

# Tekniske og økonomiske forhold ved bruk av alternative strukturer i bygningsinstallasjoner

Ørjan Ramskjell

Master i energi og miljø  
Oppgaven levert: Juni 2007  
Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, ELKRAFT



### Oppgavetekst

For de aller fleste nye bygninger utføres de tekniske installasjonene i stor grad etter tradisjonelle konsepter. Nye løsninger, som f.eks. installasjonsbussystemer, brukes gjerne til "å løse gårsdagens problemer med morgendagens løsninger". Det er liten vilje blant byggherrene for å velge utradisjonelle løsninger. Skepsisen kan skyldes usikkerhet rundt pålitelighet og funksjonalitet for nye løsninger, eller rundt kostnadene. Ofte ser en ikke sammenhengen mellom investerings- og driftskostnadene.

Kandidaten skal

- \* med utgangspunkt i eksisterende byggeprosjekter, foreslå alternative systemløsninger eller strukturer.
- \* gjøre analyser på tekniske og økonomiske forhold ved de foreslåtte løsningene.
- \* foreslå planleggingskriterier for systemløsninger i utvalgte prosjekttypene.

Oppgaven gitt: 15. januar 2007

Hovedveileder: Eilif Hugo Hansen, ELKRAFT



## Sammendrag

Denne rapporten er en vurdering av alternative strukturer i utførelsen av moderne bygningsinstallasjoner. To konkrete bygninger er vurdert, Sentralbygg II (SBII) på NTNUs campus Gløshaugen, og en del av Byåsen Videregående Skole (BVS), også i Trondheim. Et pluggbart system for elektroinstallasjoner, Wieland Gesis, er vurdert opp mot konvensjonelle installasjoner i de aktuelle bygningene. I den alternative løsningen er det også benyttet 4-polte kurser med geografisk inndeling av laster. Det er i tillegg gjort vurderinger rundt økonomisk optimalisering av stigeledninger i bygninger.

Når det gjelder de konkrete bygningene, ble det vist at en full installasjon av SBII med den alternative konfigurasjonen kunne redusere installasjonskostnadene med 32 %, sammenliknet med de faktiske kostnadene. På BVS ble det alternative systemet sammenliknet mot en estimert pris for en konvensjonell installasjon. Den alternative løsningen var her 17,7 % rimeligere.

Sammenlikningen ble opprinnelig gjort med et system for romkontroll inkludert i den nye konfigurasjonen. Inklusive romkontrollen ble den nye løsningen bare lønnsom rent økonomisk i tilfellet SBII.

I analysen kom det fram at det var mye å spare som på at stigeledningene ble redusert som følge av en ny kalkulasjon av effektbehovet. Under dimensjonering viste det seg at prisen for å legge stigeledninger kan optimaliseres ved at det ikke nødvendigvis legges bare en kabel i passende størrelse, men det økonomisk gunstigste av 1 eller flere like store kabler. I mange tilfeller er det konfigurasjoner med flere kabler som lønner seg, også inkludert kostnadene for arbeid.

I konklusjonen er det fastslått at 4-polte, geografisk inndelte kurser sannsynligvis er mer økonomisk fremfor 2-polte med funksjonell inndeling, som er det vanlige i dag. Pluggbare systemer er også anbefalt, men fortrinnsvis i bygninger med funksjoner plassert rundt lange korridorer, og utstrakt bruk av systemhimlinger med innfelte armaturer som kan tilpasses det aktuelle systemet. Det er også utarbeidet en figur til hjelp for økonomisk optimalisering av stigekabler.

# Innholdsfortegnelse

Forord .....	4
1 Innledning .....	5
2 Bakgrunn .....	6
2.1 Konvensjonelle installasjoner .....	6
2.2 Moderne styringssystemer .....	8
2.3 Topologi .....	9
2.3.1 Topologi på kursnivå .....	10
3 NTNU Gløshaugen - Sentralbygg 2 .....	11
3.1 Eksisterende anlegg .....	12
3.1.1 Elkraftanlegg .....	12
3.1.2 Topologi .....	12
3.1.3 Styring .....	12
3.1.4 Oppvarming .....	12
3.2 Effektbehov .....	13
3.3 Dokumentasjon virkelig forbruk .....	14
3.4 Alternativ løsning .....	16
3.4.1 System .....	16
3.4.2 Prosjektering .....	17
3.4.3 Merknad angående 230V/400V .....	17
3.4.4 Stigekabler .....	17
3.4.5 Fordeling .....	18
3.4.6 Kurser .....	18
3.4.7 Romkontroll .....	18
3.5 Økonomisk analyse .....	20
3.5.1 Kostnader for eksisterende konfigurasjon .....	20
3.5.2 Kostnader for ny konfigurasjon .....	20
4 Byåsen Videregående Skole .....	22
4.1 Eksisterende anlegg .....	23
4.1.1 Elkraftanlegg .....	23
4.1.2 Topologi .....	23
4.1.3 Styring .....	23
4.1.4 Oppvarming .....	23
4.2 Effektbehov .....	24
4.3 Dokumentasjon virkelig forbruk .....	25
4.4 Alternativ løsning .....	27
4.4.1 Prosjektering .....	27
4.4.2 Fordeling .....	27
4.4.3 Kurser .....	27
4.4.4 Romkontroll .....	27
4.5 Økonomisk analyse .....	28
4.5.1 Kostnader for eksisterende konfigurasjon .....	28
4.5.2 Kostnader ny konfigurasjon .....	29
5 Stigekabler .....	30
5.1 Beregninger SBII .....	30
5.2 Sammenligninger mellom ulike kabeltyper .....	32
6 Diskusjon .....	34
6.1 NTNU Sentralbygg II .....	34
6.2 Byåsen Videregående Skole .....	35
6.3 Generelt .....	36
6.4 Sammenligninger ny og gammel konfigurasjon .....	36
6.4.1 Geografisk/funksjonell inndeling .....	36
6.4.2 Trepolte/topolte kurser .....	37
6.4.3 Anvendelse .....	38
6.4.4 Kapasitet og muligheter for utvidelse .....	38
6.5 Stigekabler .....	39
7 Konklusjon .....	40
8 Referanser .....	41

## Figurliste

Figur 1 - Hovedfordeling [1] .....	6
Figur 2 - Automatsikring [1] .....	6
Figur 3 - Installasjonsbussystem [4] .....	8
Figur 4 - Aktuelle topologier.....	9
Figur 5 - Logget strømforbruk onsdag 21.03 tavle vest .....	15
Figur 6 - Logget strømforbruk onsdag 21.03 tavle øst.....	15
Figur 7 - Gesis flatkabel, 5x2.5mm <sup>2</sup> + busskabel .....	16
Figur 8 - Gesis flatkabel med forskjellige tilkoblinger, legg merke til 6-veis fordeler .....	16
Figur 9 - Prosjektering i Gesisplan .....	17
Figur 10 - Eksempel på romkontroll [14] .....	19
Figur 11 - BVS - korridor med lærerkontorer til høyre.....	22
Figur 12 - BVS - fellesareale for elever, med klasserom i bakgrunnen .....	22
Figur 13 - Logget strømforbruk onsdag 25.04.....	26
Figur 14 - Inndeling kurser ny løsning BVS .....	27
Figur 15 - Målinger av innhold overharmoniske i hhv fase 1, 2 og 3, inntakskabel tavle øst 10.etg Sentralbygg 2 NTNU .....	30
Figur 16 - Sammenlikning pris pr meter ved forskjellig utnyttelsesgrad for ulike kabler .....	33

## Tabelliste

Tabell 1 - Effektforkbruk Sentralbygg II .....	13
Tabell 2 - Snittverdier 0730-1700 - tavle øst.....	14
Tabell 3 - Maksverdier hele døgnet - tavle øst.....	14
Tabell 4 - Snittverdier 0730-1700 - tavle vest .....	14
Tabell 5 - Maksverdier hele døgnet - tavle vest.....	14
Tabell 6 - Kostnader elektrisk anlegg Sentralbygg II.....	20
Tabell 7 - Omkostninger alternativ løsning Sentralbygg II .....	21
Tabell 8 - Effektbehov BVS .....	24
Tabell 9 - Snittverdier 0730-1700.....	25
Tabell 10 - Maksverdier hele døgnet.....	25
Tabell 11 - Kostnader konvensjonell installasjon BVS.....	28
Tabell 12 - Kostnader ny konfigurasjon BVS .....	29
Tabell 13 - Pris inkl. arbeid for én stiger til hver etasje .....	31
Tabell 14 - Sammenligning ulike stigerkonfigurasjoner Sentralbygg II.....	31
Tabell 15 - Sammenligninger ulike størrelser PFSP-kabel.....	32
Tabell 16 - Sammenligninger priser SBII (tall avrundet til nærmeste 1000) .....	34
Tabell 17 - Sammenligning ny/konvensjonell løsning .....	35
Tabell 18 - Effektøkning fra enpolt til trepolt .....	37
Tabell 19 - Sammenligning stigeledningskonfigurasjoner.....	39

## Vedlegg

Vedlegg 1 - Plantegning NTNU Sentralbygg II .....	II
Vedlegg 2 - Tegning fra GesisPlan SBII .....	IV
Vedlegg 3 - Deleliste fra GesisPlan SBII .....	VI
Vedlegg 4 - Kalkyle alternativ konfigurasjon SBII.....	VIII
Vedlegg 5 - Plantegning Byåsen Videregående Skole.....	X
Vedlegg 6 - Plantegning, BVS - klasserom Allmennfag VK1 .....	XII
Vedlegg 7 - Tegning fra GesisPlan BVS - Lysanlegg.....	XIV
Vedlegg 8 - Tegning fra GesisPlan BVS - Teknisk anlegg.....	XVI
Vedlegg 9 - Deleliste fra GesisPlan BVS.....	XVIII
Vedlegg 10 - Kalkyle alternativ konfigurasjon BVS .....	XX
Vedlegg 11 - Sammenlikning stigeledningskonfigurasjoner .....	XXII

## **Forord**

Denne oppgaven er min hovedoppgave ved avslutningen av Mastergraden ved NTNU 2007. Oppgaven er gjort ved Institutt for Elkraftteknikk og er utført i samarbeid med Rambøll AS i Trondheim. Eilif Hugo Hansen har vært veileder.

Jeg vil gjerne takke de følgende, som har bidratt på en eller annen måte underveis:

Eilif Hugo Hansen, NTNU  
De ansatte ved Rambøll i Trondheim  
Bjørn Erik Berentsen, EFA Elektro  
Øyvind Svaleng, Siemens AS  
Øyvind Soelberg, Byåsen Videregående Skole  
Bård Almås, NTNU  
Eli Merethe Dalseg

Trondheim, 12.juni 2007

Ørjan Ramskjell



# 1 Innledning

De teknologiske framskritt de siste hundre år har vært formidable. For to hundre år siden var elektrisitet kun en fantasi, nå er det en selvfølgelig del av hverdagen. I alle nybygde bygninger forventes det at det er et elektrisk anlegg. Tradisjonelle elektriske anlegg er likevel ikke gjenstand for mye oppmerksomhet, og endringshastigheten er derfor ikke spesielt høy. Kombinert med en relativt konservativ bransje løses mange problemer på den måten det alltid har vært gjort på. Fordi det virker. Dermed ikke sagt at det er den optimale metoden, verken økonomisk eller teknisk.

Alternative systemløsninger, tenkemåter og dimensjoneringskriterier finnes, de er likevel ikke voldsomt utbredt. Det kan komme av liten endringsvillighet og gamle tenkesett, men det er også en mulighet at det eksisterer en skepsis til lønnsomheten, grunnet manglende dokumentasjon. Det gjøres nemlig ikke så mye ny forskning på dette området, og rapporter med analyser av forskjellige måter å gjøre det på er sjeldne.

For å kunne bygge elektriske anlegg med så høy lønnsomhet som mulig kreves det noen kunnskaper om bygningstyper og dimensjoneringskriterier som sammen gir det beste resultatet. I denne rapporten forsøker jeg å se på noen aktuelle løsninger i to vidt forskjellige miljøer.

## 2 Bakgrunn

På slutten av nittitallet ble det kjørt et prosjekt ved institutt for elkraftteknikk kalt *Optimale elkraftinstallasjoner med mindre ressursbruk* [2], hovedsakelig i samarbeid med Siemens AS Installasjon og IGP AS. Prosjektet var finansiert av Norges forskningsråd, og hensikten var å se på forskjellige strukturer og styringsteknologi for bygninger som kan gi besparelser både ved installasjon og i bruk. Prosjektet påviste et stort sparepotensial i forbindelse med et fullskala prøveprosjekt, Siemens Nixdorffs (IDEM-bygget) nybygg på Linderud i Oslo [3]. Anlegget der brukte ikke tradisjonelle fordelingstavler, og hadde heller ikke sentrale stigesjakter. Der ble det konkludert med stor lønnsomhet, mye grunnet byggets spesielle utforming.

### 2.1 Konvensjonelle installasjoner

Så godt som alle bygg som bygges i dag utstyres med en eller annen form for elektrisk anlegg for distribusjon av energi til lys, varme og forskjellige apparater vi omgir oss med. Siden det først ble vanlig å utstyre bygninger med elektrisitet på begynnelsen av århundret, har måten det gjøres på ikke endret seg så veldig mye.

I de fleste forretningsbygg i dag er det vanlige, konvensjonelle elektroinstallasjoner, i hvert fall hvis det er noe særlig mer enn 5-10 år siden det ble bygd eller sist rehabilitert. Det betyr at installasjonene stort sett er utført med de samme prinsippene, uansett størrelse på bygget.

#### Hovedfordeling

Bygget har som oftest en hovedfordeling, plassert på laveste plan i bygningen. I større bygninger ligger denne gjerne inntil en transformatorstasjon, med kobberskinner rett inn i bunnen av fordeling. Fra hovedfordelingen distribueres den elektriske energien til underfordelinger med stige kabler.

#### Stigekabler

Kablene som forsyner underfordelingene i bygget kalles gjerne for stige kabler. Navnet stige kabler kommer av at de som oftest går oppover i etasjene, til en eller flere fordelinger i hver etasje. Kablene legges ofte i egne sjakter, hvor de festes til en kabelstige som monteres i sjakten.

#### Underfordelinger

Hvor mange nivåer av underfordelinger en har, avhenger av størrelsen på bygget, og forhold knyttet til plasseringen av belastningene som skal forsynes. Det er imidlertid vanligst å kun ha ett nivå med underfordelinger under hovedfordelingen. I disse plasseres vern for forbrukskurser, utstyr for styring av belastningene (releer, ur og lignende) og klemmer for utgående kurser.

#### Kurser

I underfordelingen plasseres et antall vern med forskjellige størrelser, som en kobler belastninger til. Disse kalles så kurser. En kurs i moderne forretningsbygg har vanligvis størrelsen 10-25A og kan være en- eller trefaset.



Figur 1 - Hovedfordeling [1]



Figur 2 - Automatsikring [1]

## **Styring**

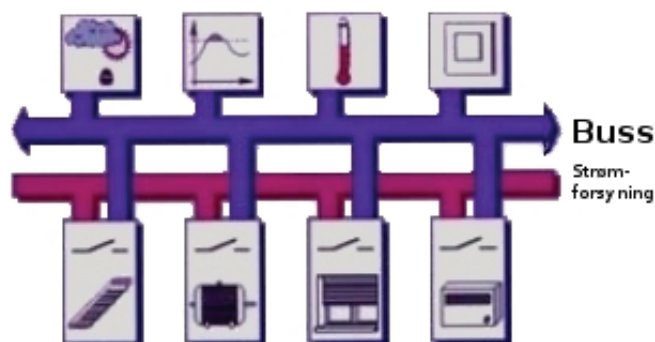
For styring av belastninger i konvensjonelle installasjoner, benyttes brytere til små laster. Disse plasseres der det er mest hensiktsmessig. En får imidlertid problemer ved styring av store laster, når en har behov for å kunne betjene styringen fra flere steder eller hvis lasten skal kunne styres på for eksempel tid og/eller tilstedeværelse. Dette er fullt mulig å løse ved hjelp av kontaktorer, releer, tidsbrytere og annet utstyr som gjerne plasseres i fordelingen. Slike installasjoner er imidlertid kostbare, lite fleksible og består ofte av mange bevegelige deler (og er dermed sårbare).

## 2.2 Moderne styringssystemer

Installasjonsbuss er en samlebetegnelse for ulike systemer som benyttes til styring, signalgiving, måling og kommunikasjon i de tekniske systemer som en bygning består av. Bussen er et kommunikasjonsmedium alle deltakerne som er utstyrt med en form for intelligens kobler seg på. Den er et nett trukket mellom sensorer (følere o.l.), aktorer (releer, dimmere, ventiler o.l.) og kontrollsystemer. Via bussen (som i praksis oftest er en kabel med ett eller flere par) kan enhetene sende meldinger seg i mellom. Den innebygde intelligensen kan på bakgrunn av disse meldingene utføre ulike oppgaver som er lagret i minnet til aktørene i nettverket. Slik kan relativt avanserte oppgaver legges til et slikt system, og systemet kan ta avgjørelser basert på mange parametere.

### Medium

Kommunikasjonsmediet er som nevnt oftest en kabel med ett eller flere tråddpar (såkalt TP-kabel), men det kan like gjerne være koaksialkabel, fiberkabel, kommunikasjon over kraftnettet (såkalt PLC – Power Line Communication), ulike trådløse løsninger (radiosignaler, infrarød kommunikasjon) eller en kombinasjon av flere. Poenget er at alle deltakerne kommuniserer over en felles protokoll.



Figur 3 - Installasjonsbussystem [4]

### Desentralisert

I store styresystemer har en gjerne en sentral datamaskin, som alle komponenter i anlegget er koblet til. Denne sentrale enheten får da inn alle signaler og behandler dem hos seg. Den "tenker for alle", og er avhengig av en enkelt kabel fra hver komponent og til sentralen.

Med et bussbasert system er det mulig med desentralisert intelligens, dvs at det sitter en liten datamaskin i hver enkelt deltaker på bussen. Denne løsningen har den opplagte fordelen at det ikke er så sårbart for utfall, feil o.l. Så lenge det er strømforsyning til stede, kan de komponentene som fremdeles er koblet sammen og virker, fortsette å fungere.

I et desentralisert system trenger en da bare å kable mellom komponentene, uten tanke for noen rekkefølge eller liknende. Alle deltakere vil være utstyrt med en unik adresse, og alle meldinger sendt ut på bussen vil inneholde denne adressen. På denne måten kan hver komponent bare plukke opp de telegrammene som inneholder deres adresse og ignorere resten.

## 2.3 Topologi

Oppbygningen av selve strukturen i elektriske bygningsinstallasjoner kan være gjort på mange måter. Aktuelle topologier er [4]:

### Ringnett

Ringnett er en variant hvor en forsyner belastningen fra to eller flere sider. Dette er en vanlig måte å gjøre det på i høgspenningsnett, men er ikke tillatt i lavspenningsnett i Norge. Fordelen er muligheten til å opprettholde eller raskt gjenopprette strømforsyningen ved feil.

### Stjernenett

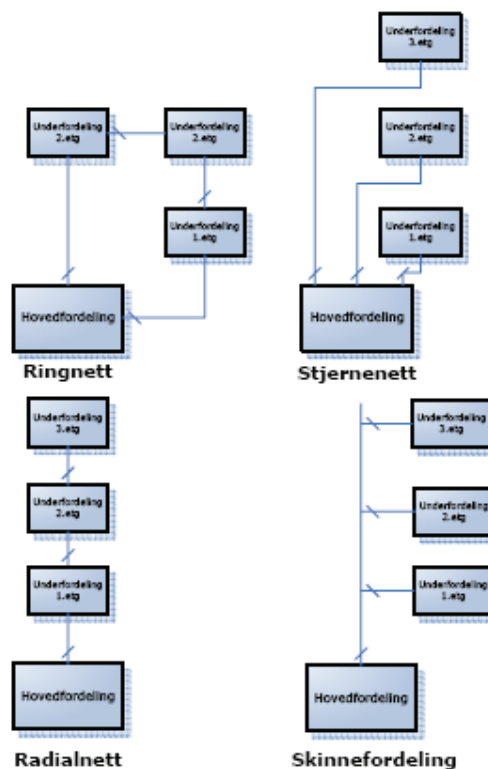
Kalles også strålenett. En enkelt kabel ut til hver belastning. Fordelen er at ved utkobling av en kabel faller minst mulig ut, kun det som er koblet på den aktuelle kabelen.

### Radialnett

Radialnett er for så vidt en variant av stjernenettet, hvor flere belastninger kobles på samme kabel (radial).

### Skinnefordeling

I en skinnefordeling er belastningene koblet til et langsgående fordelingsystem bestående av skinner eller flatkabler med uttak underveis. Slike uttak kan være svært fleksible og lett å flytte, slik at en stor fordel med slike systemer er muligheten til å gjøre store forandringer raskt og rimelig.



Figur 4 - Aktuelle topologier

Når man diskuterer topologi i bygningsinstallasjoner kan det være praktisk å dele det opp i to nivåer:

- topologi på fordelingsnivå, det vil si fra en hovedfordeling i en større bygning og ut til underfordelingene
- topologi på kursnivå, det vil si fra underfordelingene og ut til forbruksstedet

På fordelingsnivå i dagens norske bygninger er det som oftest lagt opp som et stjerne- eller radialnett i form av stigekabler fra en hovedfordeling som forsyner en eller flere underfordelinger.

### **2.3.1 Topologi på kursnivå**

Fra underfordelinger fordeles energien ut til forbrukspunktet med kurser, også forlagt som et radialnett, med unntak av noen større eller prioriterte laster som hvor det legges en egen kabel. Det er også forskjell på hvordan belastningene som tilkobles disse kursene deles inn.

Den desidert vanligste måten å gjøre det på, har vært å dele belastningene inn i kurser etter funksjon. For eksempel kobles alt lys i et område på samme kurs, alle stikkontakter og eventuelle faste laster på neste kurs og varmelaster i området på en tredje kurs. I tillegg har det gjerne vært egne kurser for datautstyr.

En annen måte å gjøre det på, er å dele kursene inn etter geografi. Det vil si at hver kurs dekker alle former for laster, eventuelt med unntak av store/spesielle laster, i et avgrenset område. Størrelsen på området bestemmes av effekten på installerte laster, sikringsstørrelsen ( $I_N$ ) på kursen og ønsket belastningsgrad på kursen.

Funksjonell inndeling har vært og er ennå helt klart vanligst, i hvert fall i næringsbygg. I boliger kan en ofte komme ut for geografisk inndeling, men det har til nå vært lite utbredt i andre typer bygninger.

## 3 NTNU Gløshaugen - Sentralbygg 2

Sentralbygg 2 (heretter SBII) er den ene av de to høyblokkene på NTNUs campus Gløshaugen. SBII er sist ferdigstilt av de to, og ligger nærmest hovedbygget. Bygget har 15 etasjer inklusive kjeller, hvorav den øverste kun er en halvetasje og inneholder ventilasjonsanlegg og tekniske installasjoner. Grunnflaten på bygget er ca 430 m<sup>2</sup>, det er avlangt og måler omtrent 41x11 m. Dette gir et totalt bruttoareal (ikke medregnet teknisk etasje) på ca 6000m<sup>2</sup>. Nettoarealet, dvs bruttoarealet fratrukket trapper, korridorer, tekniske rom o.l. er for hver etasje ca 300 m<sup>2</sup>, noe som gir et totalt nettoareal for hele bygget på ca 4000m<sup>2</sup><sup>1</sup>. SBII er på mange måter delt inn i to vinger, østvingen og vestvingen som ligger på hver sin av "stripa", den lange korridoren som går tvers gjennom bygget i 1.etg og binder sammen flere av bygningen på campus. Se for øvrig plantegning i vedlegg 1.

Begge blokkene er bygd på slutten av 60-tallet, men helt rehabilitert de siste årene. Rehabiliteringen inkluderer en fullstendig fornying av det elektriske anlegget. Denne prosessen har vært gjort i to omganger. Alle tavlene og stigerne ble tatt like etter årtusenskiftet. Dette arbeidet ble utført av ABB (nå YIT). Resten av de elektriske installasjonene ble ferdigstilt våren 2006 av Selven Elektro. Prosjekteringen ble i begge tilfeller utført av Rambøll AS i Trondheim.

### Bruk

Bygget er stort sett utført med cellekontorer langs en korridor. Unntaker er 1.etasje, hvor SiT Tapir har en butikk i østvingen og NTNU seksjon for bygningstjenester har et servicesenter i vestvingen. Kjelleren består av lager, diverse rom for renholderne, tekniske rom og gangveier. Toppetasjen er bare et teknisk rom med ventilasjonsanlegg og kjøleanlegg. Resten av bygget er stort sett kontorer, møterom og grupperom.

Bygget domineres av Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse som har det meste fra 2. til 6.etg. og Institutt for matematiske fag som holder til fra 6.etg og opp. Hver etasje ser tilnærmet helt lik ut, med 15-20 kontorer/møterom av varierende størrelse. Totalt er det ca 250 ansatte og studenter som har sitt daglige virke der. Det er tre heiser og to trapper i bygningen, en trapp og en heis i østvingen, og to heiser og en trapp i vestvingen.

---

<sup>1</sup> Kjelleren har bare bruttoareal

## **3.1 Eksisterende anlegg**

### **3.1.1 Elkraftanlegg**

Hele bygget har et 230V IT-system. Det er to stigesjakter i bygget, disse går helt fra bunn til topp, og har et fordelingsstativ i hver etasje. Det er altså to fordelinger i hver etasje. Hver fordeling inneholder fra 12-20 kurser, og er sikret med 50-63A. 5 stigekabler forsyner disse fordelingene, 3 på østvingen av bygget og 2 på vestvingen. Stigeledningene er sikret med 160-200A.

Da etasjene er tilnærmet helt like, har jeg i denne oppgaven brukt 10. etg som et eksempel og utgangspunkt. Der er kursene fordelt slik:

#### **Vest:**

Lys: 4 kurser, 2 stk 3x10A, 2 stk 2x10A  
Stikk: 9 kurser, 8 stk 2x16A, 1 stk 2x10A  
Reserve: 10 kurser, 1 stk 2x16A, 9 stk 2x10A

#### **Øst:**

Lys: 3 kurser, 2 stk 3x10A, 1 stk 2x10A  
Stikk: 12 kurser, 9 stk 2x16A, 3 stk 2x10A  
Reserve: 8 kurser, 1 stk 2x16A, 7 stk 2x10A

### **3.1.2 Topologi**

På stigeledningsnivå er fordelingene koblet radielt. De første 7 etasjenes fordelinger er koblet på en stiger, mens de neste 6 går på en annen. Dette er likt i begge sjaktene, med det unntaket at fordeling FH02 (vest) i kjelleren har en ekstra stigekabel som en del av kursene er koblet på. Dette er et helt separat system, og ikke elektrisk sammenkoblet med "hovedstigekabelen". Kursene er inndelt etter funksjoner, det vil si at lys i flere rom er gruppert på samme kurs, og stikk i de samme rommene er på en annen kurs. Det er også egne kurser for datautstyr på kontorene.

### **3.1.3 Styring**

Lysinstallasjonene er utført nokså konvensjonelt, den eneste form for moderne styring som eksisterer er at det er bevegelsesdetektorer i korridorene som styrer lyset lokalt. Ventilasjonen er kun tids- og temperaturstyrt.

### **3.1.4 Oppvarming**

SBII er som resten av Gløshaugen tilknyttet fjernvarmenettet i Trondheim, og har følgelig radiatorer på hvert rom. Disse er utstyrt med manuelt ratt på ventilen for å justere ønsket temperatur i rommet.



## 3.2 Effektbehov

Som nevnt er nettoarealet i hver etasje ca 300m<sup>2</sup>. Det relativt lave arealet gjør det naturlig å være skeptisk til hvorvidt dagens løsning med to tavler og svært mange kurser var en grov overdimensjonering. Som et eksempel har jeg regnet litt på effektforbruket i 10.etg:

I 10.etg er det 19 rene arbeidsplasser, det vil si et kontor med en stasjon utstyrt med PC, telefon, leselampe og ekstra stikk til diverse utstyr. Som en gjennomsnittlig last pr arbeidsplass brukes 600W. Dette begrunnes med følgende:

- 1 stk PC: ca 300W inklusive skjerm [13].
- Lys: ca 150W. Her medtas 2 stk takhengte armaturer på max 1x36W eller 1 stk 2x36W og evt bordplassert leselampe.
- Diverse ca 150W. Dette inkluderer hver enkelt arbeidstakers personlige småelektriske utstyr, som f.eks. mobillader, radio etc.

De fleste kontorene er ca 13 m<sup>2</sup>, men fire er noe større, og har således et noe større lysbehov. Det er derfor beregnet 150W ekstra på disse kontorene.

I korridorene, toalettene, garderoben, kopirommet og seminarrommet er det beregnet ca 15 W/m<sup>2</sup> i gjennomsnitt til lys. Til toalettene beregnes 1,5 kW til håndtørkere, til kopirommet 3 kW til kontormaskiner og kjøling, til et minikjøkken er beregnet 2 kW og til seminarrommet er det beregnet 1 kW til diverse utstyr. Dette gir et totalt maksimalt effektuttak i hele etasjen på ca 22kW. Dette vil bare opptre hvis absolutt alle laster i etasjen står på samtidig, noe som i praksis ikke vil skje. Derfor opererer vi gjerne med samtidighetsfaktorer for belastningene [4].

Vi kan med stor grad av sikkerhet anta at ikke alle kontorene er i bruk til en hver tid [5,6]. Det er likevel slik at det sannsynligvis vil være perioder da det vil være mange tilstede på kontorene, for eksempel på starten av arbeidsdagen. Derfor opererer vi med en ganske høy faktor når det kommer til effektuttak på arbeidsplasser. Det er derimot ikke så sannsynlig at håndtørkerene på toalettet, platene på minikjøkkenet og alle apparatene på kopirommet skal ha et maksimalt effektforbruk til enhver tid. Justert for samtidighet kommer vi til disse tallene:

**Tabell 1 - Effektforbruk Sentralbygg II**

Effekt SBII, 10 etg	Totalt	Samt.faktor	Justert
19 arb.plasser à 600W	11400 W	0,8	9120 W
4 rom med ekstra lys	600 W	0,8	480 W
Håndtørkere toaletter	3000 W	0,5	1500 W
Kopirom	3000 W	0,5	1500 W
Minikjøkken	2000 W	0,2	400 W
Seminarrom	1000 W	0,5	500 W
Lys andre arealer, 15W/m <sup>2</sup>	2025 W	0,8	1620 W
<b>Totalt</b>	<b>22,03 kW</b>		<b>15,12 kW</b>

Forutsatt en cosinus  $\varphi$  på 0,9 har en 3x16A kurs denne effekten:

$$P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$$

$$P = 230 \times 16 \times \sqrt{3} \times 0,9$$

$$P \approx 6,3 \text{ kW}$$

Det går altså an å forsyne hele etasjen med 3 stk 3x16A kurser og likevel ha noe å gå på. Dette i motsetning til dagens situasjon hvor hver etasje har mellom 20 og 30 kurser i bruk.

### 3.3 Dokumentasjon virkelig forbruk

For å sjekke hva forbruket virkelig ligger på, monterte jeg en målerigg i begge tavlene i 10.etasje i noen uker i mars 2007. Denne målte strømuttaket i hver fase for hele tavlen hvert minutt gjennom døgnet. Disse ukene var helt gjennomsnittlige uker på kontorene i etasjen, det var ikke unormalt høy/lav aktivitet, fravær, reisevirksomhet eller andre faktorer som kan påvirke forbruket. Målingene er jevnlig kontrollert med en Fluke 43B effektanalysator.

Målingene viser at jevnt over er belastningen noe høyere i vest enn i øst.

**Tabell 2 – Snittverdier 0730-1700 – tavle øst**

Snitt arb.tiden	L1	L2	L3
Lørdag 10.03	3,05 A	3,45 A	0,81 A
Søndag 11.03	3,03 A	3,43 A	0,81 A
Mandag 12.03	5,02 A	5,45 A	0,82 A
Tirsdag 13.03	5,23 A	5,45 A	0,99 A
Onsdag 14.03	5,55 A	5,75 A	1,02 A
Torsdag 15.03	4,68 A	4,85 A	1,03 A
Fredag 16.03	4,44 A	4,53 A	1,09 A
Lørdag 17.03	3,29 A	3,70 A	0,82 A
Søndag 18.03	3,56 A	3,98 A	0,82 A
Mandag 19.03	4,85 A	5,26 A	0,83 A
Tirsdag 20.03	5,47 A	5,70 A	0,99 A
Onsdag 21.03	5,77 A	6,01 A	0,99 A
Torsdag 22.03	4,94 A	5,20 A	0,93 A
Fredag 23.03	4,27 A	4,68 A	0,81 A
Lørdag 24.03	3,80 A	4,22 A	0,82 A
Søndag 25.03	3,68 A	4,11 A	0,81 A
Mandag 26.03	4,97 A	5,16 A	1,02 A
Tirsdag 27.03	4,94 A	5,21 A	0,97 A

**Tabell 3 - Maksverdier hele døgnet – tavle øst**

Max	L1	L2	L3
Lørdag 10.03	6,94 A	4,80 A	0,84 A
Søndag 11.03	4,97 A	4,63 A	0,93 A
Mandag 12.03	12,34 A	12,85 A	0,83 A
Tirsdag 13.03	11,34 A	11,88 A	1,57 A
Onsdag 14.03	13,38 A	13,86 A	1,68 A
Torsdag 15.03	6,23 A	5,95 A	1,66 A
Fredag 16.03	6,02 A	9,22 A	1,67 A
Lørdag 17.03	4,70 A	6,94 A	0,92 A
Søndag 18.03	4,96 A	5,29 A	0,91 A
Mandag 19.03	12,34 A	12,85 A	1,50 A
Tirsdag 20.03	7,65 A	7,58 A	1,57 A
Onsdag 21.03	7,49 A	7,47 A	1,52 A
Torsdag 22.03	7,54 A	7,17 A	1,70 A
Fredag 23.03	13,46 A	14,01 A	0,83 A
Lørdag 24.03	10,23 A	10,72 A	0,84 A
Søndag 25.03	4,62 A	7,43 A	0,91 A
Mandag 26.03	14,32 A	14,48 A	1,50 A
Tirsdag 27.03	13,00 A	13,52 A	1,57 A

**Tabell 4 - Snittverdier 0730-1700 - tavle vest**

Snitt Arb.tiden	L1	L2	L3
Lørdag 10.03	4,02 A	3,71 A	2,28 A
Søndag 11.03	4,11 A	3,76 A	2,14 A
Mandag 12.03	8,56 A	7,34 A	3,62 A
Tirsdag 13.03	8,78 A	7,75 A	3,56 A
Onsdag 14.03	9,43 A	8,64 A	3,64 A
Torsdag 15.03	9,55 A	8,71 A	3,74 A
Fredag 16.03	7,94 A	7,17 A	3,21 A
Lørdag 17.03	4,21 A	3,67 A	2,32 A
Søndag 18.03	4,05 A	3,59 A	2,08 A
Mandag 19.03	8,62 A	7,81 A	3,70 A
Tirsdag 20.03	9,31 A	8,40 A	3,61 A
Onsdag 21.03	9,21 A	8,44 A	3,62 A
Torsdag 22.03	9,62 A	8,74 A	3,81 A
Fredag 23.03	8,17 A	7,45 A	3,25 A
Lørdag 24.03	4,10 A	3,53 A	2,30 A
Søndag 25.03	4,15 A	3,69 A	2,13 A
Mandag 26.03	8,15 A	7,24 A	3,02 A
Tirsdag 27.03	7,96 A	6,94 A	3,31 A

**Tabell 5 - Maksverdier hele døgnet - tavle vest**

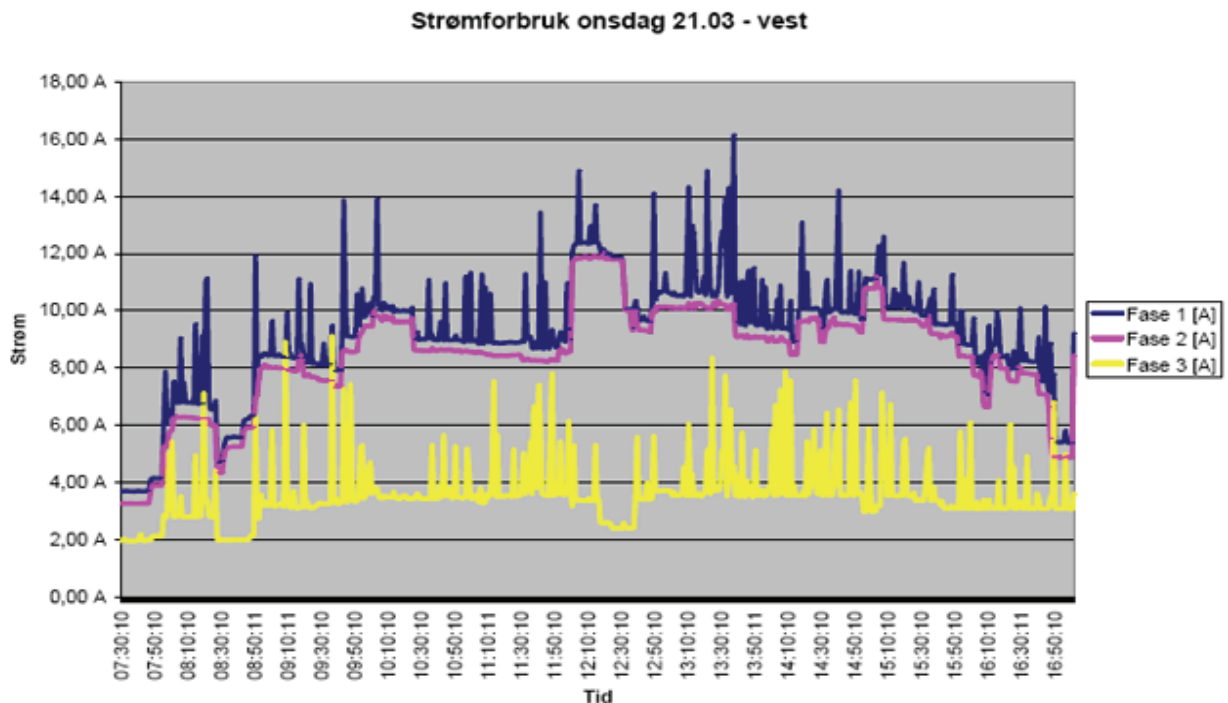
Max	L1	L2	L3
Lørdag 10.03	8,55 A	4,55 A	7,61 A
Søndag 11.03	9,12 A	5,11 A	7,62 A
Mandag 12.03	14,35 A	9,85 A	9,12 A
Tirsdag 13.03	16,21 A	12,11 A	9,45 A
Onsdag 14.03	15,87 A	10,09 A	9,61 A
Torsdag 15.03	15,64 A	11,45 A	8,67 A
Fredag 16.03	13,11 A	10,30 A	8,74 A
Lørdag 17.03	8,62 A	5,12 A	7,55 A
Søndag 18.03	8,65 A	5,78 A	7,58 A
Mandag 19.03	14,54 A	9,66 A	9,25 A
Tirsdag 20.03	16,30 A	12,39 A	8,71 A
Onsdag 21.03	16,14 A	10,35 A	9,13 A
Torsdag 22.03	15,93 A	11,70 A	9,41 A
Fredag 23.03	13,32 A	10,08 A	9,62 A
Lørdag 24.03	9,42 A	4,62 A	7,62 A
Søndag 25.03	9,58 A	5,13 A	7,60 A
Mandag 26.03	14,95 A	9,71 A	8,55 A
Tirsdag 27.03	15,40 A	10,29 A	8,60 A

MERK: Tallene her er fra et 230V-anlegg. Min dimensjonering senere i oppgaven forutsetter et 400V-anlegg.

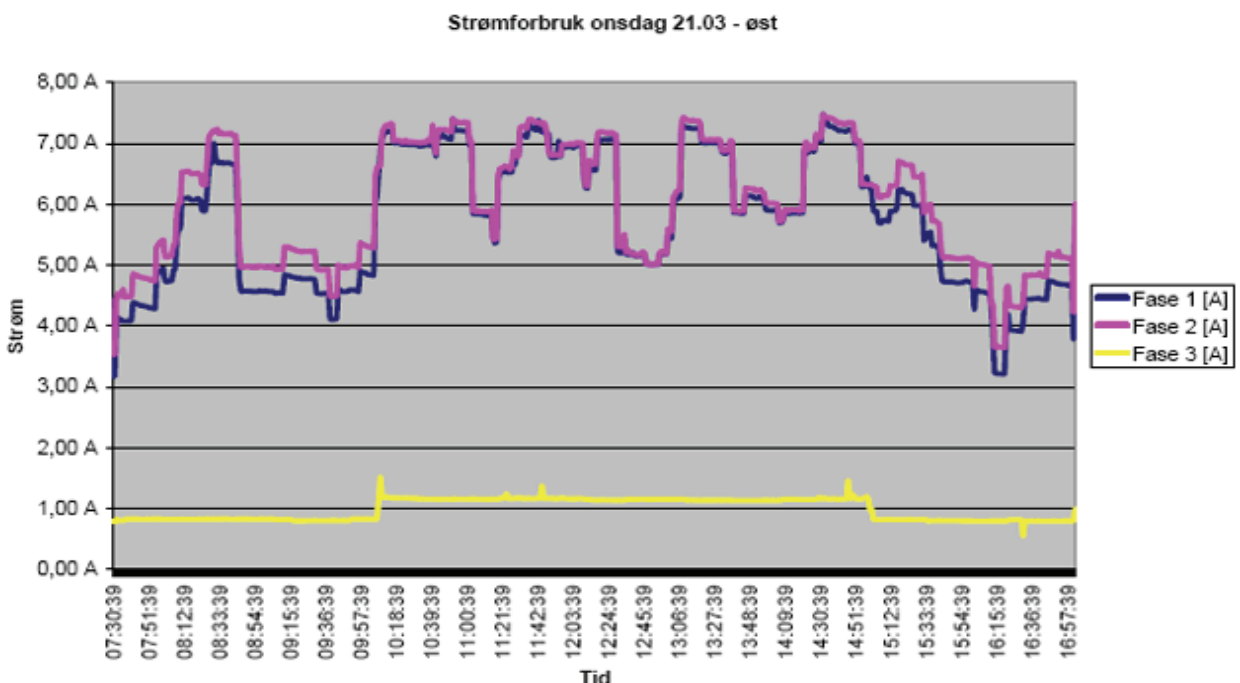
Det første som ble klart, er at fasene er svært skjevt fordelt. Fase 3 er nesten ikke belastet i forhold til de andre to. Dette gjelder begge tavlene, men i størst grad i øst. Av dataene for gjennomsnittlig strømforbruk kan en se at gjennomsnittsforbruket aldri kommer over 7A for noen av fasene verken i øst eller vest. Vi kan også se at andelen grunnlast er noe høyere i øst

enn i vest (forbruket synker mer i vest når det blir helg). Dette kommer sannsynligvis av at tavlen i vest er belastet med et kopirom og en A/C-enhet<sup>2</sup> til dette rommet.

Ser vi på en typisk dags forbruk, blir det helt klart at tavlen i vest er høyest belastet. Strømforbruket blir likevel aldri høyere enn 14A i noen fase. Ujevnhetene på tavle vest stammer fra A/C-enheten på kopirommet som legger inn og ut.



**Figur 5 - Logget strømforbruk onsdag 21.03 tavle vest**



**Figur 6 - Logget strømforbruk onsdag 21.03 tavle øst**

Vi ser også at fase 3 i øst så og si ikke er belastet. Den når bare såvidt over 1A i maksimalperioden midt på dagen.

<sup>2</sup> Air-Condition-enhet, kjøling av rommet

### 3.4 Alternativ løsning

Etter å ha sett på effektbehovet til bygget og det faktiske forbruket, er det klart at bygget i dag er overdimensjonert. Den alternative løsningen jeg vil se på her, vil derfor dimensjonere ned noe i forhold til den eksisterende. Tanken er også å gå over til en annen struktur på installasjonene, med firepolte, geografisk inndelte kurser.

#### 3.4.1 System

For å realisere dette vil jeg beskrive et eget kablingsystem som kalles Wieland Gesis. Dette er et helt eget installasjonssystem, markedsført i Norge av EFA Elektro AS. Systemet er bygd opp rundt distribusjon av kraft med flatkabler. Til flatkablene kobles egne uttaks-klemmer, enten med skruetilkobling, eller et pluggsystem med fjærer som holder han- og hunnplugg sammen. For fordeling til armaturer kan en da ta ut spenning fra flatkabelen og bruke inn- og utklemmer på selve armaturen, eller bruke egne fordelere (se figur 8).

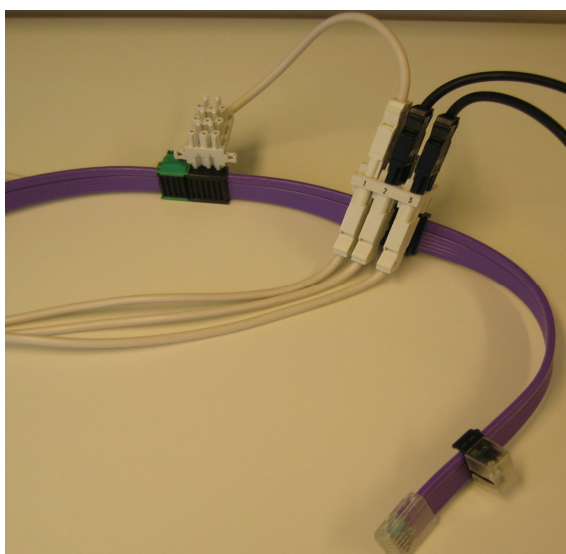
Systemet tar sikte på å være tidsbesparende i forhold til vanlige, faste installasjoner. Dette skal oppnås ved at alle installasjoner kan skjøtes fra punkt til punkt med løse ledninger som legges i kanal eller bare over løs himling. EFA Elektro hevder i sin omtale av systemet at en besparelse på opp til 70 % av montasjetiden er mulig [15].



Figur 7 - Gesis flatkabel, 5x2.5mm<sup>2</sup> + busskabel

Flere leverandører leverer Gesis-kompatibelt utstyr så som armaturer (bl.a. Glamox) og stikkontakter (bl.a. Rehau) med kompatibel plugg eller påmontert han-kontakt.

Jeg har forsøkt å tilnærme den nye konfigurasjonen til den eksisterende så langt det er mulig med hensyn til funksjoner. Målet er at bygget for brukerne skal oppleves likt med den nye løsningen som det er i dag.

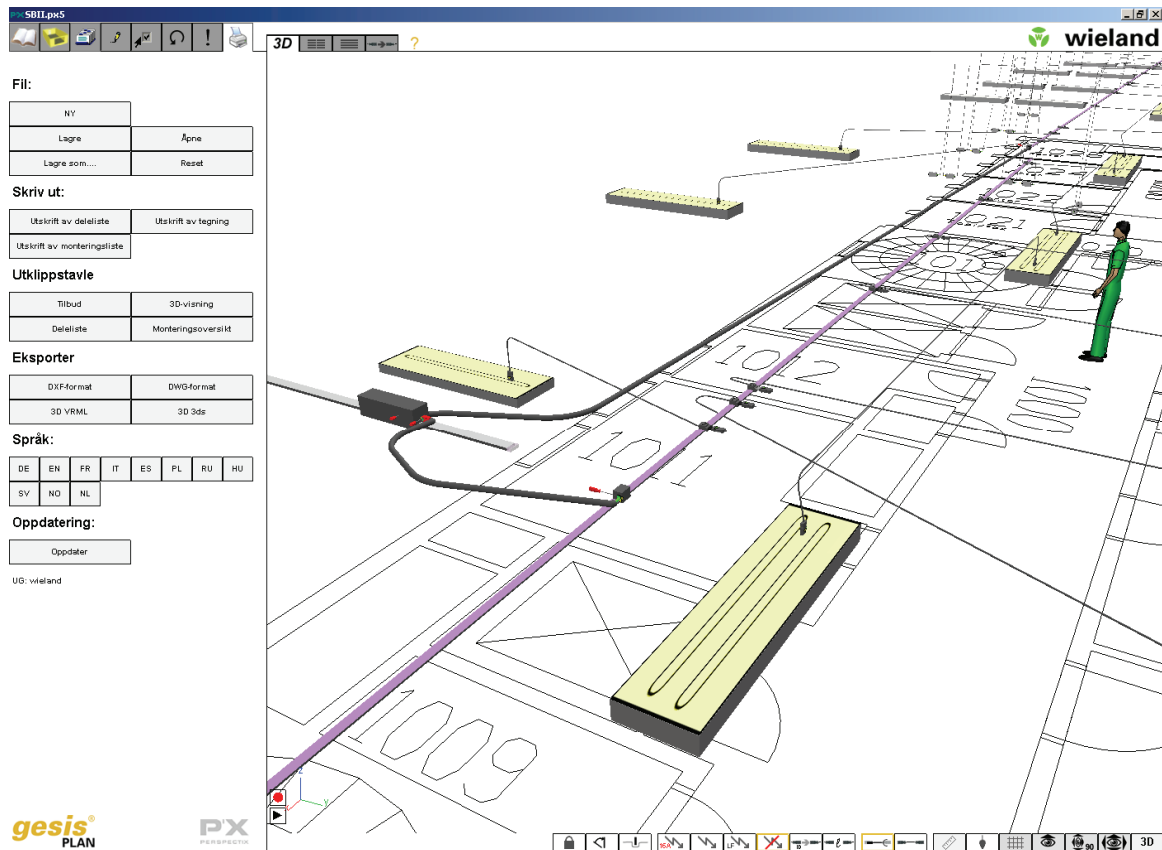


Figur 8 - Gesis flatkabel med forskjellige tilkoblinger, legg merke til 6-veis fordeler

## 3.4.2 Prosjektering

Jeg har benyttet NELFOs FebDok for dokumentasjon av anlegget og kontroll av størrelser og dimensjonering.

Selve flatkabelanlegget i hver etasje er prosjektert med GesisPlan, et program distribuert av EFA Elektro. GesisPlan er en komplett prosjekteringspakke for flatkabelsystemer, hvor en bygger opp en hel installasjon med systemets produkter, som ligger i bibliotek i programmet. Prosjekteringen kan foregå i både 2D og 3D, og vanlige dwg-filer<sup>3</sup> kan importeres som bakgrunn. Programmet leverer mengdelister og har enkelte dimensjoneringsfunksjoner, som spenningsfallberegning, kabel- og vern-dimensjonering og lignende.



Figur 9 - Prosjektering i Gesisplan

## 3.4.3 Merknad angående 230V/400V

Bygget er i dag utstyrt med et 230 V IT-anlegg. Jeg vil likevel ta utgangspunkt i et 400V-anlegg, og beskrive utstyr for det. Dette kommer av at de fleste nye bygg i dag er utstyrt med 400V, og utstyret jeg tenker å beskrive er beregnet for 400V. Skulle SBII vært rehabilitert i dag med et 400V-anlegg ville det altså tilkommet en ekstrakostnad i å skifte spenningsystem. Ekstrakostnaden ville bestått i bytte av trafo og tilførselskabel, da det meste av systemavhengig utstyr i bygningen likevel ville blitt skiftet ut.

## 3.4.4 Stigekabler

Én stigesjakt forsyner hele etasjen, i stedet for dagens to. Det legges også vesentlig mindre stigekabler enn de som ligger i dag,. Tre og tre etasjer forsynes på en stigekabel, som er PFSP 4x50mm<sup>2</sup> AL. Jeg har valgt radiell topologi, det vil si at kablene skjøtes videre i et koblingsstykke i sjakten, der det tas ut med PN-ledning eller tilsvarende til kurssikringer for etasjen.

<sup>3</sup> Vanlig filformat for plantegninger, benyttes av tegneprogrammet Autocad . Uoffisiell bransjestandard.

### 3.4.5 Fordeling

En fordelingstavle slik det er i dag utgår helt. I stedet monteres det trefasede 16A-kurser i en boks eller kanal i rett ved føringsveien for kabelen. Da det ikke er behov for så mange kurser i hver etasje kan disse monteres i en liten plastkapsling eller direkte i en plastkanal.

Det er selvsagt ingenting i veien for at fordelingen i stedet kan plasseres i et lite skap ved sjakten. Den store sjakta som er der i dag kan da utgå helt, så lenge plass til en kabelstige blir beholdt.

### 3.4.6 Kurser

Da jeg her beskriver et 400V-system, kan en klare seg med 2 firepolte 16A-kurser, med god margin. Effektbehovet til en etasje er 15 kW. Forutsatt  $\cos \varphi = 0,9$  har én 4x16A-kurs på 400V har en effekt på:  $P = 400 * 16 * \sqrt{3} * 0,9 \approx 10kW$ . Jeg har derfor dimensjonert to 16A-kurser (3-fase) til hver etasje, en til den østlige halvparten av bygget, og en til den vestlige. Til kursopplegg benyttes systemet med flatkabler og pluggbare tilkoblinger fra Wieland Gesis. Flatkabler monteres over himling i korridor eller i plastkanaler/kabelstige ved tak. Det benyttes en 7-polet flatkabel *GST 18i*, med fasen, N, jord og to ledere til styresignal. Alle belastninger som skal tilknyttes kursene kobles til ved hjelp av avgreningsklemmer. Disse festes rett på flatkabelen og har skruer som penetrerer isolasjonen og skrus inn i ledere.

Lastene på kursene i etasjen fordeles geografisk, det vil si at kursene tar alle typer last i et område av etasjen. Denne måten å fordele last (kontra egne lys-, data- og stikkurser) har sannsynligvis en gunstig effekt på størrelsen av 3.harmoniske strømmer som oppstår i N-lederen fordi forskjellige typer last kommer på kursen.

Elforsyning og buss legges via en romkontroller inne på hvert kontor. Dette er en "intelligent" komponent som kommuniserer via bussen og styrer varmen, lyset og ventilasjonen ved hjelp av en bevegelsesdetektor og en termostat.

Jeg har også tatt med én reservekurs, 4x16A til hver etasje.

### 3.4.7 Romkontroll

Flatkablene som legges på hver 16A-kurs er som nevnt 7-ledere. De har 5 ledere til L1, L2, L3, N og PE samt to ledere til styring. Ved å benytte et bussanlegg kan styringen føres med i kabelen hele veien, og det er like lett å montere uttak til bussen som til effektuttak. Jeg vil derfor benytte busstyring av lys, varme og ventilasjon i bygget. F.eks. kan LonWorks eller KNX (tidl. EIB) brukes på feltbussnivå. Rommene styres ved hjelp av en romkontroller montert over himling eller ved tak. Romkontrollerne forbindes med bussen, og et ferdiglaget sett med reguleringsparametre innstilles her.

Både kraftforsyningen og bussen fra flatkabelen legges til romkontrolleren, og alle belastninger, sensorer og aktorer kobles via denne.

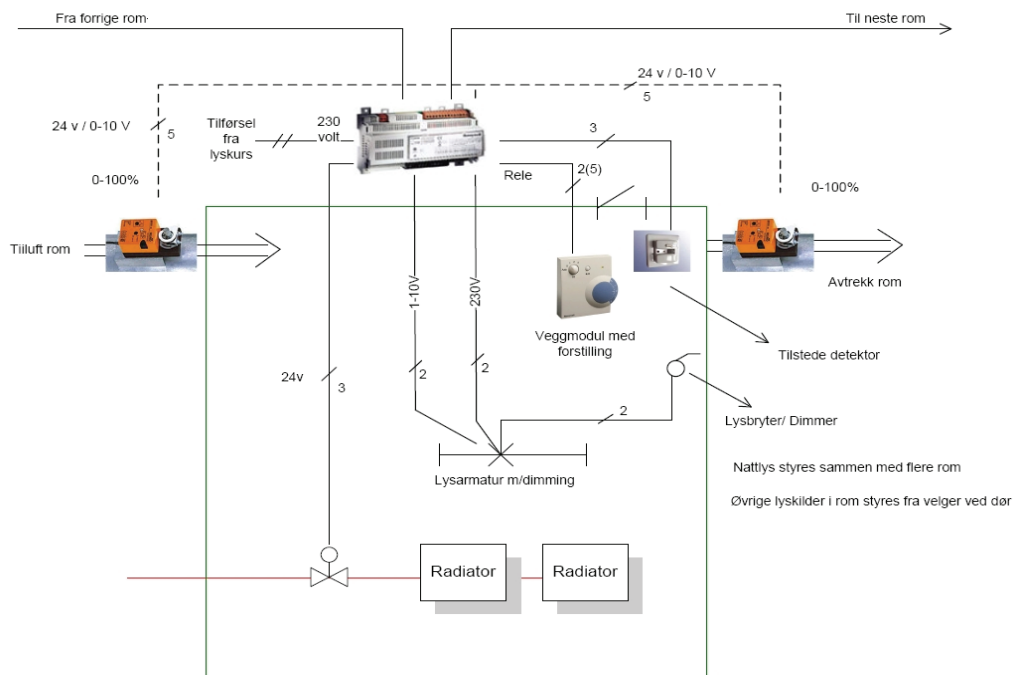
**Lys:** Lyset på hvert enkelt cellekontor styres av bevegelsesdetektor. Det legges inn en forsinkelse på 10-20 minutter slik at unødig blinking med lyset unngås ved svært stillesittende arbeid eller f.eks. toalettbesøk.

**Ventilasjon:** Styres også av bevegelsesdetektor. Hvert kontor utstyres med spjeld (VAV) på innblåsingsrøret. Så reguleres spjeldet mellom 20 og 100 %. Ved tomt kontor blir spjeldet stående 20 % åpent, dette for å luften ut avgasser fra bygningskroppen.

Denne typen VAV<sup>4</sup> forutsetter selvsagt at selve ventilasjonsanlegget er trykkstyrt, det vil si at viften som blåser luft inn i anlegget kan redusere farten når trykket i anlegget øker. Trykkøkningen kommer som en følge av at spjeldene lukker når det ikke er behov for ventilasjon.

---

<sup>4</sup> Variable Air Volume, regulert ventilasjon



**Figur 10 - Eksempel på romkontroll [14]**

**Varme:** Styres også av bevegelsesdetektor. Må slås på en time eller to før arbeidstidens start for å sikre varmt kontor om morgenen. I arbeidstiden er set-punktet f.eks 21 grader Celsius når det er noen tilstede og 17 grader når ingen er tilstede. Utenom normal arbeidstid er set-punktet 14 grader hvis det ikke er noen tilstede.

I min prosjektoppgave høsten 2006 [6] viste jeg at med styring av energiforbruket i kontorbygg på denne måten kan en lett spare opp til 20 % av energiforbruket som går med til lys og ventilasjon.

## 3.5 Økonomisk analyse

### 3.5.1 Kostnader for eksisterende konfigurasjon

De totale kostnadene for den eksisterende installasjonen er beregnet på grunnlag av kontrakten som ble inngått mellom byggherren og elektroinstallatøren Selven Elektro AS, i tillegg til anslag gjort ved elektroavdelingen til Rambøll AS Trondheim, ved avdelingsleder Per Ole Ryjord. Det vil si at anbudssummen for det elektriske anlegget er summert med anslag for opplegg til heiser og ventilasjon, og en stykkpris for hver tavle inklusive stige kabler. Når det gjelder ventilasjonen er denne prisen kun for elektrikerarbeidet, ikke for levering av selve anlegget eller automatikken til denne. Når det kommer til hovedtavle omfatter disse kostnadene nye vern og kabler samt kobling, men ikke selve tavlen (den eksisterende ble benyttet ved rehabiliteringen).

**Tabell 6 - Kostnader elektrisk anlegg Sentralbygg II**

Anbudssum[7]	Kr 4598774,30
Opplegg heiser, 3 stk *	Kr 30000,00
Opplegg ventilasjon, 2 stk *	Kr 80000,00
Tavler og stigere, 28 stk *	Kr 840000,00
Totalt	Kr 5548774,30

Anbudssummen er justert etter stigningen i konsumprisindeks fram til i dag. Summene merket med \*stjerne er anslag.

En full nyinstallasjon av bygget slik det framstår i dag ville altså kostet ca 5,5 millioner kroner. Med et bruttoareal på ca 6000 m<sup>2</sup> kr gir det en kvadratmeterpris på ca 915 kr for alle elkraftinstallasjoner i bygget.

### 3.5.2 Kostnader for ny konfigurasjon

Kostnadene til den nye konfigurasjonen er beregnet ved hjelp av listepriiser fra Solar Elektroengros, EFA Elektro og Glamox. Alle priser inkluderer i tillegg arbeidskostnader, hentet fra akkordtariffen med en total multiplikasjonsfaktor<sup>5</sup> på 4,5 [8]. På flatkabelsystemet fra Wieland Gesis er det ikke noe grunnlag for å beregne arbeidskost i akkordtariffen. Etter samtaler med erfarne prosjektledere hos Fjeldseth, YIT og Siemens [12] er følgende antatt:

- Et armatur som legges i himlingen og plugges til en fordeler eller et uttak på flatkabelen, tilsvarer prisen i akkordtariffen for å montere tilsvarende armatur med plugg og ledning.
- For å montere et uttak (adapter) på flatkabelen beregnes akkordsum på kr 10, dvs ca halvparten av summen for en stikkontakt.
- Flatkabelen som stripses på stige eller legges i kanal prises likt med annen kabel av tilsvarende kvadrat som legges på samme måte.
- Kabling mellom stikkontakter i kanal og armaturer i systemhimling som plugges med Gesis-plugger prises som kabel i grøft eller kulvert.
- Montering av Gesis-kompatibel stikk i kanal betales som vanlig stikk i kanal.

Det må tas hensyn til at anbudssummen kan variere, avhengig av de deltakende bedrifters antall, kapasitet, økonomiske situasjon, og individuelle leverandøravtaler. Slike sammenligninger er derfor svært vanskelige. På en jobb av denne størrelsen er det naturlig å anta at installatør har nok fortjeneste på materiell ved å selge til listepriiser. Bedriftens totale

---

<sup>5</sup> Kalkyle på arbeidskost til dekning av faste og variable kostnader som sosiale utgifter, engineering, husleie, fortjeneste mm



bruttofortjeneste på anbudet er altså differansen mellom innkjøpspris på materiell<sup>6</sup> og kalkylen på arbeidskostnadene. Totalt representerer dette dekningsbidraget gjerne et påslag på 20-40 % av nettokostnadene ved å utføre jobben [8].

Prisen for romkontroll er basert på en pris innhentet i forbindelse med min prosjektoppgave høsten 2006 [6,14]. Opplysningene kommer fra et bygg Gunnar Karlsen AS utstyrte med romkontroll på samme måte som tenkt brukt her. Dette bygget hadde nesten samme størrelse som SBII, det hadde 220 rom med styring. I SBII er det 195 rom som er aktuelle for romkontroll. Totalt kom 220 rom inklusive engineering, nødvendige elinstallasjoner, tilpasninger/modifiseringer av VVS, idriftsettelse, toppsystem og innregulering på kr 2 300 000,-. Beregner derfor her ca 10000,- pr rom.

**Tabell 7 - Omkostninger alternativ løsning Sentralbygg II**

		Pris	Totalt	Summeres
<b>Stigere/Etasjefordelinger</b>				
	Stigere	kr 110 886,00		
	Etasjefordelinger	kr 64 073,00		
	Totalt, stigere og etasjeford.		kr 174 959,00	kr 174 959,00
<b>Kontoretasje</b>				
	Kontor lite, 15 stk	kr 15 110,00	Kr 226 650,00	
	Kontor stort, 4 stk	kr 18 961,00	kr 75 844,00	
	WC, 2 stk	kr 3 952,00	kr 7 904,00	
	Gesisledninger	kr 25 590,00	kr 25 590,00	
	Korridor	kr 35 387,00	kr 35 387,00	
	12 kontoretasjer			kr 4 456 522,00
<b>Første etasje</b>	Butikk, servicesenter, wc		kr 121 670,00	kr 121 670,00
<b>Diverse</b>	Heiser, ventilasjon, kjeller		kr 160 000,00	kr 160 000,00
<b>Totalt Sentralbygg II</b>				kr 4 913 151,00

Dette viser at en full ny-installasjon av bygget med denne alternative konfigurasjonen kommer på ca 4,9 millioner kroner. Differansen er altså over 600 000 kroner i favør den nye løsningen, som også gir bygget en mye mer avansert styring av energiforbruket enn tilfellet er i dag.

Det som er interessant å se, er at innsparingen kom av prisen på stige kabler og fordelinger. I den første konfigurasjonen kom stigere og etasje fordelinger på over 800 000 kr, mens det i min løsning kom på like i overkant av 100 000 kr. Min løsning har også betydelig mindre stige kabler, og svært få kurser på etasjenivå. Det tyder på at en av løsningene kan være feil dimensjonert, og målinger på bygget tyder på at den eksisterende installasjonen er grovt overdimensjonert (se kapittel 4.3).

Overdimensjonering er antagelig et problem i mange eksisterende bygg i Norge. I sin hovedoppgave fra 2003 konkluderer Espen Åsmo med at stige kablene til NINA/NIKU-bygget i Trondheim er kraftig overdimensjonert [9]. En prosjektoppgave fra NTNU i 2006 konkluderer med det samme når det gjelder Politihuset i Trondheim og Tungasletta 16, et stort kontorbygg i Trondheim [10].

<sup>6</sup> Rabatter hos elektrogrossister på de vanligste typer elektromateriell varierer fra 10-70%

## 4 Byåsen Videregående Skole

Byåsen videregående skole (heretter BVS) er den nyeste av de videregående skolene i Trondheimsregionen. Den sto ferdig til skolestart 2004, og består av et stort, langt bygg over tre plan. Skolen har både allmennfaglige og yrkesfaglige linjer, og har således et svært utstrakt bruksområde. De store hallene og verkstedene på byggets nordside rommer mekaniske fag, elektrofag og lignende. Utstikkerne på byggets sørside rommer allmennfaglige og media/IT-relaterte linjer. Østfløyen består av et stort, åpent område med offentlig bibliotek, kantine og auditorium. Mot nord er det et tilbygg som rommer et kommersielt treningssenter. Bygget har en grunnflate på i overkant av 10500m<sup>2</sup>, ikke inkludert treningssenteret.

I denne oppgaven har jeg avgrenset meg til et område som ligger på plan 3 i en av utstikkerne på sørsiden. Området har vanlige undervisningslokaler, det vil si kontorer, klasserom og landskap, og rommer VK1 allmennfaglig linje. Hver av disse utstikkerne er en "skole i skolen", i den forstand at alle funksjoner for lærere og elever på den aktuelle linjen ligger inne i avstikkeren. Det vil si at både klasserom, grupperom, lærerkontorer, garderober, toaletter og felles landskap befinner seg på området. Av den grunn vil jeg forsøke å se på dette området som et selvstendig bygg, så langt det lar seg gjøre.



**Figur 11 - BVS - korridor med lærerkontorer til høyre**



**Figur 12 - BVS - fellesareale for elever, med klasserom i bakgrunnen**

Området jeg vil konsentrere meg om er totalt ca 850 m<sup>2</sup> stort. Det har en fløy med lærerkontorer og møterom på vestsiden, og to like klasserom på østsiden. Mot sør ligger et stort klasserom, og i midten av alt dette ligger et stort landskap med pulter. Dette landskapet kan endres etter behov med skillevegger og flyttbart undervisningsutstyr. Mot nord ligger garderober, toaletter og et grupperom for elevene.

## **4.1 Eksisterende anlegg**

### **4.1.1 Elkraftanlegg**

Bygget har et relativt avansert elkraftanlegg, 400V TN-S med en LonWorks installasjonsbuss. Denne styrer lys, varme og ventilasjon, samt at det er egne styresystemer for persienner og nødlis. Anlegget er i utgangspunktet nokså konvensjonelt satt opp, med funksjonelt inndelte kurser og geografisk inndelte fordelingstavle-områder. Kablingen er stort sett PR-kabel forlagt på kabelstiger over himling.

Hele det aktuelle området er forsynt av en eneste tavle, denne ligger mot nord, ved garderobene for lærerne.

Det er totalt 22 kurser, som fordeler seg slik:

Lys: 7 kurser, alle 2x16A

Stikk: 4 stk 4x16A og 5 stk 2x16A

Datastikk: 3 stk 4x16A og 1 stk 16A

Styrestrøm: 1 stk 2x10A og 1 stk 2x16A

Tavlen har også 8 reservekurser, alle 2x16A.

### **4.1.2 Topologi**

Fordelingene på BVS er satt opp radielt, med flere stigesjakter på hvert plan. Det er en stigesjakt for hvert "fordelingsområde", det vil si det området hver fordeling dekker. Alle tre plan er koblet på samme stiger i hver sjakt.

### **4.1.3 Styring**

All styring foregår ute i anlegget, via LonWorks-buss. Mange rom er utstyrt med bevegelsesdetektor, som styrer lys, varme og ventilasjon etter om det er folk i rommet.

### **4.1.4 Oppvarming**

Hele bygget er utstyrt med fjernvarmeanlegg, med radiatorer på hvert rom. Disse er styrt via romkontrolleren i hvert rom, og har senkning på natten, samt at en hel del rom har styring med bevegelsessensorer slik at setpunktet senkes når det ikke er folk i rommet.

## 4.2 Effektbehov

Å beregne effektbehovet til et skolebygg av denne typen er ikke like lett som i et tradisjonelt kontorbygg. Det er en del fast definerte arbeidsplasser, men store flater tjener som landskap for et variabelt antall mennesker med varierte aktiviteter. Det må derfor en del antagelser til for å få ut noen tall å jobbe med.

Når det gjelder lys, er hele området relativt godt belyst, stort sett med 60x60 innfellingsarmaturer med 4x14W T5-rør. Ved å legge sammen allerede installert effekt og dele på areal finner vi at det er gjennomsnittlig montert noe i underkant av 15W/m<sup>2</sup> over hele området. Bruker derfor 15W/m<sup>2</sup> for hele arealet.

For stikk-kurser er det greit å beregne når det gjelder den vestlige fløyen, som bare består av arbeidsplasser for lærerne. Her kan vi anta samme effekt som i SBII, 450W pr arbeidsplass. Når det gjelder resten, som er klasserom og arbeidslandskap for elevene er det verre. Her må en nesten gå ut fra antall mulige elever og deres effektbehov. Området er dimensjonert for maksimalt 120 elever, men i praksis er det sjelden mer enn halvparten der til enhver tid. Alle elever er utstyrt med hver sin bærbare PC, og benytter seg av ladere til forskjellig småelektrisk utstyr, som ladere til mobiltelefoner, mp3-spillere etc. Maksimalt strømforbruk til en bærbar PC ligger i de fleste tilfeller på omtrent 50W. Dette er maksimalforbruket hvis batteriet lades fra tomt, og PC-en brukes samtidig [13]. Hvis vi da regner med maksimalt 100W pr elev, samt benytter en relativt lav samtidighetsfaktor<sup>7</sup> er det antagelig rikelig dimensjonert.

**Tabell 8 - Effektbehov BVS**

Effekt BVS VKI Allmenn	Totalt	Samt.faktor	Justert
22 arb.plasser à 450 W	9900 W	0,6	5940 W
2 møte/grupperom med AV etc	2000 W	0,5	1000 W
Håndtørkere toaletter	6000 W	0,5	3000 W
Lys, 850 m <sup>2</sup>	12750 W	1	12750 W
Stikk landskap, 120 stud	12000 W	0,5	6000 W
Overhead og lignende klasserom	5000 W	0,5	2500 W
Totalt	53650 W		31190 W

Forutsatt en cosinus  $\varphi$  på 0,9 har en 400V 4x16A kurs denne effekten:

$$P = U \times I \times \sqrt{3} \times \cos \varphi$$

$$P = 400 \times 16 \times \sqrt{3} \times 0,9$$

$$P \approx 10kW$$

Det vil si at området fint kan forsynes med 4 stk 4x16A 400V kurser, og likevel ha god margin.

<sup>7</sup> Det er svært sjelden situasjoner hvor mer enn halvparten av elevene er tilstede

### 4.3 Dokumentasjon virkelig forbruk

Tilsvarende som på SBII, ønsket jeg å dokumentere det virkelige forbruket under vanlig drift. En målerigg ble montert i tavle B1.3.002-02 på akkurat samme måte som tidligere beskrevet. Strømtenger målte strømmen på tilførselen i alle tre faser og nøytralleder en gang hvert minutt døgnet gjennom. Måleperioden var noen uker i april 2007, og det var normal drift ved skolen generelt, og i det aktuelle området var det heller ingen ekstraordinære forhold som kunne tenkes å påvirke forbruket i den ene eller andre retningen.

**Tabell 9 - Snittverdier 0730-1700**

Dag	L1	L2	L3	N
Ons18	16,22 A	7,31 A	10,88 A	9,67 A
Tor19	17,52 A	7,64 A	8,14 A	12,27 A
Fre20	17,32 A	7,04 A	10,35 A	11,11 A
Lør21	4,53 A	0,48 A	1,22 A	3,72 A
Søn22	5,53 A	1,37 A	1,27 A	4,92 A
Man23	16,43 A	6,60 A	8,87 A	10,96 A
Tir24	18,12 A	7,93 A	9,88 A	11,72 A
Ons25	16,37 A	7,34 A	10,29 A	10,39 A
Tor26	16,25 A	5,00 A	3,91 A	12,82 A
Fre27	16,58 A	7,08 A	8,18 A	11,00 A
Lør28	7,52 A	1,04 A	1,23 A	6,22 A
Søn29	7,77 A	0,89 A	1,19 A	6,68 A
Man30	16,74 A	8,03 A	8,84 A	11,44 A
Tir01	8,28 A	1,63 A	1,21 A	7,20 A
Ons02	14,66 A	1,26 A	2,97 A	12,56 A
Tor03	15,19 A	1,98 A	2,82 A	12,93 A
Fre04	15,84 A	6,37 A	9,35 A	10,60 A

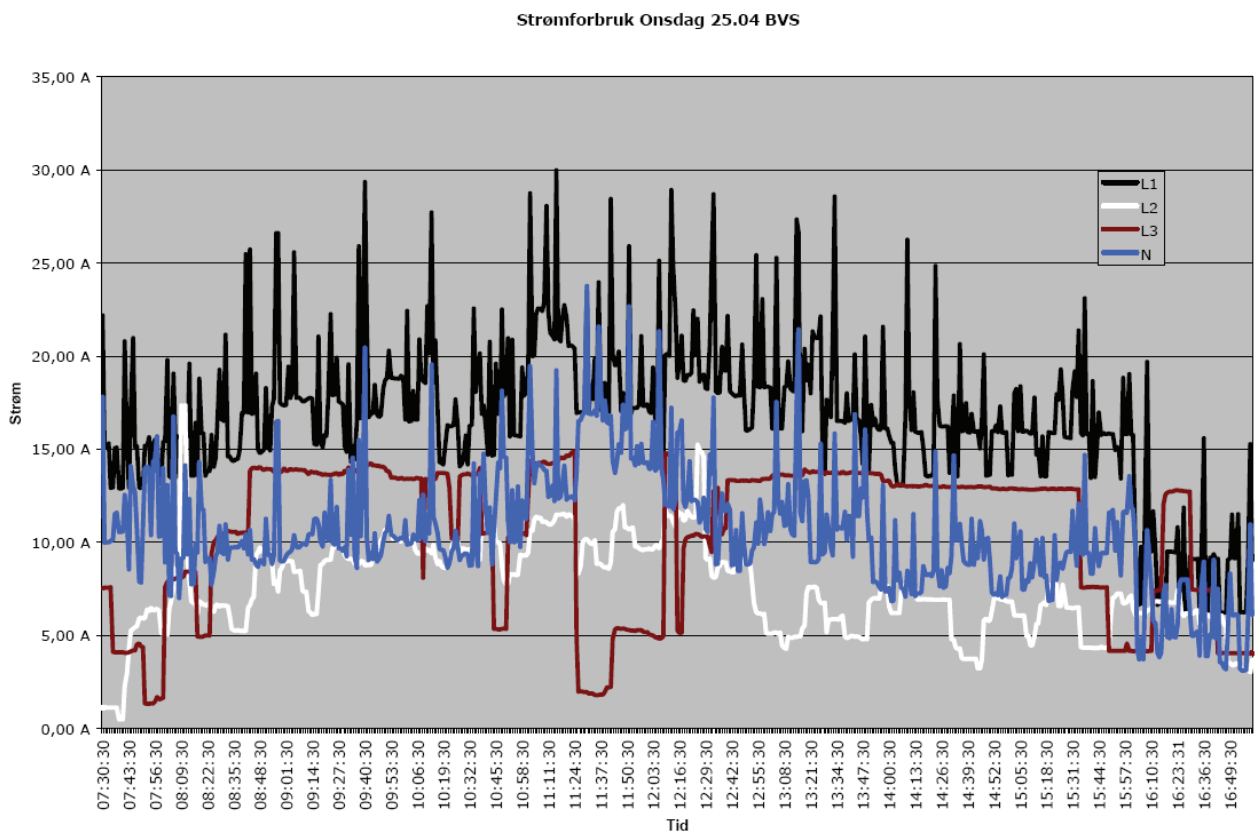
**Tabell 10 - Maksverdier hele døgnet**

Dag	L1	L2	L3	N
Ons18	30,07 A	18,35 A	14,18 A	21,24 A
Tor19	32,72 A	13,62 A	15,10 A	25,04 A
Fre20	33,12 A	15,94 A	15,86 A	21,96 A
Lør21	13,18 A	6,05 A	2,92 A	12,73 A
Søn22	16,62 A	5,56 A	4,22 A	16,36 A
Man23	29,19 A	15,35 A	14,19 A	24,33 A
Tir24	34,34 A	16,01 A	15,07 A	23,61 A
Ons25	29,35 A	17,36 A	14,26 A	23,77 A
Tor26	27,14 A	14,58 A	13,18 A	25,68 A
Fre27	30,80 A	11,94 A	14,90 A	22,49 A
Lør28	17,32 A	6,29 A	4,08 A	16,21 A
Søn29	17,56 A	0,90 A	1,21 A	15,56 A
Man30	30,29 A	12,82 A	14,69 A	22,07 A
Tir01	20,85 A	5,31 A	1,28 A	16,43 A
Ons02	25,74 A	5,92 A	13,05 A	24,77 A
Tor03	27,14 A	9,63 A	12,90 A	31,85 A
Fre04	23,61 A	8,87 A	14,03 A	22,71 A

Det blir også her klart at det er noe skjevfordeling på fasene. L1 er den hardest belastete fasen, og det kan observeres at mesteparten av grunnlasten er koblet L1-N. I helgene er det normalt ingen aktivitet på avdelingen, da synker belastningen på L2 og L3 nesten ned til null. Størsteparten av det som er igjen er koblet mellom L1 og N. Dette dreier seg hovedsakelig om nattbelysning.

Snittet på L1 ligger på mellom 15 og 20A for vanlige hverdager, mens det for de andre fasene ligger betydelig lavere (< halvparten). Maksverdien til L1 kommer maksimalt opp i noe over 30A, mens det på de andre fasene ikke kommer over 20A. Det ser altså ut til at også her er anlegget betydelig overdimensjonert med forbrukskurser.

En gjennomsnittlig dag, onsdag 25.april, så strømforbruket slik ut:



**Figur 13 - Logget strømforbruk onsdag 25.04**

Vi kan her se at det ligger en del nokså tung belastning mellom L1 og N som legger inn og ut gjennom hele dagen. Dette ligner det som kunne sees på SBII, og har samme årsak: en A/C-enhet<sup>8</sup> som kjøler arbeidsrommene i kontordelen.

<sup>8</sup> Air-Condition-enhet, kjøling av rommet

## 4.4 Alternativ løsning

Alternativet jeg vil få prøvd her er også en full Wieland Gesis-løsning med 400V, 4x16A kurser som dekker hver sin region. Jeg ønsker å prosjektere fløyen med de samme funksjoner som finnes i dag når det kommer til rene elkrafttekniske anlegg. Det skal være samme type armaturer, det skal være den samme mengden uttak og styringen skal oppfylle de samme funksjoner som er i dag.

### 4.4.1 Prosjektering

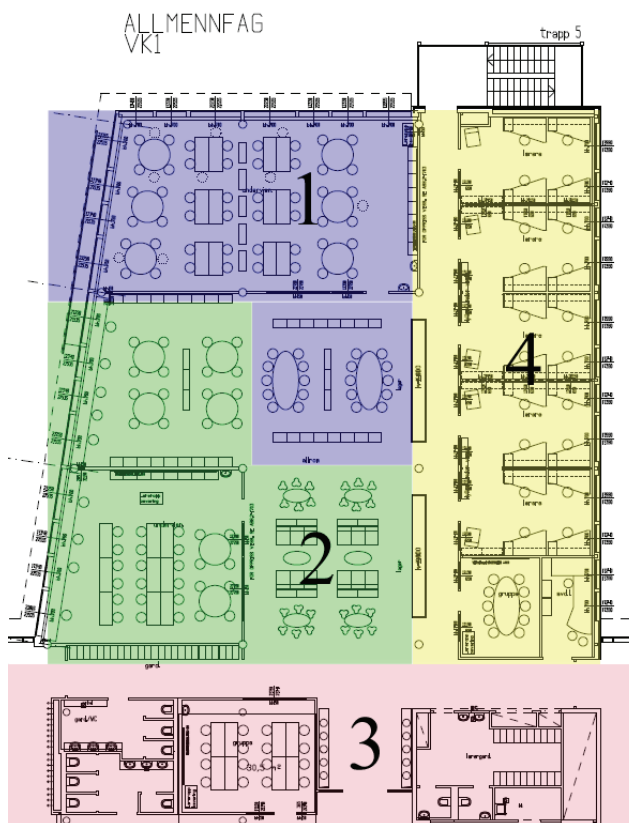
Prosjekteringen er gjort på samme måte som i SBII, se kapittel 3.4.2. Også her har jeg brukt GesisPlan for å tegne opp det elektriske anlegget og mengdeberegne det.

### 4.4.2 Fordeling

Det settes opp et enkelt stativ der fordelingen er i dag, med kurser, jordfeilbrytere, koblingsstykke og hovedbryter. Dette er tilsvarende det som er i dag, men i noe mindre skala, da jeg har redusert antallet kurser betraktelig. Jeg har for øvrig ikke dimensjonert stiger til dette området, men i stedet beregnet en rundssum for stiger inklusive arbeid og føringsveier. Samme sum er benyttet i kostnadsberegningen til konvensjonell og alternativ installasjon.

### 4.4.3 Kurser

I analysen av effektbehovet viste jeg at 4 stk 4x16A kurser skal være mer enn nok. Jeg vil derfor beskrive 4 slike kurser. Lastene skal fordeles geografisk, slik at kursene tar alle laster i hvert sitt område. Kursene føres ut til sine respektive områder med flatkabel på kabelstige. Uttak montert rett på flatkabelen benyttes til å ta ut til armaturer, via romkontrollere. Alle armaturer monteres i himling, som i dag. Stikkontakter monteres stort sett i kanaler. Disse er utstyrt med Gesis-plugg og kan således skjøtes med ledning med plugg bortover kanalen, ingen kobling er nødvendig. Kanalene ligger stort sett langs yttervegger, men noen steder går det kanal fra kabelstige over himling og ned på søyler og lignende. Det gjelder i landskapet, poenget er å få stikkontakter og mulighet for datauttak i nærheten av arbeidsplassene. Stikkontakter for WLAN-stasjoner er prosjektert over himling.



Figur 14 - Inndeling kurser ny løsning BVS

### 4.4.4 Romkontroll

I min alternative løsning har jeg tatt med en full styringsløsning med romkontroll, tilsvarende det som faktisk er installert i dag. For mer informasjon og beskrivelse, se kapittel 3.4.7 om romkontroll i alternativ løsning SBII.

## 4.5 Økonomisk analyse

Det viste seg svært vanskelig å bruke noen tall fra den eksisterende installasjonen på Byåsen Videregående Skole. Dette fordi tallmaterialet som foreligger er til dels svært komplekst og vanskelig tilgjengelig, samt at det har vært gjenstand for mange endringer mellom anbud og ferdig bygg.

BVS viste seg av de grunner å ikke være så bra som grunnlag for sammenligning som først antatt. Et bygg med en klarere oversikt over kostnader for den faktisk implementerte løsning hadde vært å foretrekke. Når det er sagt, jeg besluttet like fullt å gjennomføre en analyse av bygget og en alternativ løsning, dog på noe annet sett enn på SBII.

### 4.5.1 Kostnader for eksisterende konfigurasjon

Av de grunner som er nevnt over, kan ikke noen sammenligning med kostnader for eksisterende installasjon gjennomføres. Jeg har derfor besluttet å regne en pris selv på en helt konvensjonell installasjon som ligner på dagens installasjon, og oppfyller de samme funksjoner for det aktuelle området. Jeg har til dels brukt priser på punkter og føringsveier fra SBII-anbudet der disse kunne brukes. Mange av armaturtypene er samme type og monteringsmåte på begge byggene. Disse prisene er overført, etter justering for konsumprisindeks. For stigekabel og vern er det i begge prisene kun brukt en rundssum, da dette er en del av et større bygg.

**Tabell 11 - Kostnader konvensjonell installasjon BVS**

<b>Stigekabler/fordelinger</b>				
	Stiger	kr 50 000,00		
	Fordeling	kr 42 766,00		
	Totalt, stiger og etasjeford.		kr 92 766,00	
<b>Utstyr</b>				
	Alle armaturer, m/opplegg	kr 278 920,00		
	Stikkontakter	kr 33 390,00		
	Styring	kr 5 310,00		
	Totalt utstyr		kr 317 620,00	
<b>Føringsveier</b>				
	Kabelstiger og utstyr	kr 52 257,00		
	Kanaler	kr 36 517,00		
	Totalt føringsveier		kr 88 774,00	
<b>Diverse</b>	Heis, vent., tekn anlegg		kr 90 000,00	
<b>Totalt</b>				kr 589 160,00

Prisen for en vanlig, konvensjonell installasjon for dette området kommer altså totalt på nesten 600 000 kr. Fordelt på 850 m<sup>2</sup>, tilsvarer dette omtrent 693 kr/m<sup>2</sup>.

I denne prisen er medtatt:

- Det samme antallet kurser som det eksisterende oppsettet.
- Den samme mengden belysning og uttak som i både den eksisterende og den alternative konfigurasjonen.
- Føringsveier som i både den eksisterende og den alternative konfigurasjonen.
- Kun konvensjonell styring av lys, med brytere og releer.



## 4.5.2 Kostnader ny konfigurasjon

Kostnadene er beregnet på samme måte og med de samme forutsetninger som i tilfellet SBII, se kapittel 3.4.

**Tabell 12 - Kostnader ny konfigurasjon BVS**

<b>Stigekabler/fordelinger</b>				
	Stiger	kr 50 000,00		
	Fordeling	kr 16 703,00		
	Totalt, stiger og etasjeford.		kr 66 703,00	
<b>Utstyr</b>				
	Alle armaturer, m/opplegg	kr 236 624,00		
	Stikkontakter	kr 29 311,00		
	Romkontroll	kr 150 000,00		
	Gesis-utstyr	kr 65 600,00		
	Totalt utstyr		kr 481 535,00	
<b>Føringsveier</b>				
	Kabelstiger	kr 42 161,00		
	Kanaler	kr 36 517,00		
	Totalt føringsveier		kr 78 678,00	
<b>Diverse</b>	Heis, vent., tekn anlegg		kr 90 000,00	
<b>Totalt</b>				kr 716 916,00

Totalt kommer altså denne løsningen på i overkant av 700 000 kroner. Fordelt på 850m<sup>2</sup> tilsvarer det ca 856 kr/m<sup>2</sup>.

Denne løsningen er altså dyrere enn den rene, konvensjonelle løsningen. Vi så i tilfellet SBII at grunnen til at det ble rimeligere der på grunn av reduksjonen i stigekablene. I og med at jeg ikke har gjort noen beregninger på stigekabler her er det derfor kanskje ikke så overraskende at det ble slik. Mer om det i kapittel 5.

## 5 Stigekabler

Både på SBII og BVS ser vi tegn til overdimensjonering av anleggene. Da SBII skulle dimensjoneres med min løsning ble det tydelig at de eksisterende stigekablene er for store. Bygget har i dag to stigesjakter med radielt koblede tavler plasser inne i sjaktene. For å finne den mest økonomiske løsningen regnet jeg på ulike alternativer for konfigurasjon av stigekablene, og ble overrasket over differansen i pris for de mulige løsningene.

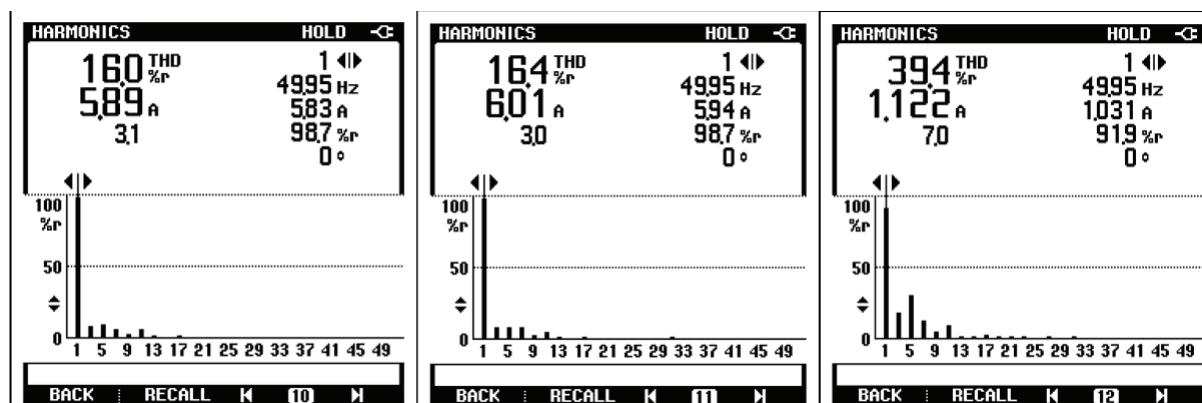
### 5.1 Beregninger SBII

Som en grunnleggende forutsetning har jeg gått ut fra at det benyttes bare en stigesjakt i bygget i motsetning til dagens to. Grunnen til dette er den relativt lave belastningen i hver etasje, noe som kommer fram av målingene i kapittel 3.3.

Dimensjonerende effekt blir med samtidighetsfaktorer som beskrevet ca 15kW pr etasje.

$$I_N = \frac{P}{U * \sqrt{3} * \cos \varphi}$$
$$I_N = \frac{15 * 10^3 W}{400 V * \sqrt{3} * 0,9}$$
$$I_N = 24 A$$

Basert på målinger på bygget, samt det faktum at mesteparten av lasten er datautstyr og armaturer med elektronisk forkobling kan en nok regne med stor andel tredjeharmoniske strømmer. Da vil strømmen i N-lederen bli dimensjonerende. Målinger på stigekabelen på tavlen i østfløyen indikerte at det kan være snakk om så mye som 40 % THD<sup>9</sup> på bygget. Målingene ble utført på forskjellige dager og tider på dagen, de vedlagte figurene er de maksimale målingene når det gjelder THD.



Figur 15 - Målinger av innhold overharmoniske i hhv fase 1, 2 og 3, inntakskabel tavle øst 10.etg Sentralbygg 2 NTNU

Med 40 % 3-harmoniske som verste tilfelle vil derfor dimensjonerende strøm bli lik:

$$I_N = 24 A \times 3 \times 0,4$$
$$I_N = 28,8 A$$

Med 28,5 A som må tilføres hver etasje kan vi beregne hvor store stigekabler som er nødvendig.

<sup>9</sup> Total Harmonic Distortion

I et tilfelle hvor det beregnes bare én kabel til hver etasje holder det med en 6 mm<sup>2</sup> CU-kabel. For å beregne kostnaden på materiell som kabler og vern har jeg tatt utgangspunkt i priser fra Solar Elektroengros med rabatter tilsvarende typisk noe en mellomstor installasjonsbedrift har.<sup>10</sup> Prisene på arbeidet er hentet fra Akkordtariffen 2006, med oppdatert akkordmultiplikator for 2007 (1,635). I tabellen kan en se kostnadene ved en slik løsning. Prisen for hver enkelt kabel og vern er i fjerde og femte kolonne, og den akkumulerte prisen er ytterst til høyre. Størrelsene på vern og kabler er beregnet i FebDok.

*Det understrekes at det er nå ikke tatt med noen form for reservekapasitet i disse beregningene! Poenget er å vise økonomien i beregningene.*

**Tabell 13 - Pris inkl. arbeid for én stiger til hver etasje**

Stiger til hver etasje - 6mm <sup>2</sup> CU	Lengde	Total lengde	Pris kabel	Pris vern	Akk.pris
U.etg - tavlerom til etasjeskille	10 m				
1. etasje	4 m	14 m	kr 1 607,77	kr 668,20	kr 2 275,97
2. etasje	4 m	18 m	kr 2 067,13	kr 668,20	kr 5 011,29
3. etasje	4 m	22 m	kr 2 526,49	kr 668,20	kr 8 205,98
4. etasje	4 m	26 m	kr 2 985,85	kr 668,20	kr 11 860,03
5. etasje	4 m	30 m	kr 3 445,21	kr 668,20	kr 15 973,44
6. etasje	4 m	34 m	kr 3 904,58	kr 668,20	kr 20 546,22
7. etasje	4 m	38 m	kr 4 363,94	kr 668,20	kr 25 578,35
8. etasje	4 m	42 m	kr 4 823,30	kr 668,20	kr 31 069,85
9. etasje	4 m	46 m	kr 5 282,66	kr 668,20	kr 37 020,71
10. etasje	4 m	50 m	kr 5 742,02	kr 668,20	kr 43 430,93
11. etasje	4 m	54 m	kr 6 201,38	kr 668,20	kr 50 300,52
12. etasje	4 m	58 m	kr 6 660,75	kr 668,20	kr 57 629,46
13. etasje	4 m	62 m	kr 7 120,11	kr 668,20	kr 65 417,77

*Prisene er ferdig rabatterte innkjøpspriser for installatør, med arbeidskostnader fra akkordtariffen, inkl. multiplikator. Prisene er med andre ord installatørs selvkostpriser.*

Jeg har gjort tilsvarende beregninger for et tilfelle hvor en tenker seg fra to til seks etasjer koblet på samme stige-kabel, med koblingsstykker i etasjene og stige-kablene beskyttet av vern i hovedtavlen i kjelleren.

**Tabell 14 - Sammenligning ulike stigerkonfigurasjoner Sentralbygg II**

Konfigurasjon	Total pris
Stiger til hver etasje - 6mm <sup>2</sup> CU	kr 65 417,77
Stiger til to og to etasjer - 25 mm <sup>2</sup> AL	kr 38 365,88
Stiger til tre og tre - 50 mm <sup>2</sup> AL	kr 37 298,76
Stiger til fire og fire - 95 mm <sup>2</sup> AL	kr 48 421,46
Stiger til fem og fem - 95 mm <sup>2</sup> AL	kr 41 776,49
Stiger til seks og seks - 150 mm <sup>2</sup> AL	kr 57 451,30

Den relativt store prisstigningen fra tre og tre stigere til fire, kan forklares med at kablene her ikke utnyttes særlig effektivt. Det er nemlig mulig å forsyne fem etasjer med en 95 mm<sup>2</sup> aluminiumskabel. Som en kan se, er den mest økonomiske løsningen i dette tilfellet helt klart der hvor én stige-kabel forsyner tre etasjer.

Resultatene her indikerer at det er nødvendig med en metode for å dimensjonere slike stige-kabler, for økonomisk og teknisk optimalisering. En metode med å prøve alle alternativer er lite kostnadseffektivt, så noen retningslinjer eller metodikk kan være til stor hjelp.

<sup>10</sup> Prisene er fra avtalen Studentersamfundet i Trondhjem har med Solar

## 5.2 Sammenligninger mellom ulike kabeltyper

De aller fleste entreprenører bruker i dag aluminiumskabler som stige kabler. Aluminium som ledermateriale er helt klart mer kostnadseffektivt enn kobber. Sistnevnte benyttes som stigere stort sett kun hvis det er spesielle forhold som tilsier det. Det kan være plasshensyn eller spesielle krav fra byggherrens side.

Tabellen viser en sammenligning av ulike stige kabler, alle av typen PFSP. Totalprisen i sjuende kolonne er prisen pr meter for kabelen ferdig lagt på kabelbro. Prisen helt ytterst er "kostnadseffektiviteten" til kabelen. Det vil si totalprisen pr meter dividert på den ukorrigerede strømføringssevnen kabelen har, forlagt forlegningsmåte E. Av denne tabellen er det lett å se hvor mye rimeligere AL-kabel er enn CU. Vi finner også her forklaringen på hvorfor konfigurasjonen med en kabel til tre og tre etasjer var rimeligst. PFSP 50 mm<sup>2</sup> AL er den mest kostnadseffektive kabelen både når det gjelder 3- og 4-leder forutsatt full utnyttelse.

**Tabell 15 - Sammenligninger ulike størrelser PFSP-kabel**

Kvadrat	Ledermateriale	Listepris Solar	Rabatt	Kundepris	Arbeid	Totalpris pr/m	Iz (E)	Kr/ A•m
3x25	AL	kr 180,58	56,00 %	kr 79,46	kr 10,96	kr 97,38	78 A	kr 1,25
3x50	AL	kr 278,58	56,00 %	kr 122,58	kr 10,96	kr 140,50	117 A	kr 1,20
3x95	AL	kr 499,74	56,00 %	kr 219,89	kr 14,02	kr 242,81	183 A	kr 1,33
3x150	AL	kr 691,91	56,00 %	kr 304,44	kr 16,11	kr 330,78	245 A	kr 1,35
3x240	AL	kr 1 072,61	56,00 %	kr 471,95	kr 18,94	kr 502,92	330 A	kr 1,52
4x25	AL	kr 246,55	56,00 %	kr 108,48	kr 10,96	kr 126,40	78 A	kr 1,62
4x50	AL	kr 337,19	56,00 %	kr 148,36	kr 10,96	kr 166,28	117 A	kr 1,42
4x95	AL	kr 628,46	56,00 %	kr 276,52	kr 14,02	kr 299,45	183 A	kr 1,64
4x150	AL	kr 906,43	56,00 %	kr 398,83	kr 16,11	kr 425,17	245 A	kr 1,74
4x240	AL	kr 1 371,73	56,00 %	kr 603,56	kr 18,94	kr 634,53	330 A	kr 1,92
3x16	CU	kr 343,55	56,00 %	kr 151,16	kr 8,55	kr 165,14	80 A	kr 2,06
3x25	CU	kr 547,92	56,00 %	kr 241,08	kr 10,96	kr 259,00	101 A	kr 2,56
3x35	CU	kr 696,27	56,00 %	kr 306,36	kr 10,96	kr 324,28	126 A	kr 2,57
3x50	CU	kr 957,73	56,00 %	kr 421,40	kr 10,96	kr 439,32	153 A	kr 2,87
3x70	CU	kr 1 407,68	56,00 %	kr 619,38	kr 14,02	kr 642,30	196 A	kr 3,28
3x95	CU	kr 1 962,22	56,00 %	kr 863,38	kr 14,02	kr 886,30	238 A	kr 3,72
3x120	CU	kr 2 650,82	56,00 %	kr 1 166,36	kr 16,11	kr 1 192,70	276 A	kr 4,32
3x150	CU	kr 3 284,58	56,00 %	kr 1 445,22	kr 16,11	kr 1 471,56	319 A	kr 4,61
3x185	CU	kr 4 312,38	56,00 %	kr 1 897,45	kr 18,94	kr 1 928,41	364 A	kr 5,30
3x240	CU	kr 5 615,27	56,00 %	kr 2 470,72	kr 18,94	kr 2 501,69	430 A	kr 5,82
4x6	CU	kr 229,23	56,00 %	kr 100,86	kr 8,55	kr 114,84	43 A	kr 2,67
4x10	CU	kr 316,34	56,00 %	kr 139,19	kr 8,55	kr 153,17	60 A	kr 2,55
4x16	CU	kr 473,95	56,00 %	kr 208,54	kr 8,55	kr 222,52	80 A	kr 2,78
4x25	CU	kr 761,58	56,00 %	kr 335,10	kr 10,96	kr 353,01	101 A	kr 3,50
4x50	CU	kr 987,51	56,00 %	kr 434,50	kr 10,96	kr 452,42	153 A	kr 2,96

*Prisene er ferdig rabatterte innkjøpspriser for installatør, med arbeidskostnader fra akkordtariffen, inkl. multiplikator. Prisene er med andre ord installatørs selvkostpriser.*

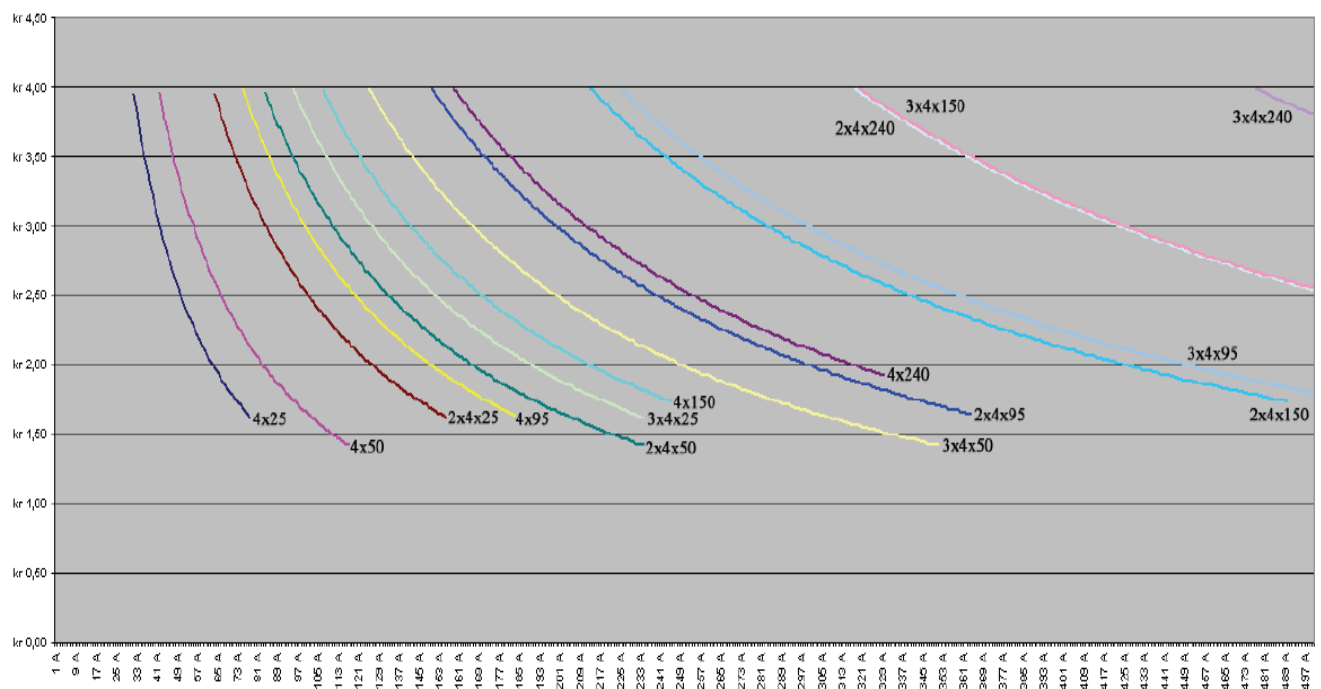
NEK 400 åpner for å legge flere parallelle stige kabler, så lenge de har samme tverrsnitt, lengde og ledermateriale [11]. Det vil i mange tilfeller være mer økonomisk å legge flere parallelle stige kabler i stedet for en stor. Ved å finne den kabelen eller kabelkombinasjonen som gir den høyeste belastningsgraden kan man optimalisere dette økonomisk.

For eksempel vil en dimensjonerende strøm på 320A gi disse realistiske mulighetene og tallene:

Mulighet 1: 4x240 mm<sup>2</sup> AL – har en strømføringssevne på 330A

Mulighet 2: 3 stk 4x50 mm<sup>2</sup> AL – har en strømføringssevne på 351 A

Mens det vil koste kr 634,53 pr meter for å legge en 240 mm<sup>2</sup>, kan en legge 3 stk 50 mm<sup>2</sup> for 3 x 166,28 = 498.84 pr meter. Det forutsetter naturligvis at kablene legges med noe mellomrom for å unngå reduksjonsfaktor i henhold til tabell 52A-17 i NEK 400. Ved å legge 3 kabler i stedet for en oppnår en altså å spare over 130 kr pr meter, samtidig som en får 21 A ekstra strømføringssevne. Hvis plassen på kabelstigen er et problem, vil det koste ca 12 kr pr meter å oppgradere fra 400 mm til 600 mm kabelstige<sup>11</sup>, inkl arbeid. Dette forutsetter selvsagt at det er plass til en slik utvidelse i forbindelse med føringsveiene. De eventuelle bygningstekniske kostnader i forbindelse med en slik utvidelse er ikke tatt med i noen av disse beregningene.



**Figur 16 - Sammenlikning pris pr meter ved forskjellig utnyttelsesgrad for ulike kabler**

Figuren viser prisen pr meter (ferdig lagt på kabelstige) for ulike størrelser kabler ved forskjellig utnyttelsesgrad, det vil si hvor tett opp til sin strømføringssevne de er belastet. Der linjen stopper er kablen maksimalt belastet. Ved å trekke en linje fra den aktuelle dimensjoneringsstrømmen rett opp vil den kabelkombinasjonen en først treffer være den mest økonomiske. Av det kan vi se at det aldri vil lønne seg å legge en enkelt 4x240 AL. Det vil være mer lønnsomt å legge flere parallelle, mindre kabler. Se vedlegg 11 for figuren i større størrelse.

Det kan imidlertid være viktig å nevne at i mange tilfeller kan ikke en elektroentreprenør velge selv hvordan stige-kablene konfigureres, og har dermed ikke mulighet til selv å kostnadsoptimalisere dette valget. Hvis en rådgivende ingeniør lager en detaljert spesifisering må entreprenøren i de fleste tilfeller forholde seg til dette. I andre tilfeller ( gjerne i forbindelse med hovedentrepriser) jobber en elektroentreprenør etter en funksjonsbeskrivelse, og kan da ta slike avgjørelser selv og på den måten beholde fortjenesten selv. Det blir av disse grunner et spørsmål om entreprisform hvor fortjenesten havner. Uansett er dette kunnskap både entreprenører og rådgivere bør ha i mente, for å unngå overdimensjoneringer i nye bygg.

<sup>11</sup> Pris fra Solar Elektroengros på kabelstige LOE-55-400/600 med ca 40 % rabatt og arbeidskostnader fra akkordtariffen for elektroflag

## 6 Diskusjon

### 6.1 NTNU Sentralbygg II

Mine beregninger viser at en ny konfigurasjon, med mer moderat oppsett av kurser og en annen distribusjon lønner seg for et bygg som Sentralbygg II. En full installasjon av hele bygget tilsvarende den som er der i dag, med en alternativ konfigurasjon, kommer på 600 000 kroner mindre. Denne nye løsningen er etter min vurdering på alle måter like god eller bedre enn den eksisterende. Min løsning har et fullverdig styresystem for detaljert romkontroll av alle rom, og inkluderer et toppsystem for styring og overvåkning av anlegget.

For å finne ut hvor besparelsen ligger, kan vi se litt nærmere på tallene:

**Tabell 16 - Sammenligninger priser SBII (tall avrundet til nærmeste 1000)**

Hva	Eksisterende løsning	Ny løsning	Differanse
Installasjon i kontorer og rom	kr 4 599 000	kr 4 628 000	-kr 29 000
Stigekabler/tavler	kr 840 000	kr 175 000	kr 665 000

Det viser seg at differansen mellom byggene tas inn på stigekabler og fordelinger, mens selve installasjonene faktisk er noe dyrere med den nye løsningen.

Nå er det imidlertid en vesensforskjell mellom disse to installasjonene. Mens den gamle konfigurasjonen ikke har noen styring av anlegget utover konvensjonelle bevegelsesdetektorer, inkluderer den nye løsningen et fullverdig styresystem. Selve romkontrollanlegget inklusive toppsystem og engineering er priset ut til ca Kr 2 100 000,-. Denne summen inkluderer noe installasjonsarbeid, som tilkobling av bevegelsesdetektor, kabling til temperatursensor, spjeldmotor og radiatorventil. Det vil si at det er feil å anta at totalsummen minus kostnad for styresystem tilsvarer noe ekvivalent til en konvensjonell installasjon. For å oppnå tall for sammenligning må vi legge til:

- Punkter for bevegelsesdetektorer på hvert kontor og møterom.
- Bevegelsesdetektor og relé/tidsstyring for korridorer.
- Tilkobling av temperaturgiver og radiatorventil i alle rom.

Vi kan gå ut fra punktprisen for bevegelsesdetektorer og relé/tidsstyring satt i anbudet for å finne ut tillegget. Punkt for bevegelsesdetektor er satt til 1340 kroner i anbudet, justert for konsumprisindeks er dette 1376 kr. Prisen for relé og tidsstyring er satt til Kr 1400, justert til Kr 1438, og tilkobling av temperaturgivere er satt til Kr 1100, justert til Kr 1130.

Det er en bevegelsesdetektor og temperaturgiver på alle kontorer og møterom, og to i hver korridor. Det er omtrent 210 kontorer og rom som skal ha romkontroll, derfor blir det:

Kontorer/møterom:  $210 \times (\text{Kr } 1376 + \text{Kr } 1130) = \text{Kr } 526\,260$

Korridorer:  $(12 \times 2 \times \text{Kr } 1376,) + (12 \times \text{Kr } 1438,) = 50\,280$

Pris uten styring:

$\text{Kr } 4\,628\,000 - \text{Kr } 2\,100\,000 + \text{Kr } 526\,260 + \text{Kr } 50280 = \text{Kr } 3\,104\,540$

Det betyr at installasjonsdelen av den nye løsningen, det vil si den nye løsningen minus styresystemet, kan gjøres for ca 3,1 millioner kroner. Dette er omtrent 32 % billigere enn den eksisterende installasjonen, altså en betydelig innsparing.

## 6.2 Byåsen Videregående Skole

Den nye konfigurasjonen på Byåsen viste seg å bli dyrere enn en tradisjonell konvensjonell installasjon. Det er riktignok, som i tilfellet med SBII, inkludert et avansert styringssystem i den nye løsningen som ikke eksisterer i den konvensjonelle. I og med at det ikke er gjort noen beregninger på stigekabel i disse sammenligningene er det ikke så veldig overraskende at det ble slik, da det var innsparinger der som gjorde den nye løsningen i SBII lønnsom.

Dette er imidlertid et helt annet type bygg, og det er regnet på vidt forskjellige miljøer. Der SBII er en høy, slank bygning med enkle kontorer, framstår BVS som en lav, vid bygning med store åpne flater. På BVS er heller ikke alt i så umiddelbar nærhet til en korridor, og dermed en "stamføringsvei", som tilfellet er på SBII.

Ser vi nærmere på de ulike postene i prisene, blir det klart at de ordinære elektroinstallasjonene er jevnt over rimeligere med Gesis-løsningen, det er romkontrollen som dermed gjør denne løsningen dyrere.

**Tabell 17 - Sammenligning ny/konvensjonell løsning  
(alle tall rundet til nærmeste 1000)**

Sammenligning	Ny	Konvensjonell	Differanse %
Lysinstallasjoner	kr 237 000	kr 296 000	19,9 %
Stikk-kurser	kr 29 000	kr 33 000	12,1 %
Fordeling	kr 17 000	kr 43 000	60,5 %
Føringsveier	kr 79 000	kr 89 000	11,2 %
Tillegg styring	kr 17 310		100,0 %
Sum	kr 379 310	kr 461 000	17,7 %

*Tillegg styring er ekstrakostnader for lysstyring til Gesis-løsningen hvis romkontroll ikke tas med. Det er de samme kostnader som ble regnet til lysstyring i den konvensjonelle løsningen.*

Gesis-løsningen uten romkontroll blir altså 17,7 % billigere i forhold til en ren konvensjonell installasjon. Dermed ble det ikke like høy innsparing sett i forhold til SBII, men likevel en betydelig reduksjon i kostnader.

Prisen for belysningen er nokså mye lavere i den nye løsningen, dette kommer av at det ikke er nødvendig med faste punkter over himling for tilkobling av armaturene. Med Gesis-systemet skjøter en bare videre fra en fordeler til neste armatur og trenger dermed ikke tilkoblingspunkt. I den konvensjonelle installasjonen leveres armaturene med vanlig plugg for stikk-tilkobling, som plugges i en stikkontakt montert i tak eller på en brakett på kabelstigen.

For vanlige kanalmonterte stikkontakter ble ikke besparelsen like stor. Dette kommer av at Gesis-kompatible stikkontakter for kanalinnfelling er såpass dyre at det en sparer i arbeid ikke er nok for å kompensere for merkostnaden i forhold til vanlige stikkontakter i kanal.

Det er en differanse i pris når det gjelder føringsveier. Det kommer av at i den konvensjonelle løsningen prosjekterte jeg med noe større kabelstiger enn i den nye. Grunnen til det er at med større antall kurser, er det behov for mer plass på stigen.

Det er også verdt å nevne at det antagelig burde vært differensiert på prisen for stigekabler til disse to løsningene. Grunnen er at en kan klare seg med mye mindre tverrsnitt på stigekabel til den nye løsningen. Den er etter min vurdering dimensjonert mye riktigere i forhold til det faktiske forbruket enn den opprinnelige løsningen, i hvert fall hvis vi legger til grunn at det relativt høye antallet kurser er dimensjonert for en viss utnyttelsesgrad. Slik det står nå er nemlig utnyttelsesgraden svært lav. Det er imidlertid vanskelig å gjøre en troverdig beregning på stigekablene uten å ha definert bygget med inntakspunkt og hovedfordeling, og ikke bare som et avgrenset område. Lengden av kablen og kostnader til føringsveier vil nemlig ha stor betydning.

## 6.3 Generelt

Etter å ha sett på økonomien i de nye løsningene virker det klart at installasjoner med færre, store kurser, gjerne distribuert med flatkabelsystemer, er vesentlig mer økonomisk enn den vanlig løsningen med mange, mindre kurser, gjerne funksjonelt inndelt. Ser vi på det eksisterende anlegget i SBII i dag, er det sterkt overdimensjonert. Målinger og beregninger viser at stigeledningene er for store og kursene er for mange. Anlegget er derfor med stor sannsynlighet mye dyrere enn det kunne ha vært ved den siste rehabiliteringen i 2005.

Et aspekt som ikke har vært berørt er driftsøkonomi. Med de foreslåtte løsninger legges det opp til en avansert styring, som gir mulighet for en mye større kontroll av driftsøkonomien enn med konvensjonelle løsninger. I moderne byggeprosjekter er det imidlertid gjerne slik at driftsøkonomi og byggekostnader sjelden evalueres sammen. Merinvesteringer med tanke på lavere driftskostnader er av denne grunn ofte vanskelig å få gjennomslag for.

Slike betraktninger er etter min vurdering likevel en interessant del av totaløkonomien i byggeprosjekter, og bør i høyeste grad være en faktor når beslutninger skal tas.

## 6.4 Sammenligninger ny og gammel konfigurasjon

### 6.4.1 Geografisk/funksjonell inndeling

I de eksisterende installasjonene er en tradisjonell topologi for kursene brukt. Det vil si at det er et relativt høyt antall kurser, med typisk funksjonell inndeling. Kursene har navn som for eksempel *Lys rom [nr], [nr]...* eller *Stikk kopirom*.

En slik inndeling har sine fordeler:

- Gjør fordelingene relativt oversiktlige.
- Enkelt å vedlikeholde/utvide uten å gjøre alle funksjoner spenningsløse.
- Mindre sårbart for feil, feil på et lysarmatur vil ikke ramme for eksempel datamaskiner.

Det finnes også kjente ulemper:

- Kostbart. Både kabel og vern er relativt dyrt, og en slik inndeling vil normalt føre til flere kurser og mer kabling.
- Forstyrrelser i nettet, og 3.harmoniske strømmer. Mange datamaskiner eller lysrørarmaturer med elektronisk forkobling forvrenger strømmen og kan skape både forstyrrelser i annet elektrisk utstyr, samt forhøyet strøm pga akkumulering av 3.harmoniske strømmer (i N-leder, TN-S-nett). Leder ofte til at en må dimensjonere opp anlegget eller sette inn andre kostbare tiltak

En overgang til geografisk inndeling har som nevnt antagelig fordeler når det kommer til å fordele ulineære laster jevnere. Ved å spre ulineære laster og blande dem med mer lineære laster, er det mindre fare for strømforkobling og følger av dette. En annen fordel, som er minst like viktig, er at det er lettere å oppnå bedre utnyttelse av kursene med en geografisk inndeling. Dette fordi en da kan regulere utnyttelsesgraden av kursen ved å variere størrelsen på området som dekkes av kursen. Med en funksjonell inndeling er det ofte svært sannsynlig at den totale lasten på kursen er mye mindre enn kursstørrelsen<sup>12</sup>. Dette fordi det eksempelvis skal store områder til for å komme opp i 16A på en lyskurs.

---

<sup>12</sup> Forutsatt at det benyttes 10A eller 16A kurser som forbrukskurser, noe som imidlertid er *de facto* bransjestandard.



**Eksempel:**

Standard dimensjonering for lyskurser er gjerne ca 15W/m<sup>2</sup>. Det gir:

$$P_{16A} = 230 * 16A * 0,9 \approx 3,3kW$$

$$A_{16A} = \frac{3,3kW}{15 \frac{W}{m^2}} \approx 220m^2$$

Det betyr at en 16A lyskurs må dekke 220m<sup>2</sup> for å komme i nærheten av 100 % utnyttelse (forutsatt cos φ=0,9). Med geografisk inndeling av kursene kan en derfor sannsynligvis bruke færre kurser for å oppnå de samme mål som med funksjonelle.

Begge løsninger har altså sine fordeler og ulemper, men økonomiske argumenter teller i de fleste tilfeller tyngst. Derfor er det naturlig å tro at det vil bli mer vanlig å dele inn kurser geografisk. Det har imidlertid vist seg vanskelig å fremskaffe dokumentasjon som viser om det faktisk er en praksisendring på dette feltet underveis.

### 6.4.2 Trepolte/topolte kurser

Det vanligste å bruke i næringsbygg i dag er topolte<sup>13</sup> 16A og 10A kurser, uavhengig av spenningssystem. Ved å øke disse kursene til trepolte kurser, det vil si ta med alle tre faser (pluss N i TN-S), kan en redusere kursantallet betraktelig. Dette gjelder spesielt i 400V TN-S systemer, da en tredobler maksimal effekt på kursen, i forhold til 230V IT hvor en bare øker med roten av 3.

**Tabell 18 - Effektøkning fra enpolt til trepolt**

Spenningsystem	Enpolt	Trepolt	Økning
230V IT	3680 W	6374 W	73,21 %
400V TN-S	3680 W	11040 W	200 %

En noe enkel betraktning kan være å bare se på prisen for vanlig installasjonskabel. PR-kabel med 4x2,5 mm<sup>2</sup> er nokså nøyaktig dobbelt så dyrt som 2x2,5mm<sup>2</sup> i Solar Elektroengros' listepriis. Det vil si at ved å doble prisen kan en tredoble effekten som kan føres ut. Spesielt i tilfeller hvor det er lang føringsvei ut til forbrukspunktet vil det lønne seg å gå over til trepolte kurser. Trepolte kurser kan derfor brukes som stigekabler i miniatyr. En trepolt kurs kan ved å koble til bare topolte belastninger betraktes som tre kurser i én. Da kan disse kursene legges som "stamkabler" på en kabelstige og fordeles ut til områdene de skal forsyne med koblingsbokser.

Det er ikke utelukkende fordeler med en overgang til kun 3-polte kurser i vanlige installasjoner.

Ulemper inkluderer:

- Ved feil kan utfall av bare én kurs ha negative konsekvenser for mange mennesker og mye utstyr.
- Hvis montørene som utfører det elektriske anlegget ikke er nøye med å fordele last mellom fasene kan det føre til overbelastning i en eller to faser.

<sup>13</sup> "enfase"

### 6.4.3 Anvendelse

I mine løsninger brukte jeg begge de omtalte prinsippene, altså trepolte kurser tilkoblet alle laster i et avgrenset område. Dette prinsippet reduserte kursantallet betraktelig, og bidro til at løsningene ble rimeligere enn sammenligningsgrunnlaget.

Installasjonssystemet som ble brukt bidro også til kostnadsreduksjon. Det virker imidlertid som om slike systemer egner seg best til bygg hvor forbrukspunktene stort sett ligger sentrert rundt en korridor hvor føringsveier kan legges. Det gjelder i hvert fall hvis systemet skal brukes på alle elkraftinstallasjonene i bygget. Da kan flatkablene festes til stige eller legges i kanal i korridoren, og kontorer/rom kan mates via korte stikkledninger inn fra flatkabelen. BVS er for eksempel ikke preget av slike korridorer, men er avhengig av mye lengre distribusjon langs yttervegger og tvers over bygget. De ekstra føringsveiene og lengre kabler, spesielt de dyre flatkablene, gjør at kostnadene stiger fort.

Til bruk kun på lysanlegg er derimot systemer som Wieland Gesis svært lønnsomme. Det faktum at lysarmaturene kan skjøtes med slengledninger med plugg sørger for dette. På BVS så vi dette rimelig klart, hvor kostnadene med ekstra punkter med stikkontakter over himling gjorde den konvensjonelle installasjonen dyrere.

De ideelle bygg for slike løsninger er altså relativt smale bygg med gjennomgående korridorer med føringsveier over himling, mange små kontorer og rom langs korridorene og alt av belysning innfelt i himling. Fordelinger bør være sentralt plassert, slik at en unngår lange strekk med flatkablene.

Hvis kostnader ikke nødvendigvis er førsteprioritet i planleggingen, men fleksibilitet og muligheter til hyppige ombygginger, er slike systemer som perfekte. Fleksible uttaksklemmer på flatkabelen og prinsippet med løse slengledninger over himling gjør slike løsninger svært lett å gjøre endringer på.

### 6.4.4 Kapasitet og muligheter for utvidelse

Løsningene jeg beskriver som alternativer kan ikke utvides i veldig stor grad, i alle tilfeller ikke så mye som de eksisterende anlegg har mulighet til. En må imidlertid vurdere om en er villig til å betale mer for en kapasitet som etter all sannsynlighet aldri benyttes. I moderne næringsbygg er det ingenting som tyder på en voldsom vekst i elektrisitetsforbruket. De siste 50 årene har forbruket av elektrisk energi i bygninger steget voldsomt, og stadig økt behovet for effektuttak. Dette er mye grunnet teknologisk framgang og elektrifisering av hverdagen, for eksempel med innføringen av data og elektriske kontormaskiner. Det kan nå være flere grunner til å tro at elektrisitetsforbruket i slike bygg har nådd en topp. I dag har samfunnet et klart fokus på energiøkonomisering og rasjonalisering av forbruket. I tillegg kan en peke på noen faktorer som indikerer at forbruket ikke vil øke dramatisk i overskuelig framtid:

- Ingen går i dag over til elektrisk oppvarming, men snarere fra elektrisk til for eksempel fjernvarme.
- Overgang fra stasjonære til bærbare datamaskiner betyr fort minst en halvering av strømforbruket til data på kontoret [13].
- Mer energiøkonomiske lyskilder reduserer energiforbruket til lys. På lysstoffrør går en fra T8-rør til T5-rør, som er mer energieffektive. Mange benytter sparepærer i stedet for glødelamper.

Argumenter for kapasitet til større utvidelser kan derfor være meningsløse i mange tilfeller. De store ekstrakostnadene dette medfører kan være nok til at det er verdt å ta risikoen ved å bygge med et vesentlig mindre elektrisk anlegg enn det som ser ut til å være normen i dag.

## 6.5 Stigekabler

Vi har sett at ved å redusere størrelsen på det elektrisk anlegget på kursnivå, og benytte andre konfigurasjoner, kan en spare store summer. På stigeledningsnivå viser det seg også å være et betydelig sparepotensiale. Når vi ser på pris på stigekabler i forhold til den maksimale strømmen de i henhold til NEK-400 kan føre, blir det fort klart at det ikke automatisk lønner seg å velge det alternativet som er det naturlige. Det naturlige alternativet er gjerne en enkelt kabel, den minste som oppfyller forskriftenes krav til dimensjonering. Dette kommer av at forholdet mellom strømføringssevne og kabelstørrelse ( $\text{mm}^2$ ) ikke er lineært. Jo større kablen blir, jo mindre strøm pr  $\text{mm}^2$  tverrsnitt kobber kan den føre. Grunnen er at kabelens overflate, og dermed evne til å lede bort varme er avgjørende for strømføringssevnen.

Eksempel:

**Tabell 19 - Sammenligning stigeledningskonfigurasjoner**

Kabel	Strømføringssevne (E)	Overflateareal	Pris	Spes.pris
3 x PFSP 4x50mm <sup>2</sup>	351 A	0,29m <sup>2</sup> /m	498,84 Kr/m	1,42 Kr/A•m
1 x PFSP 4x150mm <sup>2</sup>	245 A	0,16m <sup>2</sup> /m	425,17 Kr/m	1,74 Kr/A•m

Ved å bruke flere, og mindre kabler kan vi redusere det totale kabeltverrsnittet og spare mye penger på stigekabler. Dette kan oppnås ved å bruke figuren med grafer (se vedlegg 11) eller regne på alternative kabelkombinasjoner for å finne en konfigurasjon som er mer lønnsom.

I tilfeller hvor en vurderer en radiell struktur er nok det lønnsomt å sjekke om en kan dele inn fordelingene i lastgrupper, slik at en kan treffe en av grafene i figuren så langt ned som mulig, noe som vil si at en får en lavest mulig pris pr meter ferdig lagt kabel.

## 7 Konklusjon

- Tre-polte kurser er mer lønnsomt enn og anbefales over topolte kurser. Ved å bruke geografisk inndeling av kurser kan lønnsomheten ytterligere økes.
- Pluggbare systemer basert på distribusjon med flatkabler, som for eksempel Wieland Gesis' sine, kan bidra til økt lønnsomhet. Disse er dog helt klart best egnet til anlegg med store lysinstallasjoner i systemhimlinger. Også i tilfeller med lange, slanke bygg med en sentral korridor kan slike systemer anbefales.
- Ved prosjektering av stigekabler gjelder det å beregne hvilken kombinasjon av kabler som gir den høyeste lønnsomheten. Det kan ofte være en kombinasjon av flere mindre kabler, fremfor en stor. En figur med grafer er utviklet som et hjelpemiddel, se vedlegg 11.
- For prosjektering av stigekabler med radiell struktur, kan det være svært lønnsomt å fordele de tilkoblede laster i grupper slik at det kan prosjekteres optimale kabelkonfigurasjon(er). Med det menes at hvis flere fordelingstavler skal forsynes av felles kabler, kan lønnsomhet best oppnås hvis figuren med grafer i vedlegg 11 benyttes for å bestemme hvor store laster som skal grupperes sammen.

## 8 Referanser

- [1] - Offentlig tilgjengelig bilde (Public Domain) – hentet fra Wikimedia
- [2] - Optimale elkraftinstallasjoner med mindre ressursbruk – teknisk rapport, Odd Arnesen/Jan Myhre NTNU 1997
- [3] - Ikke-radielle nettstrukturer i bygninger – notat, Eilif Hugo Hansen NTNU 1998
- [4] - Eilif Hugo Hansen – Elektroinstallasjoner, Classica forlag 2003
- [5] - O. Mogstad, B. Brekke, E.H. Hansen: Energy saving by the utilization of daylight. Monitoring studies in Statens Hus, Trondheim. EFI Teknisk rapport TR F4240 1994
- [6] - Ørjan Ramskjell – Evaluering av installasjonsbussystemer med tanke på energiøkonomisering og systemintegrasjon, prosjektoppgave NTNU 2006
- [7] - Anbud fra Selven Elektro, Sentralbygg 2, Rambøll 2005
- [8] - Personlig kommunikasjon med Øyvind Svaleng, Siemens AS
- [9] - Espen Åsmo – Laststrukturer i yrkesbygg, hovedoppgave NTNU 2003
- [10] - Knut Stefanussen – Dimensjonering av elektriske anlegg i næringsbygg, prosjektoppgave NTNU 2006
- [11] - NEK 400 523.7
- [12] - Personlige samtaler med Prosjektledere: Siemens: Øyvind Svaleng  
YIT: Hans Martin Sivertsen  
Fjeldseth: Bjørn Inge Solstad
- [13] - Energy Star – hjemmeside [[http://www.eu-energystar.org/no/no\\_008b.shtml](http://www.eu-energystar.org/no/no_008b.shtml)] aksessert mai 07
- [14] - Knut Ivar Grue, Gunnar Karlsen AS
- [15] - EFA Elektro – hjemmeside.  
[[http://www.efa.no/main/produkt\\_oppslag.php?lang=NOR&prod\\_group=2&product\\_id=16](http://www.efa.no/main/produkt_oppslag.php?lang=NOR&prod_group=2&product_id=16)]  
Aksessert mai 2007

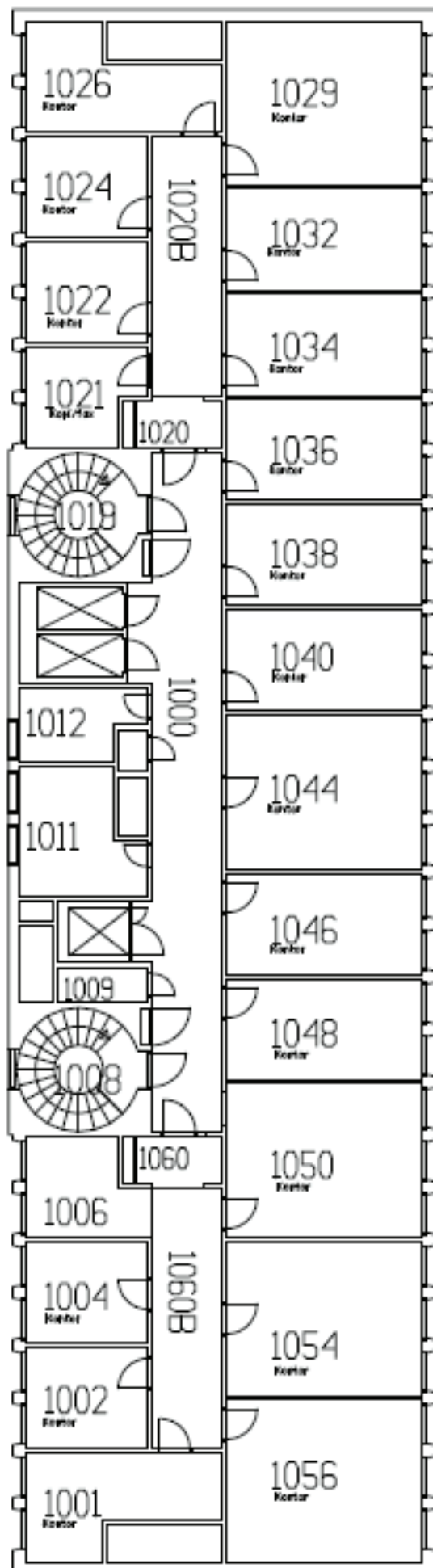


## **Vedlegg**

Vedlegg 1 – Plantegning NTNU Sentralbygg II .....	II
Vedlegg 2 – Tegning fra GesisPlan SBII .....	IV
Vedlegg 3 – Deleliste fra GesisPlan SBII .....	VI
Vedlegg 4 - Kalkyle alternativ konfigurasjon SBII.....	VIII
Vedlegg 5 – Plantegning Byåsen Videregående Skole.....	X
Vedlegg 6 – Plantegning, BVS - klasserom Allmennfag VK1 .....	XII
Vedlegg 7 – Tegning fra GesisPlan BVS - Lysanlegg.....	XIV
Vedlegg 8 – Tegning fra GesisPlan BVS - Teknisk anlegg .....	XVI
Vedlegg 9 – Deleliste fra GesisPlan BVS.....	XVIII
Vedlegg 10 - Kalkyle alternativ konfigurasjon BVS .....	XX
Vedlegg 11 - Sammenlikning stige kabler .....	XXII

## Vedlegg 1 – Plantegning NTNU Sentralbygg II

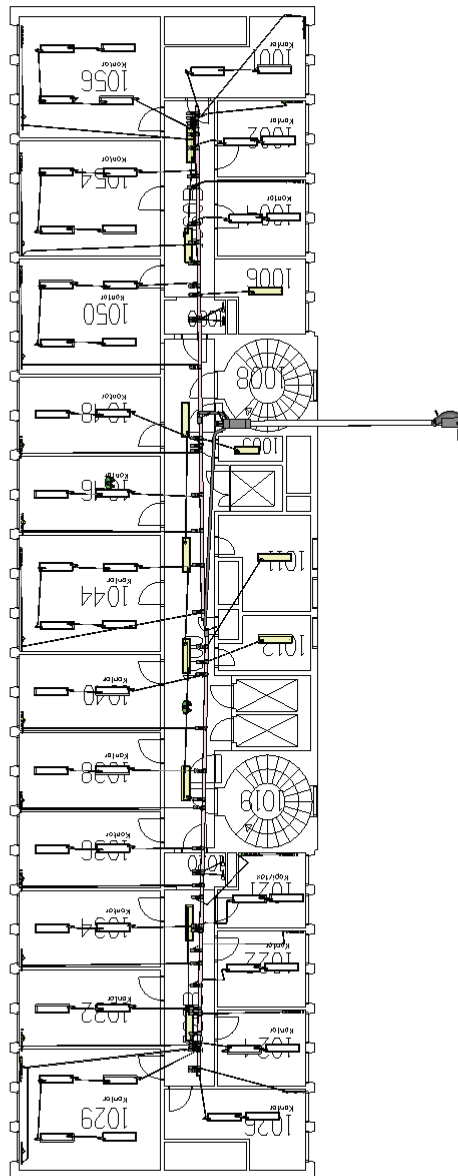




## Vedlegg 2 – Tegning fra GesisPlan SBII

Kundenummer 1  
Firma Ørjan  
Prosjektnummer 1  
Prosjekt Navn Diplom  
Kontakt Ørjan Ramskjell

Tel. 93084427  
Telefaks  
E-post orjanr@stud.ntnu.no



## Vedlegg 3 – Deleliste fra GesisPlan SBII

Kundenummer 1  
 Firma Ørjan  
 Prosjektnummer  
 Prosjekt Navn SBII  
 Kontakt Ørjan Ramskjell

Tel. 93084427  
 Telefaks  
 E-post orjanr@stud.ntnu.no



Antall	Artikkelnummer	Betegnelse	Stykkpris	Pris
16	1558936	FLATKABEL 5X2,5 + BUS 2X1,5 LILLA	kr 109,09	kr 1 745,45
19	1558936	FLATKABEL 5X2,5 + BUS 2X1,5 LILLA	kr 109,09	kr 2 072,73
15	1558945	GST18i3 ADAPTER FASE L1 3POL FLATKABEL LILLA	kr 158,00	kr 2 370,00
17	1558946	GST18i3 ADAPTER FASE L2 3POL FLATKABEL LILLA	kr 158,00	kr 2 686,00
17	1558947	GST18i3 ADAPTER FASE L3 3POL FLATKABEL LILLA	kr 158,00	kr 2 686,00
3	1559390	GST18i3 1,5 HAN-HUN 1M SORT	kr 64,00	kr 192,00
12	U2.232.1004.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST PVC 3x1,5 mm <sup>2</sup> sort 10 m	kr 225,25	kr 2 703,05
10	1558903	GST18i3 1,5 HAN-HUN 2M SORT	kr 79,00	kr 790,00
13	92.232.2500.1	Skjøteledning GST18i3 PVC 3x1,5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort :	kr 79,55	kr 1 034,09
12	1558954	GST18i3 1,5 HAN-HUN 3M SORT	kr 94,00	kr 1 128,00
42	1558904	GST18i3 1,5 HAN-HUN 4M SORT	kr 109,00	kr 4 578,00
4	1558921	GST18i3 1,5 HAN-FRI 4M SORT	kr 93,00	kr 372,00
6	1558955	GST18i3 1,5 HAN-HUN 5M SORT	kr 124,00	kr 744,00
1	1558929	GST18i3 1,5 HAN-FRI 5 M SORT	kr 108,00	kr 108,00
9	1569404	GST18i3 1,5 HAN-FRI 6M SORT	kr 123,00	kr 1 107,00
2	1569405	GST18i3 1,5 HAN-FRI 8M SORT	kr 153,00	kr 306,00
49	1558934	LÅSEBRACKETT HAN-HUN PLUGG SORT	kr 4,20	kr 205,80
2	1558950	GST18i5 TILFØRSELSADAPT LILLA KRAFT	kr 197,00	kr 394,00
4	1558937	ENDESTYKKE F/FLATKABEL 5X2,5 BUS	kr 92,00	kr 368,00
			<b>Totalt:</b>	<b>kr 25 590,13</b>

## Vedlegg 4 - Kalkyle alternativ konfigurasjon SBII

**Kalkyle Sentralbygg II**

<b>Stigekabler/fordelinger</b>		Sum	Totalt	Summeres
<b>Stigere</b>	Stiger 50	kr 68 025,76		
	Stiger 6	kr 3 747,87		
	Vern (hovedford)	kr 10 378,15		
	Kabelstige	kr 24 392,48		
	Strips	kr 548,80		
	Koblingsstykker	kr 3 793,34		
	Totalt		kr 110 886,40	kr 110 886,40
<b>Etasjeford.</b>	Kapslinger	kr 15 595,58		
	Automater	kr 19 454,50		
	Jordfeilbrytere	kr 28 528,50		
	Totalt		kr 63 578,58	kr 63 578,58
<b>Etasje</b>				
<b>Kontor lite</b>	2 armaturer innfelt i himling	kr 1 760,76		
	8m kanal langs tak og ned	kr 2 518,40		
	2 stk 3-veis stikk i kanal	kr 830,94		
	Romkontroll	kr 10 000,00		
	Totalt	kr 15 110,10	kr 226 651,46	
<b>Kontor stort</b>	4 armaturer innfelt i himling	kr 3 521,52		
	12m kanal langs tak og ned under vindu	kr 3 777,60		
	4 stk 3-veis stikk i kanal	kr 1 661,88		
	Romkontroll	kr 10 000,00		
	Totalt	kr 18 961,00	kr 75 843,99	
<b>Korridor</b>	8 stk armaturer innfelt i himling	kr 10 907,04		
	Romkontroll (inkl bev.det/prog)	kr 5 000,00		
	Minikjøkken, lys	kr 1 525,89		
	Minikjøkken, stikk	kr 935,56		
	Kabelstige 300mm, 35m	kr 10 877,30		
	Flatkabel, 5+2 Wgesis	kr 5 151,30		
	Montering adaptere flatkabel 1min/kontor	kr 990,00		
	Totalt	kr 35 387,09	kr 35 387,09	
<b>WC</b>	1 stk armatur i tak	kr 1 588,95		
	1 stk stikk påvegg	kr 231,59		
	1 stk lys over speil	kr 685,95		
	1 stk bev.detektor	kr 1 136,91		
	Kabel, 10 m PR	kr 308,71		
	Totalt	kr 3 952,10	kr 7 904,20	
<b>Gesis-utstyr</b>	Totalt, fra gesisplan		kr 25 590,13	
<b>Totalt kontoretasje</b>			kr 371 376,87	kr 4 456 522,46
<b>1.Etg, stripa</b>				
	Butikk		kr 56 882,99	
	Servicekontor		kr 56 882,99	
	2 stk WC		kr 7 904,20	
	Totalt		kr 121 670,18	kr 121 670,18
<b>Diverse ekstra</b>				
	Opplegg til heiser, 3 stk		kr 30 000,00	
	Opplegg til ventilasjon, 2 stk		kr 80 000,00	
	Rundsum, opplegg kjeller, fra anbud		kr 50 000,00	
	Totalt		kr 160 000,00	kr 160 000,00
<b>Totalt Sentralbygg II</b>				kr 4 912 657,63

## Vedlegg 5 – Plantegning Byåsen Videregående Skole

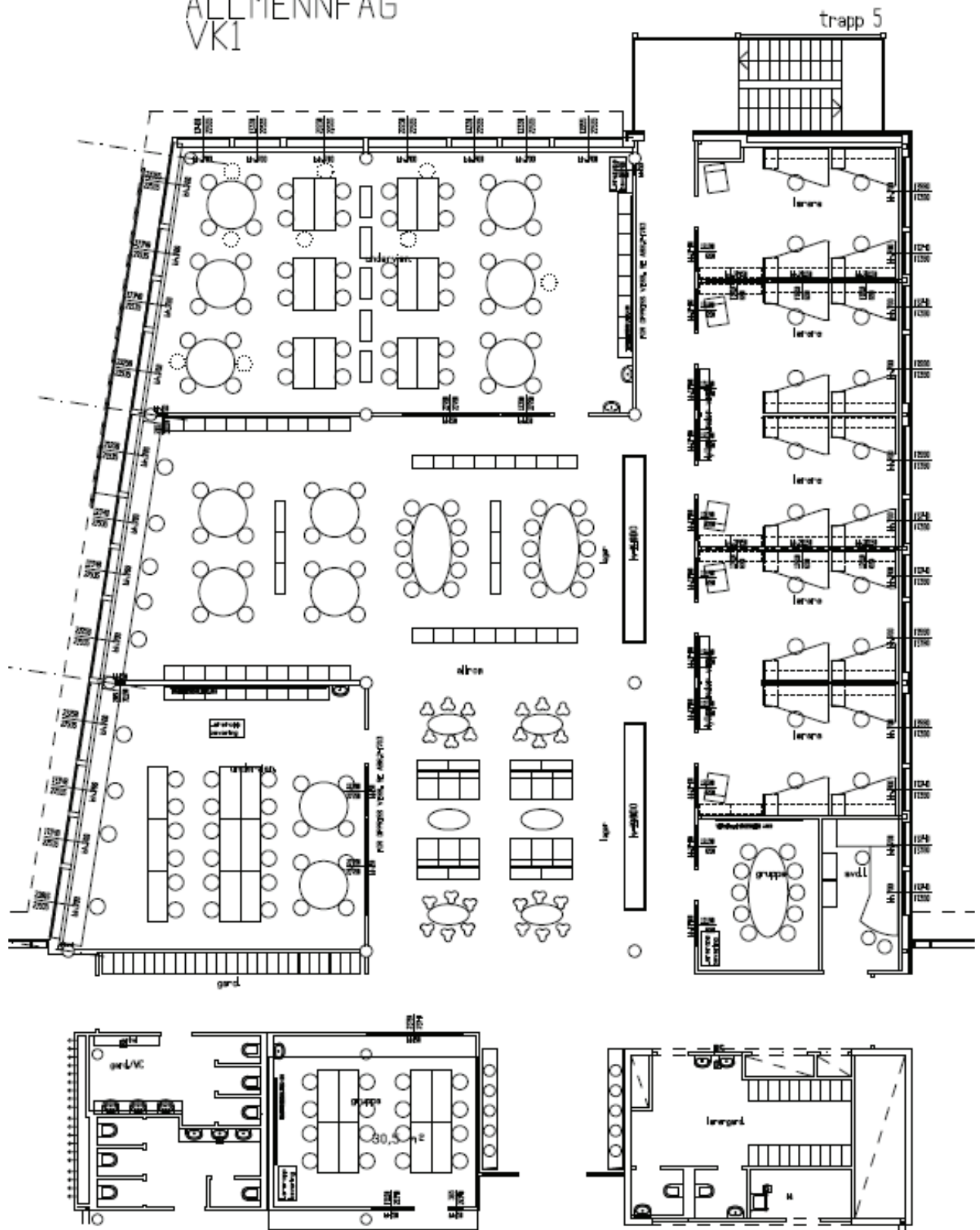


# Plan BVS 3.etg. *Aktuellt område i lilla.*



## Vedlegg 6 – Plantegning, BVS - klasserom Allmennfag VK1

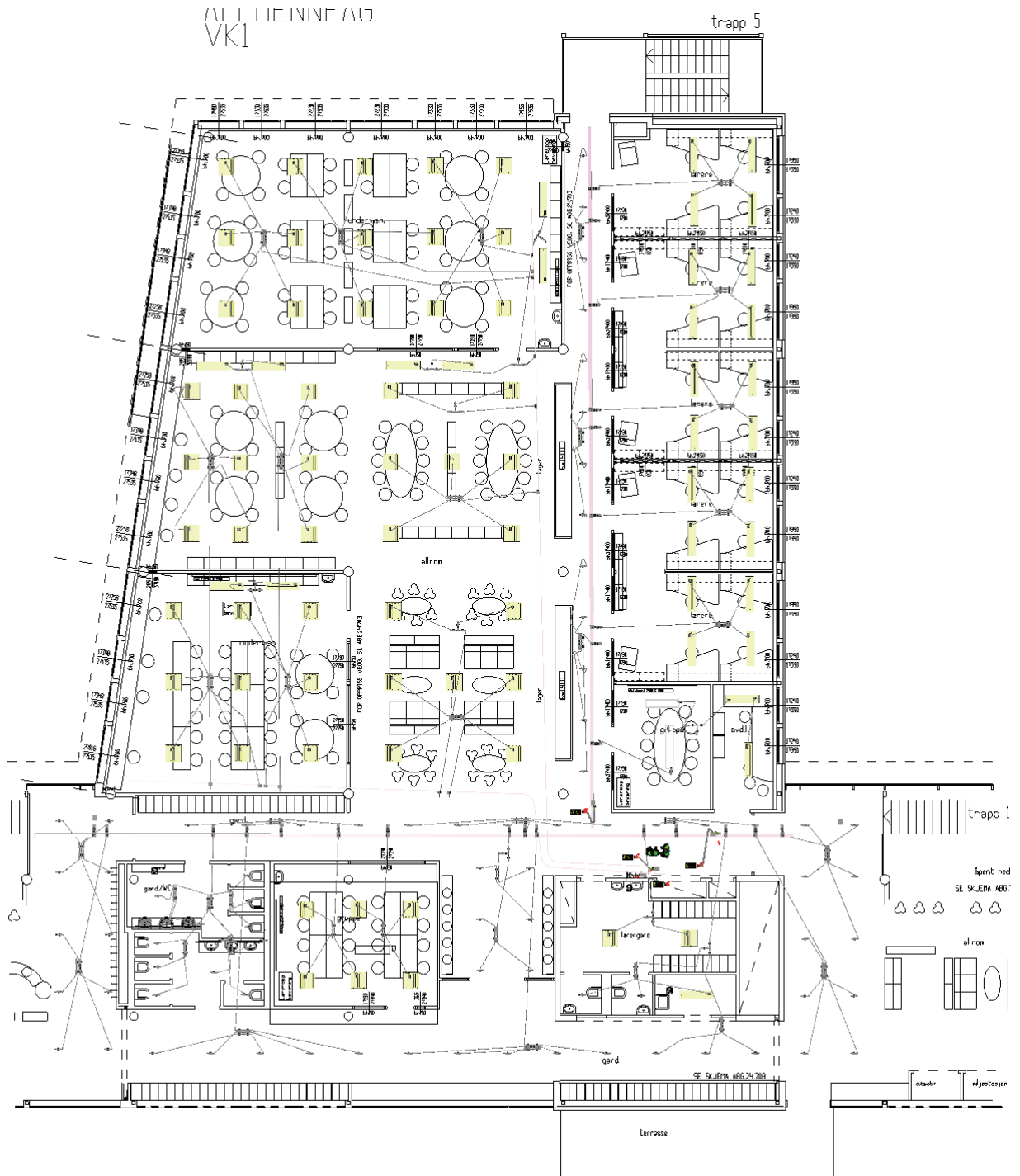
# ALLMENN FAG VK1



## Vedlegg 7 – Tegning fra GesisPlan BVS - Lysanlegg

Kundenummer 1  
 Firma Ørjan  
 Prosjektnummer  
 Prosjekt Navn Byåsen VGS - LYS  
 Kontakt

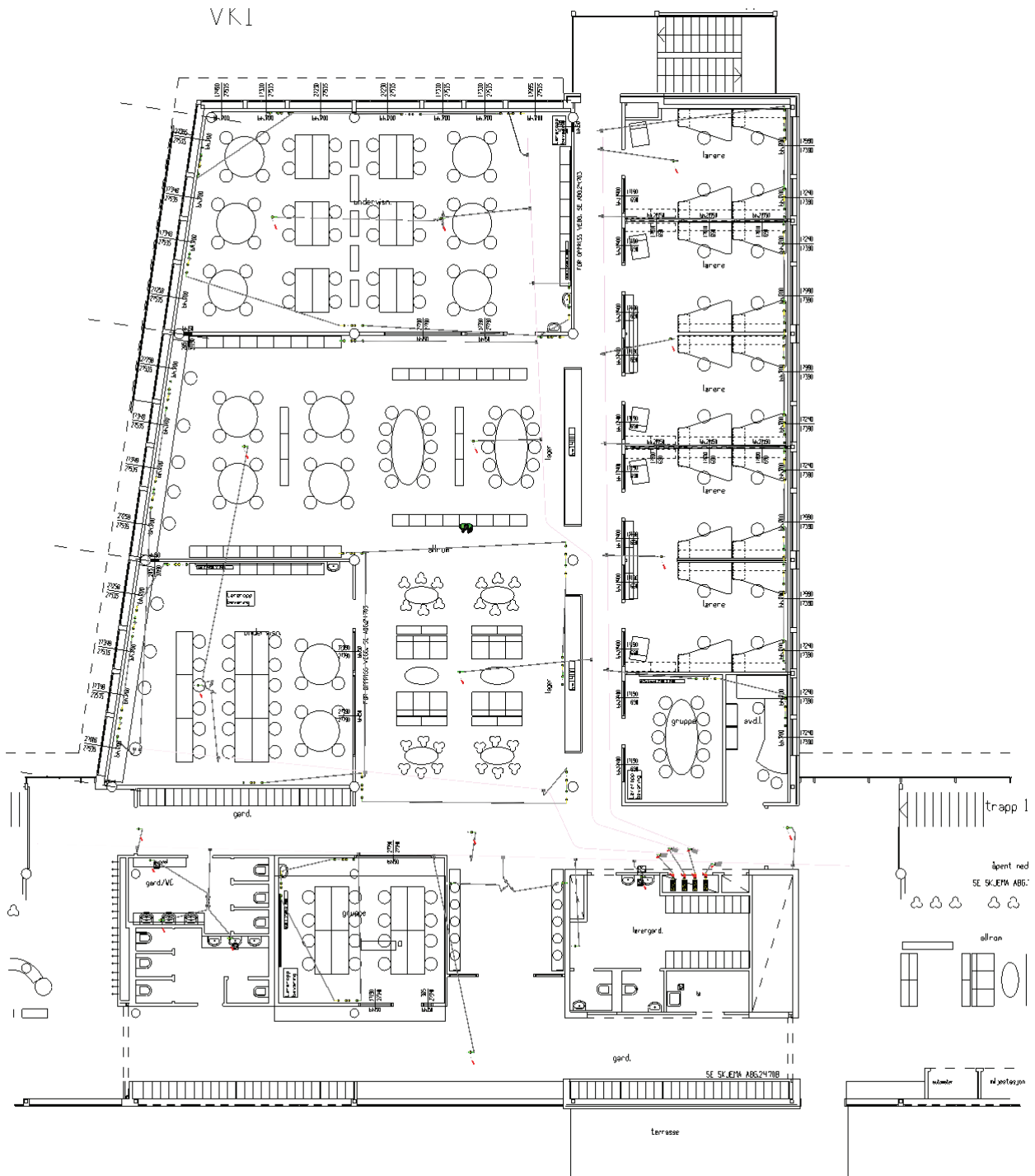
Tel.  
 Telefaks  
 E-post



## Vedlegg 8 – Tegning fra GesisPlan BVS - Teknisk anlegg

Kundenummer 1  
 Firma Ørjan  
 Prosjektnummer  
 Prosjekt Navn Byåsen VGS - STIKK  
 Kontakt

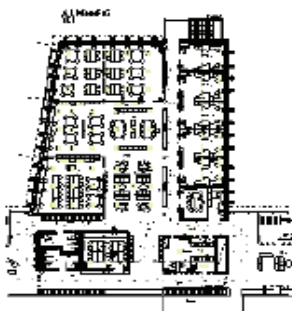
Tel.  
 Telefaks  
 E-post



## Vedlegg 9 – Deleliste fra GesisPlan BVS



Kundennummer 1  
 Firma Ørjan  
 Prosjektnummer 2  
 Prosjekt Navn BVGS  
 Kontakt Ørjan Ramskjell  
 Tel. 93084427  
 Telefaks  
 E-post orjanr@stud.ntnu.no



Antall	Artikkelnummer	Betegnelse	Stykkpris	Pris
115	1558936	FLATKABEL 5X2,5 + BUS 2X1,5 LILLA	kr 109,09	kr 12 545,45
28	1 558 945	GST18i3 ADAPTER FASE L1 3POL FLATKABEL LILLA	kr 158,00	kr 4 424,00
14	1 558 946	GST18i3 ADAPTER FASE L2 3POL FLATKABEL LILLA	kr 158,00	kr 2 212,00
17	1 558 947	GST18i3 ADAPTER FASE L3 3POL FLATKABEL LILLA	kr 158,00	kr 2 686,00
18	1 559 390	GST18i3 1.5 HAN-HUN 1M SORT	kr 64,00	kr 1 152,00
42	1 558 903	GST18i3 1.5 HAN-HUN 2M SORT	kr 79,00	kr 3 318,00
28	1 558 954	GST18i3 1.5 HAN-HUN 3M SORT	kr 94,00	kr 2 632,00
40	1 558 904	GST18i3 1.5 HAN-HUN 4M SORT	kr 109,00	kr 4 360,00
14	1 558 955	GST18i3 1.5 HAN-HUN 5M SORT	kr 124,00	kr 1 736,00
2	1 558 905	GST18i3 1.5 HAN-HUN 6M SORT	kr 139,00	kr 278,00
2	1 558 956	GST18i3 1.5 HAN-HUN 7M SORT	kr 154,00	kr 308,00
2	1 559 394	GST18i3 1.5 HAN-HUN 8M SORT	kr 169,00	kr 338,00
37	1 559 382	GST18i3 2.5 HAN-HUN 1M SORT	kr 81,00	kr 2 997,00
14	1 558 908	GST18i3 2.5 HAN-HUN 2M SORT	kr 110,00	kr 1 540,00
1	1 558 922	GST18i3 2.5 HAN-FRI 2M SORT	kr 93,00	kr 93,00
5	1 558 957	GST18i3 2.5 HAN-HUN 3M SORT	kr 138,00	kr 690,00
7	1 569 412	GST18i3 2.5 HAN-FRI 3M SORT	kr 122,00	kr 854,00
8	1 558 923	GST18i3 2.5 HAN-FRI 4M SORT	kr 151,00	kr 1 208,00
7	1 558 207	GST18i3 2.5 HAN-FRI 5 M SORT	kr 146,00	kr 1 022,00
4	1 569 413	GST18i3 2.5 HAN-FRI 6M SORT	kr 220,00	kr 880,00
3	1 569 414	GST18i3 2.5 HAN-FRI 8M SORT	kr 280,00	kr 840,00
12	1 558 941	GST18i3 FORGR.T 1-2 SORT	kr 40,50	kr 486,00
11	1 559 227	GST18i3 FORGR.BL.1-3 SORT	kr 73,00	kr 803,00
28	1 558 943	GST18i3 FORGR.BL.1-5 SORT	kr 107,00	kr 2 996,00
8	1 558 950	GST18i5 TILFØRSELSADAPT LILLA KRAFT	kr 197,00	kr 1 576,00
1	1 559 227	GST18i3 FORGR.BL.1-3 SORT	kr 73,00	kr 73,00
1	92.238.0504.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST18i3@nPVC 3x2.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 s	kr 46,85	kr 46,85
2	92.238.1504.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST18i3@nPVC 3x2.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 s	kr 72,05	kr 144,10
1	U2.232.1004.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST@nPVC 3x1.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort 1	kr 225,25	kr 225,25
5	U2.238.1004.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST18i3@nPVC 3x2.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 s	kr 320,00	kr 1 600,00
1	U2.238.1204.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST@nPVC 3x2.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort 1	kr 368,70	kr 368,70
3	92.238.2504.1	Kabel HAN-FRI ENDE GST18i3@nPVC 3x2.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 s	kr 97,20	kr 291,60
38	92.232.1500.1	Skjøteledning GST18i3@nPVC 3x1.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort 1.5 m	kr 66,55	kr 2 528,90
1	U2.232.1000.1	Skjøteledning GST18i3@nPVC 3x1.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort 10 m	kr 260,25	kr 260,25
1	U2.232.1200.1	Skjøteledning GST18i3@nPVC 3x1.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort 12 m	kr 286,30	kr 286,30
26	92.232.2500.1	Skjøteledning GST18i3@nPVC 3x1.5 mm <sup>2</sup> Kode 1 sort 2.5 m	kr 79,55	kr 2 068,30
12	1 558 937	ENDESTYKKE F/FLATKABEL 5X2,5 BUS	kr 92,00	kr 1 104,00
59	1 558 934	LÅSEBRACKETT HAN-HUN PLUGG SORT	kr 4,20	kr 247,80
			<b>Totalt:</b>	<b>kr 61 219,50</b>



EFA Elektro AS, Skiveien 123, 1410 Kolbotn Telefon 66812400

## Vedlegg 10 - Kalkyle alternativ konfigurasjon BVS



## Vedlegg 11 - Sammenlikning stigekabler

Finn dimensjonerende strøm på X-aksen. Trekk så en linje rett opp for å finne den mest økonomiske konfigurasjonen. Det er bare tatt med 4-leder PFSP-kabler med aluminiumsledere. Det er heller ikke tatt med konfigurasjoner med mer enn tre kabler av samme type. Prisen på Y-aksen er prisen for den aktuelle konfigurasjonen pr ampere ganger meter.

# Sammenlikning pris kabelkonfigurasjoner

