

ZGODOVINSKI PREGLED STREŠNIH KONSTRUKCIJ, PODPRTIH Z ENIM STEBROM

HISTORICAL OVERVIEW OF ROOF STRUCTURES SUPPORTED BY ONE PILLAR

doc. dr. Lara SLIVNIK, univ. dipl. inž. arh.

lara.slivnik@fa.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo,

Zoisova 12, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 624.19:72(091)

Povzetek | Prispevek podaja zgodovinski pregled strešnih konstrukcij, ki so podprte samo z enim stebrom. Arhitekti in umetnostni zgodovinarji za takšne objekte uporabljamo izraza gobasta in dežnikasta konstrukcija, med gradbenimi inženirji ta dva izraza nista uveljavljena. Predstavljeni so začetki takšnih konstrukcij (gobaste plošče), razvoj gradnje v 20. stoletju (stožčaste plošče, ki so podprte na vrhu, dežnikaste strehe iz hiperboličnih paraboloidov ...) in današnje stanje. Poudarek je na armiranobetonskih konstrukcijah, ki so jih načrtovali in zgradili po različnih delih zahodnega sveta do leta 1960. Omenjenih je nekaj arhitekturno najbolj zanimivih konstrukcij, podprtih z enim stebrom, zgrajenih po letu 1960 v tujini. Podrobneje so obravnavane konstrukcije, ki so jih v Ljubljani načrtovali arhitekti Marko Šlajmer, Milan Mihelič in Edvard Ravnikar. Zgodovinski pregled se konča s konstrukcijami, ki so jih zgradili z drugimi gradivi po letu 1970. Rezultati prispevka so podani v treh preglednicah, v katerih so obravnavani objekti analizirani po več kriterijih (avtor, čas, lokacija, parametri strehe, parametri stebra, število elementov). V diskusiji so primerjane podobnosti in razlike med analiziranimi objekti. V zaključku je podana razlaga izrazov, ki jih uporabljamo v slovenščini.

Ključne besede: dežnikasta streha, dežnikasta konstrukcija, gobasta streha, gobasta konstrukcija

Summary | This paper gives a historical overview of roof structures supported by only one pillar. Architects and art historians use the terms mushroom and umbrella for such objects, while civil engineers use the terms mushroom structure, umbrella structure and hyperbolic paraboloid. A brief historical overview of the development of reinforced concrete roof structures supported by only one pillar is described. It starts with the first three mushroom slab constructions in the world built from 1906 to 1908. Then it continues with several roof structures, supported by only one pillar, which were built across different parts of the western world before 1960. Some of the architecturally most interesting structures supported by a single pillar and built after 1960 abroad are mentioned. Further on, structures designed by architects Marko Šlajmer, Milan Mihelič and Edvard Ravnikar and built in Ljubljana are described. The historical overview ends with the structures built after 1970. The results of the paper are presented in three tables in which the roof structures supported by one pillar are analyzed according to several criteria (author, time, location, roof parameters, pillar parameters, number of elements). The discussion compares the similarities and differences between the analyzed objects. In conclusion, the terms used in Slovene language for such structures are explained.

Key words: umbrella roof, umbrella structure, mushroom roof, mushroom structure

1 • UVOD

Strešnih konstrukcij, ki so podprte samo z enim stebrom, danes gradbeni inženirji ne načrtujejo in arhitektom se jih v celoti odsvetuje. A v šestdesetih letih dvajsetega stoletja ni bilo tako: v Sloveniji in v svetu so jih zgradili veliko, rasle so kot gobe po dežju. V članku je opisan zgodovinski pregled zgodnjega razvoja strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom, in uporaba terminologije.

Strešno konstrukcijo, ki je podprta z enim samim stebrom, najdemo v literaturi pod

različnimi imeni, a žal izrazi niso natančno definirani. Vedno gre za streho, ki je podprta z enim samim stebrom, ta pa se razširi v temelj. Zaradi oblike, ki je podobna gobi oziroma dežniku, raziskovalci v angleščini uporabljajo termina »mushroom« oziroma »umbrella«.

Slovenska terminologija na tem področju ni določena. Med slovenskimi gradbenimi inženirji sta v uporabi izraza konzolna konstrukcija ali vutasta konstrukcija, saj gre za odebelitev konstrukcije na mestih (vuta), kjer se zaradi

točkovnosti podpore pojavljajo izrazite strižne napetosti, zaradi sistema konzole pa izraziti upogibni momenti. Največkrat sestavlja streho stožčasta plošča, ki je na vrhu stožca podprta s stebrom, ali pa gre za strehe, sestavljene iz več hiperboličnih paraboloidov, ki so prav tako podprte s stebrom. Med arhitekti in umetnostnimi zgodovinarji v Sloveniji sta uveljavljena izraza gobasta in dežnikasta konstrukcija (Bernik, 2004), pri čemer besedni zvezi nista natančno določeni in se nanašata predvsem na obliko objekta oziroma strehe (Slivnik, 2019), zato pri branju literature s tega področja večkrat pride do nejasnosti ali celo zamenjav.

2 • STREŠNE KONSTRUKCIJE, PODPRTE Z ENIM STEBROM

2.1 Začetki: gobasta plošča

Predhodnik strešne konstrukcije, ki je podprta le na sredini plošče, je vutasta oziroma gobasta plošča. Ker se pri velikih obtežbah na betonski plošči lahko pojavi problem preboja plošče, je plošča nad stebri odebeljena (ojačana) in jo poimenujemo gobasta plošča. Celoten konstrukcijski stik stebra in plošče je največkrat izdelan iz armiranega betona in je lahko uporabljen kot zanimiv arhitekturni detajl. Morda najbolj znan primer gobaste plošče v Ljubljani je stropna konstrukcija v dveh etažah garaže pod Trgom republike.

Prvi opisi, preizkusi in izvedbe gobastih plošč segajo v začetek dvajsetega stoletja. Skoraj sočasno so jih predstavili trije inovativni inženirji: Turner v Minneapolisu, Loleit v Moskvi in Maillart v Zürichu (Kierdorf, 2006). Ameriški inženir Claude A. P. Turner je patentiral »mushroom system construction« leta 1905 in zgradil prvo gobasto ploščo leta 1906. Ruski inženir Artur Ferdinandovič Loleit je leta 1907 zgradil eksperimentalno gobasto ploščo, v kateri je del betona, ki ni bil nad stebri, nadomestil s steklenimi strešniki, metodo pa predstavil šele na predavanju leta 1912. Švicarski inženir Robert Maillart je leta 1908 eksperimentalno zgradil strop brez nosilcev, ki je podprt s stebri z razširjenimi kapiteli, leto dni pozneje je sistem patentiral, ter leta 1910 s tem konstrukcijskim sistemom zgradil skladišče Giesshübel v Zürichu. Vsi trije inženirji so vsak na svoj inovativni način načrtovali in zgradili plošče brez nosilcev in podprto z gobasto razširjenimi stebri. Stebri so s ploščo združeni v enoten konstrukcijski element, v gobasto ploščo, ki imajo značilne konstrukcijske, gradbene ter arhitekturne lastnosti.

2.2 Idefonso Sánchez del Río Pisón, 1929: Paraguas de hormigón armado

Španski inženir, inovator in podjetnik Idefonso Sánchez del Río Pisón (1898–1980) je v poznih dvajsetih letih dvajsetega stoletja zgradil prvo strešno konstrukcijo v obliki dežnika iz armiranega betona. Zaradi funkcionalnosti konstrukcije, ki je bila podprta samo z enim stebrom, je kasneje zasnoval in zgradil več podobnih objektov v mnogih krajih v španski Kneževini Asturiji (Cassinello, 2011). Vsem je skupna streha v oblika stožca, ki je v točki vrha podprta z enim stebrom. Sánchez del Río je te armiranobetonske konstrukcije poimenoval »el paraguas«, kar v španščini pomeni »dežnik«, zato jih tudi v angleščino prevajajo iz »paraguas de hormigón armado« v »reinforced concrete umbrellas«, torej »armiranobetonski dežnik«.

Prvo strešno konstrukcijo obravnavanega tipa je Idefonso Sánchez del Río Pisón zgradil okoli leta 1929 v naselju Corredoria pri Oviedu (Villa García, 2005). Streha ima obliko stožca s premerom 8 metrov in je postavljena na 2,2 metra visok steber, zato po obliki spominja na dežnik. Zgradili so jo ob vodnjaku, ki so ga uporabljali za pranje perila. V istem letu ali morda leto kasneje je v Oviedu zasnoval podobno, a večjo strešno konstrukcijo s premerom 12 metrov in prav tako v obliki stožca (Sánchez del Río Pisón, 1931), ki danes daje ime trgu, na katerem stoji: Plaza del Paraguas. Oba dežnika sta sestavljena po istem načelu: temelj in steber, iz katerega se razširi več radialno postavljenih konzol (20 v Corredoriji oziroma 24 v Oviedu) in koncentričnih obročev (1 v Corredoriji oziroma 2 v Oviedu), na ka-

tere so lahko postavljene strešne plošče. Vsi elementi so narejeni iz armiranega betona, le strešne plošče so iz lahkega, 1 centimeter debelega vlaknastega cementa. Prav zaradi lahke strehe nekateri avtorji konstrukcije primerjajo s senčniki (Cassinello, 2011). Dežniki iz armiranega betona, ki jih je načrtoval Idefonso Sánchez del Río Pisón, so bili inovativno zasnovani in poceni, zato so jih zgradili tudi po drugih asturijskih krajih.

V mestu Cíaño je Idefonso Sánchez del Río Pisón leta 1935 zgradil prvo drugače zasnovano strešno konstrukcijo, narejeno samo iz armiranega betona (Cassinello, 2011). Streha je ovalna in skoraj ravna, izdelana iz desetih radialno postavljenih konzol različnih dolžin (od 3 do 7 metrov) in je ekscentrično postavljena na steber krožnega florisa, ki je ob stiku s streho najširši.

2.3 Franjo Dėdek, 1933: Nadstrešnica

Najverjetneje je bil slovenski gradbeni inženir Franjo Dėdek (1866–1939) tisti, ki je v Sloveniji zasnoval prvo armiranobetonsko strešno konstrukcijo, ki je bila podprta z le enim stebrom. Zgradilo jo je Gradbeno podjetje ing. Franja Dėdka v Ljubljani ob Celovski cesti, v bližini sedeža gradbenega podjetja in hkrati v bližini Dėdkovega doma leta 1933. Točni podatki o konstrukciji so zelo verjetno izgubljeni, prav tako ni znano, ali so konstrukcijo kako poimenovali.

Armiranobetonska konstrukcija je bila sestavljena iz strehe kvadratnega florisa, stebra in temelja (Slivnik, 2018). Vidni del konstrukcije je bil sestavljen iz osemkotnega stebra, v katerega je sidranih 8 konzol (štiri so segale od stebra do vogalov strehe, štiri pa od stebra do sredine stranic strehe) ter iz nosilcev, ki so bili postavljeni na konzole in so podpirali streho dimenzij 10 × 10 m in so bili vzporedni

s stranicami strehe. Streha je bila skoraj ravna, imela je le majhen naklon od stebra proti kapnim delom strehe, ter je bila prekrita s kosi pločevine.

Franjo Dėdek je bil očitno ponosen na dosežek, saj so risbo konstrukcije od leta 1933 uporabljali kot oglas za usluge Gradbenega podjetja ing. Franja Dėdka. Najprej je nadstrešnica služila kot poskusna konstrukcija, nato je postala nadstrešek za popravilo avtomobilov, nazadnje je služila kot nadstrešnica nad majhnim parkiriščem. Konstrukcija je bila v mnogih pogledih edinstvena, saj je več kot 85 let kljubovala času in prostoru. Porušena je bila konec leta 2019.

2.4 Arne Jacobsen, 1936–1938:

Paddehatten

Danski arhitekt in oblikovalec Arne Jacobsen (1902–1971), predstavnik funkcionalizma, je svetovno slavo dosegel z oblikovanjem stolov. Na začetku kariere leta 1936 je načrtoval majhno bencinsko črpalko v pristaniškem mestu Skovshoved blizu Københavna na Danskem. Zgradba je sestavljena iz dveh objektov, ki ju povezuje enotna trodelna ravna streha. Nad delom s črpalko je streha ovalne oblike in dimenzij 6,4×9,6 metra, streha nad blagajniško hišico je pravokotna in meri 9,6×14,4 metra, povezuje ju 3,2×4,8 metra velika površina. Ovalna armiranobetonska streha je izredno tanka in ravna ter podprta s 4,5 metra visokim in v prerezu okroglim stebrom, ki se ob stiku vutasto oziroma gobasto razširi. Zaradi te oblike je zgradba dobila ime Paddehat, kar v danščini pomeni goba (Skovshoved, 2018).

Zgradba Paddehatten z izredno lepo zaobljeno streho nad kapjo in brez vidnih konzol je eden najzgodnejših primerov strehe, ki je podprta le z enim stebrom. Inovativno načrtovanje in uporaba armiranega betona sta omogočila drugačno izvedbo povezave stebra s streho od dotlej splošno uporabljenih. Prav zato je bencinska črpalka Arneja Jacobsena danes ovrednotena kot primer pomembne arhitekturne dediščine danskega funkcionalizma in hkrati tudi lepo obnovljena.

2.5 Frank Lloyd Wright, 1936–1939:

Dendriform columns

Ameriški arhitekt Frank Lloyd Wright (1867–1959) je stebre, ki se kot krošnje dreves razširijo v stropno konstrukcijo, prvič uporabil pri zasnovi poslovne stavbe Capital Journal v mestu Salem v Oregonu leta 1932, a stavbe niso nikoli zgradili.

Podobno konstrukcijsko zasnovo stebrov je uporabil tudi v načrtu za poslovno stavbo

podjetja Johnson Wax v mestu Racine, Wisconsin, ki so jo zgradili med letoma 1936 in 1939. Zasnova stebrov v celotni stavbi je inovativna: arhitekt se je zgledoval po iz lesa izdelanih starodavnih minojskih stebrih, ki imajo najmanjši premer ob vnožju in se z višino širijo. Zaradi posebne oblike je Wright takšen steber poimenoval »dendriform column« ali »dendriforms« oziroma drevesu podoben steber. V celotni poslovni stavbi podjetja Johnson Wax so trije različni tipi takšnih stebrov. Vsi so narejeni iz armiranega betona in se ne razlikujejo v osnovni ideji stebra. Najzanimivejši je tip stebra v klimatiziranem pisarniškem prostoru, kjer kar 54 visokih in vitkih stebrov okroglega tlorisa tvori gozd. Posamezni steber meri v višino 8,5 metra in ima tik nad tlemi premer le 23 cm, a se gobasto razširi do 550 centimetrov na mestu, kjer podpira stekleno stropno ploščo (Hoppen, 1997). Posebnost stebrov je še, da so votli in imajo le 9 cm debelo steno, zato so jih med načrtovanjem arhitekti poimenovali »calyx«, kar v botaniki pomeni »cvetna čašica« (Lipman, 2003).

Zaradi pomembnega prispevka pri razvoju arhitekture je poslovna stavba podjetja Johnson Wax od leta 1976 vključena na seznam nacionalnih zgodovinskih znamenitosti Združenih držav Amerike, National Historic Landmark.

2.6 Fernand Aimond, 1933 in pozneje: Paraboide hyperbolique

Francoski gradbeni inženir Fernand Aimond (1902–1984) je v tridesetih letih prejšnjega stoletja v Franciji načrtoval in zgradil več stavb z različnimi oblikami streh. Večinoma so te stavbe uporabljali za hangarje ali letališke delavnice. Njihove strehe so bile dvojno ukrivljene v obliki hiperboličnih paraboloidov. Zato so jih lahko naredili kot tanko lupino iz armiranega betona, kjer je potrebna le mrežna armatura, saj imajo tako oblikovane konstrukcije majhne notranje napetosti. Konstrukcije je Aimond zaradi oblike strehe poimenoval »paraboide hyperbolique« oziroma hiperbolični paraboloid, »hypar« ali preprosto samo HP. Mnoge od teh konstrukcij so bile sestavljene v vrsto streh, kjer je bila vsaka posamezna strešna konstrukcija podprta le z enim stebrom – te so poimenovali »parapluie« (Aimond, 1936) oziroma dežnik.

Prvo streho v obliki hiperboličnega paraboloida je Fernand Aimond načrtoval kot hangar za letala na letališču med mestoma Cuers in Pierrefe v francoski regiji Provansa-Alpe-Azur na obala v letih 1933–1936 (Espion, 2016). Aimond je uporabil 30 hiperboličnih parabo-

loidov v obliki sedla. Vsako izmed sedel je v tlorisu merilo 12×7 metrov in bilo debeline 3 centimetre ter bilo podprto z enim stebrom na sredini strehe.

Kasneje so po načrtih Fernanda Aimonda postavili še več strešnih konstrukcij, ki so podprte samo z enim stebrom (Espion, 2016). Za delavnice v Šoli za pomorske mehanike v Rochefortu je leta 1936 načrtoval 14 nagnjenih strešnih konstrukcij, kjer je vsaka posamezna sestavljena iz štirih hiperboličnih paraboloidov. Velikost posamezne konkavne strehe, ki je bila podprta z enim stebrom, je merila 14,6×13,7 metra, z debelino betona od 4 do 5 centimetrov. Med letoma 1934 in 1937 je načrtoval hangar med krajema Lanvéoc in Poulmic, med letoma 1937 in 1939 pa še dva hangarja pri kraju Châteaudun. Pri vseh treh je uporabil enako zasnovo: vsak hangar je bil narejen iz 8 dežnikov dimenzij 36×36 metrov debeline 5 centimetrov s skupno dolžino 171,5 in širino 88,5 metra.

Teoretično delo Fernanda Aimonda je bilo več let pozabljeno. Leta 1936 je Fernand Aimond objavil članek (Aimond, 1936), v katerem je natančno izračunal armiranobetonske lupine z obliko hiperboličnega paraboloida. To je bil prvi objavljeni izračun s skico konstrukcije, kjer je streha sestavljena iz več hiperboličnih paraboloidov, ki so konzolno podprti z enim stebrom. Šele v zadnjem času Aimonda raziskovalci zgodovine gradnje postavljajo na primerno mesto v zgodovini (Espion, 2016). Zaradi objavljenega teoretičnega dela na področju hiperboličnih paraboloidov ter gradnje teh konstrukcij po Franciji danes Fernanda Aimonda vedno bolj priznavamo za očeta tankih armiranobetonskih lupin, podprtih z enim stebrom.

2.7 Giorgio Baroni, 1936 in pozneje: Umbrello

Italijanski gradbeni inženir Giorgio Baroni (1907–1968) je vzporedno s Fernandom Aimondom raziskoval in razvijal armiranobetonske lupine v obliki hiperboličnih paraboloidov. Raziskave (Baroni, 2019) kažejo, da je Baroni že leta 1934 raziskoval tanke lupine in leta 1936 patentiral lupinaste strešne konstrukcije v obliki hiperboličnih paraboloidov (Baroni, 1937). Načrtoval je skladišče v bližini mesta Tresigallo pri Ferrari v deželi Emilija-Romanja, Italija, ki so ga zgradili v letih 1939–1940. Konstrukcija je narejena iz armiranega betona in sestavljena iz 18 enakih enot. Vsaka enota ima temelj, 12 metrov visok steber kvadratne oblike in streho, ki je v tlorisu

prav tako kvadratna. Posamezna streha ima stranico dolgo 10 metrov, njena debelina je samo 4 centimetre. Najvišja točka strehe je nad stebrom. Strehe v obliki dežnikov so med seboj povezane vzdolž vodoravnih robov in tako tvorijo neprekinjen sistem (Currà, 2018).

Giorgio Baroni je po drugi svetovni vojni nadaljeval proučevanje tankih armiranobetonskih lupin, patentiral konstrukcijo tipa dežnik z enim stebrom (Baroni, 1949) in sodeloval pri načrtovanju nadstreškov tržnic z različnimi arhitekti. Eden izmed rezultatov tega sodelovanja je osem nadstrešnih enot v mestu Caserta v italijanski pokrajini Kampanija, ki so jih zgradili leta 1947. Vsaka izmed streh je v florisu velika skoraj 16×16 metrov, debela le 3 centimetre in postavljena na 14 metrov visok steber (Currà, 2018).

2.8 Amancio Williams, 1939, 1948–1953, 1966: Bóveda Cáscara

Tudi argentinski arhitekt Amancio Williams (1913–1989) je delal preizkuse s tankimi armiranobetonskimi konstrukcijami. Tik pred drugo svetovno vojno, leta 1939, je začel projekt »Bóveda Cáscara«, Lupinasti obok, v katerem je preizkušal minimalno debelino armiranobetonske strešne konstrukcije v obliki dežnika in ga razvijal tudi po drugi svetovni vojni, v letih 1948–1953 (Rian, 2014).

Njegova zamisel o lupinasti armiranobetonski strehi temelji na dveh osnovnih idejah: da mora streha stati le na enem stebru in da mora biti takšna streha sposobna podpirati tudi izredne obremenitve (Hernandez, 2019). Rezultat je bila tanka armiranobetonska lupina oz. lupinasti obok: betonska konstrukcija z debelino strehe le 5 centimetrov in v obliki konkavnega kvadrata, torej so bile stranice strehe višje od osrednje točke, kjer se streha stika s stebrom. Steber je zato votel, da lahko skozenj teče deževnica. Williams je zapisal, da tanka lupinasta streha minimalne debeline ponuja le malo odpornosti proti vetru (Williams, 2019).

Svojih teoretičnih dognanj praktično skoraj ni preizkusil. Njegovega projekta za tri bol-

nišnice v mestu Curuzú-Cuatiá, v provinci Corrientes v Argentini, ki ga je načrtoval v letih 1948–1953, niso zgradili. Šele leta 1966 so za razstavo Exposición Rural v Buenos Airesu zgradili začasen paviljon Bunge y Born (Williams, 2019). Paviljon je bil narejen iz dveh diagonalno postavljenih lupinastih armiranobetonskih streh, ki sta imeli stranico 8 m, in je bila vsaka postavljena na 15 metrov visokem stebru okroglega florisu.

2.9 Felix Candela, 1953–1968: Hypar

V Španiji rojeni mehiški arhitekt Felix Candela je nadaljeval delo Fernanda Aimonda, Giorgia Baronija in Amancia Williamsa. V petnajstih letih, med 1953. in 1968., je načrtoval, testiral in izdelal veliko streh v obliki hiperboličnih paraboloidov, ki so podprte samo z osrednjim stebrom. Prototip je bila konkavna streha, sestavljena iz štirih hiperboličnih površin z vsemi robovi v isti horizontalni ravnini, dimenzij 10×10 m in z lupino, ki je na najtanjšem mestu ob robu merila 4 cm. Felix Candela jo je poimenoval »hypar«, kot okrajšava za hiperbolični paraboloid oziroma zaradi poteka sil v konstrukciji »inverted umbrella« (Faber, 1963). V naslednjih letih so z različnimi tipi streh, ki pa so bile vse podprte le na sredini, prekrili več kot 280 000 m² industrijskih površin samo v Ciudadu de Mexico. V petnajstih letih je Felix Candela strehe iz hiperboličnih paraboloidov razvil do najmanjših inženirskih podrobnosti in se z njimi približal umetniški popolnosti.

2.10 Razmah po letu 1960 in zaton po letu 1970

V začetku šestdesetih let je sledil velik razmah gradnje armiranobetonskih strešnih konstrukcij, podprtih samo z enim stebrom. Takšne konstrukcije so bile zgrajene hitro in poceni, velikokrat tudi kot prefabricirani elementi. Mnogi arhitekti v zahodnem svetu so tudi javne stavbe načrtovali kot konstrukcije, podprte le z enim stebrom.

Rusko-izraelski arhitekt Alfred (Al) Mansfeld (1912–2004) in avstrijsko-izraelski inženir Eliyahu Traum (1924) sta skupaj načrtovala

Izraelski muzej v Jeruzalemu (1959–1960). Madžarsko-ameriški arhitekt in oblikovalec Marcel Breuer je izdelal načrte za knjižnico Hunter College (1960) v New Yorku (danes umetniška galerija kolidža Lehman). Ameriški arhitekt Louis Kahn je projektiral tovarno Olivetti-Underwood v Harrisburgu, Pensilvanija (1966–1970), ki je sestavljena iz 72 enot. Angleški arhitekt J. Seymour Harris je načrtoval Queensgate Market Hall (1968–1970) v Huddersfieldu, Združeno kraljestvo.

Razvoju armiranobetonskih strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom, je sledil razvoj podobnih jeklenih strešnih konstrukcij. V svetu je najbolj znana konstrukcija, ki jo je v Torinu načrtoval italijanski inženir in arhitekt Pier Luigi Nervi, Palazzo del Lavoro (1961).

Ene izmed zadnjih armiranobetonskih strešnih konstrukcij, ki so podprte z enim stebrom, so zgradili po načrtih Idefonsa Sánchesa del Ria Pisóna v letih 1971–1972 v asturijskem mestu Pola de Siero (Cassinello, 2011). A do danes so tri izmed štirih hiperboličnih paraboloidov že porušili. Idefonso Sánchez del Rio Pisón je tako hkrati začetnik in eden izmed zadnjih snovalcev strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom. Njegovi dežniki so od konca dvajsetih let dvajsetega stoletja postali ena od značilnih konstrukcij v mnogih asturijskih mestih: v Oviedu, Olloniegu, Corredorii, Lugonesu, Cíañu in Pola de Sieru.

Po letu 1970 se je ta razmah ustavil, saj so ugotovili, da so strešne konstrukcije, podprte z enim stebrom, potresno izredno problematične. Ker so torzijsko podajne konstrukcije, je zanje izjemno težko zagotoviti ustrezno potresno varnost in primeren potresni odziv, saj velika masa v zgornjem delu konstrukcije neugodno vpliva na potresno varnost. Problematična je preveritev izračuna tlačne nosilnosti podpornega stebra, še posebej ob upoštevanju najneugodnejše kombinacije osne sile in upogibnega momenta, ter tudi vpetje stebra v temelje. Tudi nesimetrična obtežba, ki povzroči večje upogibne momente v stebru, je neugodna.

konstrukcije, podprte z enim stebrom, nehali graditi.

3.1 Marko Šlajmer, 1960: Paviljon Jurček

Arhitekt Marko Šlajmer in gradbeni inženir Ivo Vodopivec sta na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani leta 1960 načrtovala paviljon, ki so ga zaradi oblike poimenovali Jurček (Šlajmer, 1960). To je bila prva strešna konstrukcija, podprta z enim

3 • LJUBLJANSKE STREŠNE KONSTRUKCIJE, PODPRTE Z ENIM STEBROM

Med letoma 1960 in 1970 so strešne konstrukcije, podprte samo z enim stebrom, gradili po vsem svetu in hkrati tudi v Sloveniji (Slivnik, 2009). V Ljubljani so v šestdesetih letih zgradili več različnih tipov strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom. Na

skupno sedmih lokacijah so zgradili več kot 100 takšnih streh. Vsaj štirje tipi so konstrukcijsko inovativni in arhitekturno zanimivi ter zato vredni ohranitve za naslednje rodove. Kasneje so postali predpisi o potresno odporni gradnji zahtevnejši, zato so strešne

stebrom v Sloveniji, ki je imela tudi fasado. Zgradili so jo le v petih mesecih. Ima enotno armiranobetonsko konstrukcijo s temeljem, 6 metrov visokim stebrom in streho krožnega florisa s premerom 27 metrov. Fasada je bila narejena kot viseča fasada iz prefabriciranih elementov iz stekla v aluminijastih profilih (Ravnikar, 2000), danes je že prenovljena. Lahka in nenosilna viseča fasada paviljona Jurček je bila pomembna novost v slovenski arhitekturi.

3.2 Milan Mihelič, 1965–1967: Hala C

Na Gospodarskem razstavišču sta arhitekt Milan Mihelič in gradbeni konstruktor Jože Jaklič v letih 1965–1967 zasnovala Halo C, ki bi morala biti sestavljena iz 26 enakih enot, a so zgradili le dvorano iz 4 enot. Ena izmed idej prilagodljive konstrukcije je bila prav organska širitev v skladu s programskimi in funkcionalnimi zahtevami razstavišča (Bernik, 1980). Posamezna enota je sestavljena iz temelja, 6 m visokega stebra in osemkotne strehe s premerom 22 metrov.

3.3 Milan Mihelič, 1967–1968: bencinska črpalka Petrol na Tivolski cesti

Milan Mihelič in Jože Jaklič sta med letoma 1967 in 1968 na Tivolski cesti v Ljub-

ljani oblikovala bencinsko črpalko Petrol. Armiranobetonsko konstrukcijo nadstrešnice sestavljajo temelj, 7 metrov visok steber, ki se razširi v konzole, in kvadratna streha dimenzij 19,2×19,2 metra. Konzole, ki podpirajo streho, so izredno inovativne oblike in mejijo na kiparsko oblikovanje (NN, 1970). Danes je nadstrešnica zapuščena in skoraj skrita med številnimi novjšimi zgradbami.

3.4 Edvard Ravnikar, 1968–1969: bencinska črpalka Petrol na Tivolski cesti

Tudi eden najpomembnejših slovenskih arhitektov druge polovice dvajsetega stoletja Edvard Ravnikar je skupaj s strojnim inženirjem Ervinom Prelogom v letih 1968–1969 zasnoval bencinsko črpalko. Zgradili so jo nasproti predhodno opisane Miheličeve in je sestavljena iz treh identičnih armiranobetonskih enot. Vsaka enota ima v florisu 3×3 metre velik temelj višine 70 centimetrov in 3 metre visok steber osemkotnega florisa, ki se gobasto razširi in kvadratno streho s stranico 19 metrov (NN, 1970).

3.5 Še trije tipi strešnih konstrukcij, podprtih le z enim stebrom

Okoli leta 1970 so v Ljubljani zgradili še nekaj nadstrešnic, ki jih podpira le en steber.

Šest enakih elementov so postavili ob Celovški ulici, le 50 metrov od zgoraj opisane Dėdkove, in imajo 5 metrov visoke osemkotne stebre, na katere so vpete konzole, ki gredo do vogalov kvadratne strehe s stranico 10 metrov.

Šest nadstreškov bencinske črpalke na Dunjski cesti ima armiranobetonsko konstrukcijo: vsak izmed stebrov je šestkoten in visok 5 metrov, šestkotno streho s premerom 8,6 metra (in stranico 4,3 metra) podpira šest konzol, ki gredo od stebra do vogalov strehe. Enako konstrukcijo štirih nadstreškov bencinske črpalke so postavili vsaj še v Mariboru.

Tudi nadstrešnice na glavni železniški postaji v Ljubljani so zgrajene kot posamezne strehe, podprte z enim stebrom: skupaj je 84 armiranobetonskih strešnih konstrukcij, ki pokrivajo več kot 7400 m². Nadstreški so postavljeni v treh vrstah, vsaka je daljša od 260 metrov in sestavljena iz 28 streh, od katerih vsaka stoji na 3,5 metra visokem steburu in je zasnovana kot hiperbolični paraboloid s stranico 9,4×9,4 metra.

4 • STREŠNE KONSTRUKCIJE, PODPRTE Z ENIM STEBROM, PO LETU 1970

V Sloveniji so po potresu v Furlaniji in na Bovškem leta 1976 predpise za potresno odporno gradnjo iz leta 1963 analizirali in začeli pripravljati nove. Danes vemo, da so strešne konstrukcije, podprte z enim stebrom, potresno izredno problematične. Sodijo namreč v skupino konstrukcij tipa obrnjeno nihalo oziroma med konzolne konstrukcije, ki so torzijsko podajne konstrukcije. Za takšne konstrukcije je izjemno težko zagotoviti ustrezno potresno varnost in primeren potresni odziv, saj velika masa v zgornjem delu konstrukcije neugodno vpliva na potresno varnost. Evrokodovi predpisi posebej poudarjajo tudi izogibanje konstrukcijam, kjer je potresna odpornost odvisna le od enega samega elementa. In v primeru strešne konstrukcije, ki je podprta samo z enim stebrom, je to podporni steber. Pri strešnih konstrukcijah, podprtih le z enim stebrom, je problematična preveritev izračuna tlačne nosilnosti podpornega stebra, še posebej ob upoštevanju najneugodnejše kombinacije osne sile in upogibnega momenta, ter tudi vpetje stebra v temelje (Slak, 2005). Neugodna je tudi nesimetrična obtežba, ki povzroči večje upogibne momente v steburu. Že

nekateri snovalci prvih realizacij so opozorili na nevarnost prevrnitve ob vodoravni obtežbi.

4.1 Strešne konstrukcije, podprte z enim stebrom, iz novih gradiv

Po letu 1970 strešne konstrukcije, ki so podprte z osrednjim stebrom, postanejo konstrukcijsko neprimerne, a ideja nikoli povsem ne utone v pozabo. Arhitekti skupaj z gradbenimi inženirji zasnujejo strešne konstrukcije iz novih gradiv in s stabilnejšo konstrukcijsko zasnovo.

Zelo zanimiv je opus nemškega arhitekta in konstruktorja Freia Otta (1925–2015). Strešne konstrukcije obravnavanega tipa je raziskoval že v petdesetih letih dvajsetega stoletja. Prve tri strešne konstrukcije, vsako izmed njih podprto s stebrom, je načrtoval za Zvezno vrtnarsko razstavo v Kasslu že leta 1955 in jih poimenoval Drei Pilze, tri gobe. V šestdesetih letih je raziskoval konstrukcije v obliki dežnikov in rezultat, pet dežnikov z jekleno konstrukcijo in med njo napeto membrano, predstavlja na Zvezni vrtnarski razstavi v Kölnu leta 1971. Zasnoval je tudi zanimive premične strehe v obliki dežnikov za turnejo glasbene skupine Pink Floyd leta 1977.

Urugvajski inženir in arhitekt Eladio Dieste je leta 1976 zasnoval bencinsko črpalko s streho v obliki razprtih ptičjih kril v urugvajskem mestu Salto. Streha je zasnovana kot tanka lupina, a narejena iz opek.

Med pomembnejšimi stavbami, ki so vredne omembe, je tudi letališki terminal v Stuttgartu (1991), delo skupine arhitektov Von Gerkan, Marg+Partner. Posamezna konstrukcija je sestavljena iz štirih jeklenih stebrov, združenih v enega, in ki se kot veje drevesa razširijo nato v konstrukcijo strehe.

V zadnjih dvajsetih letih so v biroju Norman Foster+Partners načrtovali več kot 200 bencinskih črpalk družbe Repsol. Prefabricirane in z enim stebrom podprte strehe so postavili po celotnem ozemlju Španije.

Na prelomu stoletja so arhitekti preizkušali različne materiale: Santiago Calatrava uporabi jeklo za strešno konstrukcijo postaje Oriente v Lizboni (1998) in z njo imitira gozd, Thomas Herzog lepljeni les za streho in jeklo za steber pri EXPO strehi v Hannoveru (2000), Shigeru Ban kot osnovno gradivo za Paviljon Vasarely v Aix-en-Provence (2006) uporabi karton, Zaha Hadid uporabi jeklo skupaj s tkanino za začasni Lilas Pavilion, Serpentine Gallery (2007) v Londonu. Nemški arhitekt in nekdanji študent Frei Otta, Mahmoud Bodo Rasch, idejo premičnih streh svojega mentorja nadgrajuje in izpopolnjuje.

Zasnjuje več strešnih konstrukcij, ki se po potrebi odprejo ali zaprejo kot dežniki: na ploščadi pred mošejo Al Hussein v Kairu v Egiptu (2000), kjer je velikost posameznega

odprtega dežnika 16×16 m, pred hotelom d'Angleterre v Lausanni, Švica (2002), kraljevi terminal v Džidahu, Savdska Arabija (2008), z dežniki velikosti 29×29 m in pred Prerokovo



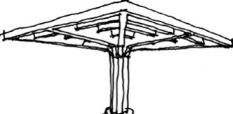
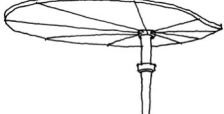
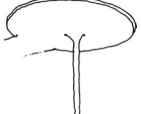

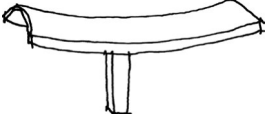
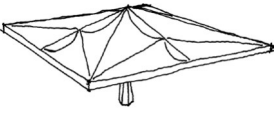

mošejo v Medini, Savdska Arabija (2011), kjer zgradijo 250 takšnih dežnikov v velikosti 26×26 m. Strehe teh dežnikov so iz različnih tkanin, stebri so največkrat jekleni.



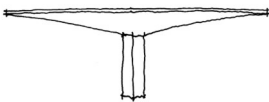
5 • REZULTATI

Ob zanimanju za konzolne konstrukcije se je odprlo vprašanje, kako so se posamezne strešne konstrukcije, ki so podprte z enim stebrom, razvijale in kdo so bili njihovi snovalci. Nekateri v preglednicah komentirani parametri (oblika konstrukcije,

raster postavitve, fasada) se nanašajo predvsem na arhitekturni vidik, dimenzije posameznih elementov zanimajo gradbene inženirje, poimenovanje posameznih konstrukcij bi moralo zanimati umetnostne zgodovinarje.

Preglednica 1 je razširjen in poglobljen prikaz dvanajstih objektov, ki so opisani v besedilu. Gre za najstarejše strešne konstrukcije, ki so podprte z enim stebrom. Pri vsakem objektu so zapisani avtor in lokacija postavitve konstrukcije, leto načrtovanja, skica objekta, oblika strehe z dimenzijami razpona in debelino strešne konstrukcije, oblika stebra z višino ter število enakih

Avtor Lokacija	Leto načrtovanja	Skica	Oblika strehe	Dimenzije strehe	Debelina strehe	Oblika stebra	Višina stebra	Število elementov in raster
Idefonso Sánchez del Río Pisón: Corredoria	1929		20-kotnik stožec	$r = 4 \text{ m}$	plošče 1 cm	šestkotnik	$h=2,2\text{m}$	1 /
Idefonso Sánchez del Río Pisón: Oviedo	1930		24-kotnik stožec	$r = 6 \text{ m}$	plošče 1 cm	krog	$h=3,5\text{m}$	1 /
Franjo Dėdek: Ljubljana	1933		kvadrat piramida	10×10 m	?	osemkočnik	$h=6 \text{ m}$	1 /
Idefonso Sánchez del Río Pisón: Ciaño	1935		10-kotnik ravna	$r_1=3 \text{ m}$ $r_2=7 \text{ m}$?	krog, se širi z višino	$h=4\text{m}$	1 /
Arne Jacobsen: Skovshoved	1936		oval nagnjena	$r_1=9,6 \text{ m}$ $r_2=6,4 \text{ m}$?	krog	$h=5 \text{ m}$	1 /
Frank Lloyd Wright: Racine	1936		krog ravna	$r=5,5$?	vočel krog, se širi z višino	$h=8,5\text{m}$	54 6×10
Fernand Aimond: Cuers/Pierrefeu	1933		pravokotnik sedlo	12×7 m	3 cm	kvadrat	?	30 6×5
Fernand Aimond: Lanvéoc/Poulmic in 2× Châteaudon	1934		16 hiperboličnih paraboloidov	36×36 m	5 cm	?	?	8 4×2
Fernand Aimond: Rochefort	1936		pravokotnik obrnjena piramida	14,6× 13,7 m	4-5 cm	kvadrat, se oži z višino	?	56 ?

Giorgio Baroni: Tresigallo	1939		kvadrat piramida	10×10 m	4 cm	kvadrat, se vutasto razširi	h=12 m	18 3×6
Amancio Williams	1939		kvadrat obrnjena piramida	?	5 cm	votel krog	?	1
Felix Candela: Mexiko City	1953		4 hiperbolični paraboloidi	10×10 m	4 cm	kvadrat		1

Preglednica 1 • Parametri dvanajstih strešnih konstrukcij, ki so podprte z enim stebrom.

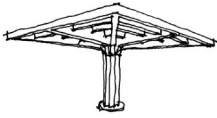
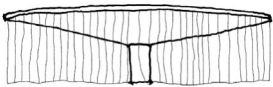


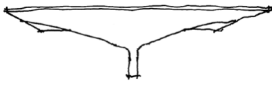
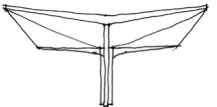


elementov, ki sestavljajo konstrukcijo, in njihova razporeditev v mrežo (raster).

V preglednici 2 je kronološko nanizanih osem konstrukcij iz Ljubljane. Podane so osnovne informacije o objektu (avtor, ime

konstrukcije, čas gradnje in lokacija) ter skica tega objekta z zbranimi podatki o razponu strešne konstrukcije in višini podpornega stebra, opisani so oblika strehe, število enakih enot in njihova razporeditev.

V zadnjem stolpcu so zbrana poimenovanja strešne konstrukcije v slovenski strokovni literaturi.

V preglednici 3 je zbranih vseh osem avtorjev, ki so bili pionirji načrtovanja strešnih

Avtor Ime konstrukcije Čas gradnje	Lokacija	skica	širina×dolžina×višina oblika strehe število	poimenovanje konstrukcije v literaturi
Franjo Dėdek: nadstrešek 1933	Celovška cesta 38, Ljubljana		10×10×6 kvadrat 1	ni opisa
Marko Šlajmer: Paviljon Jurček 1960	Dunajska cesta 18, Ljubljana		r=13,5; h=6 krog 1	gobasta konstrukcija
Milan Mihelič: Hala C 1965-67	Dunajska cesta 18, Ljubljana		22×22×6 osemkočnik 4 v liniji	dežnikasta konstrukcija; gobasta streha
Milan Mihelič: bencinska črpalka 1967-68	Tivolska cesta 46, Ljubljana		19,2×19,2×7,1 kvadrat 1	gobasta konstrukcija
Edvard Ravnikar: bencinska črpalka 1968-69	Tivolska cesta 43, Ljubljana		19×19×5,8 kvadrat 3 v liniji	gobasta konstrukcija
nadstrešek 1969-70	Celovška cesta 42b, Ljubljana		10×10×5 kvadrat 6 v liniji	ni opisa
bencinska črpalka okoli 1970	Dunajska cesta 70, Ljubljana		4,3×4,3×5 šestkotnik 6 v 2 linijah	ni opisa
nadstreški na železniški postaji okoli 1970	Trg OF 9, Ljubljana		9,4×9,4×3,5 kvadrat 84 v 3 ločenih linijah	ni opisa


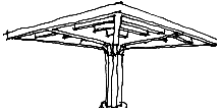


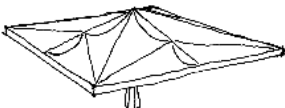


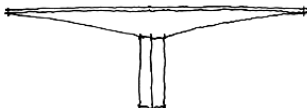
Preglednica 2 • Kronološki razvoj opisanih strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom in zgrajenih v Ljubljani.

konstrukcij, podprtih le z enim stebrom. Podane so osnovne informacije o objektu: avtor, ime objekta, čas nastanka, lokacija in skica konstrukcije. V zadnjem stolpcu je zapisano prvotno poimenovanje oblike

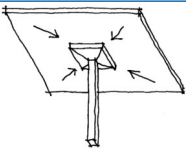
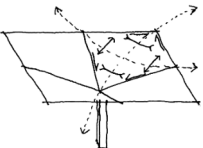
konstrukcije v originalnem jeziku in njegov prevod v slovenščino.

Preglednica 4 prikazuje dva načina transformacije obtežb preko strešne konstrukcije v steber. V prvem stolpcu so zbrana različna

poimenovanja konstrukcije v slovenščini, sledijo skica konstrukcije, konstrukcijski sistem in delovanje sil v konstrukciji.

Avtor Ime Čas nastanka	Lokacija	Skica	Prvotno poimenovanje oblike/ prevod
Ildefonso Sánchez del Río Pisón: El paraguas 1929-35	več lokacij, Asturija, Španija		el paraguas/dežnik
Franjo Dždek: nadstrešek 1933	Celovška cesta, Ljubljana, Slovenija		nadstrešnica
Arne Jacobsen: Paddehatten 1936	Skovshoved Havn, Charlottenslund, Danska		paddehatten/goba
Frank Lloyd Wright: Johnson Wax Building 1936-39	Howe St., Racine, Wisconsin, ZDA		dendriform column/drevesu podoben steber, calyx, lily-pad/cvetna čašica
Fernand Aimond: letališki hangarji 1933-39	več lokacij, Francija		parapluie/dežnik, paraboloid hyperbolique/hiperbolični paraboloid
Giorgio Baroni: skladišče 1939-40	Via del mare, Tresigallo, Italija		ombrello/dežnik
Amancio Williams: preizkusi 1939 in kasneje	Argentina		bóveda cáscara/ armiranobetonska lupina
Felix Candela: prototip in skladišča 1953-68	več lokacij, Mehika		HP/hypar/ hiperbolični paraboloid, paraguas invertidos/ obrnjen dežnik

Preglednica 3 • Kronološki razvoj poimenovanja strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom.

Ime	Skica	Konstrukcijski sistem	Delovanje sil v konstrukciji
goba, gobasta konstrukcija, vuta, vutasta konstrukcija		plošča-brana, dvosmerni raznos	strig in zvoj pravokotno na ploščo, upogib in strig vzdolžno na ploščo
dežnik, dežnikasta konstrukcija, hiperbolični paraboloid		membrana-lupina, napetosti se razvijejo v membran- ski ploskvi	napetostne in strižne napetosti delu- jejo na membranski ploskvi

Preglednica 4 • Transformacija obtežb preko strešne konstrukcije v steber.

6 • DISKUSIJA

Izpostavljeni parametri (oblika in dimenzije strehe, debelina strehe, višina stebra in njegova florisna oblika, število posameznih elementov, ki so združeni v enoten objekt, in raster postavitve objekta) se nanašajo tako na gradbenoinženirski kot tudi arhitekturnooblikovni in umetnostnozgodovinski vidik. Diskusija je namenjena boljšemu poznavanju in razumevanju zgodovine konstrukcij ter v premislek o uporabi oblik in dimenzij v novih materialih ali drugačnih tehnikah gradnje. Danes je projektiranje strešnih konstrukcij, podprtih le z enim stebrom, v splošnem prepovedano na potresnih področjih, kamor sodi tudi celotna Slovenija.

Vemo, da so strešne konstrukcije, podprte le z enim stebrom, izredno problematične pri vodoravnih obtežbah. Na to je prvi opozoril eden izmed prvih snovalcev takšnih konstrukcij, Amancio Williams (Williams, 2019).

V prispevku opisane strešne konstrukcije, ki so podprte le z enim stebrom, so večinoma zgrajene iz armiranega betona. Pred drugo svetovno vojno je bil armirani beton razmeroma novo gradivo, v katerem so gradbeni inženirji in arhitekti preizkušali nove konstrukcijske možnosti in nove oblikovne forme. Z uporabo armiranega betona je bilo možno povezati streho in nosilni steber preko razširitve z vuto. Odločitev o uporabi konstrukcije z enim stebrom je bila racionalna, saj gre največkrat za bencinske črpalke, pisarniške prostore, letališke hangarje, industrijske hale in podobno, torej za objekte, ki zahtevajo kar največ odprtega prostora. Šele po letu 1960 so začeli uporabljati tudi druga gradiva, najprej jeklo. Nato so zgradili tudi strehe z enim stebrom, pri katerih so uporabili različne tkanine, lepljen les in papir oziroma karton.

Prve strešne konstrukcije, ki so podprte z enim stebrom, so bile povsem unikatne – to so nadstreški v Asturiji in v Ljubljani ter bencinska črpalka na Danskem. Veliko število enakih elementov so uporabili pri gradnji pisarniških prostorov Johnson Wax v Združenih državah Amerike, letaliških hangarjev v Franciji in tovarniških skladišč v Italiji. Ugotovili so, da je s ponovno uporabo opažev mogoče izdelati več enakih elementov armiranobetonske strešne konstrukcije, in gradnja je postala bolj ekonomična. Čeprav so stavbe sestavili iz več enakih strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom, je bila vsaka izmed teh konstrukcij

ločena od sosednjih in tako deluje kot samostojna konstrukcija.

Zanimivo je, kdo je strešne konstrukcije, ki so podprte z enim stebrom, načrtoval. Ildefonso Sánchez del Río Pisón, Fernand Aimond in Giorgio Baroni so bili gradbeni inženirji, Arne Jacobsen, Frank Lloyd Wright, Amancio Williams in Félix Candela arhitekti. Kdo je načrtoval nadstrešnico v Ljubljani, ni natančno znano: morda je bil to gradbeni inženir Franjo Dždek, a morda tudi kdo drug – gradbeni inženir ali arhitekt. Gradbeni inženirji so zgradili večje število enakih strešnih konstrukcij, ki so podprte le z enim stebrom: Ildefonso Sánchez del Río Pisón je variral premer dežnikov, ki jih je gradil po Asturiji; Fernand Aimond je načrtoval vsaj štiri različne tipe z enim stebrom podprtih hiperboličnih paraboloidov; Giorgio Baroni je konstrukcijo zgradil in patentiral, a je bilo njegovo delo zaradi začetka druge svetovne vojne prekinjeno ter ga je lahko nadaljeval šele leta 1949. Vsak izmed arhitektov je strešne konstrukcije, ki so podprte le z enim stebrom, uporabil le enkrat: Arne Jacobsen kot nadstrešek nad bencinsko črpalno, Frank Lloyd Wright je drevesom podobne stebre zasnoval za poslovno stavbo v Salemu in nato idejo realiziral v Racinu, Amancio Williams je na realizacijo svojih preizkušancev čakal četrto stoletje. Félix Candela je arhitekt z veliko inženirskega znanja, ki je proučil dela predhodnikov, jih nadgradil s prototipi in testiranjem.

V začetku so strešne konstrukcije, ki so podprte z enim stebrom, gradili brez fasade, torej so bile povsem odprte in so služile le za zavetje pred padavinami: perice in prodajalke mleka v Asturiji so bile varne pred pogostim dežjem, prav tako kot vozniki, ki jih je varovala nadstrešnica na bencinski črpalni Skovshoved. Če je stavba sestavljena iz več strešnih konstrukcij, je vsaka izmed teh konstrukcij ločena od sosednjih in tako deluje kot samostojna konstrukcija.

S sestavljanjem posameznih strešnih konstrukcij, ki so podprte le z enim stebrom, v večje celote so načrtovali tudi fasadni ovoj, ki je omogočil uporabo objektov za pisarne, letališke hangarje, delavnice in tovarniška skladišča. V teh primerih so zidovi konstrukcijsko ločeni od strešne konstrukcije. Le dve izmed osmih strešnih konstrukcij, zgrajenih v Ljubljani, imata fasado. V vseh primerih mora biti fasada izdelana kot nenosilna fasada.

Fasada Paviljona Jurček na Gospodarskem razstavišču je sestavljena iz lahkih elementov (stekla in aluminija), ki so pritrjeni na strešno konstrukcijo; prav tako so tudi senčni elementi Hale C obešeni na konstrukcijo strehe.

Oblike strešne konstrukcije, ki so podprte le z enim stebrom, so povsem različne. V florisu so ovalne, okrogle, mnogokotne, pravokotne ali kvadratne. Tretja dimenzija je izbočena ali vbočena, zato so strehe konkavne ali konveksne oblike, lahko pa so tudi ravne ali samo nagnjene na eno kap. Nagnjena na eno kap je Jacobsenova nadstrešnica. Fernand Aimond je za delavnice v Šoli za pomorske mehanike v Rochefortu uporabil streho, ki ima robove oziroma kapi strehe višje od sredine strehe oziroma priključka s stebrom, torej je konkavne oblike.

Mnogi izmed obravnavanih objektov, ki imajo robove strehe višje od osrednjega stebra, imajo znotraj vsakega stebra cev za odvodnjavanje. Streha, ki jo je preizkušal Amancio Williams, je konkavne oblike. V Ljubljani je prva takšna stavba Paviljon Jurček, ki ga je načrtoval arhitekt Marko Šlajmer.

Obravnavane strešne konstrukcije, ki so podprte le z enim stebrom, so stožčaste in piramidaste oblike, oblike hiperboličnih paraboloidov ali streh, sestavljenih iz več različnih oblik hiperboličnih paraboloidov. Te strehe, torej sestavljene iz več različno velikih in različno oblikovanih hiperboličnih paraboloidov, je uporabil Fernand Aimond v hangarjih na letališču med naseljema Lanvéoc in Poulmic ter v dveh pri letališču ob mestu Châteaudon.

Prve strešne konstrukcije, ki so jih zgradili v Asturiji, so bile krite s strešnimi ploščami iz lahkega vlaknastega cementa debeline 1 centimeter. Vse naslednje konstrukcije so bile narejene iz armiranega betona. Debeline strešne konstrukcije so se zmanjševale, najtanjša lupina je debela le 3 centimetre in ima obliko sedla ter meri 12×7 metrov.

Strešna konstrukcija, ki je nad podpornim stebrom, je lahko dveh osnovnih oblik. Prva možnost je, da so v steber vpete vidne konzole, ki nosijo konstrukcijo strehe. Druga možnost je, da te konzole niso vidne oziroma je konstrukcija projektirana tako, da konzol ni.

Prav tako kot strehe se po florisni obliki razlikujejo tudi stebri. Raziskani stebri so v florisu okrogli, osemkotni, šestkotni ali kvadratni. Stebri, ki sta jih načrtovala Frank Lloyd Wright v Wisconsinu in preizkušanci Amancia Williamsa, so v prerezu votli. Po višini so stebri lahko enakomerni, torej je prerez po celotni

višini enak, lahko se steber z oddaljenostjo od temelja oži ali širi. Primer širitve stebra z oddaljenostjo od temelja, torej steber, ki se zgleduje po minojkih stebrih, so uporabili Ildefonso Sánchez del Río Pisón v Cíañu, Frank Lloyd Wright v Racinu in Fernand Aimond v delavnica v Rochefortu. A največkrat se steber šele tik pod vrhom, ob stiku s strešno konstrukcijo, vutasto (oziroma gobasto) razširi.

Takšne konstrukcije je mogoče izdelati iz montažnih elementov, lahko pa so povsem unikatne. Ponovitev večjega števila enakih elementov omogoča prefabrikacijo, zato je gradnja bolj ekonomična. Veliko število enakih elementov so uporabili pri gradnji zgradbe Johnson Wax, letaliških hangarjev, industrijskih hal v Mehiki, pri Miheličevem Paviljonu C in tudi pri nadstrešnicah ljubljanske železniške postaje. A po drugi strani je kar nekaj stavb povsem unikatnih, med njimi tudi najstarejša nadstrešnica v Ljubljani, Jacobsenova bencinska črpalka in Šlajmerjev Paviljon Jurček. Miheličevo opuščeno bencinsko črpalko lahko celo štejejo za unikatni kiparski izdelek!

Poimenovanje strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom, v literaturi in dokumentih, najdenih na svetovnem spletu, ni jasno določeno. Ob nastanku konstrukcije je vsak izmed snovalcev konstrukcijo poimenoval po obliki iz že poznane sveta, ki ga je spominjala na predmete ali rastline: dežnik, goba, drevesu podoben steber, cvetna čašica, lupina. V angleščini se pojavljajo oblike streh pod različnimi imeni (dendriform, calyx, lily-pad, mushroom, hyperbolic paraboloid, hypar, HP, umbrella), zato arhitekti, umetnostni

zgodovinarji in laiki pogosto te konstrukcije opisujejo z neustreznimi in tudi nepravilnimi izrazi. Tudi uporabniki so konstrukcijo poimenovali po že znanih oblikah: dežnik ali goba. Raziskovalci se večkrat znajdemo v težavah, ko ob opisih ene konstrukcije naletimo na več različnih poimenovanj. Primer objekta, kjer je poimenovanje največkrat nedorečeno, je Palazzo del Lavoro v Torinu, ki je v literaturi obravnavan kot dežnik ali kot goba ali pa so se različni avtorji podrobnejšemu imenovanju celo rajši izognili; morda je do nedefiniranosti prišlo prav zaradi uporabe materiala, saj je Nervi zasnoval streho, ki je podprta z jeklenimi radialnimi konzolami in je tako prva pomembnejša strešna konstrukcija (podprta le z enim stebrom), ki ni bila narejena samo iz armiranega betona.

Tudi v slovenski strokovni literaturi izrazi niso enoznačni. Slovenski umetnostni zgodovinarji in arhitekti uporabljamo besedni zvezi gobasta konstrukcija in dežnikasta konstrukcija, a razlikovanje med obema je večkrat nejasno in zgodilo se je, da je isti avtor za streho istega objekta v eni knjigi uporabil dva izraza: gobasta streha ((Bernik, 2004), str. 360) in dežnikasta konstrukcija ((Bernik, 2004), str. 318). V slovenščini govorimo o strešni konstrukciji, ki je podprta samo z enim stebrom in ima ali obliko gobe ali dežnika. In kakšna je razlika med obliko gobe in dežnika? Goba kot gozdni sadež je nadzemni del glive, sestavljena je iz beta in klobuka. Dežnik je primer prednapete membrane z vsiljenimi napetostmi ((Salvadori, 1979), str. 110) in je sestavljen iz ročaja, naper in membrane. Razlika med obe-

ma je v tem, da dežnik ima napere, medtem ko jih goba nima.

Gradbeni inženirji obeh besednih zvez, gobasta konstrukcija in dežnikasta konstrukcija, ne uporabljajo. Bolj sta jim domača izraza konzolna konstrukcija ali vutasta konstrukcija. V slovenskem prevodu knjige Konstrukcije v arhitekturi (Salvadori, 1979) je dežnikasta streha definirana kot streha, sestavljena iz štirih (običajno enakih) hiperboličnih paraboloidov, kjer so »zunanje robne grede nategnjene z rezultanto strižnih napetosti in nateg se v vsaki izmed njih uravnovesi z nategom iz sosednjega odseka. Streha je notranje uravnovešena in robne grede so natezne vezi.« Lupina deloma nosi »tudi težo zunanjih, vodoravnih robnih gred, zato je lupina deloma tudi upogibno obremenjena.« ((Salvadori, 1979), str. 133)

Razlika med streho v obliki dežnika in dežnikasto streho je očitna: streha v obliki dežnika bi bila sestavljena iz stebra, (radialnih) nosilcev in strešne ploskve (podobno kot dežnik); dežnikasta streha pa je streha, ki je sestavljena iz hiperboličnih paraboloidov, njeni robovi so običajno celo višji od sredinskega dela. A laičnemu opazovalcu se zdi, da dežnikasta streha dežniku sploh ni podobna.

In če gremo po analogiji: streha v obliki gobe je sestavljena samo iz stebra in strešne ploskve (torej je brez nosilcev), medtem ko je gobasta streha, podobno kot gobasta plošča, takšna streha, ki se vutasto razširi iz stebra. Laiki običajno ne prepoznajo razlike med dežnikasto streho in streho v obliki gobe, saj sta obe brez vidnih nosilcev, zato večkrat pride do zamenjav in napačnega poimenovanja.

2011), (Villa García, 2005), (Espion, 2016), (Currá, 2018)) ter vedno večje zanimanje za delo inženirjev konstruktorjev, razkrivajo nove poglede na začetke razvoja strešnih konstrukcij, ki so podprte z enim samim stebrom. Vendar se vsak izmed raziskovalcev osredotoči le na opus posameznega konstruktorja. Širša primerjava posameznih konstrukcij in njihovih lastnosti nam pokaže, kdo, kje, kdaj, kako in zakaj so gradili takšne konstrukcije. Prav je, da poznamo zgodovino razvoja konstrukcij in jo razumemo. Iz poznavanja konstrukcij preteklosti se lahko marsičesa naučimo.

Strešne konstrukcije, podprte samo z enim stebrom, so načrtovali tako gradbeni inženirji kot arhitekti. Arhitekti so gradili manjše in unikatne objekte, gradbeni inženirji preizkušali večje razpone in zgradili več enakih enot. Vsi, še posebej pa Fernand Aimond, Giorgio

7 • ZAKLJUČEK

V arhitekturalni in umetnostnozgodovinski strokovni literaturi so strešne konstrukcije, ki so podprte le z enim stebrom, poimenovane z različnimi imeni: v angleščini dendriform, calyx, lily-pad, mushroom, hyperbolic paraboloid, hypar, HP ali umbrella, v španščini paraguas in bóveda cáscara, v danščini paddehatten, v italijanščini ombrello, največkrat so ta imena objektom oziroma konstrukcijam dali kar njihovi snovalci: arhitekti ali gradbeni inženirji. Slovenski prostor je manj inovativen, v umetnostnozgodovinski in arhitekturalni strokovni literaturi so omenjani izrazi gobasta streha, streha v obliki gobe in gobasta konstrukcija ter dežnikasta streha, streha v obliki dežnika in dežnikasta konstrukcija (včasih tudi z dodani-

mi pridevniki); pri tem pa razlika med izrazi ni bila vedno jasna in enolično določena. Problem je predvsem pri poimenovanju dežnikaste strehe, ki je že v angleščini definirana kot streha, ki po notranjih napetostih sicer deluje kot dežnik, a dežniku ni podobna in pravzaprav spominja na gobo. Arhitekti vidimo razliko med izrazoma goba in dežnik v tem, kako se obtežba prenaša preko strešnega dela konstrukcije v vutasti steber. Pri gobasti strehi je prenos obtežbe iz vsake točke strešne konstrukcije direktno na podporni steber, prenos obtežbe pri dežnikasti strehi pa je indirektno in poteka preko (vidnih ali nevidnih) konzol.

V zadnjih letih objavljene številne raziskave na področju zgodovine konstrukcij ((Cassinello,

Baroni in Amancio Williams, so s svojim prispevkom k uveljavitvi strešnih konstrukcij, podprtih z enim stebrom, tlakovali pot Félixu Candeli. Po letu 1960 je sledil velik razmah strešnih konstrukcij, ki so podprte samo z enim stebrom, ki je trajal 10 let, vse do leta

1970. V sedemdesetih letih dvajsetega stoletja strehe, podprte z enim stebrom, postanejo zaradi šibke odpornosti na horizontalne sile neprimerne za vsa potresna področja, tudi za celotno ozemlje Slovenije. Danes se jih arhitektom popolnoma odsvetuje, saj njihova

zasnova ni v skladu z zasnovo varne konstrukcije. Tudi gradbeni inženirji jih ne načrtujejo, saj se je treba izogibati konstrukcijam, pri katerih je odpornost celotne konstrukcije odvisna od odpornosti enega samega elementa.

8 • LITERATURA

- Aimond, F., Etude statique des voiles minces en paraboloïde hyperbolique travaillant sans flexion. IABSE Proceedings 4, str. 1–112, 1936.
- Baroni, G., Copertura in cemento armato e relativo procedimento di fabbricazione. Italijanski patent n° 346696, 2. marec 1937.
- Baroni, G., Tetto o simile a superfici degradanti doppiamente rigate, particolarmente in cemento armato e relativo procedimento di fabbricazione. Italijanski patent n° 450290, 12. julij 1949.
- Baroni, <https://formfindinglab.wordpress.com/2018/09/27/out-of-his-shell-giorgio-baroni-an-earlydesigner-of-hyperbolic-paraboloid-shells/> (dostop 26.5.2019)
- Bernik, S., Arhitekt Milan Mihelič / Milan Mihelič Architect, Arhitekturni muzej, 1980.
- Bernik, S., Slovenska arhitektura dvajsetega stoletja / Slovene Architecture of the Twentieth Century. Mestna galerija, 2004.
- Cassinello, P., Revuelta Pol B.: Ildefonso Sanchez del Rio Pison. El Ingenio de un Legado (exposición). Fundación Juanelo Turriano, 2011.
- Currà, E., Russo, M., Reinforced concrete in Italy through the works of two generations of engineers: Mario and Giorgio Baroni. I. Wouters (ur.), S. van de Voorde (ur.), I. Bertels (ur.), B. Espion (ur.), K. de Jonge (ur.), D. Zastavni (ur.). 6th International Congress on Construction History (6ICCH 2018), July 9-13, 2018, Brussels, Belgium, str. 509-517, 2018.
- Espion, B., Pioneering hypar thin shell concrete roofs in the 1930s, Beton-und Stahlbetonbau, letnik 111, št. 3, str. 159-165, 2016.
- Faber, C., Candela: the shell builder. Reinhold Publishing Corporation, 1963.
- Hernandez, F., Beyond Modernist Masters: Contemporary Architecture in Latin America. Birkhauser Verlag AG, 2009.
- Hoppen, D.W., The Seven Ages of Frank Lloyd Wright: The Creative Process. Dover Publications, 1997.
- Kierdorf, A., Early mushroom slab construction in Switzerland, Russia and the U.S.A.: A study in parallel technological development. Proceedings Second ICCH Cambridge, str. 1793-1808, 2006.
- Lipman, J., "Frank Lloyd Wright and the Johnson Wax Buildings," Dover Publications; 2003.
- NN, Bencinski servis Petrol Ljubljana. Sinteza 17, str. 36-39, 1970.
- Ravnikar, V., Zorec, M., Gregorič, T., Koselj, N., Evidenca in valorizacija objektov slovenske moderne arhitekture med leti 1945-70: aplikativna raziskava. UL- Fakulteta za arhitekturo, 2000.
- Rian, I.M., Sassone, M., Tree-inspired dendriforms and fractal-like branching structures in architecture: A brief historical overview. Frontiers of Architectural Research, letnik 3, št. 3, str. 298–323, 2014.
- Salvadori, M.G., Heller, R., Konstrukcije v arhitekturi. Državna založba Slovenije, 1979.
- Sánchez del Río Pisón, I., Un paraguas de hormigón armado en Oviedo o el ojo clínico del ingeniero. Revista de Obras Públicas, št. 2578, str. 302-5, 1931.
- Skovshoved, https://en.wikipedia.org/wiki/Skovshoved_Petrol_Station, povzeto 29. 9. 2018.
- Slak, T., Kilar, V., Potresno odporna gradnja in zasnova konstrukcij v arhitekturi. UL- Fakulteta za arhitekturo, 2005.
- Slivnik, L., An Overview of Mushroom Structures in Slovene Structuralism. Proceedings Third ICCH, Cottbus, Germany, str. 1339-1346, 2009.
- Slivnik, L., Strešna konstrukcija, podprta samo z enim stebrom. V: J. Lopatič (ur.), P. Može, (ur.), V. Markelj (ur.). 40. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije, Bled, 19.-20. 11. 2018. Ljubljana: Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev. str. 271-280, 2018.
- Slivnik, L., The distinction between mushroom and umbrella structures in Slovene architecture. 3rd World Multidisciplinary Civil Engineering, Architecture, Urban Planning Symposium (WMCAUS 2018), 18-22 June 2018, Prague, Czech Republic, (IOP conference series, ISSN 1757-899X, Materials science and engineering, vol. 471). Bristol: IOP. vol. 471, str. 1-10, 2019.
- Štajmer, M., Gospodarsko razstavišče v Ljubljani. Arhitekt 5, str. 65-70, 1960.
- Villa García, L. M., Los paraguas de hormigón armado del Principado de Asturias. V: S. Huerta (ur.), Actas del Cuarto Congreso Nacional de Historia de la Construcción, Cádiz, 27-29 enero 2005. Madrid: I. Juan de Herrera, SEdHC, Arquitectos de Cádiz, COAAT Cádiz. str. 1077-89, 2005.
- Williams, <https://alchetron.com/Amancio-Williams>, povzeto 29. 5. 2019.