

PROJEKT GRADBENE KONSTRUKCIJE ŠPORTNE DVORANE STOŽICE

STRUCTURAL DESIGN OF STOŽICE SPORTS ARENA

mag. Marko Završki, un. dipl. inž. gr.,
Gradis biro za projektiranje Maribor, d.o.o.,
Lavričeva 3, 2000 MARIBOR,
E-pošta: marko.zavrski@amis.net

Strokovni članek
UDK: 624:69:725.84

Povzetek | V prispevku je opisana konstrukcijska zasnova Športne dvorane Stožice v Ljubljani. Poudarek je podan na posebnostih konstrukcije, kot so jeklena konstrukcija strehe, izvedba brez vmesnih dilatacij znotraj objekta, prednapete plošče, velik razpon v ogrevalni dvorani. Predstavljeni so glavni konstrukcijski sklopi in detajli, kot so vodenje prednapetih kablov v ploščah, tribunski nosilci, montažni elementi sedišč, sedlo – spoj jeklene konstrukcije strehe na AB-konstrukcijo, spoji jeklenih elementov strehe. V nadaljevanju je opisan postopek izračunov konstrukcije in izdelave projektne dokumentacije.

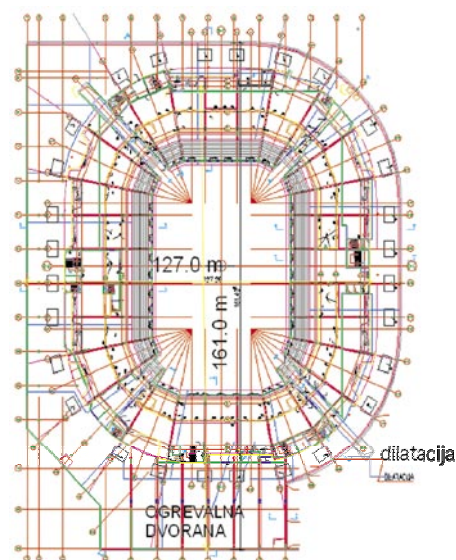
Summary | In the paper, structural design of the Stožice Sports Arena in Ljubljana is described. The following structural particularities are emphasized: steel structure of the roof, no intermediate expansion joints in the interior of the structure, prestressed reinforced concrete slabs, large span in the warming-up hall. The principal structural assemblies and details such as prestressed tendons in the slabs, stand beams, prefabricated elements of seats, a saddle serving as a joint between the roof steel structure and the reinforced concrete structure, and the joints of roof steel elements are presented. The method of structural analyses and the elaboration of the design documentation are described as well.

1 • UVOD

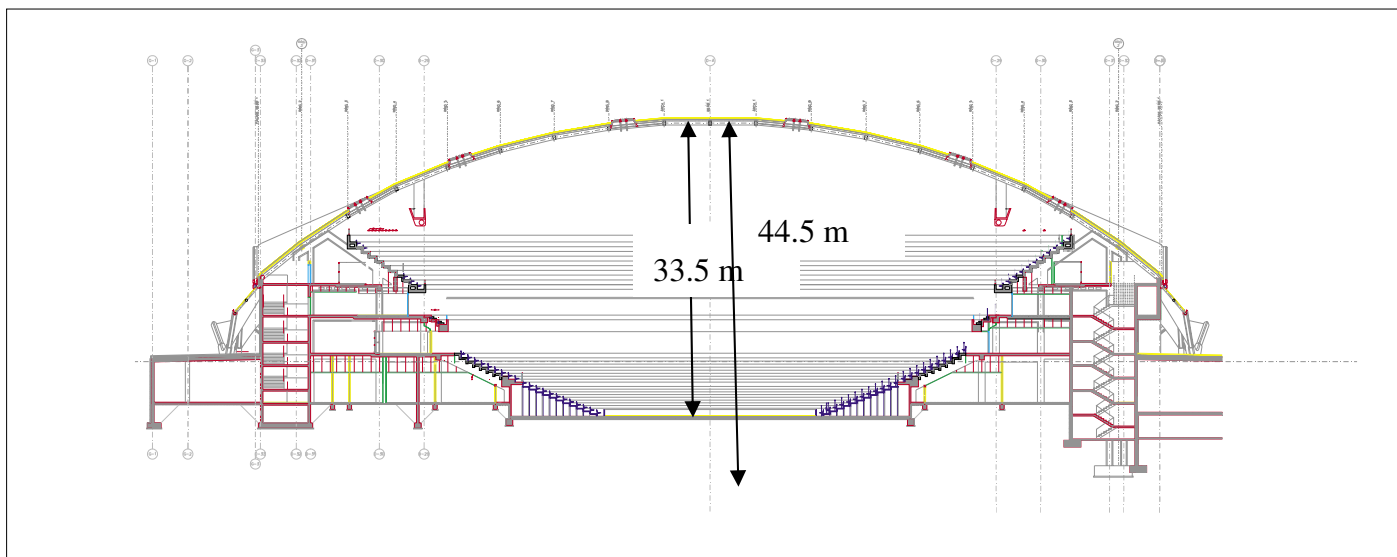
Pokrita športna dvorana je del kompleksa Športnega parka Stožice. Stoji v SZ delu kompleksa in se na vzhodni in južni strani s kletnimi etažami navezuje na poslovno-trgovski del. Tlorisne dimenzije objekta so 127 x 161 m (slika 1). Osrednji del objekta je igrišče na koti -4,50, ki ga obdajajo tribune s sedišči. Etažnost in višine objekta (slika 2) so naslednje: 2.-1. klet (KL, -15,35 ... temelji),

pritličje (PR +1,00), 1.-3. nadstropje (1.-3. NS ... + 5.50 ... + 14,10) in streha (STR ... + 28,8).

Streha dvorane je zasnovana kot velikorazporna lahka jeklena lupinasta konstrukcija. V kletnem delu v 2. kleti na južni strani stoji ogrevalna dvorana, preostali kletni del je namenjen parkiranju osebnih vozil in avtobusov.



Slika 1 • Tloris dvorane (nivo + 1,0)



Slika 2 • Prečni prerez

2 • ZASNOVA NOSILNE KONSTRUKCIJE

2.1 AB-konstrukcija

Tribunski del konstrukcije tvorijo stebri dimenzij 60/80, ki podpirajo primarne prečne nosilce dim. 60/75 (90) in strešno lupinasto konstrukcijo. Sedišča tribun se izvedejo s stopničasto ploščo debeline $d = 25$ cm (montažni elementi, slika 5). Raster glavnih nosilnih AB-stebrov (60/80) in sten (20–30 cm) po obodu tribunskega delu znaša 10,9–16,0 m v vzdolžni smeri, prečno pa so razmaki med stebri 2,90 + 8,70 + 6,30 + 8,40 m. Tribunski stebri tvorijo skupaj s prečnimi nosilci okvirje, ki prenašajo tudi horizontalne sile zaradi odziva nosilcev

tribun in konstrukcije strehe. Raster stebrov v kleti (50/50) izven osrednjega tribunskega dela je 8,5–12,5 m. AB-stene so v območju zasute garaže debele 30 cm.

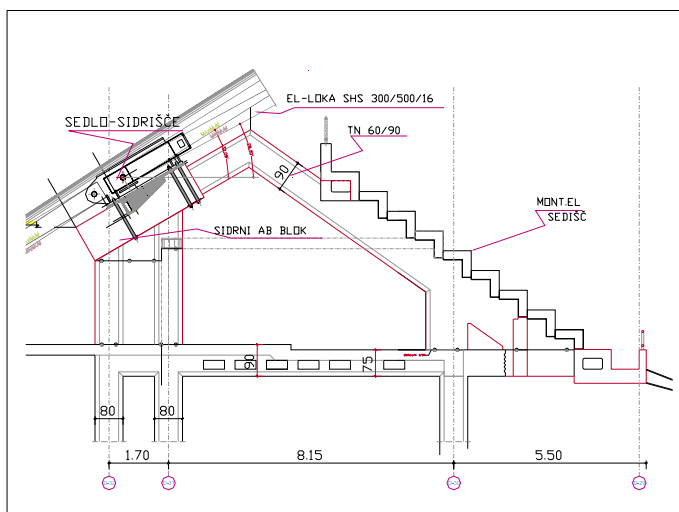
Objekt je v celotni dolžini izveden brez vmesnih dilatacij. Potresne sile se prevzamejo s stenami stopniščnih jeter in dvigalnih jaškov (debeline sten 20–30 cm), ki so skoraj simetrično razporejeni znotraj dvorane. Horizontalne obtežbe zaradi reologije betona in temperaturnih razlik prevzamejo vertikalni elementi (stene, jedra) in AB-plošče z vzdolžno vodenimi prednapetimi kablji in armaturo. Nadstropja

so med seboj povezana z več stopnišči in več dvigali, ki gredo iz garaže v zgornje etaže.

Etažne plošče debeline 30–45 cm so prednapete s kablji brez povezave, zgornji tribunski nosilci pa so prednapeti z zainjektiranimi kablji. Prednapeto jeklo je kakovosti $f_{p,01k}/f_{pk} = 1670/1860$ MPa.

Temeljenje je izvedeno na točkovnih in pasovnih temeljih različnih dimenzij.

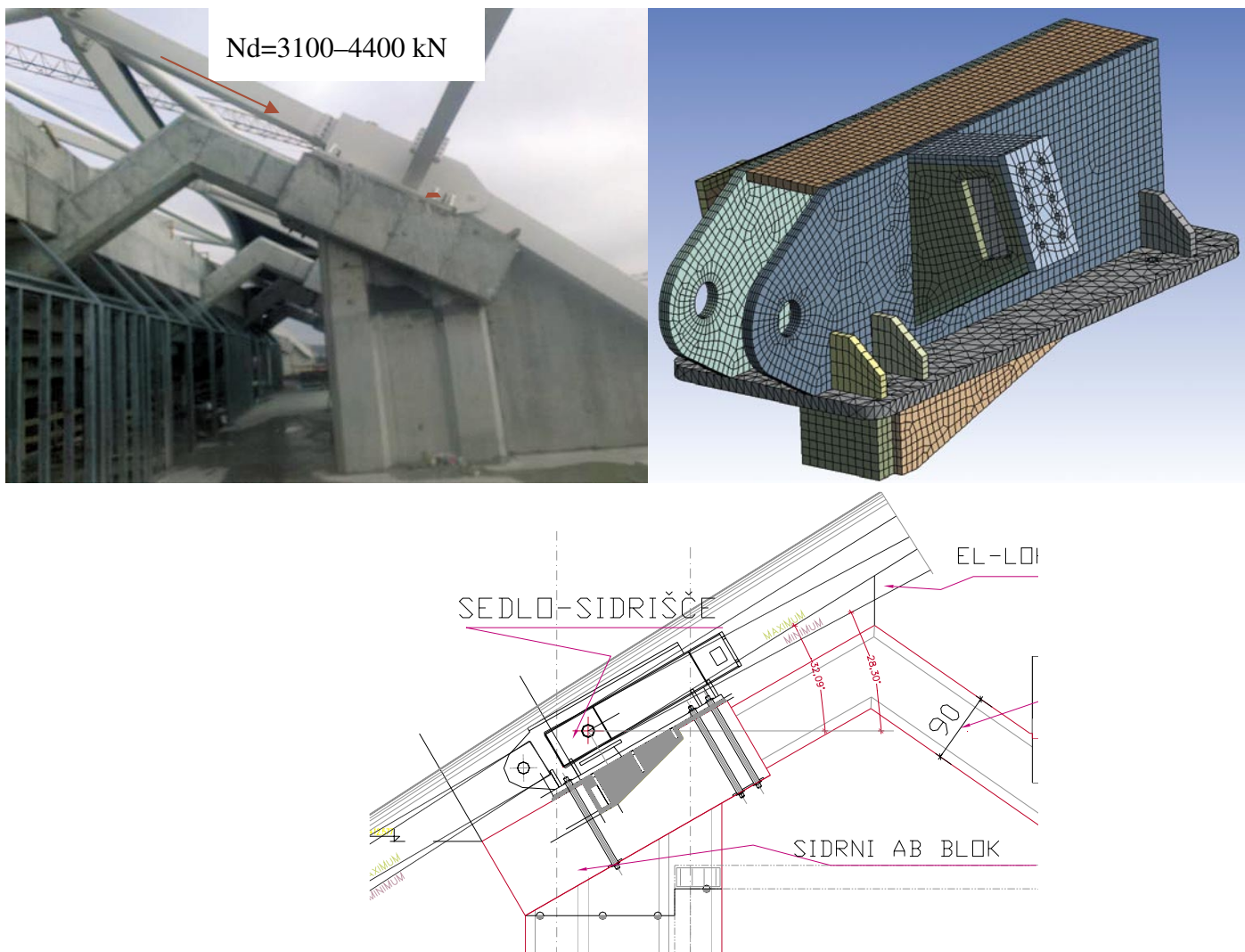
Vsi AB-konstrukcijski elementi so skladno s SIST-EN 206-1 izvedeni z betoni naslednjih kakovosti: temelji C25/30 (XC2), talna plošča (povozna) C30/37 (XD3) z zmanjšanim krčenjem, stebri C35/45 (XD1), stene C30/37 (XD1 – klet, XC1 – zgornje etaže), stene v stiku z zemljino C30/37 (XD1, PVII), etažne plošče, nosilci C35/45 (XD3 – povozne plošče, XC1



Slika 3 • Zgornji tribunski nosilec



Slika 4 • Gradnja tribun



Slika 8 • Sidrišče - sedlo

na v jeklu kakovosti S355J2. Za stikovanje lokov in obročev (momentni stiki) so uporabljeni HV-vijaki kakovosti 10,9. Za členkaste priključke diagonal so uporabljeni sorniki kakovosti S355 ali 42CrMo4 v poboljšanem stanju, odvisno od nivoja obremenitve. Sidrni vijaki M36 za priključitev JK-strehe v AB-konstrukcijo so izdelani v kakovosti 8,8 (navojne palice).

V času montaže je konstrukcija prehajala iz enega statičnega sistema v drugega do končne oblike. Zaradi omejitve deformacij konstrukcije med montažo je bilo izvedeno podpiranje z začasnimi podporami, ki so se odstranile, ko je bila sestavljena celotna lupina. Montaža je potekala postopno s pomočjo avtodvigal (kapacitete 50–300 t) v naslednjem vrstnem redu: montaža prečnih lokov na južni strani z vmesnim podpiranjem v temenu, sledila je montaža dveh južnih lokov

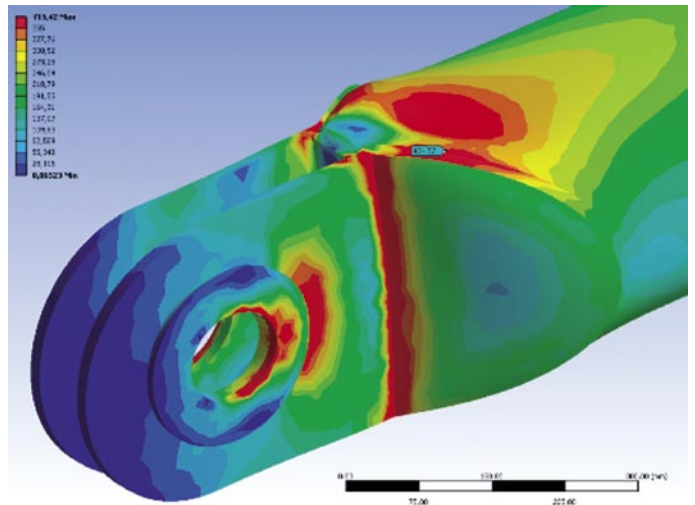
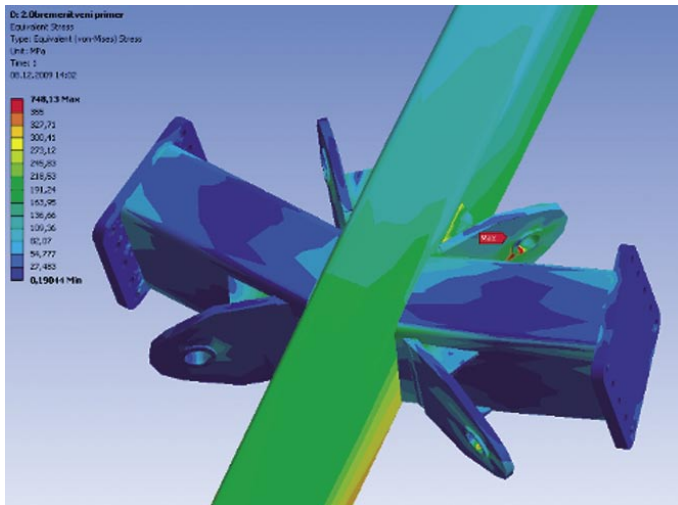
s povezavami med njima in podpiranjem, nato montaža stranskih lokov na južni strani (FG3a–FG3d), montaža lokov v srednjem delu in na koncu na severnem delu. Postopno sproščanje začasnih podpor je bilo izvedeno s pomočjo peščenih loncev. Zaradi omejitve s prostorom je bilo treba skrbno načrtovati vsako postavitve avtodvigal v posamezni fazi montaže.

2.2.2 Fasada in nadstreški

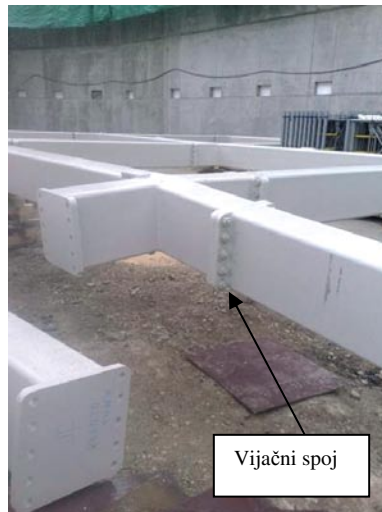
Konstrukcija fasade in nadstreškov poteka po celotnem obodu objekta in se členkasto priključuje na sidrišča nad dvojnimi tribunskimi stebri. Zgornje fasadne konstrukcije sestavljajo valovito ukrivljeni fasadni nosilci iz kvadratnih zvarjencev dimenzij 270 x 270 x 8 (10 mm). Spodnji fasadni nosilci so iz kvadratnih zvarjencev dimenzij 460 x 460 x 8 (10). Nosilca sta povezana s fasadnimi vertikalami

RHS 200/100/8, in sicer s členkasto povezavo na zgornji fasadni nosilec, na spodnjem pa je omogočen vertikalni pomik, tako da se spodnji nosilec pomika v z-smeri neodvisno od zgornjega nosilca. Zgornji fasadni nosilec je s prečnimi nosilci RHS 300/500/16 povezan s sidrišči – sedli, strehe (členkasti spoj preko čepa). Dodatna povezava med fasadnim nosilcem (teme) in elementi obroča R2 od strehe je izvedena s prečnimi elementi iz kvadratnih zvarjencev dimenzij 270 x 270 x 8 s členkasto povezavo na obeh straneh (izvedba s čepi). Oba nosilca sta podprta s fiksnimi sidrišči na AB-stene jeder. Spodnji fasadni nosilec je podprt v najnižji točki na AB-ploščo tako, da je omogočen pomik v vertikalni in vzdolžni smeri.

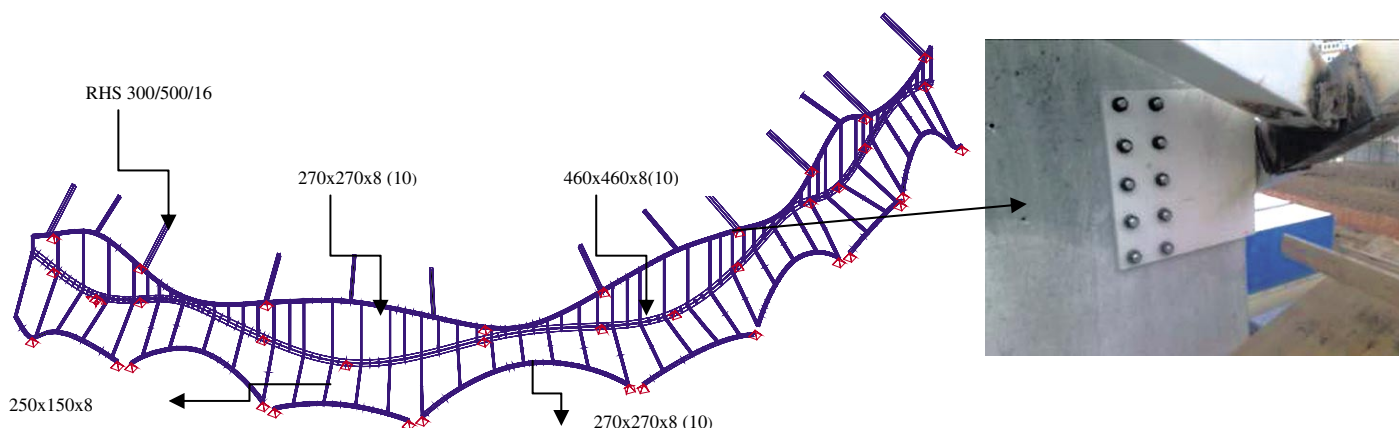
Konstrukcijo nadstreškov tvorijo zunanji ločni nosilci iz kvadratnih zvarjencev dimenzij 270 x 270 x 8 mm, ki so s prečnimi nosilci



Slika 9 • Spoj diagonal na element loka



Slika 10 • Izdelava posameznih elementov v delavnici, sestava na gradbišču na tleh in montaža jeklene konstrukcije strehe



Slika 11 • Fasada in nastreški

nadstreškov iz pravokotnih cevnih profilov 250 x 150 x 8 povezani s spodnjim fasadnim nosilcem. Ločni nosilci nadstreškov so podprti s podstavki na AB-plošči na +1,00.

2.2.3 Podkonstrukcija kritine

Kot sekundarna trapezna pločevina pod kritino (kovinska skodlja) je izvedena strešna pločevina TRIMO TP 835 ($t = 0,6$ mm), ki je podprta s sekundarnimi Z-nosilci višine 160 do 240 mm na razmakih $e = 1,095-1,32$ m.

Sekundarni nosilci so pritrjeni na spodnjo primarno trapezno pločevino. Kot spodnja glavna nosilna pločevina je izvedena profilirana jeklena pločevina ARCLAD 200/420 proizvajalca Acelor Mittal.

2.2.4 Oprema, obešena na streho

Glavna oprema strehe je naslednja: konstrukcije servisnih hodnikov, nosilni elementi žlebov, podkonstrukcije požarnih loput, obešala za opremo: zvočnike, razsvetljavo, table z rezul-

tati. Jeklena konstrukcija servisnih hodnikov je obešena na glavno konstrukcijo strehe na koti +17,00 in poteka vzdolž osi D-29 z dostopi v osi D-C na severni in južni strani.

2.2.5 Druge jeklene konstrukcije

Znotraj dvorane so še konstrukcije ograj, požarnih stopnišč, konzolni nadstreški nad VIP-tribunami, stropne konstrukcije nad stopniščnimi jedri.

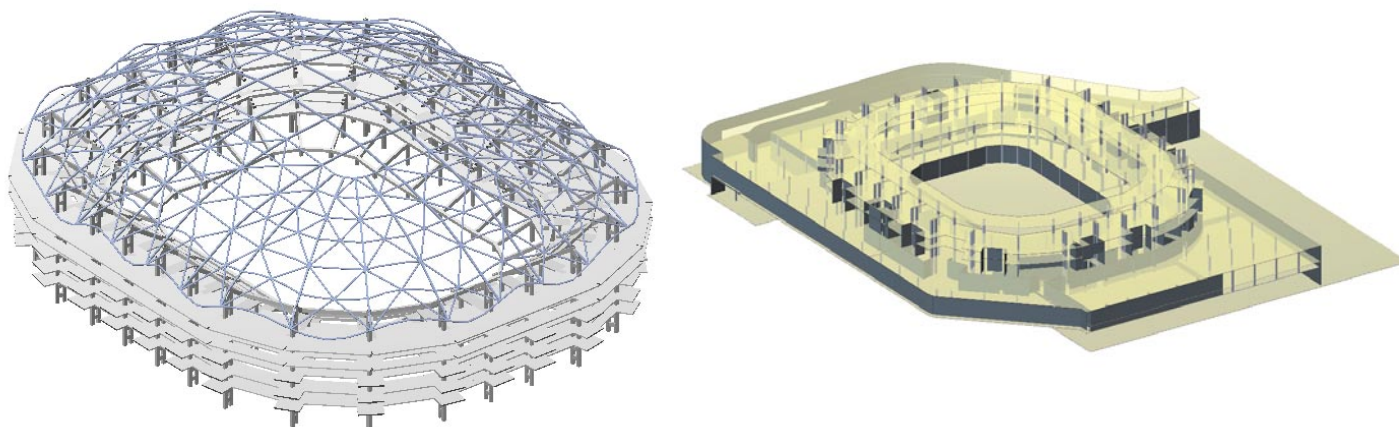
3 • PROJEKTIRANJE

3.1 Potek projektiranja

Načrt arhitekture je izdelalo projektivno podjetje Sadar+Vuga, d. o. o., GRADIS BP Maribor se je kot projektant gradbene konstrukcije vključil v projektiranje avgusta 2008 in sklenil pogodbo za izdelavo dokumentacije za faze PGD, PZI, PZR in PID. V tem času so že

bile izdelane idejne zasnove projekta, v temu je bila študija različic zasnove konstrukcije strehe in fasade. Za sedanjo različico streh je idejni projekt izdelalo angleško projektivno podjetje Atelier One kot pogodbeni partner podjetja Sadar+Vuga. IDP strehe in fasade je bil osnova za nadaljnje faze projektiranja, kjer

je GRADIS BP kot odgovorni projektant izdelal statične izračune v smislu kontrole in uskladike v smislu standardov SIST-EN, statiko spojev v sodelovanju s projektantom delavniške dokumentacije – podjetjem BASING, d. o. o., preveril montažna stanja v sodelovanju z izvajalcem jeklene konstrukcije – s podjetjem FERROTEHNA, d. o. o., in projektantom projekta montaže – BASING, d. o. o. V fazi PZI sta se izvajala kontrola in potrjevanje obsežne delavniške dokumentacije, izdelati je bilo treba

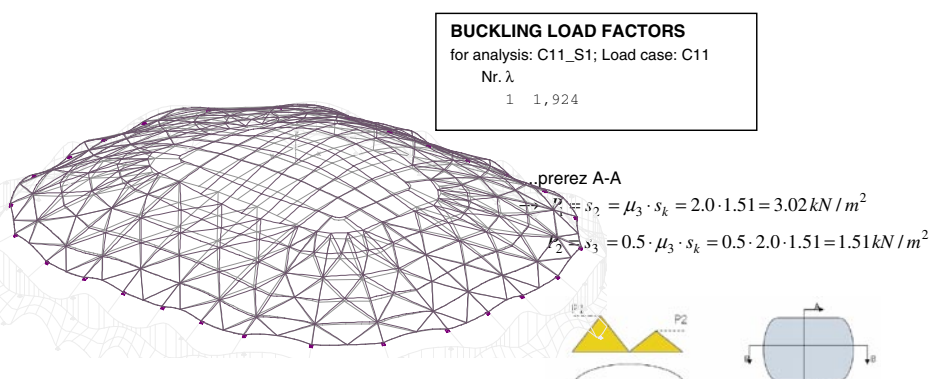


Slika 12 • Računski modeli

datne statične izračune, ki so bili pogojeni z izvedljivostjo in spremembami med gradnjo. AB-konstrukcijo je izvajalo podjetje ENERGOPLAN. Projekt PGD je bil izdelan decembra 2008, gradnja dvorane se je pričela spomladi 2009 in končala avgusta 2010. Dokumentacija PZI se je zaradi obsežnosti izdelovala sproti glede na terminski plan gradnje. Zaradi kratkih rokov in obsežnosti projekta je bilo nujno stalno sodelovanje med projektanti, izvajalci in nadzorom, ki se je pri gradnji dvorane na koncu izkazalo kot zelo dobro kljub vmesnim nesoglasjem, ki so bila pogosto posledica nerealnih zahtev investitorja.

3.2 Dokaz stabilnosti in mehanske odpornosti

Upoštevana je obtežba v skladu standardi SIST EN 1990 do SIST EN 1998. Kot statična obtežba je upoštevana lastna teža posameznih konstrukcijskih elementov, sloji obdelave, ter koristna obtežba $p = 5,0-7,5 \text{ kN/m}^2$



Slika 13 • Globalna stabilnost

za športne dvorane s tribunami, dostopne površine, terase (ktg C5), $p = 2,5-5,0$ za garaže ktg. F in G v skladu s standardom SIST-EN 1991. Potresna obtežba je vzeta po standardu SIST EN 1998 z upoštevanjem projektnega pospeška 0,25 g po seizmološki karti Slovenije.

Računska analiza jeklene konstrukcije strehe je bila izvedena po teoriji 2. reda z upoštevanjem začetnih deformacij (imperfektnosti z omejitvijo) globalne uklonske oblike za projektno kombinacijo stalne obtežbe z nesimetrično obtežbo snega v mejnem stanju nosilnosti.

4 • ZAKLJUČEK

Gradbena konstrukcija Športne dvorane Stožice je predstavljala vsekakor velik izziv in napor za projektanta, zlasti zaradi okoliščin

(obsežnost in kratki roki), v katerih je projekt nastajal. Veliko detajlov je bilo treba reševati in prilagajati sproti med samo gradnjo. Pri

izvajanju vseh del na gradbeni konstrukciji je bilo dobro sodelovanje na relaciji projektant-izvajalci-nadzorniki. Izvajalec jeklenih konstrukcij je izdelal kakovostno delavniško dokumentacijo, zelo dobra je bila koordinacija pri izdelavi in montaži jeklene konstrukcije strehe.



Slika 14 • Končan objekt



5 • LITERATURA

Načrt gradbenih konstrukcij, št. projekta 4160, GRADIS BP Maribor, PGD, PZI, PID, dec. 2008–julij 2010.

Načrt PGD, PZI, PID za arhitekturo: SADAR VUGA ARHITEKTI, d. o. o., Tivolska c. 50, LJUBLJANA, št. načrta: 169/07A-D.