedder Nuuk og ligger på grønlands vestkyst, hvor i dag bor omkring 12.800 personer.

På tabel 1.1, kan befolkningsantallet ses delt i kommunerne.



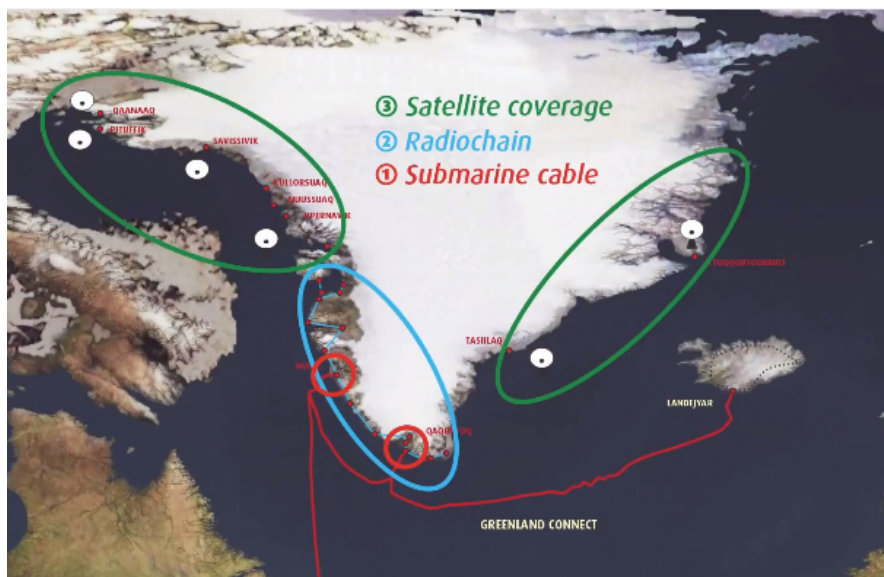
2016	
Kommune Kujalleq	6.811
Kommuneqarfik Sermersooq	22.480
Qeqqata Kommunua	9.423
Qaasuitsup Kommunua	17.008
Udenfor kommunerne	125

Tabel 1.1: Befolkningsantal fordelt i kommuner

### 1.3.2 Infrastruktur af telekommunikation

Som tidligere nævnt, er Grønland et stort land, hvor byerne ikke er forbundet med veje, da afstanden mellem byerne og bygderne er stor. Men Tele Greenland har et netværk der forbinder alle byer og bygder i Grønland til omverdenen. Tele Greenland har i dag delt telekommunikationsinfrastrukturen i tre zoner, se figur 2.1.

Den røde linje er søkablet, som er forbundet til to byer i Grønland (Nuuk og Qaqortoq)



Figur 1.3: Telekommunikationsinfrastruktur delt i 3 zoner

fra Island og Canada.

Den blå cirkel er zonen, hvor byerne og bygderne er forbundet med radiokæde. Cirklen strækker sig fra Nanortalik (Sydgrønland) til Uummannaq (Nordgrønland).

Den zone er de grønne cirkler, som er placeret i den nordlige del af Grønland og øst Grønland. byerne og bygderne i de grønne zoner er forbundet til satellitter.

Den overordnede telekommunikationsinfrastruktur kan ses i bilag A.1

De grønne zoner har som sagt kommunikation via satellitter, og derfor er kommunikations hastigheden også ringere end de to andre zoner.

### **1.3.3 Kapacitet**

### **1.3.4 Services**

I de seneste år, viser tallene, at både den mobile bredbånd- og mobiltelefonabonnenter er stigende, hvorimod abonnenter for bredbånd via fastnet og telefonlinjer er faldende.

### **1.3.5 Dataforbrug**

### **1.3.6 Prognose**

I takt med at flere benytter sig af den mobile bredbånd- og mobiltelefonabonnenter, stiger også kapacitetsbehovet for brugerne og kommunikationsnetværket i Grønland. Tele Greenland har udarbejdet en prognose over kapacitetsbehovet over tid (fra 2017 til 2022) og sted i Grønland.

## Kapitel 2

# Tab-konceptet

Udgangspunktet for beregningerne af en trådløs tjenestes fremkommelighed er en model-  
lering af det effekt-tab, som radiosignalet har undervejs fra transmitteren til receiveren.

### 2.1 ITU-R's koncept for tab over radio-forbindelser

Et udbredt koncept ved anskelse af transmissionstab er det, der allerede i 1951 første gang blev beskrevet af ITU i rekommendationen ITU-R P.341[5].

Konceptet udmærker sig ved at isolere effekttab i radiokomponenter som antenner, filtre, bølgeledere, transceivere etc. fra effekttabet i radiosignalet på sin vej ind over landskabet.

Rekommendationen blev lavet i regnestokkenes tid, så alle effekter ( $P$ ) er i  $dB_m$  mens alle dæmpninger ( $L$ ) og forstærkninger ( $G$ ) er i  $dB$ .

#### 2.1.1 Systemtabet

Det samlede tab i det viste koncept - kaldet "*systemtabet*" - er det tab, signalet har fra transmitter til receiver, antennetab indbefattet. Modellen befatter sig ikke med tab i evt. filtre og bølgeledere.

$$L_s = P_t - P_r \quad (2.1)$$

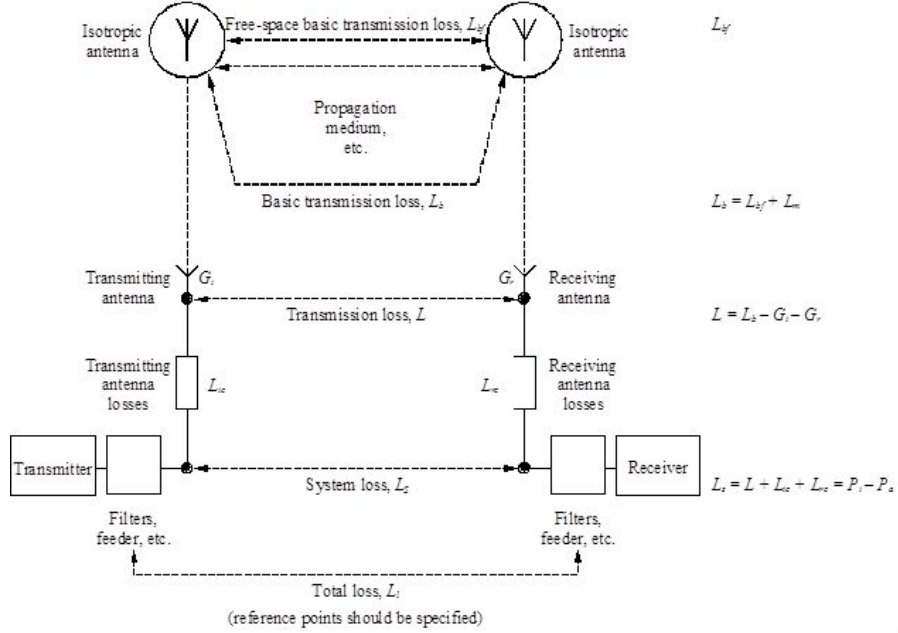
hvor:

$L_s$ : Tab for det samlede system

$P_t$ : Effekt afsendt af transmitteren (på udgangen af evt. filtre og bølgeledere)

$P_r$ : Effekt modtaget af receiveren (på indgangen af evt. filtre og bølgeledere)

FIGURE 1  
Graphical depiction of terms used in the transmission loss concept



0341-01

Figur 2.1: Rec. ITU-R P.341-5, figure 1, Graphical depiction of terms used in the transmission loss concept

### 2.1.2 Transmissionstabet

*Transmissionstabet* ( $L$ ) er systemtabet uden tab i antennerne:

$$L = L_s - L_{tx} - L_{rx} \quad (2.2)$$

hvor:

$L$ : Transmissionstabet

$L_s$ : Systemtabet

$L_{tx}$ : Tab i senderantennen

$L_{rx}$ : Tab i modtageantennen

### 2.1.3 Basistabet og antenneforstærkningen

*Basistabet* ( $L_b$ ) er tabet over nogle teoretiske isotropiske (kugleformede) antenner, ækvivaleret med de faktiske antenner ved introduktionen af antenneforstærkningskonceptet:

$$L_b = L + G_t + G_r \quad (2.3)$$

hvor:

$L_b$ : Basistabet

$L$ : Transmissionstabet

$G_t$ : Senderantennens forstærkning (i forhold til en isotrop antenne)

$G_r$ : Modtageantennens forstærkning (i forhold til en isotrop antenne)

Gevinsten ved indførelsen af antenneforstærkningskonceptet er, at man afkobler alle radiokomponenternes (incl. antennernes) karakteristika fra indflydelse på modellen for radiosignalet effekt-tab gennem luften over terrænet på sin vej fra sender til modtager. Definitionen på en antenne-forstærkning er givet i Annex 1, sektion 2 i ITU-R rekommendationen P.341<sup>1</sup> [5].

Sendendeeffekten ved den hypotetiske isotropiske sendeantenne er altså:

$$P_{it} = P_t + G_t \quad (2.4)$$

og modtageeffekten i den hypotetiske isotropiske modtageantenne bliver:

$$P_{ir} = P_r - G_r \quad (2.5)$$

hvor:

$P_{it}$ : Sendendeeffekten ud af den hypotetiske isotropiske sendeantenne

$P_t$ : Sendendeeffekten ud af den faktiske sendeantenne

$P_{ir}$ : Modtageeffekten ind i den hypotetiske isotropiske modtageantenne

$P_r$ : Modtageeffekten ind i den faktiske modtageantenne

## 2.2 Longley-Rice's computer metode

Et kendt eksempel på praktisk anvendelse af ITU's tabskoncept er den såkaldte Longley-Rice model. Denne model blev standard i U.S.A. allerede i 1965[6].

Longley og Rice havde kun 3 år efter - i 1968 - beskrevet en metode, hvorved man med en computer kan beregne tabet[7].

Metoden dækker et stort dynamikområde. I tabel 2.1 er området specificeret ud.

---

<sup>1</sup>"The power gain of an antenna is defined as the ratio, usually expressed in decibels, of the power required at the input of a loss-free reference antenna to the power supplied to the input of the given antenna to produce, in a given direction, the same field strength or the same power flux-density at the same distance. When not specified otherwise, the gain refers to the direction of maximum radiation. The gain may be considered for a specified polarization."

Parameter:	Dynamikområde:
Frekvens	20 til 40.000 MHz
Antennehøjde	0,5 til 3.000 m
Distance	1 til 2.000 km
Luftens brydningsindex (refraktivitet ( $n$ ))	250 til 400

Tabel 2.1: Longley-Rice modellens dynamikområde

### 2.2.1 Den glatte kurve gennem terrænet

Der laves en cirkelbue gennem terrænet mellem sende- og modtageantennen, således at cirkelbuen skærer gennem terrænet under den laveste antennes mastefod.

#### Matematisk beskrivelse af terrænet ( $\Delta h(d)$ )

Terrænets beskaffenhed tages ind i Longley-Rice modellen med blandt andet parameteren  $\Delta h(d)$ , som er middelværdien af højdeforskellene i terrænet mellem sende- og modtageantennen. Matematisk kan det skrives som:

$$\Delta h(d) = \sum_{n=1}^N \frac{\Delta h_n}{\Delta d_n} \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \Delta h \quad (2.6)$$

hvor:

$\Delta h_n = h_n - h_{n-1}$ : er terrænets højdetilvækst på positionen for den  $n$ 'te måling [m].

$\Delta d_n = d_n - d_{n-1}$ : er afstanden mellem positionerne for den  $n$ 'te og den  $n - 1$ 'te måling [km].

#### Antennens effektive højde over terrænet

Hvis terrænet var fladt, ville antennens effektive højde ( $h_{e1,2}$ ) være lig med antennens strukturelle (faktiske) højde ( $h_{g1,2}$ ) over terrænet.

$$h_{e1,2} = h_{g1,2} \quad (2.7)$$

hvor:

$h_{e1,2}$ : er henholdsvis sende- og modtageantennens *effektive* højde over jorden

$h_{g1,2}$ : er henholdsvis sende- og modtageantennens *faktiske* højde over jorden

Hvis antennemasten står på terræn hævet over det omgivende terræn, ville antennens effektive højde ( $h_{e1,2}$ ) være større med antennens strukturelle (faktiske) højde ( $h_{g1,2}$ ) over terrænet.

$$h_{e1,2} = h_{g1,2} + k \cdot \exp\left(-2 \cdot \frac{h_{g1,2}}{\Delta h}\right) \quad (2.8)$$

hvor:

$h_{e1,2}$ : er henholdsvis sende- og modtageantennens *effektive* højde over jorden

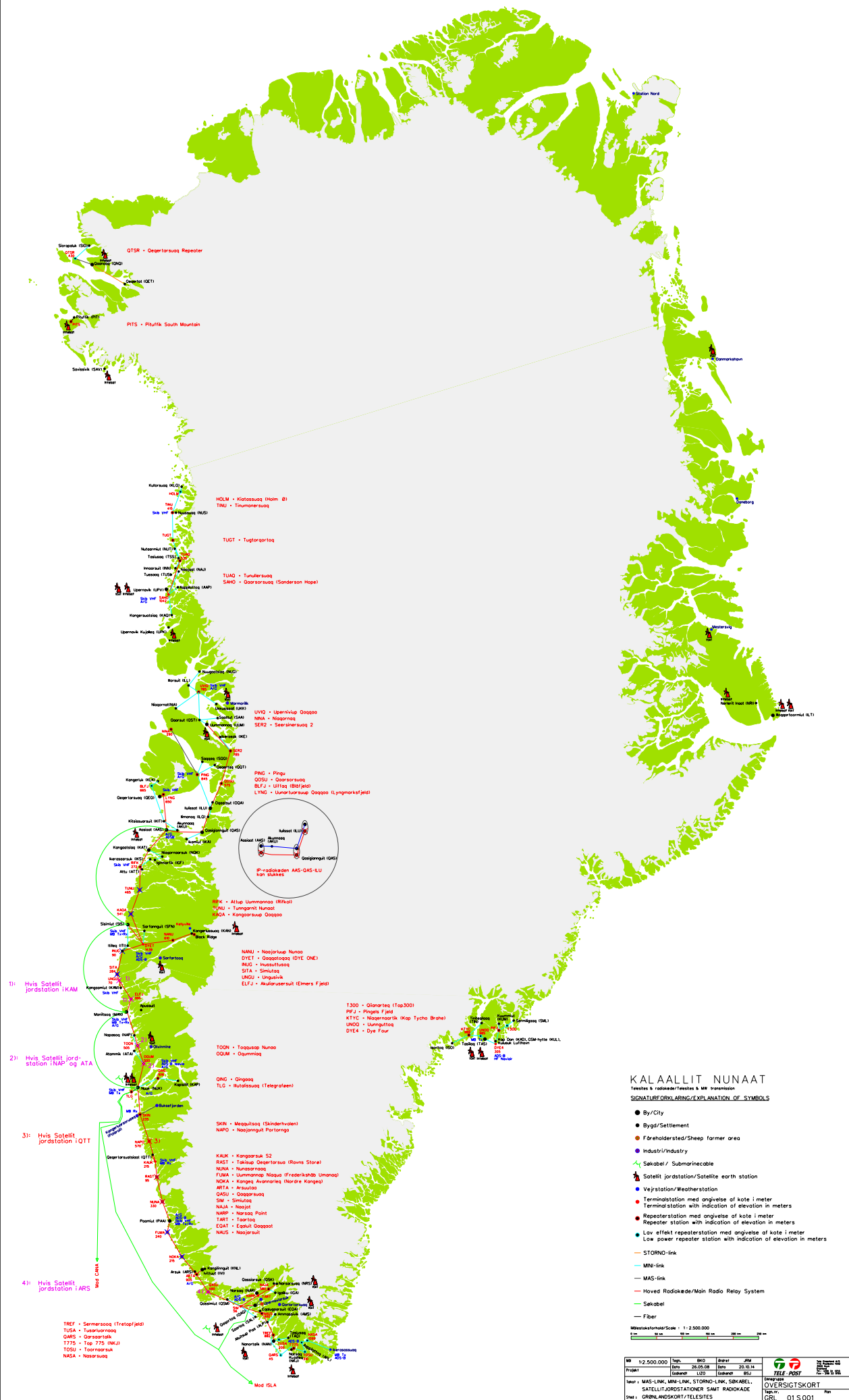
$h_{g1,2}$ : er henholdsvis sende- og modtageantennens *faktiske* højde over jorden

## Appendix A

# Bilag

### A.1 Telesites





# Bibliografi

- [1] *Befolkning*. 2016. URL: <http://www.stat.gl/dialog/topmain.asp?lang=da&subject=Befolkning&sc=BE>.
- [2] *Greenland in figures*. 2013. URL: <http://www.stat.gl/publ/da/GF/2013/pdf/Greenland%20in%20Figures%202013.pdf>.
- [3] *Nanortalik*. Okt. 2016. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Nanortalik>.
- [4] *Qaanaaq*. Okt. 2016. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Qaanaaq>.
- [5] *Recommendation ITU-R P.341-5: The concept of transmission loss for radio links*. ITU-R, okt. 1999.
- [6] P. L. Rice og A. G. Longley et. al. *Transmission loss predictions for tropospheric communication circuits*. National Bureau of Standards, maj 1965.
- [7] P. L. Rice og A. G. Longley. *Prediction of tropospheric radio transmission loss over irregular terrain - a computer method*. Tropospheric Telecommunications Laboratory - Institution for Telecommunication Science, 1968.