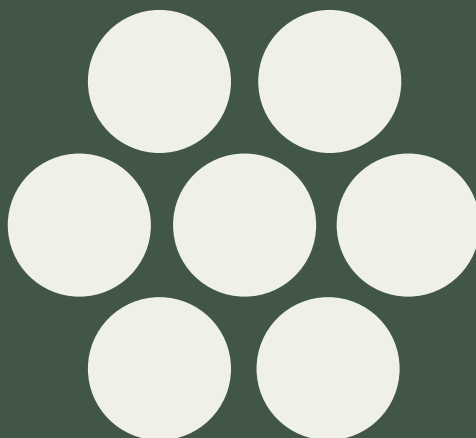


Vägledning för införande av Passiva Optiska Nät

Huvuddokument

Version 1.0





Innehåll

1. Inledning	4
2. Bakgrund och syfte	4
3. Definitioner	5
4. Passiva Optiska Nät (PON) en översikt.....	7
4.1 Nätöversikt PON (Passive Optical Network)	7
4.1.1 Nyckelkomponenter	7
4.1.2 Funktion	12
4.1.3 Optisk infrastruktur	13
4.1.4 Redundans i passiva optiska nätverk	13
4.1.5 Fiberkontakter	14
4.2 PON varianter	14
5. Förstudie och design	15
5.1 Inledning.....	15
5.2 Att beakta vid införandet av PON	16
5.3 Checklistor	17
5.4 Etablering av ett nytt XGS-PON.....	18
5.4.1 Allmänt.....	18
5.4.2 Förstudie och behovsanalys	18
5.4.3 Teknisk design och planering	19
5.4.4 Installation och driftsättning	21
5.5 Konvertering från ett Punkt till Punkt nät till XGS-PON	22
5.5.1 Allmänt.....	22
5.5.2 Förstudie och behovsanalys	22
5.5.3 Teknisk design och planering	24
5.5.4 Installation och driftsättning	25
5.6 Migrering från GPON till XGS-PON.....	26
5.6.1 Allmänt.....	26
5.6.2 Förstudie och behovsanalys	26
5.6.3 Teknisk design och planering	28
5.6.4 Installation och driftsättning	30
6. Installation	31
6.1 Kontakter	31



6.2 OLT	32
6.2.1 Allmänt.....	32
6.2.2 Placering av OLT i site	32
6.3 Splitter.....	35
6.3.1 Allmänt.....	35
6.3.2 Splitter.....	35
6.3.3 Placering av splitter i skarvenhet	35
6.3.4 Placering av splitter i kabelbrunn	39
6.4 ONT	41
6.4.1 Allmänt.....	41
6.4.2 Placering av ONT.....	41
7. Dokumentation och märkning.....	42
7.1 Inledning.....	42
7.2 Dokumentation	42
7.3 Märkning	43
8. Aktivering av det aktiva XGS-PON - nätet	44
9. Slutlig övergång och uppföljning	46
10. Standards.....	47
11. Bilagor	47



1. Inledning

För att möta ökande krav på kapacitet, tillgänglighet och kostnadseffektivitet i accessnätet, finns ett växande behov av att modernisera befintlig fiberinfrastruktur. Det traditionella punkt-till-punkt-nätet (P2P) kräver stora fiberresurser och aktiv utrustning i fält, vilket ger höga investerings- och driftkostnader samt begränsad skalbarhet.

Passive Optical Network (PON) är en etablerad teknik som möjliggör delning av fiberresurser genom passiva splitters, vilket gör det möjligt att ansluta flera användare via en och samma fiber från nod till område. Genom att införa PON i delar av det befintliga fibernätet kan vi:

- Effektivisera fiberanvändningen
- Minska antalet aktiva siter i fält
- Sänka drifts- och underhållskostnader
- Framtidssäkra nätet för högre bandbreddskrav

2. Bakgrund och syfte

För att säkerställa ett enhetligt, kvalitetssäkrat och skalbart införande av PON behövs en gemensam teknisk vägledning som beskriver krav, designprinciper, utrustning, arbetsmoment, dokumentation och märkning.

Denna vägledning ska fungera som stöd för projektörer, installatörer, tekniker och driftorganisationen i både planerings- och implementeringsfasen.



3. Definitioner

BSS – Business Support System:

System som hanterar affärsprocesser som fakturering, kundhantering, etc.

Distributionsfiber - Fibersträckan fram till den optiska accesspunkten (t.ex. en splitter i gatan eller ett skåp) där användarnas Dropförbindelse terminerar.

Dropfiber - Fibersträckan som går från den optiska accesspunkten (t.ex. en splitter i gatan eller ett skåp) till slutkundens fastighet eller lokal.

Feeder - Fibersträckan från OLT till det första splittersteget. Denna del hanterar hög kapacitet och är central för att distribuera signalen vidare.

GPON – Gigabit Passive Optical Network:

En typ av PON-standard som erbjuder 2.5 Gbps Nedströms och 1,25 Gbps Uppströms

MDU (Multi Dwelling Unit)

Det betyder flerbostadshus, till exempel hyreshus eller bostadsrätter

NMS – Network Management System:

System för hantering och övervakning av nätverkets prestanda och konfiguration.

OLT – Optical Line Terminal:

Utrustning som finns i nätets centrala sida och hanterar kommunikationen med användarnas enheter.

ONT/ONU – Optical Network Terminal/Unit:

Omvandlar optisk signal till elektrisk signal. Båda är kundplacerade enheter i ett PON-nät och begreppen används ibland omväxlande, men det finns en distinkt skillnad i användning och placering:

- **ONT.** Hos slutkunden (i bostaden eller lokalen).
- **ONU.** Behöver inte vara direkt hos slutkunden – kan sitta i ett källarrum, teknikskåp eller i en byggnad nära central punkt.

OSS – Operations Support System:

System för drift och övervakning av nätverksinfrastruktur.

PON – Passive Optical Network:

Ett fibernätverk utan aktiva (strömförsörjda) komponenter mellan site och kund.

Redundans och Failover

- **Redundans** innebär att det finns reserverade resurser (fibrer, noder, länkar, system eller processer) som kan aktiveras vid fel.
- **Failover** är den faktiska mekanismen som automatiskt eller manuellt växlar över till den redundanta resursen.



XG-PON – 10 Gigabit Passive Optical Network:

Första steget i Next Generation PON. Klarar upp till 10 Gbit/s i nedströms riktning, medan uppströms är 2,5 Gbit/s.

XGS-PON – 10 Gigabit Symmetric Passive Optical Network:

G står för Gigabit, X representerar siffran 10 och bokstaven S står för symmetrisk.

XGS-PON = 10 Gigabit Symmetrisk PON

NG-PON2 - Next-Generation Passive Optical Network

Andra generations NG-PON-standard efter XG-PON. Stödjer upp till 8 våglängder, men typiska system använder 4 nedströms + 4 uppströms våglängder. Varje våglängd kör 10 Gbit/s, vilket gör 40 Gbit/s möjligt i vardera riktningen.

25G-PON (25 Gigabit PON)

Under utveckling och baseras också på IEEE och OIF-tekniker. Använder *wavelength division multiplexing* (WDM) och avancerade modulationstekniker som PAM4. Kapacitet: nedströms: 25 Gbit/s - uppströms: Vanligtvis 10 eller 25 Gbit/s

50G-PON

ITU-T G.9804 (kompletterad 2021 och framåt). Avancerad modulation som PAM4 eller Duobinary, förbättrad FEC (felkorrigering). Kapacitet: nedströms: 50 Gbit/s - uppströms: 25 eller 50 Gbit/s (beroende på version)

SDU (Single Dwelling Unit)

Fristående enfamiljshus, till exempel villa eller radhus.



4. Passiva Optiska Nät (PON) en översikt

4.1 Nätöversikt PON (Passive Optical Network)

Passiva optiska nät (PON) är en typ av fiberoptiskt nätverk som används för att leverera bredbandstjänster som internet, TV och telefoni till slutkunder. Det är ett **punkt-till-multipunkt-nät (P2MP)** som använder **passiva komponenter** (utan elförsörjning) i fibernätet, vilket gör det kostnadseffektivt.

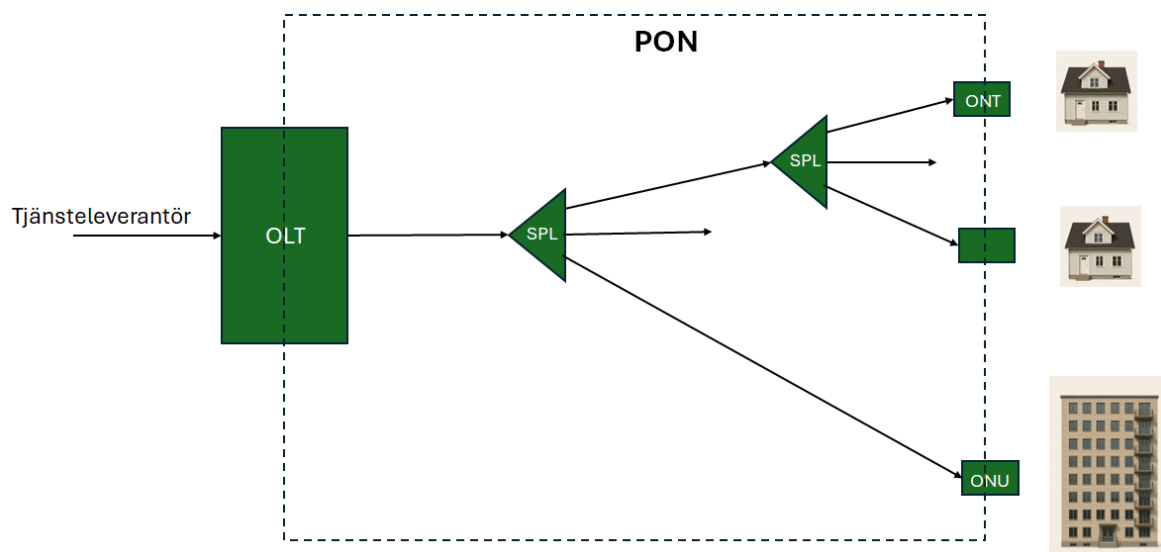


Bild. Översikt PON

4.1.1 Nyckelkomponenter

- **OLT (Optical Line Terminal)**



- Fungerar som den aktiva noden i nätet.
- Integrerar L2 / L3 switchfunktioner.
- Installeras i Huvudnoden
- Ansluts mot core/aggregations-switch



- Ansluter ett eller flera PON-nätverk via PON-kort (elektronik för att sända och ta emot optiska signaler enligt en viss PON-standard t.ex. GPON, XG-PON, XGS-PON, NG-PON2).
- PON-korten har vanligtvis 4, 8 eller 16 portar per kort. Portarna bestyckas med SFP- moduler/transciverson (Small Form-factor Pluggable) beroende på aktuell PON-standard.
- Styr kommunikationen samt skickar och tar emot data till/från användare.

• Splitter

Optiska splitters är viktiga komponenter i fiberoptiska nätverk och möjliggör distribution av optiska signaler från en enda fiber till flera fibrer.

Det finns två typer av splitters, FBT-splitters (Fused Biconical Taper) med flexibla delningsförhållanden (1x2, 1x3, 30/70) och PLC-splitters (Planar Lightwave Circuit-splitter) med symmetriska delningsförhållanden (1x8, 1x16, 1x32...)

PLC-splittern är den vanligast förekommande splittern i PON installationer. Den bygger på ett etsat glaschip som delar inkommande ljus 50/50 i ett eller flera steg vilket gör att den kan fås med olika antal fiber ut. Så som 1:2, 1:4, 1:8, 1:16 o.s.v.

Splitterchip finns i olika kapslingar anpassade för var och hur splittern placeras i nätet. Även kvalitetsnivåer och optiska egenskaper, som t.ex. dämpningsnivåer, temperaturområde och våglängdsspann kan skilja mellan olika splitters.



Bild. Princip splitterfunktion

En passiv optisk **splitter** delar upp signalen från OLT till användarna utan att kräva extern strömförsörjning.

Splittarna orsakar **optisk dämpning**, vilket måste beaktas i nätplaneringen (t.ex. 1:32 splitter ger ca 15–17 dB förlust).



Splittern kan placeras centralt eller distribuerat, beroende på topologi (centraliserad, trädstruktur, eller fördelad).

Splitterförhållande	Typisk dämpning (dB)	Max dämpning (dB, enligt ITU-T G.984.2)
1:2	~3,5 dB	4,0 dB
1:4	~7,2 dB	8,0 dB
1:8	~10,5 dB	11,0 dB
1:16	~13,5 dB	15,0 dB
1:32	~17,0 dB	18,0 dB
1:64	~20,0 dB	21,0 dB
1:128	~23,0 dB	saknas

Bild. Splitter - delningsintervall och dämpning

Svetsade Splitters:

- Dessa splitters integreras direkt i fibernätet genom skarvning eller svetsning.
- Vanligtvis används i miljöer där utrymmet är begränsat och en kompakt lösning behövs.



Bild. Svetsad splitter

Förkontakterade Splitters:

- Dessa kommer med kontakter redan anslutna, vilket möjliggör snabb och enkel installation.
- Perfekt för scenarier där snabb utbyggnad är nödvändig.
- De minskar installationstid och komplexitet, vilket gör dem användarvänliga.

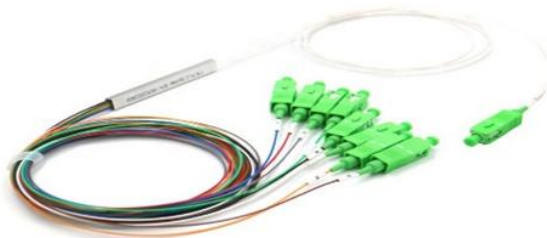


Bild. Förkontakterad splitter



Splittermoduler:

- Ska monteras i monteringsram.
- Inneslutna i skyddande moduler, dessa splitters är designade för enkel hantering och installation.
- De erbjuder en praktisk och organiserad lösning. Speciellt när man vill ansluta in användare efter hand.
- Modular kan enkelt bytas ut eller uppgraderas, vilket ger flexibilitet i nätverkshantering.
- Monteringsramar finns för 19" racklösningar eller i mindre utföranden för exempelvis placering på vägg eller i markskåp.

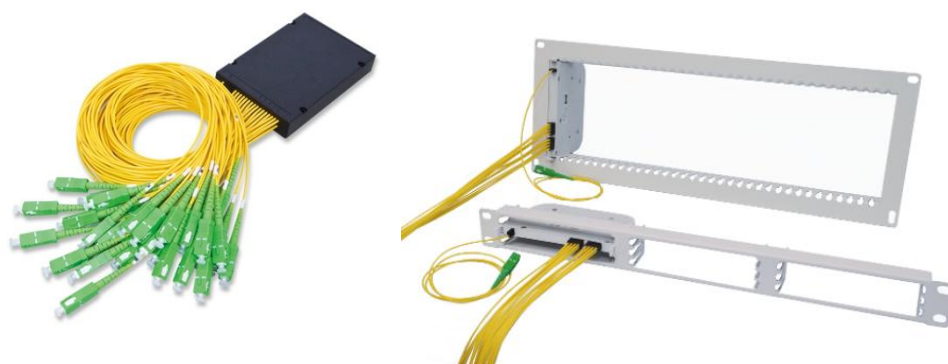


Bild. Splittermoduler och monteringsram

Splitter ODF och Patchpanel

- ODF:er och patchpaneler kan bestyckas med förkontakterade splitter eller splittermoduler.
- Splitter ODF och patchpaneler ger enkel hantering och installation.

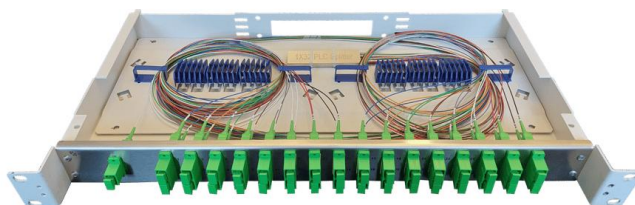


Bild. Splitter - ODF



- **ONU/ONT (Optical Network Unit/Terminal)**

Enheter som omvandlar optisk signal till en elektrisk signal – oftast Ethernet.

Den tekniska skillnaden mellan **ONU** och **ONT** är liten, men viktig att förstå – särskilt i planering och dokumentation av PON-nät att formatet är olika.

- ONU är placerad i, eller i anslutning till, en byggnad (Kontor/MDU) och direkt ansluten till fibern från OLT alternativt splitter. Den konverterar den optiska signalen till elektriska signaler som fördelas till anslutna användare i byggnaden via Ethernetkablar. Därigenom kan flera användare dela på en fiberförbindelse.



Bild. XGS-PON/GPON LAN MDU – ZX10 F832

- ONT är placerad i slutanvändarens byggnad (SDU) och direkt ansluten till fibern. Den konverterar den optiska signalen till elektrisk signal för att ge användaren nätverksåtkomst genom en oberoende fiberkanal.



Bild. ONT

Anm. ONU- och ONT-funktionaliteter blir alltmer integrerade vilket gör att många tillverkare inte längre skiljer mellan de två. Kunder kan välja lämplig ONU/ONT baserat på sina specifika behov.



SFP

SFP:er (Small Form-factor Pluggable transceivers) är optiska moduler som används i aktiv utrustning för att möjliggöra kommunikation, till exempel i ett XGS-PON-nätverk.

- Den ansluts till OLT eller ONU/ONT (t.ex. en router eller switch med SFP-port).
- Den omvandlar elektriska signaler till optiska signaler (och tvärtom).
- Den arbetar på våglängder typiskt:
 - 1577 nm för nedströms
 - 1270 nm för uppströms



Bild. XGS-PON SFP

4.1.2 Funktion

Kommunikation sker via olika våglängder för upp- och nedström (WDM – Wavelength Division Multiplexing).

- Nedströms (OLT till ONT)
 - Trafiken skickas som en broadcast från OLT via en splitter till anslutna ONT:er på en gemensam våglängd (ex. 1490 nm i GPON, 1577 nm i XGS-PON).
 - Alla ONT:er tar emot samma signal, men endast den data som är adresserad till just den enheten processas.
 - Kryptering används (t.ex. AES) för att förhindra att andra användare kan läsa informationen.
- Uppströms (ONT till OLT)
 - ONT skickar data tillbaka till OLT via splittern på en gemensam våglängd (t.ex. 1310 nm).
 - För att undvika kollisioner på fibern mellan splittern och OLT används *Time Division Multiple Access (TDMA)* där OLT tilldelar varje ONT specifika tidsluckor för sändning. På så sätt sker kommunikationen sekventiellt och utan störningar.
 - OLT samlar in data från varje enhet och vidarebefordrar det mot operatörens centrala nät.

Denna kombination av WDM och TDMA gör PON till en effektiv och skalbar lösning för att ansluta många användare med hög bandbredd via en gemensam optisk infrastruktur.



4.1.3 Optisk infrastruktur

Den optiska infrastrukturen omfattar hela den fiberbaserade kedjan från OLT i site via feeder-kablar och optiska splitters i fält, vidare genom distributions- och dropnät fram till anslutningspunkter i fastighet eller markskåp. Den utgör den passiva bärare som möjliggör transport av tjänster och kapacitet i nätet.

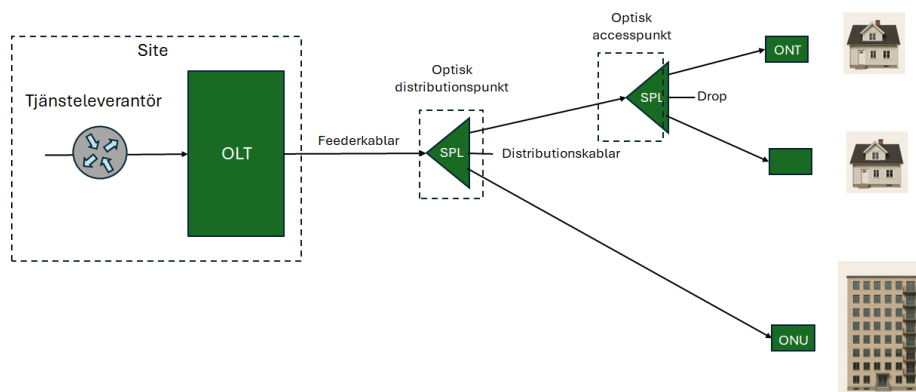


Bild. Optisk infrastruktur

Feeder : Fibersträckan från OLT till det första splittersteget. Denna del hanterar hög kapacitet och är central för att distribuera signalen vidare.

Distribution : Fibersträckan från första splittern fram till den optiska accesspunkten (t.ex. en splitter i gatan eller ett skåp) där användarnas Dropförbindelse terminerar.

Drop: Optisk fiberförbindelse som går från den optiska accesspunkten (t.ex. en splitter i gatan eller ett skåp) till slutkundens fastighet eller lokal.

4.1.4 Redundans i passiva optiska nätverk

För att uppnå hög tillgänglighet och minska risken för tjänsteavbrott i PON-nät används olika typer av redundans (protection types). ITU-T G.984.1-6 (**XGS-PON**) och G.sup51 (Supplement on Protection for PON) beskriver ett antal arkitekturer där redundans byggs in i olika delar av nätet. Fyra typer av skyddsmekanismer är specificerade:

Type A – OLT Protection (Single feeder, no redundancy)

Type B – Feeder Protection

Type C – Full OLT & Feeder Protection

Type D – 1+1 Path Protection (end-to-end)

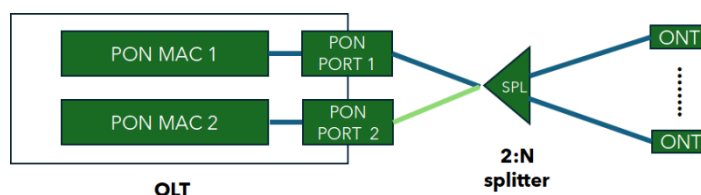


Bild. Exempel Typ B4.



4.1.5 Fiberkontakter

Risken för störningar på grund av reflektion är markant mindre med APC kontakt jämfört med UPC kontakt varför APC kontakten är bättre lämpad när PON-nätet ska säkras för framtida utveckling mot högre våglängd/bandbredd (1577 nm (XGS-PON) och 50G-PON (>1600 nm)).

Grade för fiberkontakter syftar på en klassning av kontakternas prestanda. När det gäller kontaktdämpning har Grade B-kontakter en lägre kopplingsdämpning än till exempel Grade C, vilket är viktigt i nät med många kontaktpunkter och hög split ratio. Lägre dämpning ger större marginaler i den optiska budgeten och stabilare nätprestanda.

Fiberkontakter, APC Grade B eller bättre ska användas.

Dämpningsklass	Dämpning vid slumpmässig ihop koppling enligt IEC 61300-3-34	
Grade A	≤0,07 dB medelvärde	≤0,15 dB max för > 97% av mätningarna
Grade B	≤0,12 dB medelvärde	≤0,25 dB max för > 97% av mätningarna
Grade C	≤0,25 dB medelvärde	≤0,50 dB max för > 97% av mätningarna
Grade D	≤0,50 dB medelvärde	≤1,0 dB max för > 97% av mätningarna

Dämpningstabell Grade -kontakter

4.2 PON varianter

Utvecklingen av passiva optiska nät (PON) har skett i flera generationer, där varje steg har inneburit högre kapacitet och bättre prestanda. Från den första generationens GPON med 2,5 Gbit/s till dagens XGS-PON och framväxande 25G- och 50G-PON, möter tekniken successivt ökande krav på bredbandshastighet, effektivitet och framtidssäkerhet.

Generation	Teknologi	Standard (ITU-T)	Uplink / Downlink	Våglängsteknik	Anmärkning
1:a gen	BPON	G.983.x	622 Mbit/s / 155 Mbit/s	TDM	Tidig standard med ATM, idag föråldrad
2:a gen	GPON	G.984.x	1.25 Gbit/s / 2.5 Gbit/s	TDM	Fortfarande mycket utbredd
3:e gen	XG-PON1	G.987.x / G.988	2.5 Gbit/s / 10 Gbit/s	TDM	Första steget i NG-PON
4:e gen	XGS-PON	G.9807.1	10 Gbit/s / 10 Gbit/s	TDM	Symmetrisk kapacitet, vanlig i nya nät
4:e gen	NG-PON2	G.989.x	Flera × 10 Gbit/s	TWDM (WDM + TDM)	Multi-wavelength, dyr och komplex
5:e gen	25G-PON	25GS-PON MSA Group	10/25 Gbit/s	WDM/PAM4	Designad för WDM-samexistens med GPON/XGS-PON
5:e gen	50G-PON	G.9804.x	25/50 Gbit/s	TDM	designad för att fungera med befintlig fiberinfrastruktur (som GPON/XGS-PON)

Bild. PON varianter



5. Förstudie och design

5.1 Inledning

För att framtidsäkra införandet av PON-teknik fokuserar denna vägledning på XGS-PON. Införandet av XGS-PON kan ske med utgångspunkt från följande alternativ:

- **Etablering av ett helt nytt XGS-PON-nät**, där infrastrukturen byggs från grunden för att möta framtida krav på bandbredd och tjänstekvalitet.
- **Konvertering från ett Punkt-till-Punkt-nät (P2P) till XGS-PON**, där befintliga fibrer och kanalisation ofta kan återanvändas, men aktiv utrustning ersätts med passiva splitters och OLT.
- **Migrering från GPON till XGS-PON**, där nätets befintliga struktur bevaras men kapaciteten utökas för att stödja symmetriska tjänster upp till 10 Gbit/s.

Val av strategi påverkar både kostnadsbild, driftsäkerhet och framtida skalbarhet. Oavsett väg krävs en genomtänkt arkitektur som tar hänsyn till dimensionering, dämpningsbudget och placering av splitters.

I ett PON-nät är just splitterplaceringen en avgörande faktor för nätets effektivitet och kostnadsstruktur. Om splitters placeras långt från kundkluster eller utan hänsyn till geografisk spridning kan det resultera i ett fiberintensivt nät, där fler fibrer än nödvändigt krävs för att nå alla användare. Detta medför högre anläggningskostnader, svårare drift och minskad flexibilitet vid framtida utbyggnader.

För att undvika dessa problem ska projekteringsfasen präglas av noggranna analyser av användartäthet, geografi, kapacitetsbehov och dämpningsbudget. En välplanerad utformning av nätet från början skapar de bästa förutsättningarna för ett robust, skalbart och framtidssäkert XGS-PON.

Avsnitt 5.3 – 5.5 fokuserar på den tekniska anläggningen och hanterar inte åtgärder för hantering av:

- Ekonomiska kalkyler och affärsmodeller
- Markägar- och tillståndsfrågor.
- Projektrisker och osäkerheter
- Tidplan och resursbehov



5.2 Att beakta vid införandet av PON

Införandet av XGS-PON ställer krav på både teknisk planering och organisatorisk samverkan. Detta kapitel gäller oavsett om övergången sker genom:

- Nybyggnation av PON-nät
- Konvertering från punkt-till-punkt-nät (P2P)
- Migrering från GPON till XGS-PON

Gemensamt för alla alternativ är behovet av tidig planering, tydlig ansvarsfördelning och satsningar på kompetensutveckling.

Vid etableringen av ett PON - nät ska grundläggande krav i följande anvisningar och riktlinjer beaktas:

- Anvisningar Robust fiber
- Anvisningar Anläggningar med förhöjd säkerhet
- PTSFS 2022:11 samt riktlinjer för säkerhet i telenät och tjänster (kap 12 Förändringar)

Samverkan mellan aktörer

I många fall ägs och drivs den passiva och aktiva infrastrukturen av olika aktörer, t.ex. nätägare och kommunikationsoperatör (KO). För ett lyckat resultat krävs:

- **Tydlig ansvarsfördelning**
 - Vem ansvarar för att fullständig och korrekt adressinformation finns tillgänglig*?
 - Vem svarar för kopplingen mellan fysisk infrastruktur (noder, portar) och kundadresser?
 - Vem har ansvar för när det gäller informationsöverföring och teknisk validering?
 - Vem har tillgång till vilken data och hur ska den delas?
 - Vem äger och installerar ONT/ONU och OLT?
 - Vem ansvarar för felsökning, underhåll och reparationer?
 - Hur ska investerings- och driftskostnader fördelas?

*Det kan vara fördelaktigt att utgå från Stadsnätsföreningens dokumentation för KO-byte, då den innehåller etablerade riktlinjer för datadelning och teknisk samordning som kan bidra till en smidigare migrering.

- **Gemensam planering**
 - Designval: split-ratio, antal noder, dämpningskrav.
 - Teknikstrategi: samexistens mellan GPON och XGS-PON eller full migrering?
 - Anpassningsbehov i det passiva nätet?
- **Affärsmodell och framtidsstrategi**
 - Vad händer vid byte av KO eller access-teknik?
 - Hur påverkas erbjudanden till slutkunder?
 - Vilken modell används för kostnadsfördelning (ex. ONT till slutkund)?



Processer och förbättringar

- **Anpassning av arbetsprocesser**
Befintliga rutiner för installation, dokumentation, konfiguration och felsökning behöver uppdateras. Arbetsmetoder från tidigare GPON- eller P2P-installationer är ofta otillräckliga för XGS-PON.
- **Strategiskt tillfälle till förbättring**
Migrering eller konvertering är ett utmärkt tillfälle att:
 - Identifiera och åtgärda brister i nätet
 - Förbättra nätstruktur och dokumentation
 - Framtidssäkra infrastrukturen

Utbildning och kompetensutveckling

- **Teknisk kunskapsuppgradering**
XGS-PON innebär:
 - Andra våglängder och höga överföringshastigheter
 - Strängare krav på signalnivåer och dämpning
 - Nya verktyg och mätmetoder
- **Planerad kompetenshöjning**
 - Utbildning ska planeras i god tid före migrering.
 - Både teoretisk och praktisk träning behövs.
 - Innehåll bör omfatta nätplanering, verifiering och driftsättning.

5.3 Checklistor

Som stöd vid projektering och installation och driftsättning finns två bilagor:

- Bilaga 3. Checklista projektering PON
- Bilaga 4. Checklista installation och driftsättning PON



5.4 Etablering av ett nytt XGS-PON

5.4.1 Allmänt

Genom att bygga nätet från grunden med XGS-PON kan symmetriska hastigheter upp till 10 Gbit/s erbjudas till slutkunder, samtidigt som nätet dimensioneras för att möta den snabbt växande efterfrågan på bandbredd under de kommande åren.

Till skillnad från en konvertering av befintliga P2P-strukturer kan ett helt nytt XGS-PON-nät planeras med en optimerad splitterplacering, tydliga feederstråk och en framtidssäker dämpningsbudget. Detta minskar risken för ineffektiv fiberanvändning och möjliggör en robust infrastruktur som kan vidareutvecklas i takt med nya tjänster och ökat kapacitetsbehov.

5.4.2 Förstudie och behovsanalys

Mål: Etablera ett helt nytt accessnät baserat på XGS-PON-teknik som möjliggör symmetriska hastigheter upp till 10 Gbit/s för att säkerställa att nätet kan hantera ökande krav på bandbredd under de kommande åren.

Åtgärder:

1. Nulägesanalys

- Definiera det geografiska område där nätet ska etableras.
- Identifiera antal potentiella användare och målgrupper, privat, företag och offentlig verksamhet.

2. Behovsanalys

Definiera vilka krav det nya nätet ska uppfylla:

- **Tjänster och kapacitet (se Bilaga 1 Kapacitetsberäkning)**
 - Bedöm användarnas behov, tjänsteutbud och deras förväntade användningsmönster:
 - abonnemangprofil (Mbit/s)
 - abonnemangstyp (tjänst m.m.)
 - verklig genomsnittlig användning per användare (Mbit/s)
 - samtidighetsfaktor (1:x)
 - Bedöm den totala bandbredden som nätverket behöver stödja.
 - Utvärdera framtida behov för att säkerställa att nätverket kan skalas upp.
- **Tillgänglighet/Redundans**

Identifiera behovet av tillgänglighet och redundans.
- **Geografisk utsträckning- expansion**
 - Identifiera framtida tillväxtpotentialer.
 - Analysera antal och dimensionering för site och nod.



3. Arkitektur

Ta fram ett förslag på PON-arkitektur och gör en grovprojektering av fibernätet i enlighet med Robust fiber.

- **Placering av OLT (Optical Line Terminals)**
Identifiera lämplig plats för OLT(er) för att optimera täckning och prestanda.
- **Dimensioneringsprinciper**
 - Välj mellan en centraliserade splitterlösning där all splittring sker i ett steg, eller distribuerad lösning där splittringen sker i två eller flera stag.
 - Beräkna kapacitetsbehovet och max antal användare av port med hjälp av Bilaga 1 Kapacitetsberäkning.
- **Placering av splitter och splittertyper**
 - Välj lämpliga platser för splitters baserat på användartäthet och geografisk utsträckning.
 - Bestäm vilka typer av splitters som ska användas (t.ex. 1:32, 1:64) beroende på behov och dämpningsbudget.
- **Placering av ONT/ONU**
 - Utvärdera behovet av olika typer av ONT/ONU baserat på användarens krav.
 - Planera placering av ONT/ONU hos användare för att optimera anslutning och prestanda.
- **Tillgänglighet och redundans**
 - Ta fram lösningsförslag för redundans och till Failover-mekanismer för att säkerställa kontinuerlig drift, till exempel:
 - Fysisk redundans (extra fiber, extra noder)
 - Logisk redundans (protokoll, konfiguration, tjänstenivåskydd)
 - Operativ beredskap (övervakning, test och rutiner)
- **Hantering av nätövervakning och drift**
Ta fram lösningsförslag för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.

5.4.3 Teknisk design och planering

Mål: Skapa en detaljerad teknisk topologi, och en plan för införande, av en passiv XGS-PON-lösning.

Åtgärder:

1. Detaljprojektering på lägeskarta

- Gör en projektering av fibernätet i enlighet med Robust fiber.
- Ta fram en detaljerad lägeskarta med inplacering av OLT/Splitters/ONT/ONU baserat på geografisk utsträckning, dimensionering och användartäthet.
- Planera för framtida expansion.



2. Tekniska specifikationer, dimensionering och säkerhetskrav PON

- **OLT**
 - Fastställ kapacitetskrav per OLT: antal samtidiga användare, abonnemangstyper och framtida tillväxt enligt Bilaga 1 Kapacitetsberäkning.
 - Definiera redundansmekanismer: dubbel matning, hot standby, dubbla upplänkar.
 - Ange säkerhetsprotokoll: autentisering av ONT [ex. OMCI (Optical Management and Control Interface) eller 802.1X], kryptering (ex. AES-128 downstream).
- **Splitter**
 - Bestäm splittertyper och nivåer (t.ex. 1:32, 1:64) baserat på nätverkets behov.
 - Utvärdera placering och skydd för att säkerställa optimal prestanda.
- **ONT/ONU**
 - Specificera krav för olika användartyper och tjänster.
 - Implementera säkerhetsfunktioner för att skydda användardata genom, till exempel, autentisering och auktorisation, kryptering av trafik och trafikseparering.
- **Fiberkontakter**
 - Fiberkontakter, APC Grade B eller bättre ska användas.
Val av SC alternativ LC bestäms utifrån typ av utrymme, aktiv utrustning eller fältmässighet.
- **Tillgänglighet och Redundans**
 - Specificera Redundans, förbindelser, system och komponenter för att säkerställa hög tillgänglighet och minska avbrottstider.
 - Specificera Failover-mekanismer för att säkerställa kontinuerlig drift.
- **Hantering av nätövervakning och drift.**
 - Specificera krav på system för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.

3. Installationslösning PON

Bestäm lämpliga installationslösningar för PON-utrustning, inklusive fiberdragning och anslutning.

4. Dämpningsbudget

Ta fram en dämpningsbudget i enlighet med *Bilaga 2 Kontrollmätning*.

5. Installationsplan

Gör en etappindelning och bestäm ordning för installation och driftsättning.

- **Etappindelning**
 - Dela upp installationen i hanterbara etapper baserat på geografiska områden, användargrupper eller nätverkssegment.
 - Testa varje etapp noggrant innan övergången till nästa för att säkerställa funktionalitet och prestanda.



- **Information**

- Ge användarna detaljerad information om vad de kan förvänta sig och hur de kan förbereda sig.
- Erbjud support för att hantera frågor och problem som kan uppstå under installation och driftsättning.

6. Riskanalys

Genomför en risk- och sårbarhetsanalys i enlighet med Post- och telestyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i nät och tjänster. För mallar och verktyg se *Bashot Telekom, Bilaga Passivt Optiskt Nät*.

([**Robust digital infrastruktur - Stadsnätsföreningen**](#))

5.4.4 Installation och driftsättning

Den fysiska infrastrukturen installeras och driftsätts i enlighet med Robust fiber.

PON hanteras i enlighet med:

- Kap 6. Installera PON
- Kap 7. Dokumentera PON
- Kap 8. Aktivera PON
- Bilaga 2 Kontrollmätning



5.5 Konvertering från ett Punkt till Punkt nät till XGS-PON

5.5.1 Allmänt

I ett välplanerat P2P-nät med strategiskt placerade switchar kan fiberanvändningen optimeras genom smart kabeldragning och slingor. Om däremot ett PON-nät planeras utan helhetsperspektiv, exempelvis med splitters utspridda på många olika platser, kan P2P i praktiken visa sig mer fibereffektivt.

Vid konvertering från P2P till PON kan det uppstå ett ökat behov av fibrer. När switchar i exempelvis MDU:er ersätts av splitters enligt en PON-arkitektur, måste varje splitter matas av en egen feederfiber från OLT. Om detta genomförs utan omdesign innebär det ofta att fler fiberpar behöver dras in i byggnaden än tidigare.

5.5.2 Förstudie och behovsanalys

Mål: Att konvertera det befintliga Punkt-till-Punkt-nätet till XGS-PON för att förenkla nätarkitekturen, minska driftkostnader och möjliggöra framtidssäkra digitala tjänster med hög kvalitet och kapacitet.

Åtgärder:

1. Nulägesanalys

- Kartlägg befintligt Punkt-till-Punkt-nät (nätstruktur och dokumentation, passiv och aktiv utrustning).
- Identifiera områden avseende antal anslutningar, exempelvis privat, företag och offentlig verksamhet.
- Analysera tekniska begränsningar i nuvarande nät och typ av kontakter som används.

2. Behovsanalys

Definiera vilka krav det nya nätet ska uppfylla:

- **Tjänster och kapacitet**
 - Bedöm användarnas behov, tjänsteutbud och deras förväntade användningsmönster:
 - abonnemangprofil (Mbit/s)
 - abonnemangstyp (tjänst m.m.)
 - verklig genomsnittlig användning per användare (Mbit/s)
 - samtidighetsfaktor (1:x)
 - Bedöm den totala bandbredden som nätverket behöver stödja.
 - Utvärdera framtida behov för att säkerställa att nätverket kan skalas upp.
- **Tillgänglighet och Redundans**
 - Identifiera behovet av tillgänglighet och Redundans.
- **Geografisk utsträckning- expansion**
 - Kartlägg befintliga områden som nätverket ska täcka.
 - Identifiera potentiella expansionsområden och framtida tillväxtmöjligheter.
 - Analys av antal och dimensionering för site och nod.
- **Hantering av nätövervakning och drift**
 - Identifiera behovet av komplettering/anskaffning av system för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.



3. Arkitektur och teknisk förstudie

Ta fram en principskiss och gör en grovprojektering med förslag på PON-arkitektur.

- **Placering av OLT**
Identifiera lämplig plats för OLT(er) för att optimera täckning och prestanda.
- **Dimensioneringsprinciper**
 - Välj mellan en centraliserade splitterlösning där all splittring sker i ett steg, eller distribuerad lösning där splittringen sker i två eller flera stag.
 - Beräkna kapacitetsbehovet och max antal användare per port med hjälp av Bilaga 1 Kapacitetsberäkning.
- **Placering av splitter och splittertyper**
 - Välj lämpliga platser för splitters baserat på användartäthet och geografisk utsträckning.
 - Bestäm vilka typer av splitters som ska användas (t.ex. 1:32, 1:64) beroende på nätverkets behov.
- **Placering av ONT/ONU**
 - Utvärdera behovet av olika typer av ONT/ONU baserat på användarens krav.
 - Planera placering av ONT/ONU hos användare för att optimera anslutning och prestanda.
- **Framföring av fiberkablar**
Gör en bedömning av om det befintliga fibernätet kan hantera planerad PON-arkitektur:
 - Feeder : Fibersträckan från OLT till det första splittersteget.
 - Distribution : Fibersträckan från första splittersteget till den optiska accesspunkten nära kundområdet.
 - Drop: Optisk fiberförbindelse som går från optiska accesspunkten (t.ex. en splitter i gatan eller ett skåp) till slutkundens fastighet eller lokal.
- **Kontakter**
 - Analysera behovet av byte av fiberkontakter till APC Grade B.
Val av SC alternativ LC bestäms utifrån typ av utrymme, aktiv utrustning eller fältmässighet.
- **Kompletterande fiberförläggning**
Identifiera behovet av kompletterande fiberförläggning för planerad arkitektur.
- **Tillgänglighet och redundans**
Ta fram lösningsförslag för redundans och Failover-mekanismer för att säkerställa kontinuerlig drift, till exempel:
 - Fysisk redundans (extra fiber, extra noder)
 - Logisk redundans (protokoll, konfiguration, tjänstenivåskydd)
 - Operativ beredskap (övervakning, test och rutiner)
- **Nätövervakning och drift**
Ta fram lösningsförslag för anpassning/anskaffning av system för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.



5.5.3 Teknisk design och planering

Mål: Skapa en detaljerad teknisk topologi, och en plan för konvertering, från ett punkt till punkt nät till en XGS-PON lösning.

Åtgärder:

1. Detaljprojektering på lägeskarta

- Skapa en detaljerad lägeskarta som visar placeringen av OLT, splitters och ONT/ONU.
- Identifiera optimala platser för utrustning baserat på befintlig nätstruktur, geografisk utsträckning, dimensionering och användartäthet.

2. Tekniska specifikationer, dimensionering och säkerhetskrav

- **OLT**
 - Fastställ kapacitetskrav per OLT: antal samtidiga användare, abonnemangstyper och framtida tillväxt enligt Bilaga 1 Kapacitetsberäkning.
 - Definiera redundansmekanismer: dubbel matning, hot standby, dubbla upplänkar.
 - Ange säkerhetsprotokoll: autentisering av ONT (ex. OMCI eller 802.1X), kryptering (ex. AES-128 downstream).
- **Splitter**
 - Bestäm splittertyper och nivåer (t.ex. 1:32, 1:64) baserat på nätverkets behov.
 - Utvärdera placering och skydd för att säkerställa optimal prestanda.
- **ONT/ONU**
 - Specificera krav för olika användartyper och tjänster.
 - Implementera säkerhetsfunktioner för att skydda användardata genom till exempel autentisering och auktorisation, kryptering av trafik och trafikseparering.
- **Tillgänglighet och redundans**
 - Specificera redundans, förbindelser, system och komponenter för att säkerställa hög tillgänglighet och minska avbrottstider.
 - Specificera Failover-mekanismer för att säkerställa kontinuerlig drift.
- **Nätövervakning och drift**
Specificera krav på anpassning/anskaffning av system för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.

3. Installationslösning PON

Bestäm lämpliga installationslösningar för PON-utrustning, inklusive fiberdragning och anslutning.

4. Dämpningsbudget

Ta fram en dämpningsbudget i enlighet med Bilaga 2 Kontrollmätning.

5. Plan för byte av kontakter

- Utveckla en plan för byte av kontakter i enlighet med behovsanalysen och anslutningar för att säkerställa kompatibilitet med XGS-PON.
- Testa nya kontakter för att säkerställa prestanda och tillförlitlighet.



6. Migreringsplan

Gör en etappindelning och bestäm ordning för byte och driftsättning.

- **Etapindelning**
 - Dela upp migreringen i hanterbara etapper baserat på geografiska områden, antal anslutningar och nätverkssegment.
 - Prioritera områden med störst behov av uppgradering eller där störst nytta kan uppnås.
- **Ordning för byte och driftsättning**
 - Fastställ en sekvens för att byta ut PON-utrustning och kundutrustning, med fokus på att minimera avbrott.
 - Börja med att installera och driftsätta ny PON-utrustning (OLT, splitters) innan kundutrustning (ONT/ONU) byts ut.
 - Testa varje etapp noggrant innan övergången till nästa för att säkerställa funktionalitet och prestanda.

7. Hantering av driftstörningar och information

- **Driftstörningar**
 - Utveckla en plan för att hantera potentiella driftstörningar under migreringen, inklusive felsökning och återställning.
 - Implementera redundanta system och backup-lösningar för att minimera påverkan på användarna.
- **Information**
 - Kommunicera tydligt med användarna om tidsplanen för migreringen och eventuella avbrott.
 - Ge användarna detaljerad information om vad de kan förvänta sig och hur de kan förbereda sig.
 - Erbjud support och hjälpkanaler för att hantera frågor och problem som kan uppstå under konverteringen.

8. Detaljerad plan för byte av kundutrustning

- Utveckla en plan för att byta ut kundutrustning med minimal störning.
- Kommunicera tidsplan och förväntningar.
- Erbjud support och hjälp för att underlätta övergången.

9. Riskanalys

Genomför en risk- och sårbarhetsanalys i enlighet med Post- och telestyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i nät och tjänster. För mallar och verktyg se *Bashot Telekom*, *Bilaga Passivt Optiskt Nät*.

([**Robust digital infrastruktur - Stadsnätetsföreningen**](#))

5.5.4 Installation och driftsättning

Installation och driftsättning hanteras i enlighet med:

- Kap 6. Installera PON
- Kap 7. Dokumentera PON
- Kap 8. Aktivera PON
- Bilaga 2 Kontrollmätning



5.6 Migrering från GPON till XGS-PON

5.6.1 Allmänt

En migrering från GPON till XGS-PON kan genomföras stegvis och med begränsad påverkan på befintlig infrastruktur. Näten kan samexistera under övergången genom användning av WDM-filter eller Multi-PON SFP:er i OLT. Befintliga fibrer, splitters och andra passiva komponenter kan i regel återanvändas, medan den aktiva utrustningen i noderna uppgraderas med Multi-PON- eller XGS-PON-portar. På kundsidan krävs nya ONT/ONU-enheter som stödjer XGS-PON. Fiberbehovet förändras inte, men högre krav på dämpningsbudget och installationskvalitet kan innebära att äldre nät behöver ses över och förstärkas innan migreringen slutförs.

5.6.2 Förstudie och behovsanalys

Mål: Att migrera från GPON till XGS-PON för att möta ökade krav på bandbredd, möjliggöra symmetriska höghastighetstjänster och framtidssäkra nätet för kommande digitala behov.

Åtgärder:

1. Nulägesanalys

- Kartlägg det befintliga GPON-nätet:
 - Inventera OLT-modeller och dess kapacitet, inklusive typ av PON-kort/SFP-moduler (t.ex. stöd för Combo-PON, XGS-PON-kompatibilitet).
 - Inventera splittertyper (1:32, 1:64 osv.), deras placering (centralt/lokalt), samt tillgänglig fiberreserv.
 - Inventera befintliga ONT/ONU-enheter hos slutkund – notera modell, PON-standard och eventuellt stöd för nya standarder.
 - Identifiera kontakttyper (t.ex. SC/APC, SC/UPC).
 - Inventera OSS/BSS-system och Network Management System (NMS) – kontrollera stöd för XGS-PON och provisionering.
 - Inventera användarbasen – antal användare per PON-port, typ av tjänster.
 - Utvärdera belastning på nätet: uppströms/nedströms-trafik, kapacitetsutnyttjande, svarstider, och identifiera eventuella flaskhalsar eller överprovisionerade områden.
 - Bedöm energibehov och kylning i accessnoder om ny aktiv utrustning ska installeras.

2. Behovsanalys

Definiera vilka krav som det migrerade nätet ska uppfylla:

- **Tjänster och kapacitet**
 - Bedöm användarnas behov, tjänsteutbud och deras förväntade användningsmönster:
 - abonnemangprofil (Mbit/s)
 - abonnemangstyp (tjänst m.m.)
 - verklig genomsnittlig användning per användare (Mbit/s)
 - samtidighetsfaktor (1:x)
 - Bedöm den totala bandbredden som nätet behöver stödja.
 - Utvärdera framtida behov för att säkerställa att nätet kan skalas upp.
- **Tillgänglighet och redundans**
 - Identifiera behovet av förändringar avseende tillgänglighet och redundans.



- **Geografisk utsträckning- expansion**
 - Kartlägg områden som nätet ska täcka.
 - Identifiera potentiella expansionsområden och framtida tillväxtmöjligheter.

3. Arkitektur och teknisk förstudie

Arkitektur

Utvärdera behovet av en design-översyn avseende PON-nätet baserat på behovsanalysen.

Utrustningsanalys och anpassningsbehov:

- Utvärdera behovet av uppgradering eller utbyte av OLT-enhet, inklusive:
 - Stöd för Combo-PON eller dedikerade XGS-PON-kort/SFP+.
 - Kapacitet i OLT-chassi, krav på strömförsörjning och kylsystem.
- Inventera befintliga splitters och identifiera vilka som inte är kompatibla med XGS-PON.
- Inventera befintliga ONT/ONU-enheter och identifiera vilka som inte är kompatibla med XGS-PON. Planera för ersättning eller parallell drift.

Nätkvalitet och fiberförutsättningar:

Kontrollera att fiberinfrastrukturens kvalitet uppfyller kraven för XGS-PON, inklusive:

- Total dämpningsbudget (klass N1/N2/E1/E2 enligt ITU-T G.9807.1).
- Analysera behovet av byte av fiberkontakter till APC Grade B.
- Eventuellt behov av rengöring, omskarvning eller omdragning.

Driftstöd:

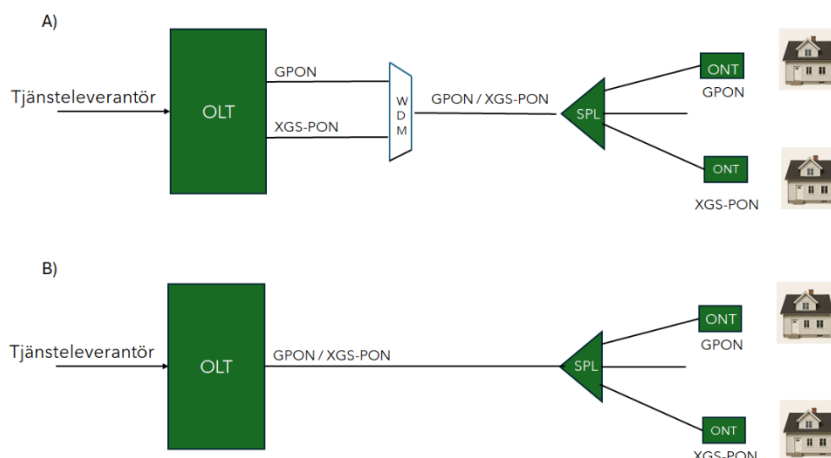
Identifiera behovet av anpassning / anskaffning av system för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.



4. Migreringsstrategi

För att migrera från GPON till XGS-PON utan att behöva bygga om hela infrastrukturen kan en successiv överbyggnad ske genom samtidig drift av GPON och XGS-PON på samma fiber.

- Om separat GPON (1490/1310 nm) och XGS-PON (1577/1270 nm) kort används i OLT krävs filter för våglängdsseparation på feederfiber.
- Om ett gemensamt kort (Combo) används i OLT sker filtreringen i kortet och inget filter krävs för våglängdsseparation.



- **Utvärdera olika migreringsalternativ:**
 - Samtidig drift av GPON och XGS-PON på samma fiber kräver WDM-filer för att separera våglängderna.
 - Genom att använda en Multi PON - SFP kan båda teknikerna samexistera på samma port och fiber – utan behov av externa filter

En lösning med WDM-filer ger en ökad komplexitet i nätet varför denna lösning inte rekommenderas.

- **Utveckla en migreringsstrategi med minimal påverkan på användarna:**
 - Planera successiv migrering område för område.
 - Prioritera vissa användarsegment baserat på behov och påverkan.

5.6.3 Teknisk design och planering

Mål: Skapa en detaljerad teknisk design, och en plan för migrering från GPON till en XGS-PON lösning.

Åtgärder:

1. Detaljprojektering på lägeskarta

Skapa en detaljerad karta som visar placeringen av OLT, splitters och ONT/ONU.



2. Tekniska specifikationer, dimensionering och säkerhetskrav

- **OLT (Optical Line Terminal)**
 - Fastställ kapacitetskrav per OLT: antal samtidiga användare, abonnemangstyper och framtida tillväxt enligt Bilaga 1 Kapacitetsberäkning.
 - Välj portkonfiguration: stöd för Combo-PON, antal dedikerade XGS-PON-portar, redundanta upplänkar.
 - Definiera redundansmekanismer: dubbel matning, hot standby, dubbla upplänkar.
 - Ange säkerhetsprotokoll: autentisering av ONT (ex. OMCI eller 802.1X), kryptering (ex. AES-128 downstream).
- **Splitter**
 - Välj splittertyp och fördelning (t.ex. 1:32, 1:64) baserat på Nuläges-respektive Behovsanalys.
 - Placering: välj centrala (CO) eller distribuerade (FAT - Fiber Access Terminal eller FDP- Fiber Access Terminal) splitterlösningar.
 - Dokumentera förhållandet mellan splitternivå och tjänstekvalitet.
- **ONT/ONU (Optical Network Terminal/Unit)**
 - Specificera modeller för olika scenarier:
 - Privata användare (t.ex. 1GE/10GE-portar, WiFi)
 - MDU/Företag (t.ex. ONT-switchar, VLAN, PoE)
 - Säkerhetsfunktioner: till exempel stöd för portautentisering (802.1X), kryptering, isolering mellan användare (VLAN eller PPPoE).
 - Kompatibilitet med befintliga CPE/kundutrustning ska beaktas.
- **Tillgänglighet och Redundans**
 - Specificera Redundans, förbindelser, system och komponenter för att säkerställa hög tillgänglighet och minska avbrottstider.
 - Specificera Failover-mekanismer för att säkerställa kontinuerlig drift.
- **Driftstöd**
 - Anpassa eller anskaffa system för drift, övervakning, konfiguration och administration av nätet.
 - Säkerställ integration med kund- och tjänsteplattformar.

3. Installationslösning för PON

Bestäm lämpliga installationslösningar för PON-utrustning, inklusive fiberdragning och anslutning.

4. Dämpningsbudget

Ta fram en dämpningsbudget i enlighet med Bilaga 2 Kontrollmätning.

5. Detaljerad migreringsplan

Utveckla en detaljerad migreringsplan med sluttidpunkt för GPON.



6. Detaljerad plan för byte av kundutrustning

Skapa en detaljerad plan för byte av kundutrustning, inklusive tidsplan och kommunikation med kunder.

7. Riskanalys

Genomför en risk- och sårbarhetsanalys i enlighet med Post- och telestyrelsens föreskrifter och allmänna råd om säkerhet i nät och tjänster. För mallar och verktyg se *Bashot Telekom, Bilaga Passivt Optiskt Nät*.

([**Robust digital infrastruktur - Stadsnätetsföreningen**](#))

5.6.4 Installation och driftsättning

Installation och driftsättning hanteras i enlighet med:

- Kap 6. Installera PON
- Kap 7. Dokumentera PON
- Kap 8. Aktivera PON
- Bilaga 2 Kontrollmätning



6. Installation

6.1 Kontakter

Minimikrav kontakter

- Vid nybyggnad ska vinkelslipade kontakter (APC) med prestanda enligt IEC 61753-1 Grade B eller bättre användas. (IEC 61300-3-34 är testmetod, IEC 61753-1 definierar prestandagrader).
- För APC-kontakter ska return loss vara > -60 dB för att undvika störningar i PON-sändare.
- Kontakter ska tåla minst 500 inkopplingar (IEC 61300-2-2 test).
- Kontakter ska klara -40 °C till $+70$ °C (för utomhusmiljö, t.ex. skåp, brunnar).
- Alla fiberkontakter ska inspekteras (Ref: IEC-61300-3-35) med hjälp av ett digitalt mikroskop innan inkoppling för att säkerställa att de är rena och fria från smuts eller damm, vilket kan påverka signalens kvalitet.
- Om smuts eller partiklar upptäcks ska kontakterna rengöras och kontrolleras igen för att säkerställa att de är helt rena innan fortsatt installation.



6.2 OLT

6.2.1 Allmänt

Optical Line Terminal (OLT) utgör hjärtat i ett PON-nät och installeras i en site för att möjliggöra anslutning mot det optiska accessnätet. En korrekt planerad och utförd installation av OLT är avgörande för nätets driftsäkerhet, prestanda och framtida expansionsmöjligheter.

Vid installation i site måste flera faktorer beaktas, såsom val av lämplig placering, tillgång till redundanta strömförsörjningslösningar, kylning och ventilation samt integration med övrig infrastruktur. OLT ska även installeras på ett sätt som underlättar drift, övervakning och underhåll, samt säkerställa att kapacitetskrav för både nutida och framtida behov uppfylls.

6.2.2 Placering av OLT i site

Minimikrav på installation av OLT i site

Siten ska uppfylla minimikrav för Robust fiber, bilaga Robust site och nod , med följande tillägg:

- Management-interface ska vara segmenterat (separat nät vid behov).
- Endast krypterade protokoll (SSH, TLS) ska användas för åtkomst.
- Loggning av användare och ändringar ska vara aktiverad.
- Standardlösenord ska bytas.
- Serienummer och modell ska vara registrerade enligt kap 7.

Exempel på Installation i site

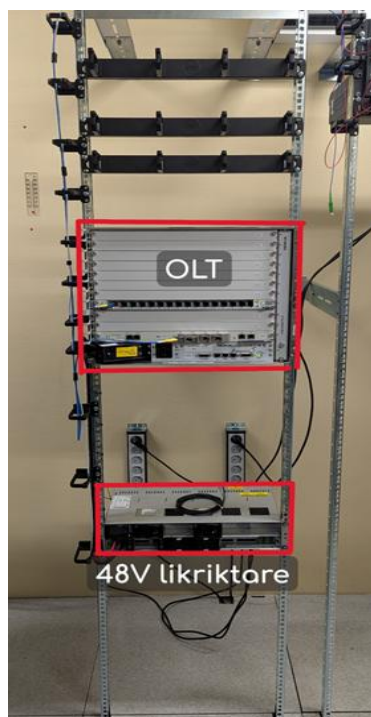


Bild. Exempel på OLT i centralnod



Installation i rack

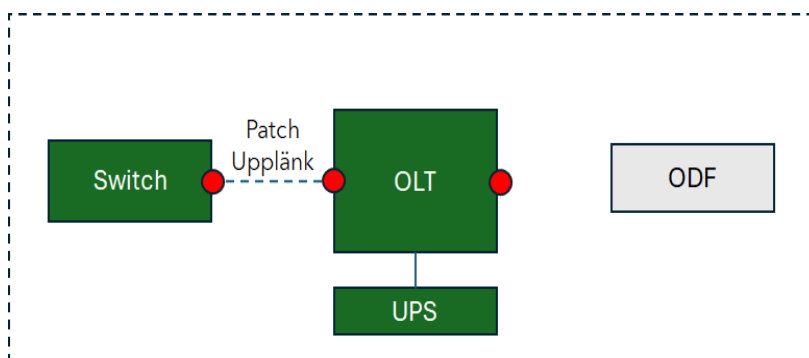


Bild Installation i rack

Installation

- Installera OLT-enheten i ett 19" rack i huvudnoden. Se till att enheten är ordentligt fastsatt för att undvika mekaniska skador.
- Anslut redundant strömförsörjning via UPS. Vanligtvis används -48 V DC, men i vissa fall kan en AC-strömförsörjning (AC PSU) användas beroende på systemets utformning.
- Bestycka OLT:ns upplänk-portar med lämplig kapacitet och anslut dem till core- eller aggregationsswitch. Kontrollera att alla nätverksinställningar och VLAN-konfigurationer är korrekt satta.
- Installera XGS-PON SFP+-moduler i OLT:ns aktuella PON-portar. Säkerställ att modulerna är kompatibla och korrekt isatta.

Installation vid splitters installerade i fält.

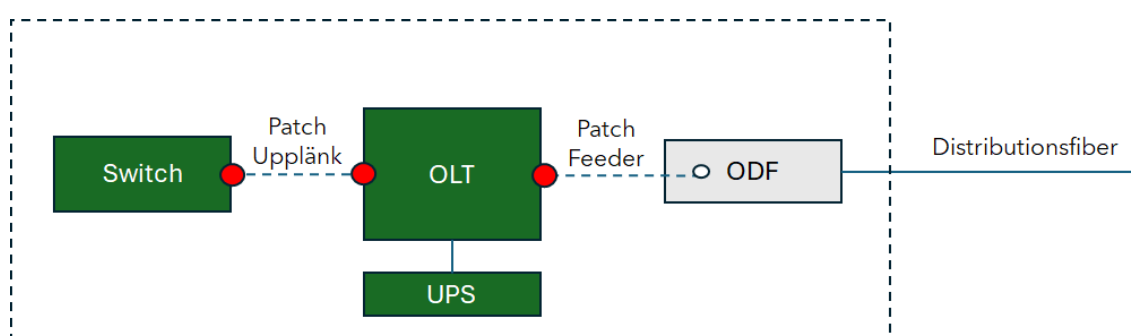


Bild. Patchning för extern splitter

Installation

- Patcha PON-portarna från OLT till aktuella fiber-kontakter (feeders) i ODF:n. Kontrollera att rätt portnummer används enligt designunderlag.



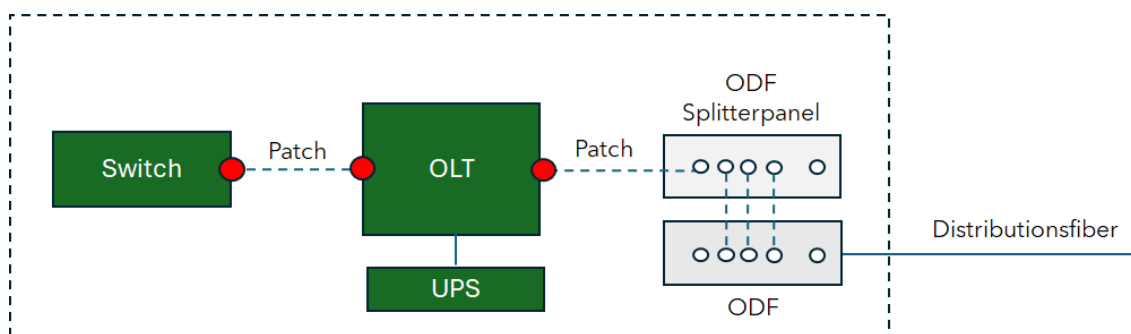


Bild. Patchning för intern splitter i ODF

Installation

- Patcha varje PON-port till ingången på respektive splitter.
- Patcha därefter utgångarna från splittern till motsvarande feeder-fibrer som leder vidare till optiska accesspunkter i nätet.



6.3 Splitter

6.3.1 Allmänt

Välj en lämplig placering för splittern, exempelvis i ett skåp, en brunn eller annan anpassad infrastruktur. Placeringen bör väljas utifrån tillgänglighet, skyddsnivå och nätets utformning. I de flesta installationslösningar finns möjlighet att anpassa inredning eller kapsling efter de specifika behoven.

6.3.2 Splitter

Generella minimikrav för splitter

- Splittern ska uppfylla relevanta ITU-T-rekommendationer (t.ex. G671 för optiska passiva komponenter). För fiber gäller ITU-T G657 och för PON-tillämpning XGS-PON enligt ITU-T G9807.1.
- Splittern ska uppfylla kraven för vald split-ratio (ex. $\leq 3,6$ dB för 1:2, $\leq 7,2$ dB för 1:4, $\leq 17,1$ dB för 1:32).
- Splittern ska ha en returförlust (ORL) ≥ 50 dB).
- Förkontakterade splitters ska uppfylla IEC 61753-1 Grade-B.
- Splittern ska stödja våglängdsområdet 1260 -1650nm.

6.3.3 Placering av splitter i skarvenhet

Minimikrav för splitter i skarvenhet

Skarvenheten ska uppfylla minimikrav för Robust fiber, Bilaga 2 Robusta nät, med följande tillägg:

- Splittern ska vara konstruerad för drift i ett temperaturområde från -40 °C till $+70$ °C utomhus och -5 °C till $+45$ °C inomhus.
- Tillverkare, splittertyp och serienummer ska vara registrerade enligt kap 7.
- Splittern får inte ligga löst – måste vara fixerad i kassetter/box.
- Svetsar ska placeras i skarvkassett(er) och dokumenteras.
- Överlängd ska organiseras i anordningar för fiberhantering.
- Märkningen av portar (in/ut) ska vara tydlig och unik.
- Kopplingsschema ska finnas (inkommande fiber - splitter - utgående fiber).
- Oanvända portar ska alltid vara täckta med dammskydd.
- Skåpet ska erbjuda god fysisk åtkomst till samtliga portar och splitters för enkel omkoppling, felsökning och underhåll.



Exempel på installation av svetsade splitters i markskåp



Bild. Exempel på svetsade splitter i markskåp

- Markskåpet innehåller lösfiber från inkommande stamkabel och utgående kundkablar.
- Splittern är en splitter med nakna fibersvansar (utan kontakter).
- Skåpet har svetskassetter, fiberhållare eller mikromuff för att organisera svetsar och överlängd.

Installation

- Placera splittern i ett säkert utrymme i skåpet, t.ex. i en hållare, kassettyta eller med buntband.
- Lämna tillräcklig överlängd för att kunna svetsa utan att stressa fibern.
- Identifiera rätt inkommande fiber (från OLT).
- Svetsa denna direkt mot splitterns ingångsfiber (oftast 1 fiber).
- Lagg svetsen i svetskassett eller fiberhållare.
- Varje fibersvans från splittern svetsas mot en utgående kundfiber.
- Lagg alla svetsar i svetskassetter enligt en tydlig struktur.
- Lagg in överlängder i kassetter eller på fiberhållare.
- Håll böjradier >30 mm (eller enligt splitterspecifikation).
- Använd skyddshylsor på alla svetsar.

Not 1: Om skåpet är byggt för patchad hantering (med kontaktfält/patchpaneler), bör splittern också vara kontaktbaserad – alltså förkontakterad snarare än svetsad.

Not 2: Ej insvetsade splitterutgångar kan reflektera mycket ljus tillbaka mot ONT.
Lösning: svetsa på pigtail med APC-kontakt på ej använda utgångar.



Exempel på installation av förkontakterade splitters i markskåp

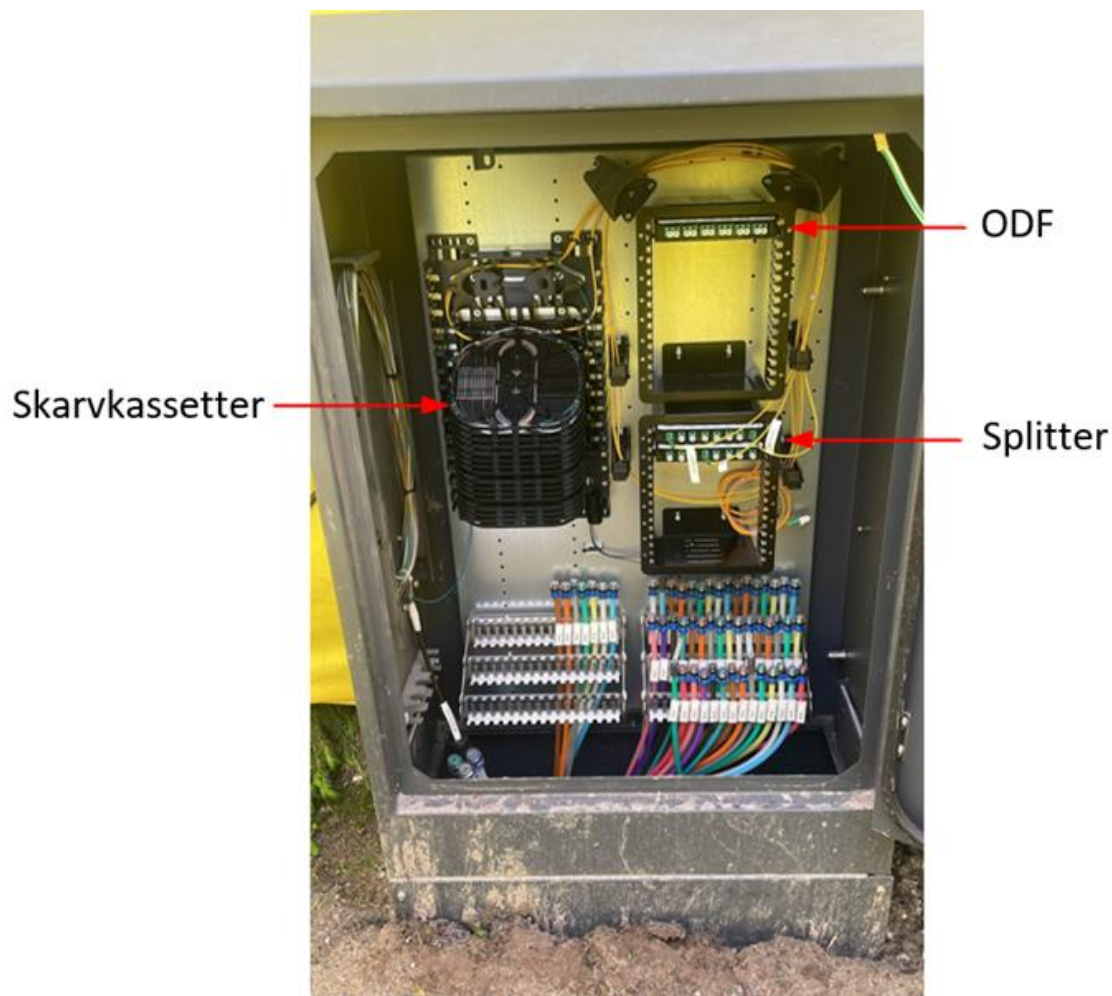


Bild. Exempel på markskåp med förkontakterade splitters

- Markskåpet har en eller flera ODF paneler där inkommande fiber är terminerade.
- Den förkontakterade splittern har prefabricerade kontakter på in- och utgångar. Dessa kan vara monterade i mellanstycken.

Installation

- Placera splittern i kassett, modul eller fritt hängande form.
- Koppla splitterns ingångskontakt till patchpanelens port med inkommande fiber.
- Koppla kundfiber till utgångsportarna på splittern, rätt portar i ODF-panelen.
- Håll böjradier enligt specifikation (≥ 30 mm vanligtvis).



Exempel på installation av splitter-ODF i miljöskåp

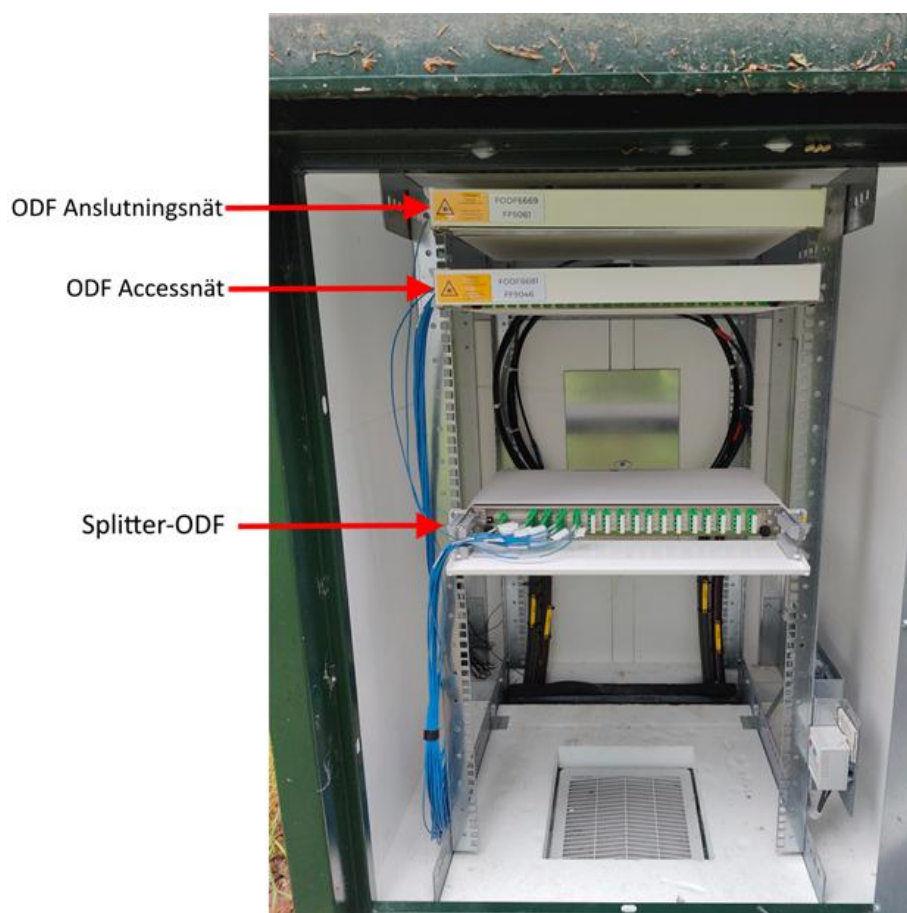


Bild. Exempel på splitter-ODF i miljöskåp

- Miljöskåpet har en eller flera patchpaneler där inkommande fiber och utgående fiberslingor är terminerade.
- Splitter är integrerad i en patchpanel.

Installation

- Patcha den inkommande fiberns port i patchpanelen till splitterns ingångsport på den integrerade patchpanelen.
- Patcha utgångsportarna i den integrerade patchpanelen till aktuella portar i patchpanelen där kundfiber eller fältside-fiber är terminerad.
- Använd patchkablar med korrekt kontaktstandard (SC/APC, LC/APC etc.).
- Håll böjradier enligt specifikation (≥ 30 mm vanligtvis).



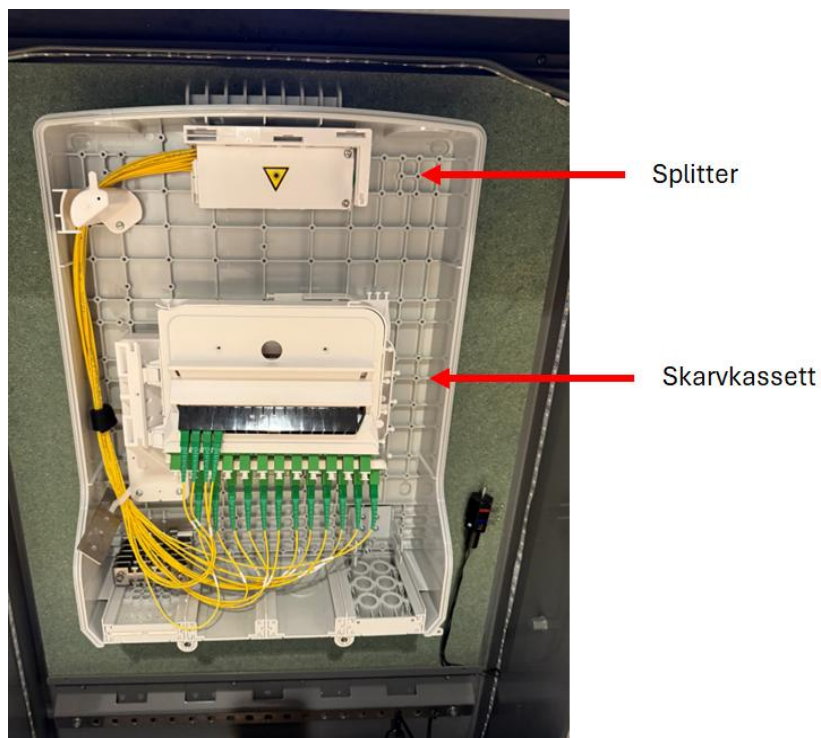
Exempel på installation av förkontakterad splitter i skarvskåp

Bild. Exempel på splitter i skarvskåp

- Skarvskåpet har skarvkassetter där inkommande fiber och utgående fiberslingor är terminerade.
- Splitter är förkontakterad.



6.3.4 Placering av splitter i kabelbrunn

Exempel på installation av splitters i kabelbrunn



Bild. Exempel på en horisontell splitter Box (modell YINGDA FOSC-SH19) med PLC-splitter och adapterpanel avsedd för kabelbrunn,

Splittern placeras normalt i en tät standardkapsling, panna eller liknande, i plast eller metall. Till de flesta kapslingar finns i dag splittershållare och kontaktfält som tillbehör för olika splitterstyper.

- Splittern placeras i IP68-klassad box eller skarvbox.
- Ingångsfiber svetsas eller patchas till splittern.
- Utgångsfiber dras vidare till accesspunkt eller kund.



6.4 ONT

6.4.1 Allmänt

Välj en lämplig placering av ONT, till exempel i ett teknikskåp eller mediacentral. Utrymmet ska vara torrt, ventilerat och ha tillgång till ström.

6.4.2 Placering av ONT

Minimikrav för ONT

- ONT ska vara CE-märkt och uppfylla EMC/RED-direktivet.
- Nätadaptern ska vara godkänd för EU och CE-märkt.
- ONT ska vara placerad på ventilerad plats utan risk för överhettning.
- ONT ska vara installerad inom enhetens temperatur- och fuktkrav.
- ONT ska inte placeras i våtutrymme, källargolv eller oventilerat utrymme.
- Management-åtkomst ska vara skyddad (lösenord, accesskontroll).
- Kryptering av trafik (AES128) ska vara aktiverad enligt PON-standard.
- Serienummer och unik adress ska vara registrerade enligt kap 7.
- ONT-placering ska vara dokumenterad (lägenhet/våning/rum).
- Fotografera installationen så att enhetens serienummer framgår.

Exempel på installation av ONT



Bild. Exempel på ONT monterad i ett mediaskåp

Installation

- Undvik placering i fuktiga utrymmen eller nära extrema temperaturer.
- Fiberanslutning: Anslut ONT till fiberkontakt.
- Strömförsörjning: Anslut nätadapter och kontrollera strömförsörjningen.
- Bekräfta att ONT startar korrekt (kontroll av lysdioder).
- Verifiera optiska värden och logga värde.
- Testa anslutning (ping/testport).



7. Dokumentation och märkning

7.1 Inledning

Dokumentation och märkning av anläggningen ska ske i enlighet med anvisningarna för Robust Fiber med kompletteringar enligt nedan. Syftet är att säkerställa spårbarhet, kvalitet och underlätta framtida drift, underhåll och nätutbyggnad.

Dokumentationen ska ge en tydlig helhetsbild av nätet – från OLT-port till kundanslutning – och vara tillräckligt detaljerad för att möjliggöra felsökning, kapacitetsplanering och kvalitetssäkring. Dokumentationen ska vara versionshanterad, uppdateras löpande och lagras på ett säkert sätt med tillgänglighet i relevanta drift- och ärendehanteringssystem.

7.2 Dokumentation

Minimikrav på dokumentation

- Uppdatera nätkarta och övrig dokumentation med korrekt och fullständig information om utförd installation.
- Dokumentera *OLT-port*, splitterutgång, kundfiber för att säkerställa end-to-end-dokumentation från OLT-port till kundanslutning.
- Registrera utrustningstyp, tillverkare, serienummer och övriga unika identifierare för alla relevanta komponenter.
- Koppla mätprotokoll (t.ex. OTDR, effektmätning) till rätt objekt i dokumentationen.
- Ange metadata såsom installationsdatum, ansvarig tekniker/entreprenör och dokumentversion.
- Sammanställ dokumentation i digitalt format.
- Säkerställ säker lagring, backup och versionshantering av all dokumentation.

Rekommendation

Fotodokumentera plats, installationer (skåp, skarvar, märkning, patchning) och inkludera i dokumentationen.



7.3 Märkning

Minimikrav

Märk upp alla avslut, skåp, kopplingspunkter, fiberförbindelser, splitters och ODF-portar enligt principer från Robust Fiber.

PON - utrustning ska märkas i enlighet med nätägarens etablerade rutiner för märkning av elektroniskt materiel. Exempel på märkning:

- OLT - märkning
 - OLT märks med unikt nodnamn.
 - Kort märks med kortnummer.
 - Port märks med portnummer.
- Splitter -märkning
 - Varje splitter märks med ett unikt ID.
 - Splitterns ingång märks med motsvarande OLT-port-ID.
 - Varje utgång märks med ett löpnummer (1...N) .
- ONT
 - Märks med serienummer (kopplat till adress).



8. Aktivering av det aktiva XGS-PON - nätet

Inledning:

Detta kapitel beskriver **generella steg** och åtgärder för aktivering av ett XGS-PON-nät. Informationen är utformad för att vara leverantörsneutral och ska kunna användas oavsett val av system- eller utrustningsleverantör. Syftet är att ge en översiktlig vägledning kring konfiguration, provisionering, övervakning och verifiering av ett aktivt PON-nät, utan att hänvisa till specifika fabrikat, modeller eller programvaruversioner. Anpassningar kan behövas beroende på vilken utrustning som används i det aktuella nätet.

Åtgärder:

1. Konfigurera OLT (noden)

- Skapa PON-portprofiler: definiera parametrar för portarnas funktion (exempelvis VLAN, QoS, T-CONT-profiler).
- Skapa ONT-profiler: ange tjänsteklasser och bandbredd för olika typer av kundförbindelser.
- Definiera tjänste-VLAN (t.ex. Internet, IPTV, VoIP).
- Säkerställ managementaccess till OLT via exempelvis SSH, SNMP och syslog.

2. Registrera och provisionera ONT/ONU

- Registrera ONT/ONU via serienummer eller LOID (Logical ONU ID).
- Knyt ONT till rätt profil baserat på tilldelad tjänst (ex. privatkund eller företag).
- Om möjligt, använd automatiserad provisionering (t.ex. via OMCI eller Zero-Touch Provisioning).

3. Konfigurera trafikhantering (QoS och shaping)

- Ange tjänsteprofiler för olika nivåer (exempel: 1 Gbit/s för privatkund, 5 Gbit/s med garanti för företag).
- Prioritera realtidskritisk trafik (t.ex. VoIP, IPTV).
- Hantera broadcast- och multicast-trafik korrekt, särskilt vid IPTV-distribution.

4. Aktivera övervakning och larmhantering

- Integrera OLT med övervakningssystem (NMS/OSS).
- Aktivera larm för exempelvis:
 - Länkfel
 - För hög dämpning
 - ONT offline
- Aktivera syslog och SNMP för loggning och händelseövervakning.



5. Verifiera optisk signal och fiberkvalitet

- Mät RX- och TX-effektnivåer i dBm på både OLT och ONT.
 - RX mellan ca -8 dBm och -28 dBm är vanligtvis inom godkända gränser för XGS-PON.
- Kontrollera FEC (Forward Error Correction) och eventuella bitfel (BER).

6. Slutttest och validering

- Utför ping-test och bandbreddstest (t.ex. med iperf).
- Kontrollera funktion för kundens tjänster (internet, TV, telefoni).
- Verifiera korrekt VLAN-tillhörighet och att IP-adresser tilldelas enligt DHCP eller annan konfiguration.



9. Slutlig övergång och uppföljning

Inledning

Detta avsnitt beskriver generella riktlinjer för övergången till ett aktivt XGS-PON-nät efter färdig installation och initial driftsättning. Informationen är leverantörsneutral och gäller oavsett vilken system- eller utrustningsleverantör som används. Syftet är att säkerställa en strukturerad migrering och uppföljning med fokus på driftstabilitet, kundupplevelse och nätkvalitet.

Åtgärder

- Genomför migrering stegvis, område för område, enligt en tydlig etappindelning.
- Följ upp nätets driftparametrar, larm och kundupplevelse efter varje etapp.
- Utför behovsanpassade optimeringar baserat på exempelvis prestandadata, felstatistik eller återkoppling från användare.
- Säkerställ att alla tjänster fungerar som planerat och att eventuell felsökning dokumenteras.
- Uppdatera drift- och underhållsplaner baserat på erfarenheter från uppstarten.



10. Standards

ITU-T-standarder (Internationella Teleunionen – Telecommunication Standardization Sector)

1. G.983-serien – BPON (*Broadband PON*)
2. G.984-serien – GPON (*Gigabit-capable PON*)
3. G.987/G.988-serien – XG-PON
4. G.9807.1 – XGS-PON
5. G.989-serien – NG-PON2
6. G.9804-serien – 50G-PON

IEEE-standarder (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

1. IEEE 802.3ah – EPON (*Ethernet PON*)
2. IEEE 802.3av – 10G-EPON
3. IEEE 802.3ca – 25G/50G-EPON

Andra viktiga aspekter i standarderna

- OMCI (ONT Management and Control Interface) – G.988
- FEC (Forward Error Correction) – skydd mot fel
- T-CONTs & GEM ports – logiska resurshanteringsmekanismer i GPON/XGS-PON

11. Bilagor

Bilaga 1 Kapacitetsberäkning

Bilaga 1.1 Verktyg Kapacitetsberäkning

Bilaga 2 Kontrollmätning

Bilaga 2.1 Budgetkalkylator

Bilaga 3. Checklista projektering PON

Bilaga 4. Checklista installation och driftsättning PON

