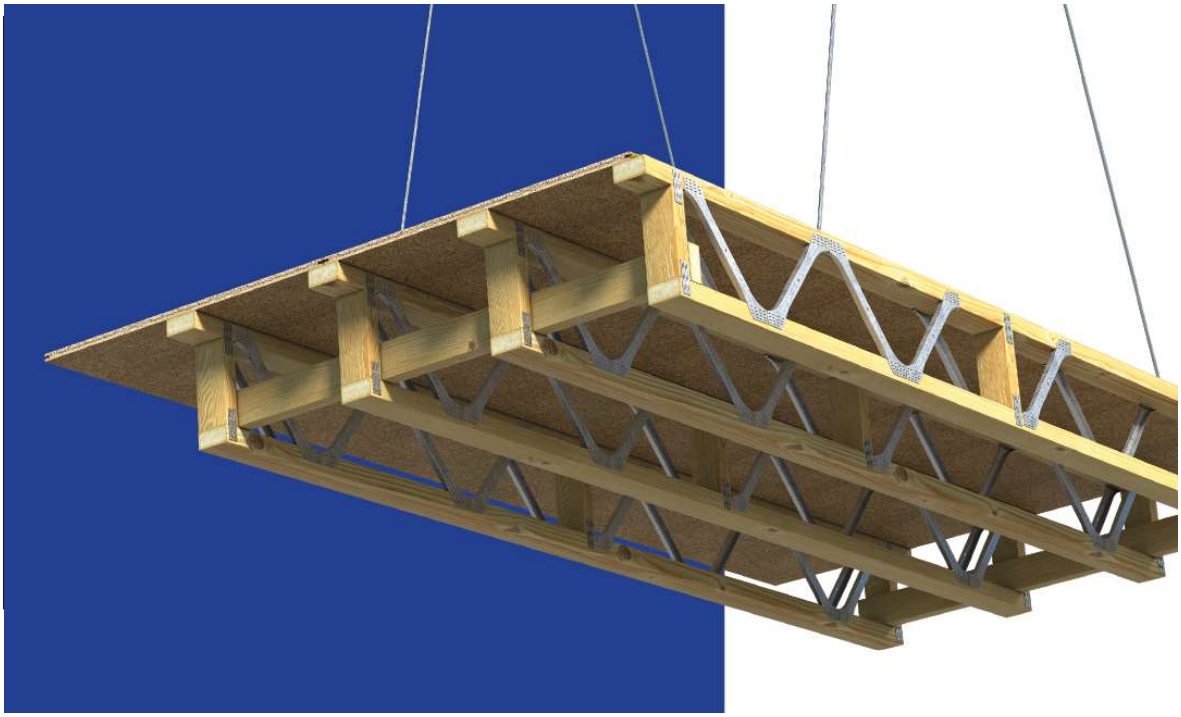
BRANDSKYDDSLAGET

Stockholm 2023-01-20

POSI–JOIST och BRANDSKYDD

Brandteknisk analys inklusive inverkan av ventilationskanaler i Posi golvbjälklag



BRANDSKYDDSLAGET AB

Jörgen Thor
Teknologie Doktor

Innehåll

1 Bakgrund och förutsättningar

2 Allmänt om brandteknisk dimensionering av konstruktioner

3 Temperaturberäkningar

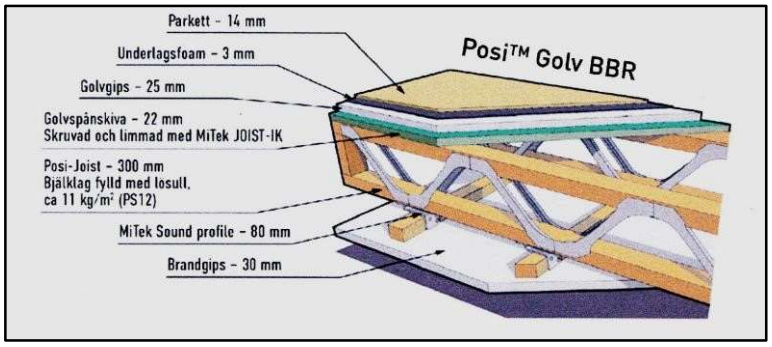
3.1 Allmänt
3.2 Bjälklag med 2x15 mm brandgipsskiva på undersida utan ventilationskanal
3.3 Bjälklag motsvarande avsnitt 3.2 men med ventilationskanal

4 Sammanfattande resultat

1 Bakgrund och förutsättningar

Posi – Joist bjälklaget är ett lätt bjälklag uppbyggt av träkonstruktioner, gipsskivor och stenullsisolering.

Det speciella med bjälklaget är de bärande balkarna. De utgörs av en hybridkonstruktion bestående av en under- och överfläns av trä (normal dimension 45 x 95 mm) som sammanbinds av diagonaler av tunnplåt. Se princip enligt figur 1.



Figur 1

Bjälklagskonstruktionen enligt figuren skyddas underifrån med 2 x 15 brandgipsskivor och uppfyller brandteknisk klass REI 60. Bärförmågan vid brand (R 60) bygger på att underflänsen inte kolar för mycket vid brand underifrån utan att tillräckligt stor del av underflänsens tvärsnitt är opåverkad så att balken klarar att uppbära aktuella laster för lastfallet brand. Med 2 x 15 brandgipsskivor är detta icke ett problem. Beräkningar visar att även R 90 uppfylls med 2 x 15 brandgipsskivor. Se vidare avsnitt 3.2

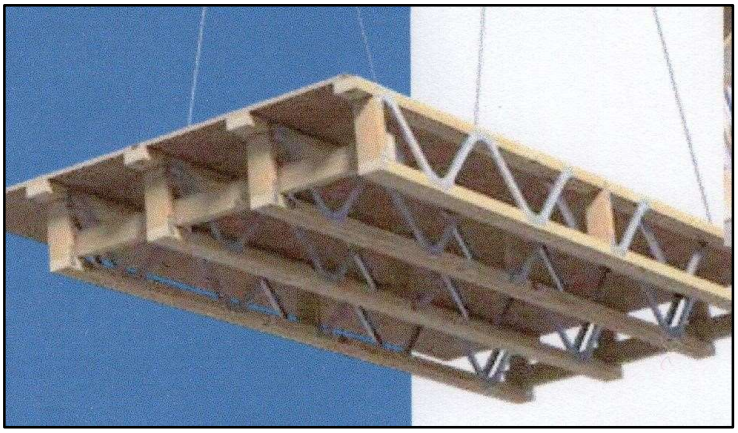
Bjälklaget enligt figur 1 fylls med lösull av stenullstyp. Se figur 2.



Figur 2

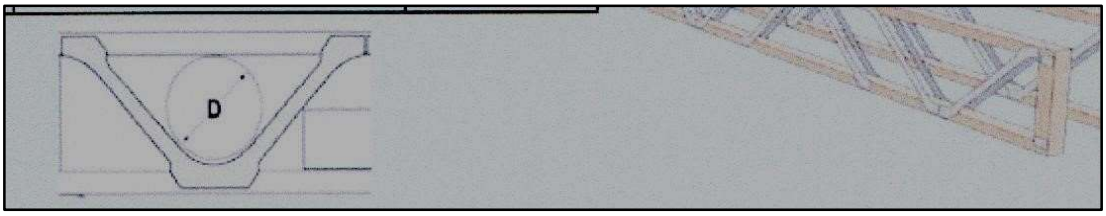
Ett membran/markduk är fäst till balkarnas underflänsar vilket gör att ingen isolering fylls på mellan gipsskivor och undersida underfläns av balkarna. Det finns sålunda ett 80 mm fritt luftutrymme mellan gipsskivor och undersida balkar.

Bjälklaget kan levereras till byggarbetsplatsen med sin överdel enligt figur 3 och där kompletteras underifrån med ett upphängt undertak av gipsskivor varvid lösullsisoleringen också fylls på på byggarbetsplatsen. Ett annat alternativet är att färdiga kassetter tillverkas i fabrik inklusive undertak och lösullsisolering. Se figur 2.



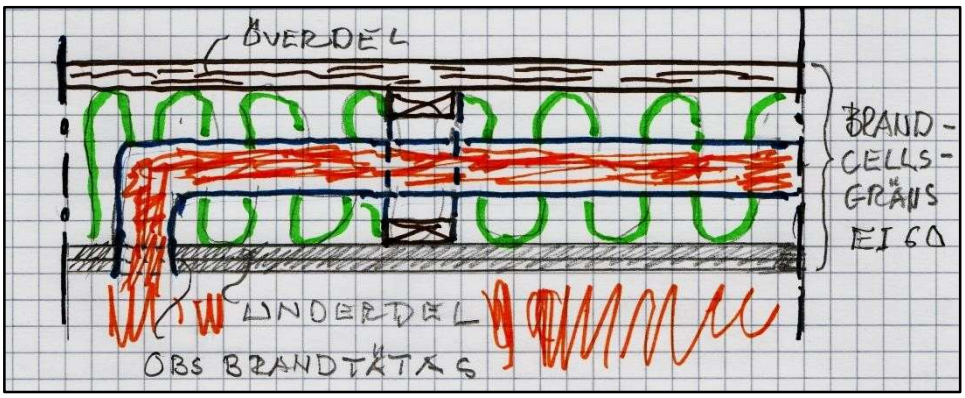
Figur 3

En klar fördel med aktuellt bjälklag jämfört med många andra lätta bjälklag på marknaden är att de öppna diagonalerna gör det är lätt att dra ventilationskanaler i bjälklaget utan att behöva ta upp hål i de bärande konstruktionerna. Se figur 4.



Figur 4

Generellt kan dock ventilationskanaler förlagda inom ett bjälklag innebära vissa brandtekniska problem som måste tas om hand. Det vanliga är att ventilationskanaler förlagda i bjälklaget försörjer underliggande lägenhet. Se princip enligt figur 5.



Figur 5

Då bjälklaget utgör en brandcellsgräns (EI 60) omfattar denna gräns hela bjälklagskonstruktionen d v s såväl underdel i form av gipsskivor som överdel i form av golv samt mellanliggande isolering.

Enligt figuren ovan innebär ventilationskanalen att man i princip flyttar in värme från branden lokalt till mitt i bjälklaget. Ventilationskanalen brinner dock inte sönder eller smälter utan temperaturen från branden kan förutsättas ”inkapslad” i plåtkanalen. Det är dock viktigt att håltagningen för kanalen genom underdelens gipsskivor brandtätas ordentligt så inte otätheter gör att branden går in direkt i bjälklaget genom sådana otätheter. Då kan en helt annan situation uppstå.

Det bör också noteras att en skillnad föreligger mellan tilluft- respektive frånluftskanaler. Vanligt idag är att man vid FTX system dimensionerar systemet att vara i drift vid brand. Rätt dimensionerat och utfört begränsas då risken för brand- och brandgasspridning via ett för flera brandceller gemensamt ventilationssystem. En **tilluftkanal** som är inbyggd i bjälklaget transporterar då i princip 20 gradig luft till den brinnande brandcellen och några varma brandgaser dras överhuvudtaget inte in i kanalen. Kanalen kan dock uppvärmas en kortare sträcka närmast branden genom värmeledning i plåten. Plåttemperaturen avtar dock efter en kort sträcka och eventuella brandtekniska åtgärder som t e x isolering av kanalen kan då normalt bli begränsad i längd.

Vid **frånluftskanaler** och fläktar i drift dras däremot varma brandgaser hela tiden in i kanalen. Det brinner dock inte i själva kanalen utan det är de varma brandgaserna från brandcellen som transporteras i kanalen. Det innebär att värme succesivt tappas och ju längre bort från branden desto lägre blir temperaturen i kanalen. Å andra sidan innebär den isolering som kanalen åtminstone måste ha i kanalens början för att inte riskera antända brännbara konstruktioner, att temperaturtappet längs kanalen blir relativt begränsat. Det gör att frånluftskanaler inbyggda i bjälklag enligt ovan normalt måste ha tillräckligt skydd mot eller avstånd till brännbara delar längs hela sin sträckning.

2 Allmänt om brandteknisk dimensionering av konstruktioner

Generellt gäller att en brandavskiljande och/eller en bärande konstruktions brandmotstånd får bestämmas genom

* Provning
* Beräkning
* Kombination av provning och beräkning

I Eurokoderna för betong-, stål-, samverkans- respektive träkonstruktioner finns anvisningar för beräkning av olika konstruktioners brandmotstånd. Vanligtvis beräknas konstruktionens temperatur vid ett givet krav på brandklass t e x EI 60 för en avskiljande konstruktion eller R 60 för en bärande konstruktion när konstruktionen utsätts för en standardbrandpåverkan enligt ISO 834.

För avskiljande konstruktioner gäller att temperaturökningen på den icke brandexponerade sidan inte får överstiga 140 grader i genomsnitt efter den föreskrivna tiden, t e x 60 minuter. Vid en utgångstemperatur av 20 grader innebär detta en tillåten temperatur på väggens ej brandutsatta sida på 160 grader.

För bärande konstruktioner - i aktuellt fall träkonstruktionerna enligt ovan - gäller att resttvärsnittet av träreglar och träbjälkar efter förkolningen under 60 minuters standardbrandpåverkan ska ha en bärförmåga som är större än aktuell belastning vid lastfallet brand.

För att kunna göra beräkningar enligt ovan måste de i konstruktionen ingående materialens termiska data såsom värmeledningstal och specifika värmekapacitet och dessas variation med temperaturen vara kända. Värmeledningstalet ökar med ökad temperatur för de allra flesta material. För exempelvis stenullsprodukter ökar värmeledningstalet mer för lätta produkter jämfört med tyngre sådana även om värmeledningstalet är detsamma vid rumstemperatur.

Värmeledningstal och specifik värmekapacitet som funktion av temperaturen finns angivna i Eurokoderna för betong, stål och trä och dessa värden kan sålunda användas som ingångsdata vid beräkning av brandmotstånd enligt ovan. För b.la. stenull och glasull finns motsvarande data redovisade i *Fire Safety in timber buildings.*

Termiska data för gipsskivor, inkluderande effekten av gipsskivornas sönderfall, har tagits fram av Brandskyddslaget och verifierats ligga på säkra sidan genom jämförelser under lång tid tillbaka med ett stort antal brandförsök på olika konstruktioner med gipsskivor.

För Fermacell Fibergips har termiska data bestämts genom jämförelser med brandförsök på olika väggtyper. Se Brandskyddslagets rapport: *Fermacell - Brandteknisk dimensionering av schaktväggar, Stockholm 2015-10-10.*

Temperaturen i en brandutsatt konstruktion kan beräknas med det tvådimensionella värmeledningsprogrammet TASEF (Temperature Analysis of Structures Exposed to Fire) utvecklat av professor Ulf Wickström. Ulf Wickström var tidigare mångårig chef på SP (RISE) brandprovningslaboratorium i Borås och TASEF programmet har använts och verifierats mot ett stort antal brandprovningar.

Vid TASEF beräkningen indelas tvärsnitten med hjälp av nodlinjer i ett antal element. Programmet beräknar sedan successivt under branden temperaturerna i varje nodpunkt varvid hänsyn tas till de ingående materialens termiska data och dessas variation med temperaturen.

Utifrån beräknade temperaturer i de bärande träreglarna kan förkolningsdjupet bestämmas. Enligt Eurokod 5 (EN 1995-1-2) motsvaras förkolningsgränsen av 300 graders isotermen. Från förkolningsgränsen bör enligt samma Eurokod ytterligare 7 mm, motsvararande en zon med ingen eller mycket ringa hållfasthet, dras bort för det erhålla det s.k. effektiva tvärsnittet för vilket full hållfasthet får förutsättas. Enligt tidigare utredningar av undertecknad - baserade på jämförelser mellan uppmätta temperaturer och verkliga brottlaster respektive beräknade temperaturer och brottlaster vid ett stort antal brandförsök - kan dessa 7 mm ersättas med 200 graders isotermen.

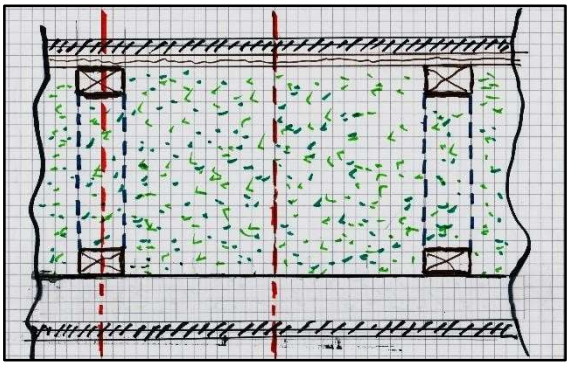
Se rapport:
Brandmotstånd hos bärande träregelväggar. Förslag till brandteknisk dimensioneringsmetod och jämförelse med utförda brandprov på belastade träregelväggar. SBUF Utvecklingsprojekt 13442/ 2018.

Nedan görs beräkningar enligt ovan för Posi-Joist bjälklaget med olika förutsättningar såväl utan som med ventilationskanaler förlagda i bjälklaget.

3 Temperaturberäkningar

3.1 Allmänt

I figur 6 visas en principsektion av Posi-Joist bjälklaget med Posi-Joist balkar på centrumavstånd 600 mm.

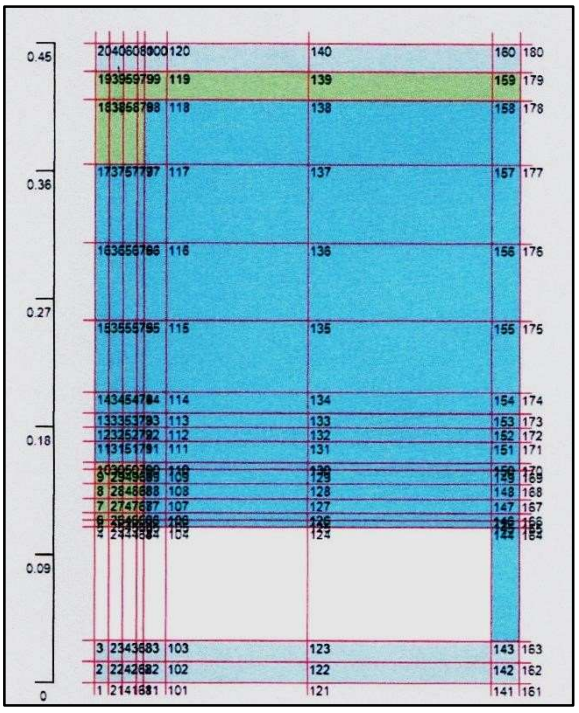


Figur 6

Vid TASEF beräkningen räcker det att räkna på tvärsnittet mellan de röda linjerna som utgör symmetrilinjer. Över symmetrilinjer sker nämligen inget värmeutbyte.

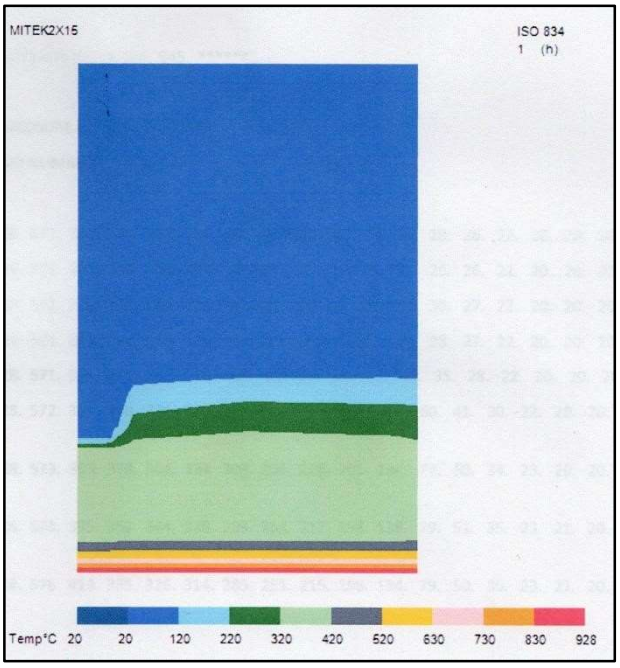
3.2 Bjälklag med 2 x 15 mm brandgipsskiva på undersida utan ventilationskanal

I figur 7 visas vald nodindelning för TASEF beräkningen. Totala antal nodpunkter är 180.



Figur 7

I figur 8 visas en temperaturbild efter 60 minuters standardbrandpåverkan.



Figur 8

Beräknade temperaturer efter 60 minuter i varje nodpunkt framgår av figur 9.

*** TIME 1.0000 *** TIME INCREMENT NUMBER 33297

FIRE TEMPERATURE(S) 945. ******

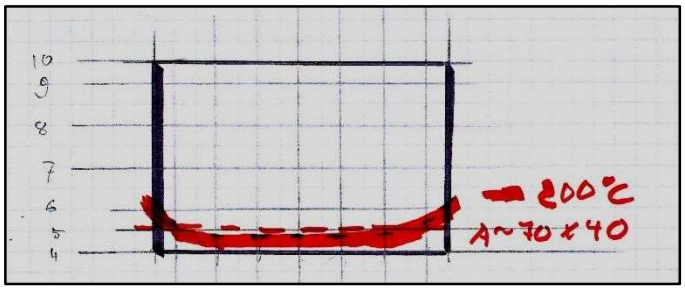
ENCLOSURE AIR TEMPERATURE

VOID NUMBER 1 TAIR= 377.

928. 571. 390. 338. 189. 102. 62. 44. 36. 35. 32. 30. 28. 26. 22. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 571. 390. 338. 189. 102. 63. 44. 37. 36. 33. 31. 29. 26. 22. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 571. 390. 338. 189. 103. 66. 48. 39. 38. 36. 34. 30. 27. 22. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 571. 391. 348. 215. 111. 88. 60. 47. 46. 46. 39. 33. 27. 22. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 571. 391. 343. 277. 214. 108. 85. 61. 59. 55. 44. 35. 28. 22. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 572. 392. 360. 336. 311. 264. 221. 182. 164. 104. 60. 41. 30. 22. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 573. 395. 370. 354. 338. 303. 266. 226. 205. 134. 77. 50. 34. 23. 20. 20. 20. 20. 20.
928. 573. 395. 363. 344. 326. 289. 254. 217. 198. 138. 79. 51. 35. 23. 21. 20. 20. 20. 20.
928. 576. 413. 335. 326. 314. 285. 251. 215. 196. 134. 79. 50. 35. 23. 21. 20. 20. 20. 20.

Figur 9

Med hjälp av temperaturerna i figur 9 har 200 graders isotermen konstruerats och lagts in över regeltvärsnittet i figur 10.

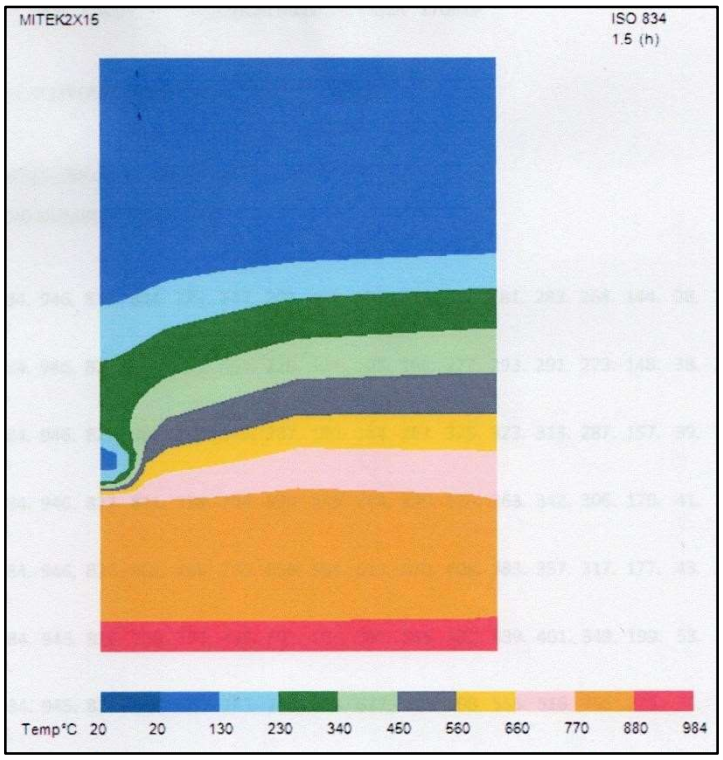


Figur 10

Tvärsnittet har knappt börjat kola (300 grader) och effektivt tvärsnitt (200 grader) motsvarar en area av ca 70 x 40 mm. Detta utgör 70x40/70x45 eller ca 90 % av ursprunglig area. Dimensionerande hållfasthet vid lastfallet brand är betydligt högre än dimensionerande hållfasthet vid brottlastdimensionering samtidigt som dimensionerande last vid lastfallet brand är ca hälften av dimensionerande last vid brottlastdimensionering. Detta innebär att man direkt kan konstatera att redovisat utförande av Posi-Joist bjälklaget med 2 x 15 mm brandgipsskiva på undersidan uppfyller brandteknisk klass REI 60 med marginal.

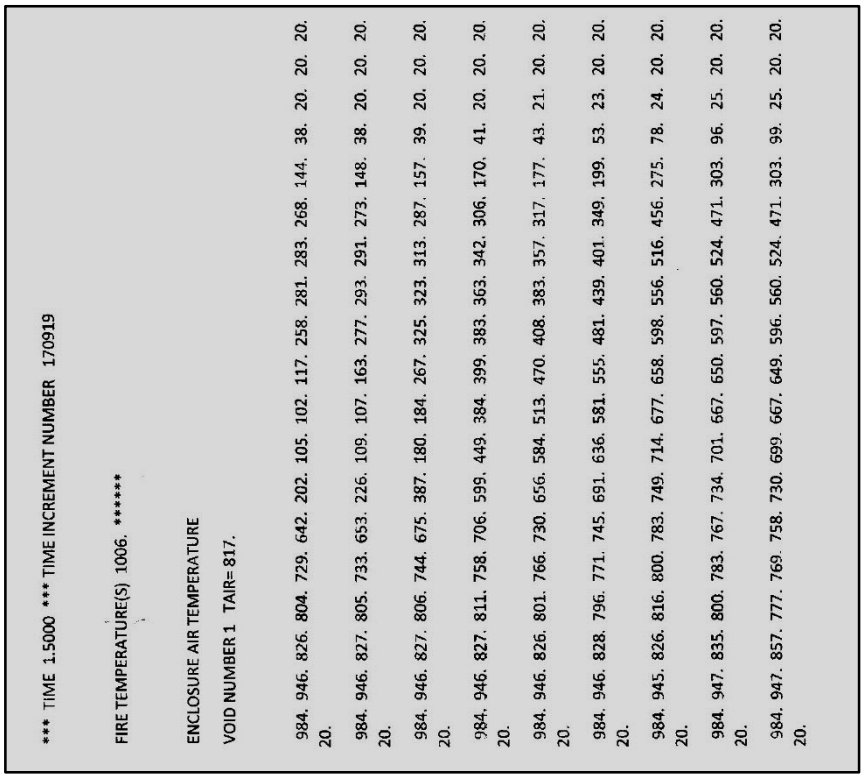
Motsvarande beräkning för 90 minuters standardbrandpåverkan (REI 90) görs.

I figur 11 visas en temperaturbild efter 90 minuters standardbrandpåverkan.



Figur 11

Beräknade temperaturer efter 90 minuter i varje nodpunkt framgår av figur 12.



*** TIME 1.5000 *** TIME INCREMENT NUMBER 170919

FIRE TEMPERATURE(S) 1006. ******

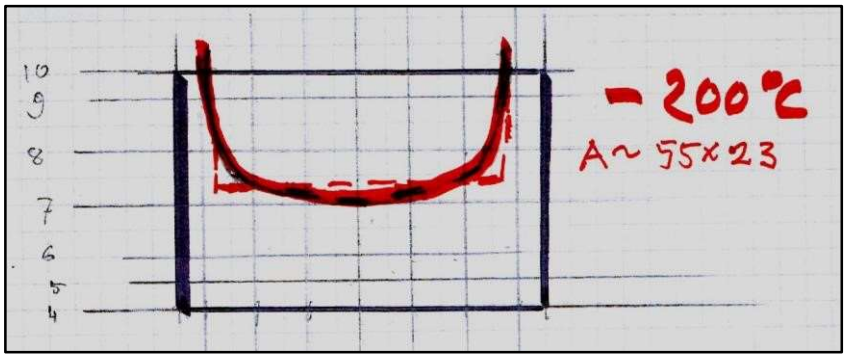
ENCLOSURE AIR TEMPERATURE

VOID NUMBER 1 TAIR= 817.

984. 946. 826. 804. 729. 642. 202. 105. 102. 117. 258. 281. 283. 268. 144. 38. 20. 20.
20.
984. 946. 827. 805. 733. 653. 226. 109. 107. 163. 277. 293. 291. 273. 148. 38. 20. 20.
20.
984. 946. 827. 806. 744. 675. 387. 180. 184. 267. 325. 323. 313. 287. 157. 39. 20. 20.
20.
984. 946. 827. 811. 758. 706. 599. 449. 384. 399. 383. 363. 342. 306. 170. 41. 20. 20.
20.
984. 946. 826. 801. 766. 730. 656. 584. 513. 470. 408. 383. 357. 317. 177. 43. 21. 20.
20.
984. 946. 828. 796. 771. 745. 691. 636. 581. 555. 481. 439. 401. 349. 199. 53. 23. 20.
20.
984. 945. 826. 816. 800. 783. 749. 714. 677. 658. 598. 556. 516. 456. 275. 78. 24. 20.
20.
984. 947. 835. 800. 783. 767. 734. 701. 667. 650. 597. 560. 524. 471. 303. 96. 25. 20.
20.
984. 947. 857. 777. 769. 758. 730. 699. 667. 649. 596. 560. 524. 471. 303. 99. 25. 20.
20.

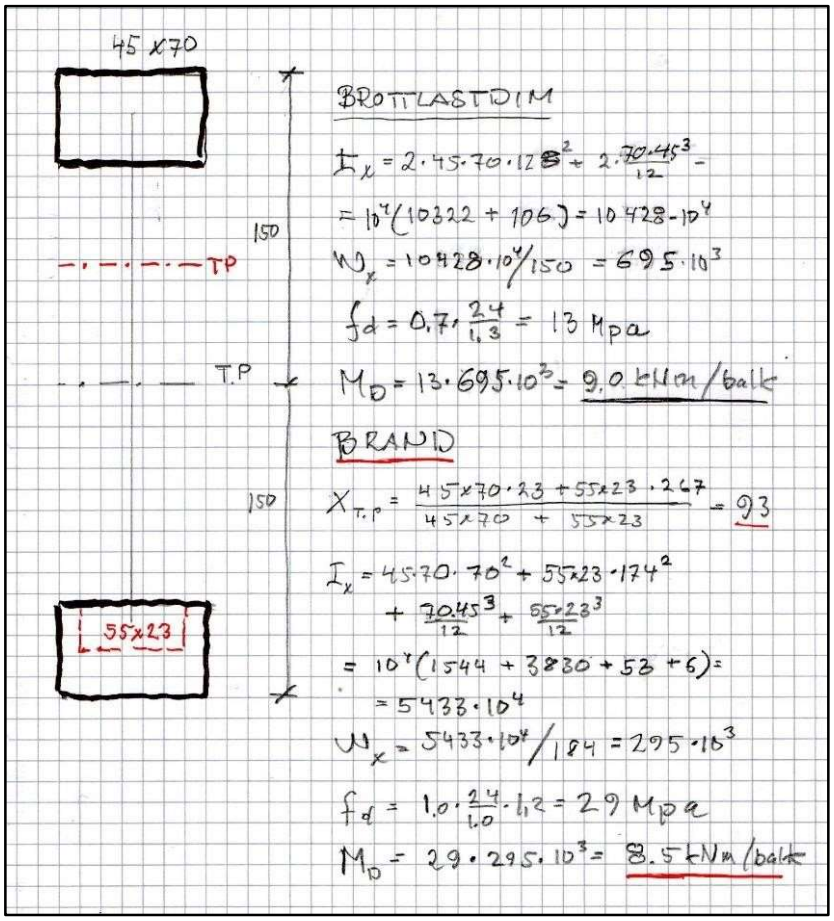
Figur 12

Med hjälp av temperaturerna i figur 12 har 200 graders isotermen konstruerats och lagts in över regeltvärsnittet i figur 13.



Figur 13

Det effektiva tvärsnittet efter 90 minuters standardbrandpåverkan motsvarar således en area av ca 55 x 23 mm. I figur 14 redovisas en överslagsberäkning vad detta kan innebära i bärförmåga.



Figur 14

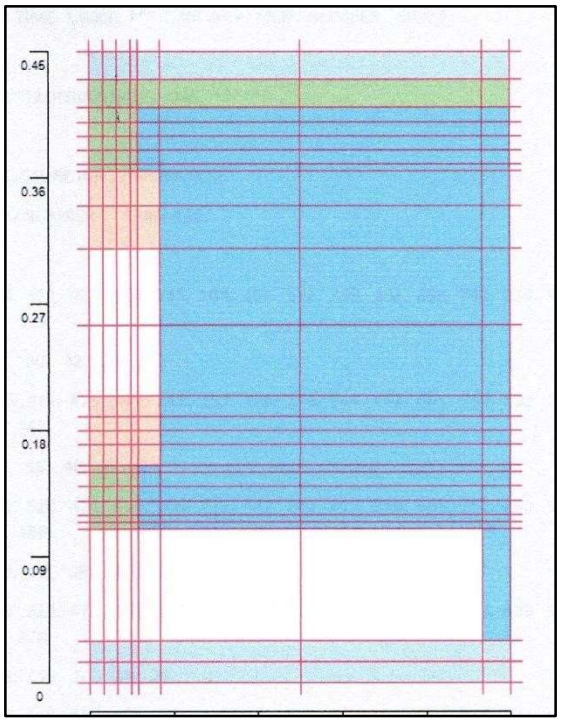
Beräknad dimensionerande bärförmåga vid brottlastdimensionering är 9 kNm per balk medan beräknad dimensionerande bärförmåga vid brand är 8.5 kNm per balk. Eftersom dimensionerande last vid lastfallet brand kan uppskattas vara av storleksordningen 50 % av dimensionerande last vid brottlastdimensioneringen är inte brandlastfallet dimensionerande för bärförmågan ens vid 90 minuters standardbrandpåverkan (REI 90).

3.3 Bjälklag motsvarande avsnitt 3.2 med ventilationskanal

Bjälklagsutformningen är den samma som i avsnitt 3.2 men en ventilationskanal för frånluft med diameter 125 mm är inlagt mellan Posi-Joist balkens över- respektive underfläns. Beräkningsmässigt approximeras den runda kanalen till en rektangulär kanal med samma area. Kanalen innebär att konstruktionen påverkas inte bara av brand underifrån utan också av temperaturen i kanalen motsvarande figur 5.

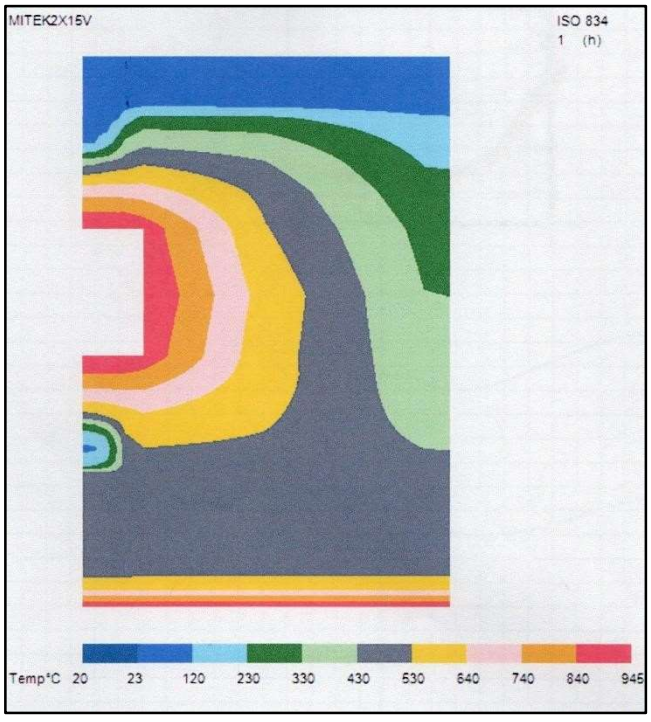
Kanalen förläggs mitt mellan över och underfäns. Med en balkhöjd på 300 mm finns ett utrymme mellan kanal sida och över- respektive underfläns på 45 mm. En beräkning av temperaturerna med förutsättningen att dessa 45 mm stora utrymmen är utfyllda med lösullsisoleringen enligt beskrivningen i avsnitt 1visar att allt för stora delar av träflänsarna kolar bort vid 60 minuters standardbrandpåverkan. Därför görs motsvarande beräkning men med förutsättning att en tung stenullsskiva typ markskiva eller motsvarande (densitet ca 150 kg/m^3) placeras mellan kanal och under- respektive överfläns.

Vald nodindelning för TASEF beräkningen visas i figur 15.



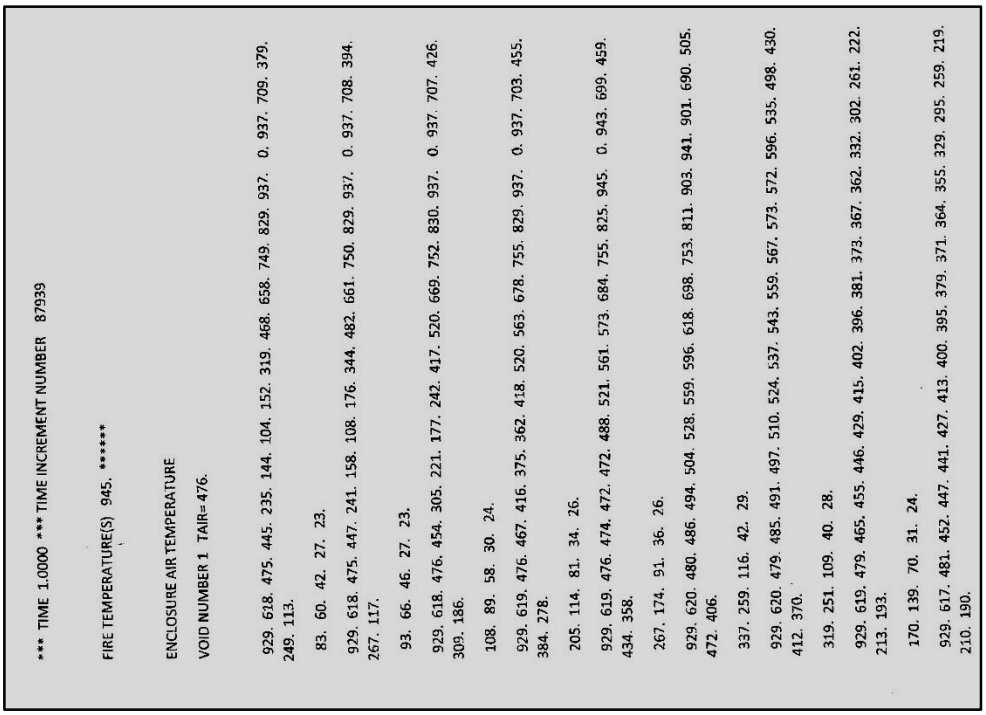
Figur 15

I figur 16 visas en temperaturbild efter 60 minuters standardbrandpåverkan.



Figur 16

I figur 17 framgår beräknade temperaturer i samtliga nodpunkter efter 60 minuters standardbrandpåverkan.



*** TIME 1.0000 *** TIME INCREMENT NUMBER 87939

FIRE TEMPERATURE(S) 945. ******

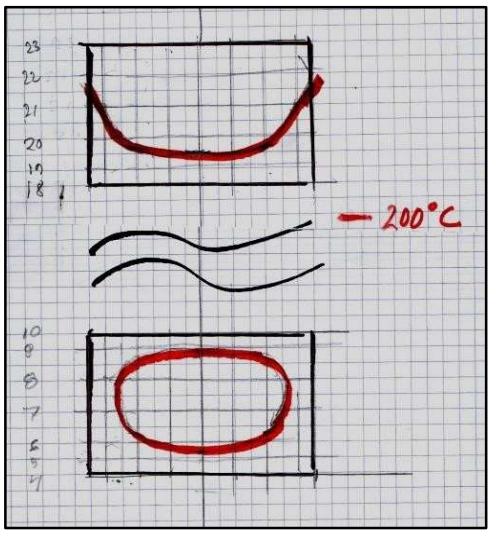
ENCLOSURE AIR TEMPERATURE

VOID NUMBER 1 TAIR= 476.

929. 618. 475. 445. 235. 144. 104. 152. 319. 468. 658. 749. 829. 937. 0. 937. 709. 379. 249. 113.
83. 60. 42. 27. 23.
929. 618. 475. 447. 241. 158. 108. 176. 344. 482. 661. 750. 829. 937. 0. 937. 708. 394. 267. 117.
93. 66. 46. 27. 23.
929. 618. 476. 454. 305. 221. 177. 242. 417. 520. 669. 752. 830. 937. 0. 937. 707. 426. 309. 186.
108. 89. 58. 30. 24.
929. 619. 476. 467. 416. 375. 362. 418. 520. 563. 678. 755. 829. 937. 0. 937. 703. 455. 384. 278.
205. 114. 81. 34. 26.
929. 619. 476. 474. 472. 472. 488. 521. 561. 573. 684. 755. 825. 945. 0. 943. 699. 459. 434. 358.
267. 174. 91. 36. 26.
929. 620. 480. 486. 494. 504. 528. 559. 596. 618. 698. 753. 811. 903. 941. 901. 690. 505. 472. 406.
337. 259. 116. 42. 29.
929. 620. 479. 485. 491. 497. 510. 524. 537. 543. 559. 567. 573. 572. 596. 535. 498. 430. 412. 370.
319. 251. 109. 40. 28.
929. 619. 479. 465. 455. 446. 429. 415. 402. 396. 381. 373. 367. 362. 332. 302. 261. 222. 213. 193.
170. 139. 70. 31. 24.
929. 617. 481. 452. 447. 441. 427. 413. 400. 395. 379. 371. 364. 355. 329. 295. 259. 219. 210. 190.

Figur 17

Med hjälp av temperaturerna i figur 17 har 200 graders isotermen konstruerats och lagts in över under- respektive överflänsens tvärsnitt. Se figur 18.



Figur 18

Genom en jämförelse med beräkningen av bärförmågan enligt figur 14 kan konstateras att brandlastfallet inte blir dimensionerande för balkens bärförmåga efter 60 minuters standardbrandpåverkan. Lösningen med skydd mellan kanal och under- respektive överfläns med 45 mm stenullsskiva typ markskiva eller liknande med densitet ca 150 kg/m^3 uppfyller således brandteknisk klass REI 60. Skivorna behövs endast som skydd lokalt i det fack där frånluftskanalen passerar genom en balk.

4 Sammanfattande resultat

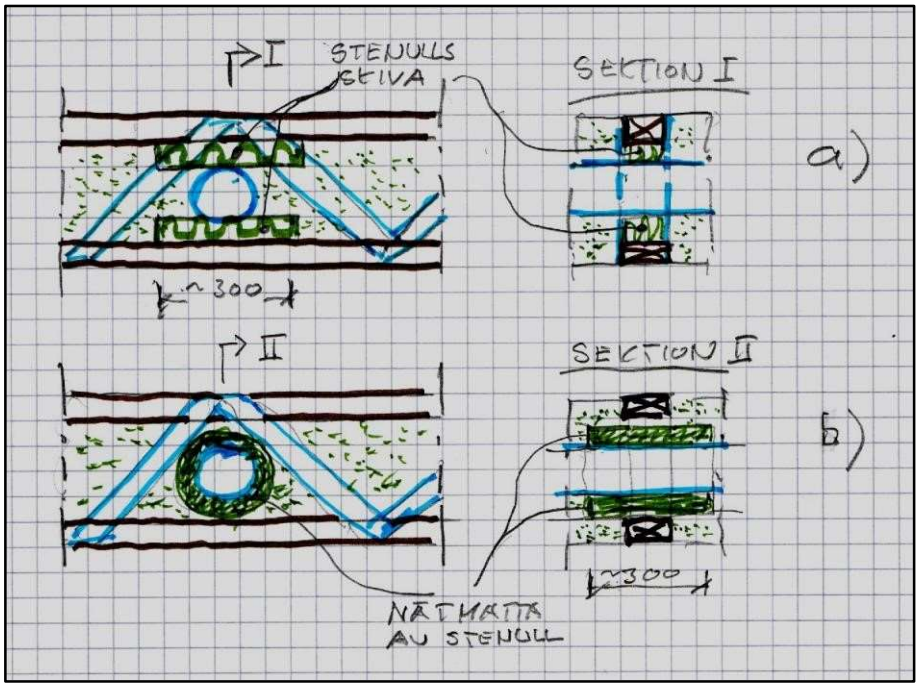
Ett antal temperaturberäkningar av Posi-Joist bjälklaget har genomförts baserat på förutsättningar enligt EN 1995-1-2.

Sammanfattat kan följande konstateras.

Bjälklag **utan** ventilationskanaler för frånluft inbyggda i bjälklaget uppfyller REI 60 med 2 x 15 brandgipsskiva med stor marginal. Även brandteknisk klass REI 90 uppfylls.

Bjälklag **med** ventilationskanaler för frånluft inbyggda i bjälklaget uppfyller REI 60 förutsatt att en 45 mm tjock markskiva eller motsvarande med densitet ca 150 kg/m^3 placeras som skydd mellan kanal och över- respektive underfläns lokalt i det fack där kanalen passerar en balk. Se figur 19 a.

Ett alternativ till ovanstående är att kanalen isoleras lokalt där kanalen passerar genom en balk med 45 mm tjock nätmatta av stenull avsedd för brandteknisk isolering av ventilationskanaler Se figur 19 b.



Figur 19

Vid tillräckligt höga balkhöjder där ett avstånd mellan ventilationskanalen och balkens under- respektive överfläns fläns på minst 120 mm uppkommer, räcker det med lösullen som skydd mellan ventilationskanal och balkens flänsar för brandteknisk klass REI 60.