

**Eiendom:** Veikontoret, Steinkjer  
**Byggeier:** Statsbygg  
**Konsulenter:** SINTEF Byggforsk

## Total Concept metoden

Trinn 3 - Målinger og oppfølging

### Bygningsmassen og bruk

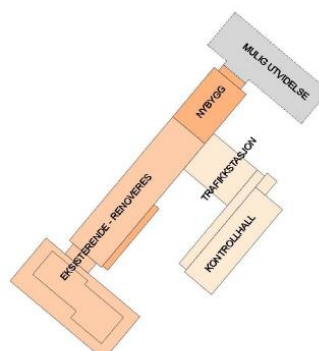
**Byggeår:** 1967, 1976, 1984, 2016  
**Areal:** 4 330 m<sup>2</sup> oppvarmet areal  
**Type bygning:** Kontorbygning

Bygningsmassen består av tre fløyer bygget i ulike byggetrinn; 1967, 1976 og 1984. Den opprinnelige delen besto av en én etasjers bygning (trafikkstasjon) inkludert en kontrollhall samt nordøstfløyen i 3 etasjer. Sydvestfløyen ble bygget i 1967 med opprinnelig 3 etasjer, men ble påbygd med 2 etasjer til i 1984. Bygningen har et oppvarmet areal på 4330 m<sup>2</sup>, eksklusiv kontrollhallen og trafikkstasjonen.

Bygningen består i hovedsak av kontorer for Vegvesenets personal samt kantine i første etasjen av østfløyen. Personalet jobber etter vanlige kontortider. Driftstiden for tekniske installasjoner i bygget var 9 timer per dag. Det begynte å bli trangt i lokalene, og det var derfor behov for et tilbygg.

En del av bygningsmassen er en kontrollhall og trafikkstasjon, men disse arealene er ikke inkludert i videre vurderinger.

Bygningen er av plasstøpt betong med dekker, bjelker, søyler og vegger som primære bygningsdeler. Fasadene er av 150 mm tykk betong, innvendig isolert med 100 mm isolasjon og har en U-verdi på 0,41 W/m<sup>2</sup>K. Enkelte betongsøyler er plassert i ytterveggen og skaper store kuldebroer. Dekkene har konstruktive tykkelser på 140-200 mm.



### Inneklima

Personalet klaget på dårlig inneklima, spesielt i de delene av bygningen med de eldste ventilasjonsanleggene. Endringer i planløsningen forverret også inneklimaet.

### Tilstanden til bygningskroppen og tekniske systemer før tiltak

#### Bygningskroppen

Bygningen var av plasstøpt betong med dekker, bjelker, søyler og vegger som primære bygningsdeler. Fasadene bestod av 150 mm tykk betong, innvendig isolert med 100 mm isolasjon og hadde en U-verdi på 0,41 W/m<sup>2</sup>K.

Enkelte betongsøyler var plassert i ytterveggen og skapte store kuldebroer. Dekkene hadde konstruktive tykkelser på 140-200 mm.

Vinduene lå i store horisontale vindusbånd mellom betongskivene. Vinduene var originale koblede vinduer med gjennomsnittlig U-verdi på 2,4 W/m<sup>2</sup>K. Alle fløyene hadde flatt tak med 150 mm isolasjon på 150 mm betong. Takene hadde en U-verdi på 0,23 W/m<sup>2</sup>K, bortsett fra over teknisk rom som hadde U-verdi 0,33 W/m<sup>2</sup>K. Gulvet er gulv på grunn og hadde, med en antatt isolasjon på 100 mm, en ekvivalent U-verdi på 0,15 W/m<sup>2</sup>K.

### Ventilasjon

Den aktuelle delen av bygningen hadde totalt 6 stk. ventilasjonsanlegg, samt noen mindre rene avtrekksystemer. 2 av anleggene var fra 1976 og i dårlig forfatning. Disse to hadde også en lav gjenvinningsgrad på 42 og 62 %. Anleggene hadde en gjennomsnittlig SFP på 3,7 kW/(m<sup>3</sup>/s). Den totale effekten for kjølebatteriene var på 166 kW og effekt for varmebatteriet var på 287 kW.

### Oppvarming

Bygningen hadde 2 stk. oljekjeler á 350 kW og 1 stk. elektrokjele på 225 kW. Kjelene dekket forvarming av varmt tappevann, romoppvarming og varmebatterier for ventilasjon. Den elektriske kjelen var prioritert og utgjorde 99 % av oppvarmingen.

### Kjøling

Bygningsmassen var klimatisert og hadde kjøleanlegg, som bestod av et isvannanlegg fra 1975. Anlegget var plassert i Vestfløybygget og dekket komfortkjøling via kjølebaffler i 2. etg., samt komfortkjøling via ventilasjon for hele bygget. Komfortkjøling for østfløyen og trafikkavdelingen ble betjent via ventilasjonsanlegg med lokalt plasserte DX-anlegg.

Prosesskjøling av datarom, telesentral, avfallsrom, UPS rom og hovedtavlerom ble besørget av mindre DX-anlegg som var plassert lokalt ved de respektive rom/installasjoner. Det var til sammen 15 kjøleanlegg på bygget. DX-anleggene hadde en total effekt på 119 kW og isvannanlegget på 100 kW.

### Belysning og utstyr

Delene av bygningen som behandles er i hovedsak kontorer. Det er for det meste T5 og T8 lamper på kontorene og korridorer. Effektbehov brukt i energisimuleringen for belysning er 8 W/m<sup>2</sup> og for utstyr 11 W/m<sup>2</sup>. Personbelastningen estimeres til 4 W/m<sup>2</sup>.

## Energi og ressursbruk før oppgradering og "baseline" for energibesparelser

Statsbygg dokumenterte målt energibruk for hele bygningen de siste 10 årene før oppgraderingen startet. Totalt målt levert energi var 226 kWh/m<sup>2</sup> for hele bygningsmassen, inklusiv kontrollhallen.

Dersom vi trekker ut kontrollhallen og justerer for normalisert drift blir "baseline" for energibruk:

Energibruk før tiltak:	194 kWh/m <sup>2</sup>
Oppvarmingsbehov:	99 kWh/m <sup>2</sup>
Elektrisitet til drift og utleie:	95 kWh/m <sup>2</sup>

## Identifiserte energisparingstiltak

Oppgraderingen for bygningsmassen måtte uansett tilfredsstillende forskriftskravet i TEK10. Men i tillegg var det ønskelig å gjøre tiltak opp mot passivhusnivå. Lønnsomhetsberegningene er derfor gjort i forhold til TEK10-kravet. Dvs. "hvor lønnsomt er det å gjøre energieffektiviseringstiltak opp mot passivhusnivå i forhold til TEK10?"

I trinn 1 ble følgende seks energieffektiviseringstiltak identifisert og anbefalt for veikontoret i Steinkjer;

1. Nye vinduer og dører
2. Utvendig etterisolering av tak
3. Endring av belysning til behovsstyrt LED
4. Oppgradering av ventilasjonsanlegget fra CAV til behovsstyrt ventilasjon
5. Utvendig etterisolering av fasader inkludert forbedret lufttetthet og kuldebroer
6. Installasjon av bergvarmepumpe

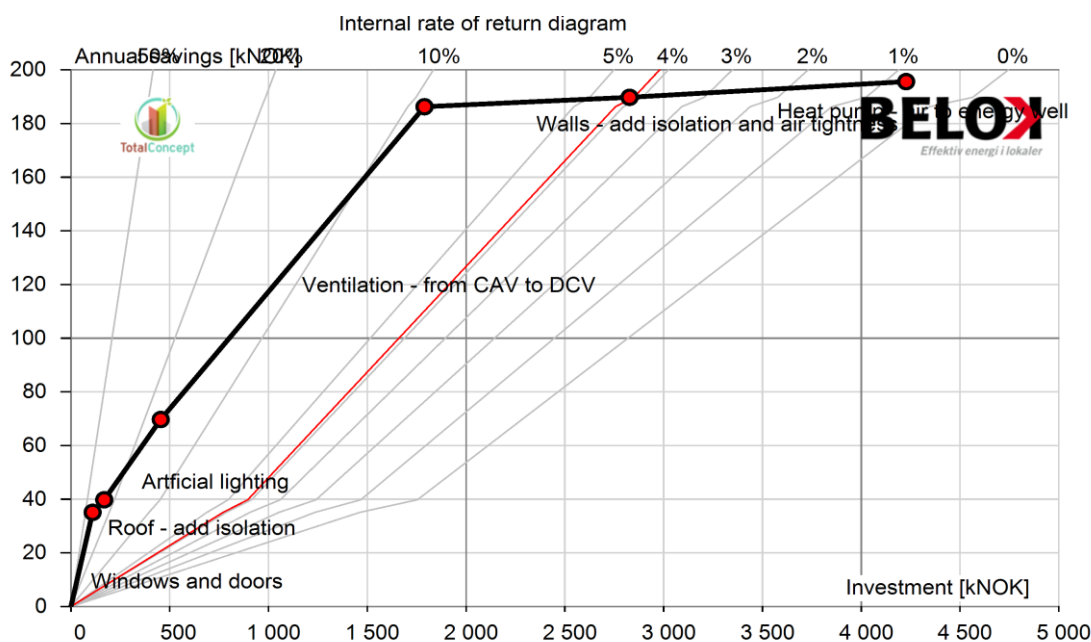
Energiberegninger ble gjennomført

- for eksisterende bygning
- for oppgradering til forskriftskravet (TEK10)
- for oppgradering til passivhusstandard

"Total Concept dynamisk baseline metode" ble brukt for å finne optimal tiltakspakke. Gjennom denne metoden blir de mest lønnsomme tiltakene valgt ut. Det blir gjort iterative energiberegninger med løpende rangeringer til man til slutt ender opp med den optimale tiltakspakken.

Byggherrens krav til internrente var 4.15%. Det betyr at tiltakspakken må samlet gi en internrente på over 4,15 % for å være tilstrekkelig lønnsom. Relativ økning i energipris er satt til 2 % over inflasjon og økonomisk levetid er satt til 60 år.

## Tiltakspakke trinn 1 og trinn 2



Figur 1. Internrentediagram for Veikontoret i Steinkjer etter trinn 1.

En pakke på fem tiltak hadde en internrente på 4,22 % og tilfredstilte dermed byggeiers krav til lønnsomhet. Likevel valgte Statsbygg å gjennomføre alle de seks tiltakene i trinn 2 (utførelse/byggefase). Internrenten til tiltakspakken med alle seks tiltakene var beregnet til 0,74 %, dvs. under lønnsomhetskravet til byggherren.

Det viste seg at kostnaden for å nå et minimumskrav for inneklimate ble høyere enn først antatt. Det betyr at faktisk baseline (TEK10) fikk en høyere kostnad enn beregnet. Dermed ble tilleggsinvesteringen for ventilasjon opp mot passivhusnivå lavere. I tillegg ble det oppdaget en regnefeil i opprinnelig investeringskostnad for etterisolering av yttervegg. Investeringskostnaden var estimert for høyt, noe som også gjorde at tilleggsinvesteringen for isolering av yttervegg ble lavere enn beregnet. Dette endret lønnsomhetsrangeringen

mellom tiltakene, og alle tiltakene ble rekalkulert etter trinn 2, noe som ga nye energibesparelser. Resultatene er vist i tabell 1.

**Tabell 1.** Investeringskostnader og besparelser for trinn 1 og trinn 2.

Tiltak	Trinn 1			Trinn 2		
	Estimert investering [kNOK]	Estimert Kostnadsbesparelse [kNOK/år]	Energibesparelse [MWh/år]	Faktisk investering [kNOK]	Justert kostnadsbesparelse [kNOK/år]	Justert energibesparelse [MWh/år]
1 Vinduer og dører	109	35	39	141	31	35
2 Tak - isolering	58	4	5	67	13	13
3 Belysning	286	29	27	433	35	35
4 Ventilasjon	1 335	116	129	81	43	43
5 Yttervegger - isolering	1 038	3	3	184	35	35
6 Energikilde - grunnvarmepumpe	1 400	5	6	1 450	74	74
SUM	4 227	195	211	2 356	215	235
Internrente			0.7 %			8.4 %

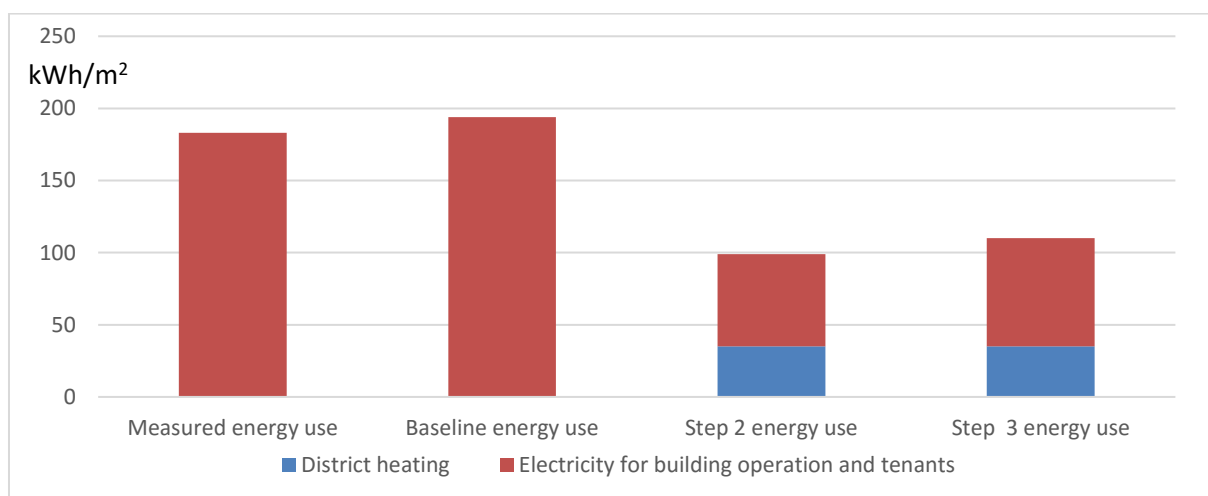
### Sammendrag av målinger og oppfølging i trinn 3

Figur 2 viser tiltakspakken fra trinn 3 (installert og i drift) sammenlignet med estimert baseline fra trinn 1 og beregnede verdier fra trinn 2. Romoppvarmingen var tidligere basert på et konvensjonelt radiator-system, men siden hovedkilden for oppvarming var en elkjel er den målte netto energien 100 % elektrisitet. Et av tiltakene var en ny grunnvarmepumpe. Denne termiske energien er vist som "district heating" i figur 2, selv om det er et lokalt system for bygningen. Det skiller ikke mellom elektrisitet for drift og leietakere.

Målinger av energiforbruket etter at oppgraderingen var ferdigstilt, viste at energibruken lå 10-15 % høyere enn beregnet. Dette gir et energibehov i drift på 110 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er et estimat basert på kun de to første månedene i drift og er dermed forbundet med usikkerhet. Det kan forventes at energibruken går noe ned når driften optimaliseres gjennom det første året.

Tiltakspakken som ble gjennomført ble estimert til å redusere energibruken med 49 %. Målte verdier gir en faktisk energibesparelse på 43 %.

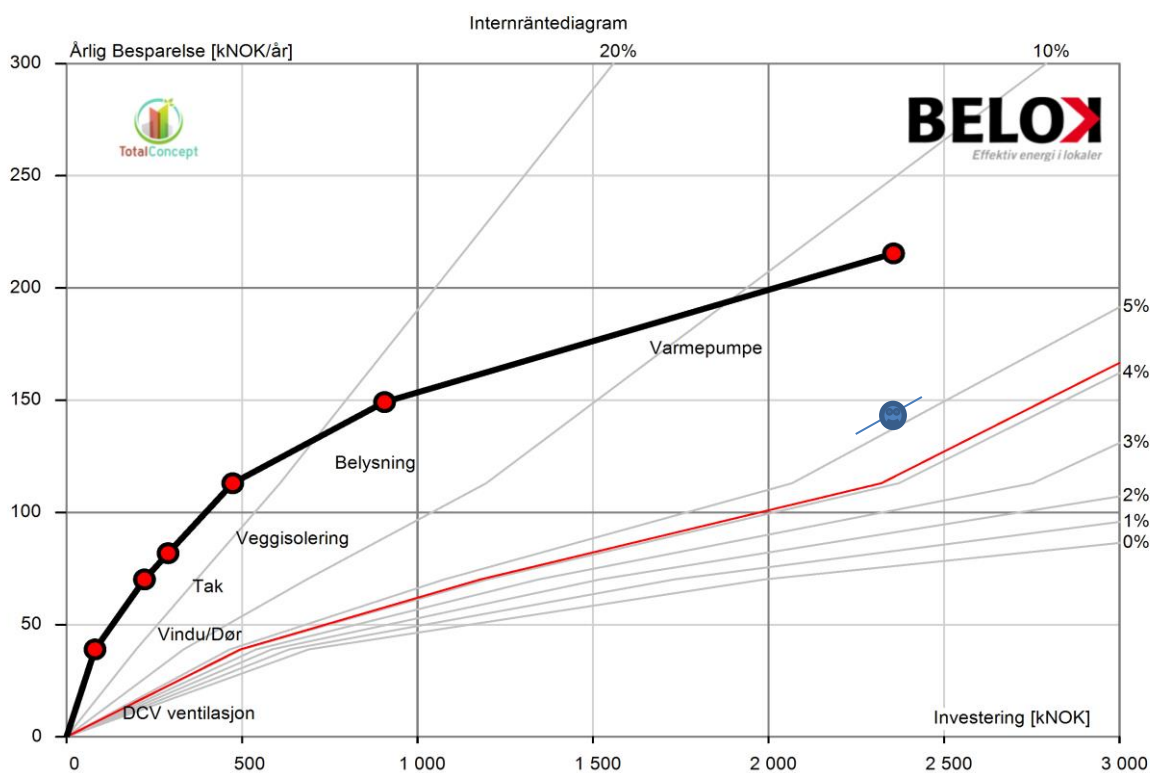
Figur 3 viser beregnet lønnsomhet for tiltakspakken i trinn 2 sammen med den faktiske lønnsomheten basert på estimert energibruk etter trinn 3 (i drift). Den beregnede lønnsomheten for tiltakspakken i trinn 2 var 8,4 %. Den justerte lønnsomheten etter målte verdier i drift er omtrent 5,5 %, godt over byggeiers krav til lønnsomhet som er 4,15 %.



Netto energibruk [kWh/m <sup>2</sup> ]	Målt energibruk	Baseline energibruk	Trinn 2 energibruk	Trinn 3 energibruk
Oppvarming	0*	0*	35	35
Elektrisitet (bygning og drift)	183	194	64	75

\*elektrisk oppvarming er inkludert i elektrisitetstallet under målt og baseline.

Figur 2. Målt energibruk, baseline energibruk, trinn 2 og trinn 3.



Figur 3. Lønnsomhetsanalysen for tiltakspakken for Vegkontoret i Steinkjer viser at beregnet lønnsomhet er 8,4 %. Den røde streken viser Statsbygg sitt krav til lønnsomhet (ca. 4 %). Den blå streken viser faktisk lønnsomhet (5,5 %) basert på målt energibruk i drift.