

Razvoj konstrukcij v industrijski arhitekturi

Sonja Ifko

Povzetek

V prispevku je predstavljen pregled najpomembnejših razvojnih značilnosti konstrukcij industrijskih objektov v evropskem prostoru ter nekaj ključnih ameriških patentov v obdobju od konca 18. do sredine 20. stoletja, ki kažejo proces uvajanja novih materialov in konstrukcijskih pristopov, ki so jih ti omogočali. Je povzetek raziskave, ki je bila pripravljena v okviru doktorske disertacije Varstvo industrijske arhitekturne dediščine v Sloveniji.¹

Razvoj konstrukcij od 18. stoletja naprej pomembno zaznamuje razvoj novega stavbnega tipa, ki se je začel razvijati, da bi v njem potekala velikoserijska proizvodnja. Prav pri industrijskih stavbah so se zaradi funkcionalnih zahtev in potrebe po čim večji fleksibilnosti prostorov najprej začeli uveljavljati novi gradbeni materiali in z njimi nova konstrukcijska načela, če povzamemo ključno značilnost razvoja konstrukcij približno od takrat, ko so prvič vliili železo, do sredine 20. stoletja.



1

Sl. 1: Most v Coalbrookedal, Abraham Darby III. in John Wilkinson (1779). Foto: Tk420, via: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iron_Bridge_east_side_in_February_2019_\(cropped\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iron_Bridge_east_side_in_February_2019_(cropped).jpg), <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>.

UVELJAVITEV NOVIH MATERIALOV IN RAZVOJ NOVIH KONSTRUKCIJSKIH NAČEL

Lesene in opečne konstrukcije, ki so jih gradili do 18. stoletja, so omogočale le majhne razpetine, kar je zelo omejevalo rabo prostorov. To je prišlo do izraza še posebej pri industrijski proizvodnji, ki je praviloma zahtevala večje površine in čim bolj fleksibilne konstrukcije, v katerih se je lahko spreminjala namembnost. Nove možnosti so ponujali novi materiali. Neobremenjeni z novo estetiko so jih uporabljali predvsem inženirji in pozneje nove generacije arhitektov, ki so hotele uveljaviti nova oblikovalska načela. Veliki konstrukcijski posegi – mostovi viadukti, proizvodne hale z velikimi razpetinami – so bili primeri, pri katerih se je udeleževalo novo, tako na področju konstrukcijskih kot oblikovnih rešitev. Še v prvi polovici 20. stoletja je bila aplikacija nove estetike funkcionalizma večinoma omejena na utilitarne, industrijske objekte. O tem priča tudi Poelzigov opis razmer v začetku dvajsetega stoletja: »Še posebej so za razvoj industrijskih zgradb pomembni arhitekti, ki jim zaradi zavračanja historicizma ni uspelo dobiti dela pri drugih objektih. Najmanj odpora do novega je bilo namreč prav na področju gradnje industrijskih objektov, na področju, ki je bilo prepuščeno nam, saj je bilo po takratnih merilih nepomembno.«²

Železo in jeklo

Prvi konstrukcijski material nove industrijske dobe je gotovo železo. Taljenje rude s pomočjo koksa, ki je leta 1709 prvič uspelo Abrahamu Darbyju v Coalbrookedal, je poenostavilo in pocenilo proizvodnjo ter razširilo rabo železa.

Železa, pridobljenega v Darbyjevi livarni, pa kar dolgo niso uporabljali kot konstrukcijsko gradivo. Šele čez sedemdeset let je Abraham Darby III. naredil prvo litoželezno konstrukcijo. Most, nedaleč od livarne, je postavil skupaj z livarskim mojstrom Johnom Wilkinsonom. Konstrukcijska načela zasnove sta povzemala po lesenih konstrukcijah in v letu 1778 vliila vse dele petih enakih lokov, ki so jih nato sestavili na mestu leta 1779. Most je spodbudil številne projekte in tudi postavljanje novih mostov, pri katerih so inženirji tekmovali v konstrukcijskih zasnovah oziroma razponih, ki so jih z njimi lahko premagali. Na evropskem kontinentu so postavili prvi litoželezni most leta 1794 v Šleziji pri Laasanu (danes Lazany na Poljskem).

Novo gradivo so zaradi njegovih lastnosti začeli na široko uporabljati pri gradnji industrijskih objektov, saj jih ni omejevala estetika novega materiala, ampak je prevladovala njegova funkcionalna učinkovitost – povečanje konstrukcijskih razpetin.

Litoželezni steber je bil prvi industrijsko izdelan konstrukcijski element³ in v 19. stoletju so bile praktično vse konstrukcije, pri katerih je bila prioriteta doseganje velikih razpetin, podprte z litoželeznimi stebri. Železo je postajalo vse pomembnejši gradbeni material in snovali so domiselne konstrukcijske rešitve. Zanimiva je primerjava projekta obešene konstrukcije inženirjev Paula-Léona Lehaîtrea in Georgesa-Léona Piarrona de Mondésirja iz leta 1866 s projektom

- 1 Ifko, Sonja. Varstvo industrijske arhitekturne dediščine v Sloveniji: doktorska disertacija. (Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, 2003).
- 2 Helmut C. Schulitz, *Industrial Building - The Future of Tradition. Industrial Architecture in Europe, Constructa - Preis '86*, (Dunaj. Braunschweig: Quadrato, 1986).
- 3 Siegfried Giedion, *Mechanization Takes Command: A Contribution to Anonymous History* (New York: Oxford University Press, 1955).

Normana Fosterja za Renaultovo tovarno iz leta 1982, ki kaže visoko stopnjo konstrukcijskega znanja v 19. stoletju.⁴

Z izboljšanjem kakovosti železa in pridobivanjem jekla ter znatno pocenitvijo tega materiala se je njegova uporaba hitro širila. Pozneje so jeklene konstrukcije razvijali predvsem v ZDA, medtem ko je v Evropi po izumu železobetona ta pridobil prednost.

Cement in armirani beton

Leta 1824 je dal Joseph Aspdin v Angliji patentirati svoj način proizvodnje portlandskega cementa. Pozneje so, predvsem Francozi in Nemci, z raziskovanji določili natančna razmerja materialov v zmesi in tako definirali sestavo cementa. Uporabljali so ga predvsem kot vezivno sredstvo, konstrukcijsko pa zaradi svoje natezne togosti ni bil primeren. Pomembno vlogo je cement oziroma iz njega pripravljeni omet odigral kot protipožarno zaščitno sredstvo, s katerim so oblagali litoželezne stebre, slabo odporne na visoke temperature ob požarih, ki so bili v tovarnah stalna nevarnost.

Cement so začeli industrijsko proizvajati leta 1845.⁵ Kmalu potem so nastale tudi prve konstrukcije; leta 1847 streha François Coigneta nad teraso v Saint-Denisu, naslednje leto je Joseph-Louis Lambot naredil ladijsko lupino iz betona in dve leti kasneje (1849) je Joseph Monier betonske lonce za rože utrdil z jekleno mrežo.⁶ Istega leta je Monier patentiral armiranobetonski nosilec in do leta 1870 je že izdeloval velike betonske rezervoarje za vodo.⁷

Za Monierjevim patentom je bil leta 1891 na področju armiranobetonskih konstrukcij v Avstriji prijavljen patent stropne konstrukcije Josefa Melana, ki je vzdolžne jeklene stropne nosilce povezal s prečnimi krožnimi jeklenimi loki in površino med njimi zapolnil z betonom, litim na opaz. Konstrukcija je razvita iz sistema I-profilov in plitvih opečnih obokov, ki so jih začeli uporabljati že ob koncu 18. stoletja.⁸

Med patenti, povezanimi z armiranim betonom, je v Evropi ključen drugi patent sistema Hennebique (1902), ki ga je razvil francoski inženir François Hennebique. Omogočil je povezavo stebra in nosilca v monolitni sistem.

Sočasni patent v Ameriki, patentiran prav tako leta 1902, je razvil Ernest L. Ransome. Prvič je princip uporabil pri gradnji tovarne Pacific Coast Borax Company (Bayonne, New Jersey) leta 1895.⁹ Njegov patent je že vključeval možnost uporabe prefabriciranih sekundarnih nosilcev stropnih plošč.

Naslednji sistem armiranobetonske konstrukcije, prav tako sočasno in neodvisno razvit v ZDA in Evropi, je sistem stebrov z gobastim stikom s ploščo. V Evropi ga je patentiral Švicar Robert Maillart leta 1908, v ZDA pa Claude Allen Porter Turner leta 1909.

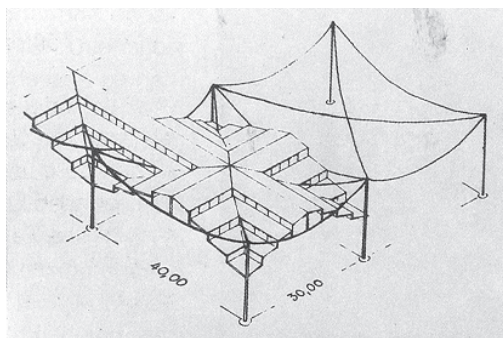


Fig. 5 Lehaitre, Mondésir: Hängekonstruktion/ Suspension structure, 1866.

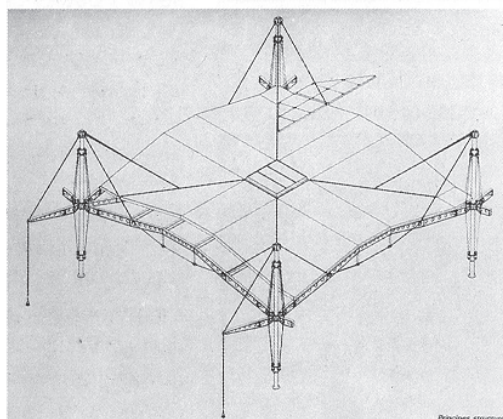


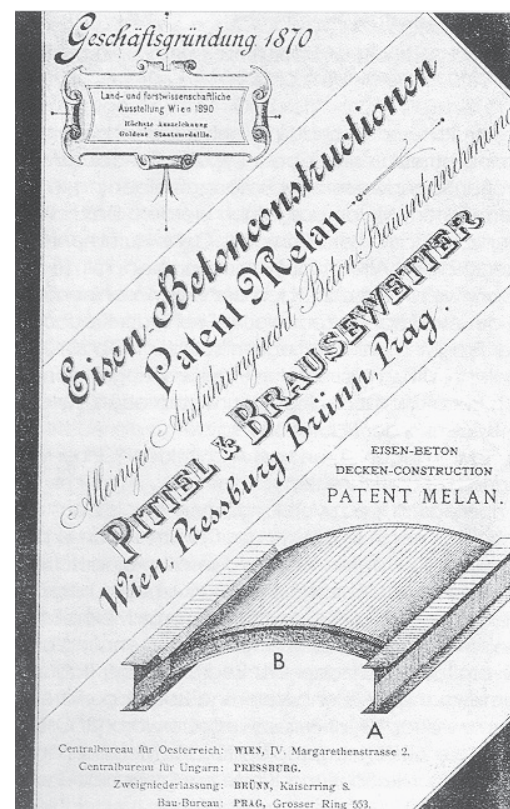
Fig. 6 Foster Assoc. Renault: Hängekonstruktion/ Suspension structure, 1982.

RAZVOJ INDUSTRIJSKIH ZGRADB IN UVAJANJE NOVIH KONSTRUKCIJSKIH REŠITEV

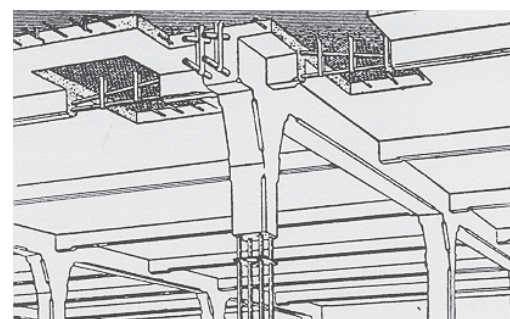
Prilagajanje gradnje značilnostim velikoserijske proizvodnje s pomočjo strojev je bila vodilna zahteva, ki je narekovala oblikovanje industrijskih objektov. Proizvodnja je zahtevala predvsem dvoje: čim večje razpetine in maksimalno prilagodljivost prostorov. Izpolnjevanje teh zahtev pa so opredeljevali materiali in konstrukcijske možnosti, ki so jih imeli na voljo, ter znanje, ki sta ga usmerjali inovativnost in ambicioznost izumiteljev, ki so bili vsaj v dobi zgodnje industrializacije tudi načrtovalci in graditelji tovarn.

Konstrukcije iz opeke in lesa

Prevladujoči gradbeni materiali 18. stoletja so bili kamen, opeka in les. Klasična opečna konstrukcija z nosilnim obodom in sistemom notranjih nosilnih sten je



3



4

Sl. 2: Primerjava viseče konstrukcije Paula-Léona Lehaitrea in Georgesa-Léona Piarrona de Mondésirja (1866) in Fosterjeve viseče konstrukcije za tovarno Renault (1982). Vir: Industrial Architecture in Europe, Constructa Preis '86, Dunaj, 1986.

Sl. 3: Reklamni letak za sistem Melan iz leta 1892. Vir: Georgeacopol-Winischhofer, Ute: Vom Arbeitshaus zur Großindustrie, Dunaj, 1998.

Sl. 4: Sistem Hennebique. Skica kaže razporeditev armature v stebrih in nosilcih ter povezavo obeh s stremeni v obliki črke U. Povzeto po Rivington: Notes on Building Construction, 1930.

4 Helmut C. Schultz, Industrial Building - The Future of Tradition. *Industrial Architecture in Europe, Constructa - Preis '86*, (Dunaj. Braunschweig: Quadrato, 1986).

5 Leonardo Benevolo, *History of modern architecture. Vol. 1, The tradition of modern architecture*. (London: Routledge & Kegan Paul, 1971).

6 Leonardo Benevolo, *ibid.*, 1971.

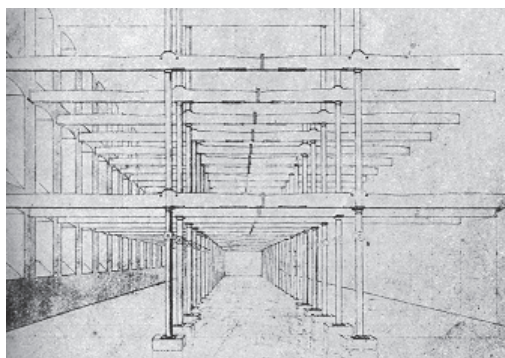
7 Michael Stratton, Steel and Concrete Construction in the North of England, 1869-1939, *Industrial Archaeology*, vol. XXI, junij 1999, str. 5-24.

8 Calico Mill Williama Strutta je nastal med letoma 1792 in 1793.

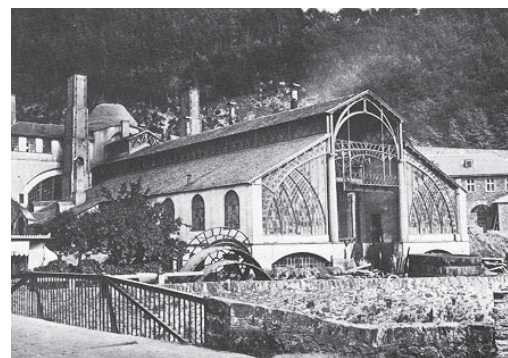
9 Werner Kaag, 1994. 'Industriebau 1900 bis 1930 Anfang des Neuen Bauens', v *Industriebau*, Kurt Ackermann, Werner Kaag (ur.) (Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1994).



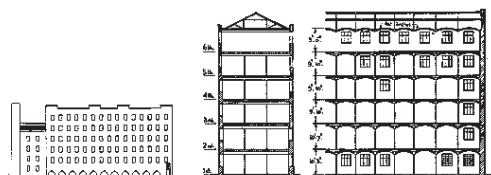
5



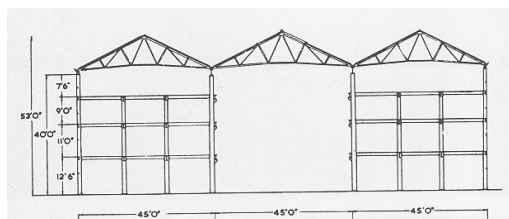
6



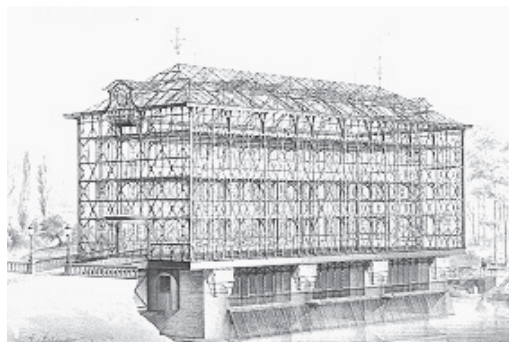
7



8



9



10

Sl. 5: Peter Behrens, Tovarna turbin AEG (1909).

Vir: Curtis, William: *Modern Architecture Since 1900*, London, 1996.

Sl. 6: Boulton, Watt in Lee, Twist Mill, Salford pri Manchesteru (1799–1801). Vir: *Industriebau*, Stuttgart, 1994.

Sl. 7: Karl Ludwig Althans, livarna Sayner (1828–30).

Vir: *Industriebau*, Stuttgart, 1994.

Sl. 8: John Lombe, Predilnica v Derbyju (1718). Vir: *Industriebau*, Stuttgart, 1994.

Sl. 9: Godfrey Green, prerez skladišča čolnov, Sheerness ob Temzi (1858–60). Vir: *Industriebau*, Stuttgart, 1994.

Sl. 10: Jules Saulnier, tovarna čokolade Menier Chocolate Co. v Noisielu (1871). Vir: *Industriebau*, Stuttgart, 1994.

najstarejši konstrukcijski princip, uporabljan pri gradnji industrijskih objektov. Pri taki gradnji se obremenitve preko stropnih nosilcev prenašajo na nosilni in obodni zid.

Prvi premik v razvoju je bila nadomestitev notranjih podpornih sten z lesenimi stebri, kar je omogočilo nastanek odprtega dvoranskega prostora.

Leta 1718 je John Lombe v Derbyju v Angliji zgradil predilnico svile. Predilnica je bila petnadstropna stavba, široka 12 in dolga 33 metrov. Konstrukcijsko razpetano je premagovala z leseno notranjo konstrukcijo nosilcev in stebrov, razporejenih na mreži 2,74 x 2,74 metra. Stropno konstrukcijo med nosilci so zapolnjevali plitvi opečni oboki. Obod je bil iz masivnega zidu. Nastal je prototip industrijskega objekta,¹⁰ ki se je kasneje konstrukcijsko še izpopolnjeval.

Konstrukcije iz litoželeznih elementov

Podporne lesene stebre je z litoželeznimi prvi nadomestil William Strutt pri gradnji tovarne Calico Mill v letih 1792 in 1793.¹¹

Prvo industrijsko stavbo z litoželeznimi stebri in nosilci je leta 1797 konstruiral Charles Bage.¹² To je bila predilnica lanu Ditherington Flax Mill v Shrewsburyju v Angliji. Bila je petetažna stavba, z razpetano med stebri 3 oziroma 3,6 metra (10 oziroma 12 palcev), razpeta med nosilci pa je znašala 2,74 metra. Bageeva konstrukcija je bila v poznejših projektih dodatno izboljšana, toda temeljni princip je ostal enak in široko uporabljan vse do začetka gradnje armiranobetonskih konstrukcij.

Med prvimi posnemovalci Bageevega sistema sta bila inženirja Matthew Boulton in James Watt, (Boulton & Watt) ki sta projektirala tudi stroj za Bageevo predilnico. Skupaj z inženirjem za konstrukcije Georgeem Augustusom Leejem sta projektirala Twist Mill v Salfordu pri Manchesteru (1799–1801), ki je bil najmodernejša tovarna tistega časa.¹³ Imela je parni stroj s 60 KM, centralno ogrevanje, pri katerem je bila para prvič razvedena s pomočjo litoželeznih cevi, in bila je prva tovarna s plinsko razsvetljavo na svetu. Razpeta nosilcev je dosegla rekordnih 4,27 metra, saj so namesto običajnih prvič uporabili T-nosilce.

Predstavljena konstrukcijska načela so reševala predvsem problematiko stavb večnadstropnih tekstilnih tovarn. Metalurški obrat Sayner Hutte iz Bendorfa v Nemčiji, zgrajen med letoma 1828 in 1839, je primer velike pritlične dvorane za proizvodnjo velikih litoželeznih elementov. Posnemala je zasnovo troladijske bazilike. Na koncu je bila zidana talilna peč, ki jo je obdajala masivna stena. Ta se je nadaljevala tudi ob

straneh. Vsa ostala konstrukcija je bila litoželezna, sestavljena iz ločnih elementov, ki so se ponovili tudi na čelni steni. Sistem ločnega paličja sta podpirali dve vrsti stebrov na razdalji 7,6 oziroma 7,3 metra od obodnih sten. Dvignjeni osrednji del je elegantno rešil problematiko prezračevanja in razsvetljevanja hale z velikimi razponi in je postal glavni način reševanja tega vprašanja.¹⁴

Konstrukcijski princip temelji na prenosu sil preko nosilca oziroma stebra točkovno in na obodu linearno na zunanje stene. S povezovanjem vertikalnih in horizontalnih konstrukcijskih elementov je nastal nov konstrukcijski sistem skeletnih konstrukcij, ki ga je v velikih industrijskih objektih omogočila uporaba železa. Razvoj skeletne gradnje se je začel s stavbo za skladiščenje čolnov na dokih Sheerness ob Temzi,¹⁵ ki je bila zgrajena v letih 1858–1860 po načrtih Godfreyja Greena. Konstrukcijo železnih okvirjev so dopolnjevali leseni nosilci med njimi. Zgradba je bila sestavljena iz treh delov. Dela ob straneh sta bila troetažna, osrednji prostor je bil enotne višine. Osvetljen je bil skozi stekleno streho.

Prva skeletna stavba na evropskem kontinentu je bila postavljena v Franciji. Leta 1871 so po načrtih Julesa Saulnierja zgradili tovarno čokolade Menier Chocolate Co. v Noisielu na reki Marni.

Postavljena je bila nad reko na štirih velikih nosilcih, ki so jih podpirali kamniti stebri, zasidrani v rečno dno. Zgornji del stavbe z železnim skeletom so zapolnjevali opečni zidaki.

Armiranobetonske konstrukcije

Štirideset let po patentiranju armiranobetonskega nosilca je prišlo do novega pomembnega izuma na področju armiranobetonskih konstrukcij, ki so ga nato na široko uporabljali pri gradnji industrijskih objektov. Že omenjeni sistem sklopa nosilca in stebra je leta 1892 prvi razvil Francoz François Hennebique. Že čez dve leti so ga prvič uporabili, in sicer pri gradnji predilnic Karla VI. v Tourcoingu in Barrois Frères v Lillu ter pri mlinu za pšenico v Nantesu.¹⁶

10 Hans-Ulrich Kilian, 'Industriebau vor 1900' v *Industriebau*, Kurt Ackermann, Werner Kaag (ur.) (Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1994). str. 14–39.

11 Nikolaus Pevsner, *A History of Building Types* (Princeton (N. J.): Princeton University Press, 1997).

12 Hans-Ulrich Kilian, *ibid.*, 1994.

13 Hans-Ulrich Kilian, *ibid.*, 1994.

14 Hans-Ulrich Kilian, *ibid.*, 1994.

15 Hans-Ulrich Kilian, *ibid.*, 1994.

16 Werner Kaag, *ibid.*, 1994.



11

Leta 1902 je bil patentiran nov sistem Hennebique za stik armiranobetonskega nosilca in stebra. Prvi so odkupili patent v nemškem podjetju Züblin und Wayss & Freytag z obrazložitvijo, »da je to najcenejši konstrukcijski sistem do sedaj«.¹⁷ Uporaba sistema Hennebique je omogočala redukcijo površin obodnih sten in je s tem povečala naravno osvetlitev ter prezračevanje proizvodnih prostorov.

Kot smo omenili, je sočasno in neodvisno od Hennebique v Ameriki razvijal podoben konstrukcijski sistem iz armiranega betona Ernst L. Ransome. Leta 1895 je v Bayonneu v državi New Jersey postavil tovarno, v kateri so nosilci že dosegli razpetino 7,5 metra.

Ransomov patent je v Ameriki razvijal Albert Kahn, arhitekt, ki je projektiral okoli 20 odstotkov vseh tovarnih tistega časa v ZDA. Ena zgodnjih je bila tovarna Highland Park Plant Ford Motor Company za prvi tekoči trak za proizvodnjo avtomobilov, in sicer za Fordov model T. Proizvodna hala, velika 228 x 22,5 metra, je imela raster stebrov 6 x 4,5 metra.¹⁸

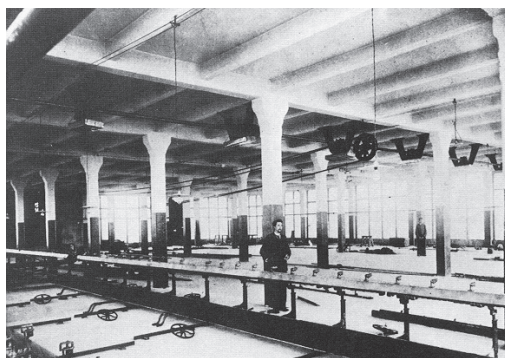
Sistem armiranobetonske konstrukcije z gobastim stikom s ploščo je dovoljeval pomik nosilne konstrukcije z roba stavbe v notranjost, kar je omogočilo namestitve nenosilnih steklenih zunanjih sten in je bilo zelo pomembno za osvetlitev delovnih površin. Najbolj znan zgodnji primer uporabe nenosilne fasadne opne je Behrensova tovarna turbin AEG v Berlinu iz leta 1910. Ta tovarna je prelomnica v razvoju ne le industrijskih zgradb, temveč arhitekture sploh. Zunanost tovarne, katere oblika in zasnova sta pogojeni z zahtevami proizvodnega procesa, oblikuje sedaj arhitekt, kot pravi W. Kaag:¹⁹ »... z reduciranim abstraktnim racionalizmom. Tako da z novo estetiko, prilagojeno materialom, ki jih uporabi, da iztočnico novemu oblikovalskemu izrazu, ki dokončno pretrga z iskanjem estetike v historičnih slogih.«

Za Hennebiquovimi in Ransomovimi konstrukcijskimi patenti za armiranobetonske konstrukcije so inženirji razvili še nekaj ključnih sistemov za razvoj industrijskih objektov. Auguste Perret je leta 1919 v Parizu zasnoval tekstilno tovarno in kot nosilno konstrukcijo uporabil prednapete armiranobetonske loke.

Aplikacije temeljnih konstrukcijskih principov

Poenostavitev proizvodnje jekla in izboljšanje njegove kakovosti sta omogočila uveljavitev jeklenih konstrukcij, in to predvsem v primerih, ko je bila zahtevana hitra zgraditev objektov. Uveljavile so se predvsem v ZDA in manj v Evropi, kjer je prevladala uporaba armiranega betona.

Veliki stroški za delovno silo so v ZDA spodbudili tako organizacijo proizvodnje, da so potrebovali čim manj



12

delavcev. Temu sta se morali prilagoditi tudi zasnova arhitekture tovarnih in gradnja. Tako so začeli graditi pritlične hale jeklenih konstrukcij in enostavne zasnove s prefabriciranimi elementi, kar je pomembno zmanjšalo ceno. Enoetažni prostori so hkrati zmanjšali dolžino poti med fazami proizvodnje. Uveljavila so se jeklena prostorska paličja.

Razlikujemo planarna in ukrivljena prostorska paličja. Planarna uporabljamo zlasti za raznos dvosmernih obremenitev. Njihova prednost je v dobrem prenašanju zvojnih obremenitev. Ravna prostorska paličja delujejo podobno kot plošče, le da so njihovo gradivo palice. Ukrivljena prostorska paličja delujejo enako kot tanke lupine, le da so sestavljena iz palic. Albert Kahn, znan predvsem po gradnji avtomobilskih tovarnih, je za svojega prvega naročnika iz avtomobilske industrije, Packarda, leta 1910 zgradil tudi tovarno za obdelavo železa Packard Forge Shop v Detroitu, enoetažno zgradbo velikosti 21,4 x 100 metrov, z jekleno palično nosilno konstrukcijo.

Risba prereza nam kaže edinstveno konstrukcijsko rešitev. Žerjavna proga s konstrukcijo, težko 10 ton, visi na paličnih nosilcih stavbe v višini drugega nadsvetlobnega pasu in teče po vsej dolžini stavbe. Trikotni povezniki so speti z oporniki in tako povečujejo togost konstrukcije pri obremenitvah dvigala in pri zunanjih vplivih, od katerih je obremenjujoč zlasti veter. Konstrukcija je še dodatno zavetrovana z Andrejevimi križi.

V razvoju paličnih konstrukcij na začetku 20. stoletja naletimo še na eno izpeljanko, in sicer v lesu. Leta 1905 je düsseldorfski arhitekt in tesarski mojster Philipp Stephan patentiral sistem ločnega lesenega paličnega nosilca, s katerim je lahko dosegel prekrivanje razponov do okoli 20 metrov. Ute Georgeacopol-Winischhofer navaja,²⁰ da je bila na Dunaju s tem sistemom prekrita velika garaža z razpetino 40 metrov. Sistem je pomembno omeniti, ker je bil na široko uporabljan za prekrivanje velikih hal na področju Avstro-Ogrske.

V času do druge svetovne vojne so se doslej predstavljeni konstrukcijski sistemi še razvijali, in sicer z uporabo v industrijskih objektih kot tudi z vedno pogostejšo uporabo v drugih arhitekturnih tipologijah.

17 Werner Kaag, *ibid.*, 1994.

18 Federico Bucci, *Albert Kahn Architect of Ford* (New York: Princeton Architectural Press, 1993).

19 Werner Kaag, *ibid.*, 1994.

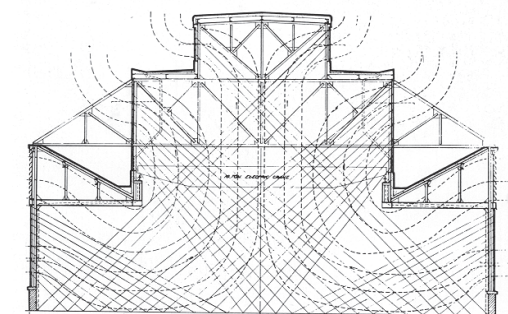
20 Ute Georgeacopol-Winischhofer, *Vom Arbeitshaus zur Großindustrie: Zur Geschichte des Industriebaus von den Anfängen bis in die Zwischenkriegszeit in der Wiener Leopoldstadt*, Österreichischer Kunst- und Kulturverlag: Dunaj, 1998.



13



14



15

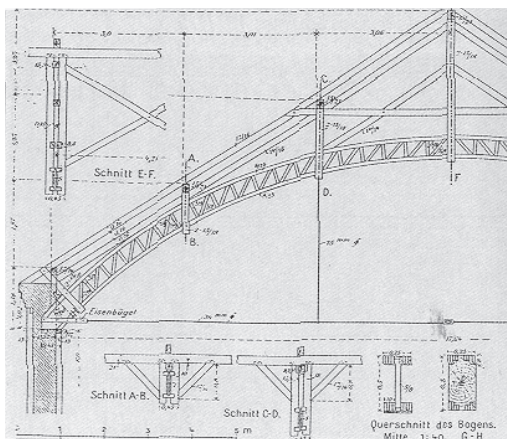
Sl. 11: Auguste Perret, notranjost tekstilne tovarne v Parizu (1919). Vir: Industriebau, Stuttgart, 1994.

Sl. 12: Pogled v eno od prvih tovarniških hal, zgrajenih s sistemom Hennebique. Vir: Industriebau, Stuttgart, 1994.

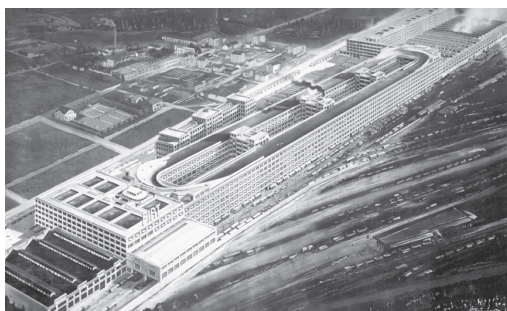
Sl. 13: Robert Millart, skladišče v Zurichu, prvi strop z gobastimi nosilci (1910). Vir: Industriebau, Stuttgart, 1994.

Sl. 14: Albert Kahn in Ernest Wilby, Ford Motor Company, Highland Park, Michigan (1909). Vir: Industriebau, Stuttgart, 1994.

Sl. 15: Albert Kahn, prerez Packard Forge Shop, Detroit (1910). Industriebau, Stuttgart, 1994.



16



19



20



21

Sl. 16: Philipp Stephan, palični ločni nosilec sistema.

Vir: Georgeacopol-Winischhofer, Ute: Vom Arbeitshaus zur Großindustrie, Dunaj, 1998.

Sl. 17: Sir Owen Williams, Boots Pure Drug Factory, Nottingham (1932). Vir: Industriebau, Stuttgart, 1994.

Sl. 18: Jan Brinkman in L. C. van der Vlugt, Van Nelle, Rotterdam (1929). Derwig, Jan; Mattie, Erik: Functionalism in the Netherlands, Amsterdam, 1995.

Sl. 19: Giacomo Matté-Trucco, Fiat Lingotto, Torino (1926).

Vir: https://en.wikipedia.org/wiki/Lingotto#/media/File:Fiat_Lingotto_veduta-1928.jpg

Sl. 20: Pročelje tovarne gume Brynmawr, Wales (1951).

Vir: Razglednica.

Sl. 21: Notranjost tovarne gume Brynmawr, Wales (1951).

Vir: Macdonald, Susan: Modern Maters, London, 1996



17



18

V tem času se je začela intenzivna uporaba armiranobetonskih šednih konstrukcij, zlasti pri dvoranskih proizvodnih halah. Z zasteklitvijo severnega dela šedov je bila omogočena intenzivna osvetlitev delovnih prostorov.

Med industrijskimi arhitekturami do konca druge svetovne vojne je treba izpostaviti še nekaj najpomembnejših.

Po zgledu ameriških avtomobilskih tovarn je inženir Giacomo Matté-Trucco leta 1916 projektiral kompleks Lingotto tovarne Fiat, ki je bila zaradi dolgotrajnosti gradnje ob zaključku leta 1926 funkcionalno že precej zastarela. Kljub temu je pomembna industrijska arhitektura predvsem zaradi uporabe novih materialov in konstrukcijskega principa – vidne skeletne konstrukcije in polnil – velikih steklenih površin.

Namestitev preizkusne steze za avtomobile na strehi in oblikovanje uvozne rampe znotraj arhitekture kažeta usklajen odnos funkcije in forme stavbe. Tovarna Fiat Lingotto je v oblikovanju nedvomno sledila idejam futuristov.

Ideje internacionalnega sloga v industrijski gradnji se prepričljivo kažejo v zasnovi tovarne Van Nelle v Rotterdamu, ki sta jo projektirala Jan Brinkman in Leendert Cornelis van der Vlugt.

Sestavljata jo dve poslopji: osemnadstropna pakirnica s stopniščem, nameščenim zunaj osnovne konstrukcije, in trinadstropna poslovna zgradba s krožnim tlorskim zaključkom. Oba dela sta med seboj povezana z zastekljenimi mostnimi hodniki v nadstropju.

Armiranobetonska konstrukcija, podprta z gobastimi stebri, omogoča velike razpone in s tem večjo fleksibilnost proizvodnih prostorov. Obešena fasada je ločena od nosilne konstrukcije. Sestavljena je iz pocinkanih jeklenih profilov, polnil in stekla, ki omogoča maksimalno osvetlitev delovnih prostorov.

Tovarno Boots Pure Drug Factory v Nottinghamu iz leta 1932 je projektiral sir Owen Williams. Armiranobetonska konstrukcija je postavljena na raster velikih razponov, ki omogoča fleksibilnost in spreminjanje razporeditve proizvodnje. Podprta je z gobastimi stebri, ki so pomaknjeni z roba stavbe v notranjost. To omogoča dosledno namestitev obešene fasade – steklene zavese na celi stavbi. Zastekljene zunanje stene omogočajo dobro osvetlitev delovnih mest. Tovarna Boots je ena najpomembnejših stavb internacionalnega sloga po prvi svetovni vojni v Angliji in zaznamuje začetek nove stvarnosti na Otoku.

S Perretovo konstrukcijo za skladišče v Casablanci leta 1913 se je začel razvoj novega tipa armiranobetonskih konstrukcij, to je lupinastih konstrukcij – še

ene vrste konstrukcij, ki se je močno razvila v industrijski gradnji.

Lupinaste konstrukcije omogočajo premoščanje velikih razpetin in so zaradi velike fleksibilnosti prostora zelo primerne za industrijske in skladiščne dvorane. Zaradi svoje geometrije se uporabljajo kot horizontalne krovne konstrukcije. Tipe lupin ločimo glede na obliko in na prenos sil.

Tovarna gume Brynmawr rubber factory v Walesu je bila ena najbolj znanih tovarn s tovrstno konstrukcijo. Žal so jo leta 2001 porušili. Zgradili so jo, da bi zaposlili delavce, ki so izgubili delo zaradi zapiranja premogovnikov in zaradi modernizacije ribištva. Sestavljali so jo glavno poslopje, proizvodna hala na osnovnem rastru stebrov, prostore med njimi so pokrivala armiranobetonske lupine z okroglimi svetlobnimi odprtini, okrog osrednjega dela pa so bili razporejeni vsi potrebni pomožni prostori in skladišča.

Sklepne ugotovitve

Praktično vsi novi konstrukcijski pristopi, nastali v času od začetkov industrializacije do sredine 20. stoletja, so bili najprej preizkušeni pri industrijski gradnji. Razlog za to je bil, da so lastniki, večinoma hkrati tudi načrtovalci teh stavb, želeli maksimalno fleksibilnost in hkrati funkcionalnost zasnov ter maksimalen finančni iztržek glede na vložena sredstva. Seveda so bili vmes primeri, ko so lastniki z inovativnim oblikovanjem želeli predstaviti svoje mojstrstvo in so se dodatno posvetili oblikovanju, kot na primer pri železolitarni Sayner Hutte. Ob prvih preizkusih novega so nastale številne izjemne konstrukcijske rešitve, ki so jih kmalu začeli uporabljati tudi pri gradnji drugih stavb.

Z Behrensovo berlinsko tovarno AEG in leto kasneje z Gropiusovo tovarno čevljarških kopit Fagus Fabrik v Alfeldu v Nemčiji se na začetku drugega desetletja dvajsetega stoletja jasno izrišejo načela oblikovanja zdaj že suverene stavbne tipologije – industrijskih stavb. Njihov razvoj je utemeljen na racionalnih zasnovah in konstrukcijskih rešitvah. Racionalnost, ki jo najbolj povzame Louis Sullivan s formulacijo: oblike sledijo funkciji (forms follow function), postane temeljno vodilo oblikovanja dobe industrializacije in izhodišče, na katerem začne nova generacija arhitektov utemeljevati modernizem.