

## Lett-Tak - skiveberegninger

Larvik, 11. januar 2019

### Generelt

Når det brukes Lett-Tak elementer i en takkonstruksjon vil takelementene sammen med et dertil egnet vertikalt avstivningssystem kunne ivareta skjærfunksjonen i en avstivende skive. En takskeive er en del av hovedbæresystemet og er like viktig for byggets stabilitet som søyler og bjelker. Det er avgjørende at den som er ansvarlig for den globale stabiliteten tar hensyn til takskevns egenskaper når stabilitetssystemet utformes.

I leveransen inngår

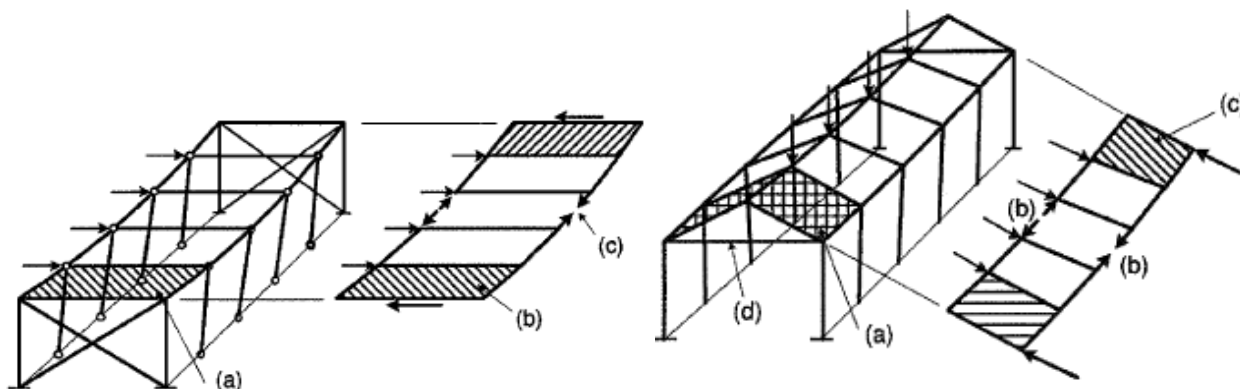
- ivaretagelse av skiveskjærfunksjon begrenset oppad til takflatens kapasitet
- overføring av skiveskjærkrefter til randdragere og oppleggsbjelker
- beregning av nødvendige innfestninger til tilstøtende konstruksjonselementer og elementene i mellom

Leveransen omfatter *ikke*

- ivaretagelse av momentfunksjonen i en stabiliserende horisontalskive ("randstrekk" i oppleggs- og randbjelker samt i eventuelle kraftinnførende bjelker koblet mot vertikalavstivninger som er trukket inn fra skivens rand)
- ivaretagelse av skiveskjærkrefter som overskrider takelementenes kapasitet
- mottak og videreføring av krefter som overstiger takets og innfestingsmidlenes kapasitet
- leveranse eller dimensjonering av andre konstruksjonselementer som f.eks. supplerende stålbjelker etc.

### Hvordan Lett-Takskiven fungerer

Takelementenes funksjon vil normalt være overføring av skjærkrefter i skiven, i Lett-Tak er det finerplaten som innehar denne funksjonen. Skivens randbjelker (inkludert opplagerbjelker) fungerer som strekk- og trykkflenser i skiven, se figur 1. Disse må derfor være kontinuerlige og fra ansvarlig RIB være dimensjonert for å ta trykk- og strekkkrefter fra skivens moment.



Figur 1: Skivevirkning representativt for Lett-Tak (NS-EN 1993-1-3, figur 10.12 og 10.13)

Lett-Tak er en relativt skjærmyk skive, og ved forenklete betraktninger dimensjoneres den derfor som fritt opplagt. Den lave vekten og relativt skjærmyke oppførselen vil kunne ha innflytelse på hvordan kreftene overføres til det øvrige avstivningssystemet.

Vertikalavstivninger med begrenset horisontal utstrekning inne på takflaten, f.eks. sjakter eller betongvegger, vil vanligvis måtte forlenges i skiveplanet med kraftinnførende bjelker for at ikke takflatens skjærstrømskapasitet skal overskrides. Slike bjelker må være kontinuerlige og vil bli utsatt for krefter fra skivemomentet. De må derfor vurderes og dimensjoneres for dette av RIB.

Kunden/RIB må derfor forsikre seg om at Lett-Tak som del av det globale avstivningssystemet har den ønskede funksjon både hva angår skjærkraftoverføring og deformasjoner i skiveplanet.

### Gjeldende forutsetninger for leveranser som inkluderer Lett-Tak skivefunksjon

Lett-Takskivens dimensjonerende skjærstrømskapasitet styres av kapasiteten til forbindelementene i innfestingen til opplegg og randbjelker og elementene imellom. Kapasiteten varierer fra ca. 17 til 23 kN/m avhengig av elementtype og materiale i oppleggsbjelkene. Elementer med minst tykkelse har høyest kapasitet. Dersom forbindelementene også overfører andre krefter enn rene skjærstrømmer, f.eks. krefter fra vindsug, vindkrefter mot vegg som skal inn i taksken etc., vil skjærstrømskapasiteten reduseres. Byggets avstivningssystem må være slik utformet at dimensjonerende skjærstrøm i takflaten, inkludert overganger til render og opplegg, ikke overskrider denne kapasiteten.

Representative materialegenskaper for Lett-Tak må legges til grunn for RIBs vurderinger og beregninger av bygget. Skiven har en ekvivalent skjærstivhet i skiveplanet som varierer mellom  $GA_{ekv} = 350 \text{ N/mm}^2 \cdot t_{finer}$  for skiver med lavt utnyttede mekaniske forbindere til  $GA_{ekv} = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot t_{finer}$  for skiver med høyt utnyttede mekaniske forbindere (se ellers avsnittene om jordskjelvberegninger og finite-element-beregninger).

RIB må i god tid fremlegge de forutsetninger og tegninger som er nødvendige for at Lett-Tak Systemer AS (LTS) skal kunne gjennomføre skiveberegningene. Dette inkluderer:

- Tegninger som viser skiven(e)s geometri både i plan og snitt.
- Tegninger som tydelig angir hvor skivekreftene skal føres ned til underliggende konstruksjon eller fundament.
- Belastninger på skiven fra vind og eventuelle påkjenninger i forbindelse med stabilisering av bærekonstruksjon. Det må oppgis vindkasthastighetstrykk.
- Alle laster som virker på taket, både direkte og indirekte via tilgrensende konstruksjonsdeler. Særskilte laster, som for eksempel jordskjelvlaster (se eget avsnitt), skal oppgis.
- Laster angis uten lastfaktor.
- Navn, tlf., e-mail adresse til RIB og evt. den som har ansvar for byggets stabilitet.

Dersom nødvendige opplysninger for å kunne utføre statisk beregning av taksken(e) mangler eller ikke tydelig fremgår av RIBs underlag eller dersom den forutsatte løsningen er spesielt komplisert, forbeholder LTS seg rett til å viderefakturere merkostnader for konsulentarbeid i henhold til medgått tid.

### Forhold som kan komplisere skiveberegningene

Grad av kompleksitet og behov for dokumentasjon øker betydelig for skiver som

- avviker fra rektangulær form
- har innhakk og / eller åpninger
- har diskontinuerlige randdragere eller skiveflenser
- har elementer med skiftende spennretning
- skal overføre spesielle punktlaster som f. eks. laster fra mellomøyler i fasader
- har uryddige oppleggsforhold som for eksempel flere mindre opplegg i forskjellige retninger

Hver av disse faktorene virker kompliserende både for beregninger og dokumentasjon.

## Spesielle forutsetninger for jordskjelvberegninger

For rektangulære bygg med avstivningssystem plassert i alle fire vegger kan dimensjoneringsgrunnlaget presenteres som totalkrefter på taknivå i begge akseretninger. LTS står da for beregning av skjærstrømmer.

For bygg med høyere grad av kompleksitet vil skjærstrømmene være avhengig av plassering, utforming og stivhet i øvrige stabiliserende konstruksjonselementer. I slike tilfeller må dimensjoneringsgrunnlaget presenteres som ferdig beregnede ekstremverdier for skjærstrømmer i hele takflaten, f.eks. i form av konturplott fra FE-analyser (se eget avsnitt) som viser maks- og min-verdier for alle lastkombinasjoner. Videre er det nødvendig med oversikt over skjæroverføring mellom tak og øvrig avstivningssystem. Maksimalverdi for skjærstrøm på 17 - 23 kN/m avhengig av elementtype gjelder også her.

## Lett-Takskiven og finite element analyse (FE-analyse)

Lett-Takskiven er relativt skjærmyk og ikke kan sammenlignes med f.eks. hulldekker. Derfor bør FE-analyser baseres på representative materialstivheter for takskiven. En takskive av Lett-Takelementer kan antas å ha følgende materialegenskaper (alternativt kan LTS oversende informasjon om stivhetsmatrise):

Ekvivalent skjærstivhet for takskive <sup>a)</sup> :	$GA_{ekv} = 200 \text{ N/mm}^2 \cdot t_{finer}$
Aksialstivhet i spennretning <sup>b)</sup> :	$EA_{0,ekv} = 100\,000 \text{ N/mm}$
Aksialstivhet tvers på spennretning <sup>c)</sup> :	$EA_{90,ekv} = 40\,000 \text{ N/mm}$
Bøyestivhet i spennretning <sup>d)</sup> :	$EI_0$ - avh. av elementtype:
	Stålprofil høyde $EI_0$ [Nmm <sup>2</sup> /mm]
	210 $5\,100 \cdot 10^6 - 7\,000 \cdot 10^6$
	310 $9\,500 \cdot 10^6 - 13\,000 \cdot 10^6$
	360 $12\,300 \cdot 10^6 - 17\,800 \cdot 10^6$
	440 $24\,000 \cdot 10^6 - 30\,000 \cdot 10^6$
Bøyestivhet tvers på spennretning <sup>d)</sup> :	$EI_{90} = 0,7 \cdot 10^6 \text{ Nmm}^2/\text{mm}$

- Ekvivalent skjærstivhet representerer finerplatens stivhet redusert for glidningene pga. de mekaniske forbindelsene i elementskjøtene og innfestinger i opplegg.  $t_{finer}$  er finertykkelsen i Lett-Takelementet (15 – 19 mm).
- Ekvivalent aksialstivhet i spennretning representerer elementets aksialstivhet korrigert for effekt av glidning på opplegg og eksentrisk innføring av krefter i opplegg.
- Ekvivalent aksialstivhet tvers på spennretning representerer finerens aksialstivhet redusert for glidningene i forbindelsene mellom elementene.
- Bøyestivhet representerer *finerens* stivhet tvers på spennretningen og *elementets* bøyestivhet i spennretning

Dr. Ing. Katrine van Raaij  
Fagleder statikk og utviklings