

UDK 624.014.2:728.1

Primljeno 23. 12. 2006.

Čelik u sadašnjem razvoju moderne stambene izgradnje

Boris Androić, Darko Dujmović

Ključne riječi

stanogradnja,
čelik,
čelične konstrukcije,
sustavi građenja,
troškovi građenja,
predgotovljenost

Key words

housing construction,
steel,
steel structures,
construction systems,
construction costs,
level of prefabrication

Mots clés

construction des logements,
acier,
constructions en acier,
systèmes de construction,
fraîs de construction,
préfabrication

Ключевые слова

жилищное
строительство,
стальные конструкции,
системы строительства,
расходы по строительству,
предварительная
подготовка

Schlüsselworte

Wohnungsbau,
Stahl,
Stahlkonstruktionen,
Bausystem,
Baukosten,
Vorfertigung

B. Androić, D. Dujmović

Stručni rad

Čelik u sadašnjem razvoju moderne stambene izgradnje

Opisuju se problemi stanogradnje polazeći od toga da su troškovi građenja vrlo visoki, a i rokovi izgradnje su dugi. Upozorava se na potrebu pronalaženja inovativnih putova građenja kako bi se problemi riješili. Prikazani su i detaljno obrazloženi sustavi građenja upotrebom čeličnih konstrukcija visoke razine predgotovljenosti koji do sada nisu primjenjivani u Hrvatskoj. Navedeni su brojni inozemni primjeri stambene gradnje u čeliku koji daju argumente za primjenu u Hrvatskoj.

B. Androić, D. Dujmović

Professional paper

Use of steel in modern housing construction

Housing problems are described and an emphasis is placed on the fact that construction costs are very high, and that construction times are quite long. It is stressed that innovative construction methods must be found in order to solve problems currently burdening this sector. Construction systems involving steel structures with high level of prefabrication, not as yet applied in Croatia, are presented and explained in great detail. Numerous foreign examples of steel-based housing projects justifying the introduction of such construction in Croatia are presented.

B. Androić, D. Dujmović

Ouvrage professionnel

Utilisation d'acier dans la construction des logements nouveaux

Les problèmes actuels par rapport à la construction des logements sont décrits et l'accent est mis sur le fait que les frais de construction sont très élevés, et que les temps de construction sont relativement longs. Les auteurs soulignent que les méthodes innovatrices de construction doivent être trouvées afin de résoudre les problèmes actuels qui encombrent ce secteur. Les systèmes de construction basés sur les constructions en acier à degré très élevé de préfabrication, qui n'ont pas encore été introduits en Croatie, sont présentés et expliqués en plus de détail. Beaucoup d'exemples internationaux justifiant l'introduction d'acier dans la construction résidentielle en Croatie sont présentés.

Б. Андроић, Д. Дујмовић

Отраслевая работа

Сталь в современном развитии современного жилищного строительства

В работе описываются проблемы жилищного строительства, исходя из того, что расходы по строительству являются очень высокими, а сроки строительства долгими. Предупреждается о потребности нахождения инновативных путей строительства с целью избежания этих проблем. Показаны и детально обоснованы системы строительства применением стальных конструкций высокого уровня предварительной подготовки, до сегодняшнего дня не применяемых в Хорватии. Приведены многие иностранные примеры жилищного строительства в стали, дающие аргументы для применения в Хорватии.

B. Androić, D. Dujmović

Fachbericht

Stahl in der gegenwärtigen Entwicklung des zeitgemässen Wohnungsbau

Man beschreibt das Problem des Wohnungsbau ausgehend von der Tatsache dass die Baukosten sehr hoch und die Baufristen sehr lang sind. Es wird auf die Notwendigkeit aufmerksam gemacht innovative Bauweisen zu ermitteln um diese Probleme zu lösen. Dargestellt und detailliert begründet sind Bausysteme mit Gebrauch von Stahlkonstruktionen mit hohem Grad der Vorfertigung die in Kroatien bisher nicht angewendet wurden. Angeführt sind zahlreiche ausländische Beispiele des Wohnungsbau die Argumente für die Anwendung in Kroatien liefern.

Autori: Prof. dr. sc. **Boris Androić**, dipl. ing. građ.; prof. dr. sc. **Darko Dujmović**, dipl. ing. građ., Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, Kačićeva 26, Zagreb

1 Uvod

Primjena čelika u različitim tipovima konstrukcija ima dugogodišnju tradiciju. Međutim, iako za to postoje dobri argumenti, u stanogradnji čelik kao građevni materijal još uvijek nije zastupljen u onoj mjeri koju svakako zaslužuje. Ova činjenica posebno vrijedi za Hrvatsku u kojoj gotovo i nema primjera gdje se čelik rabi kao konstrukcijski materijal u individualnoj stambenoj izgradnji. Zato sigurno postoje određeni razlozi koje ćemo navesti u ovome radu. Iskustva u svijetu i Europi pokazuju da sustavi stambenih jedinica izvedenih pretežito čelikom nude zadivljujuće mogućnosti vlasnicima, inženjerima i arhitektima. Vlasnici kuća građenih čelikom mogu biti sigurni da su dobili građevinu velike trajnosti i mogućnosti jednostavnog održavanja. Inženjeri mogu biti zadovoljni jer su realizirali konstrukciju građevine koja ima izuzetno visoku razinu pouzdanosti. S druge strane arhitektima je pružena prilika za projektiranje stambenih građevina izuzetnih estetskih vrijednosti. Svakako treba istaknuti činjenicu da takve stambene jedinice karakterizira visoka razina predgotovljenosti tako da mogu biti izgrađene u vrlo kratkom vremenskom roku, a da pritom bude ostvarena ujednačena i visoka razina kvalitete.

2 Povijesni pregled

Početkom sedamdesetih godina prošlog stoljeća u SAD-u nastojalo se riješiti probleme koji su nastali krizom stanogradnje. Odlučeno je da treba pomoći industriji u stanogradnji pa započinje realizacija programa „izvršenja prodora“ (*Operation Breakthrough*). Ova velika akcija, iako je uloženo mnogo truda eksperata, znanstvenika i proizvođača, završila je na kraju razočaranjem i stečajem velikog broja građevinskih poduzeća.

Razlog je tome neuspjehu bila činjenica da se tražilo rješenje na brzinu imitirajući neka rješenja izvan SAD-a. Jedno od tih rješenja bila je i izrada stanova od modu-



Slika 1. Stambeno naselje Habitat

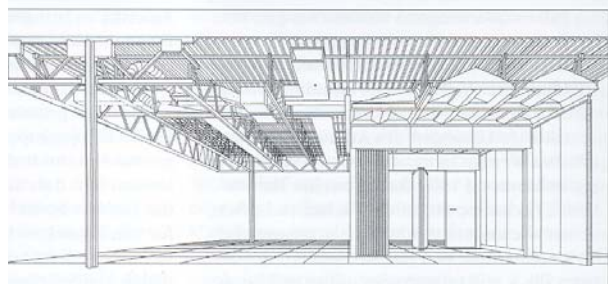
larnih betonskih jedinica koje su napravljene za potrebe svjetske izložbe u Montrealu 1976. godine. Tako je nastao skup stanova pod nazivom Habitat koji se i danas s ponosom pokazuje (slika 1.).

Međutim primjer stambenog naselja Habitat ni u kom slučaju nije bio primjer jeftine gradnje koja bi riješila krizu u stanogradnji. Nasuprot tome, pojavljuje se alternativa takvu modularnom načinu građenja izvedbom pokretnih kuća na kotačima izvedenih u modulima čeličnih okvira. Ta je gradnja bila dvadesetak puta jeftinija od stanova u Habitatu, zapravo može se reći da su to bile više auto-prikolice nego kuće u klasičnom smislu (slika 2.).



Slika 2. Pokretne kuće izvedene u modulima čeličnih okvira

Još prije programa „prodora“ oko 1960., arhitekt Ezra Ehrenkrantz razvija u Kaliforniji industrijski izrađeni modularni sustav građenja čelikom pod nazivom SCSD (slika 3.).



Slika 3. Industrijski modularni sustav građenja SCSD

Ehrenkrantz je uočio činjenicu da arhitekti ne znaju dovoljno o primjeni, ali i o razvoju građenja s predgotovljenim elementima. Težnje da se smanje troškovi u stanogradnji razvijale su različite sustave građenja. Tako se na primjer u SAD-u između 70-ih i 80-ih godina razvija sustav TEST (*Team for Experimental System and Building Techniques*) (slika 4.), u Velikoj Britaniji sustav *Patera System* itd.

Gledajući današnje stanje u stanogradnji kod nas i u Europi, cijene stanova i obiteljskih kuća u stalnom su porastu i nerazmjerno rastu s prihodima stanovnika. Razlozi su u velikom broju čimbenika, ali što se tiče tehničkog problema očito je da treba tražiti nove ideje i putove građenja kako bi se taj problem riješio.



Slika 4. Sustav građenja TEST

Kada se govori o primjeni čelika u stanogradnji u načelu postoje tri grupe sustava građenja koji se razlikuju s obzirom na vrstu nosive konstrukcije i stupanj razine predgotovljenosti: regalni, okvirni i modularni.

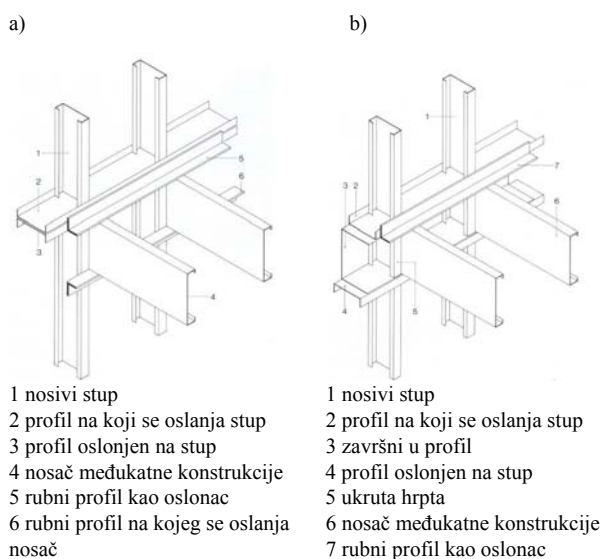
3 Regalni sustav građenja

Takav se sustav temelji na primjeni hladno oblikovanih pocinčanih profila poprečnog presjeka C, U i Z. Ovaj se sustav već dulje vrijeme primjenjuje u stanogradnji u SAD-u, Kanadi i Japanu. Međutim u posljednje se vrijeme češće mogu vidjeti stambene jedinice koje su izgrađene u tom sustavu i u državama Europske unije. U konstrukcijskom sustavu koji se temelji na regalnom sustavu građenja razlikuju se dvije varijante:

- Regalni sustav s kontinuiranim zidnim stijenama (*Balloon framing*), (slika 5.a). U ovom sustavu stupovi su izvedeni kontinuirano i na taj način tvore sljedeći kat.
- Regalni sustav s umetnutim zidnim stijenama (*Platform framing*), (slika 5.b). Stupovi koji tvore gornji kat oslanjaju se na međukatnu konstrukciju kata ispod.

Sustav građenja u stanogradnji s čeličnim materijalom koji je naveden pod a), pogodan je za konstrukcije s većim brojem katova, dok se drugi sustav primjenjuje kod konstrukcija s manjim brojem katova.

Ušteda u težini pri regalnom načinu građenja u odnosu na masivnu gradnju jest otprilike 66%. Dobitak tlocrtne površine građevine je 5% do 10% zbog smanjenja debljine zidova, ali s istim fizikalnim svojstvima.



- | | |
|--|----------------------------------|
| 1 nosivi stup | 1 nosivi stup |
| 2 profil na koji se oslanja stup | 2 profil na koji se oslanja stup |
| 3 profil oslonjen na stup | 3 završni u profil |
| 4 nosač međukatne konstrukcije | 4 profil oslonjen na stup |
| 5 rubni profil kao oslonac | 5 ukruta hrpta |
| 6 rubni profil na kojeg se oslanja nosač | 6 nosač međukatne konstrukcije |
| | 7 rubni profil kao oslonac |

Slika 5. Regalni sustavi: a) s kontinuiranim zidnim stijenama; b) s umetnutim zidnim stijenama

4 Okvirni sustav građenja

Dругu grupu sustava građenja čelikom u stanogradnji predstavlja okvirni sustav, kako se vidi na slici 6.



Slika 6. Okvirni sustav građenja čelikom

Ovaj se sustav odlikuje velikim rasponima, a time i mogućnošću slobodnog oblikovanja prostora unutar građevine. Čelični okviri preuzimaju funkciju nosivosti i stabilizacije konstrukcije i na taj način dopuštaju slobodno oblikovanje pročeljih i unutrašnjih stijena koje nemaju nosivu funkciju, pa se na taj način i pruža mogućnost slobodnog oblikovanja tlocrta kuće. Okvirni



Slika 7. Faze izvedbe kuće u sustavu okvirne gradnje

sustav vizualno pokazuje, osobama koje nisu inženjeri, logiku nosivosti sustava a time i tok sila u konstrukciji. Osnovni princip faza izvedbe kuća u sustavu okvirne gradnje prikazan je na slici 7.

5 Modularni sustavi

Ovaj je sustav građenja na neki način zapravo kombinacija regalnog i okvirnog sustava. Prednost je takvog sustava, između ostalog, u visokoj razini predgotovljenosti elemenata. Tehnika građenja modularnog sustava temelji se na otprilike 90%-tnoj razini industrijske predgotovljenosti. Na slikama 8., 9., 10. i 11. prikazana je izrada modula u radionici, zatim otprema na gradilište, montaža te dogotovljena građevina.



Slika 8. Izrada modula u radionici



Slika 9. Otprema modula na gradilište



Slika 10. Montaža modula



Slika 11. Izgled završene građevine

Modularni sustav unekoliko mijenja razmišljanja tijekom građenja. Nekad se smatralo da treba graditi-planirati-misliti. Ovaj sustav zahtijeva drugi način razmišljanja: misliti-planirati-graditi. Može se reći da je brzina građenja takva da u ponedjeljak počinje montaža, a u četvrtak se u kući doručkuje. Modularni sustav industrijske predgotovljenosti na neki način mijenja rječnik u graditeljsvu i umjesto „građenje“ rabi se riječ „sastavljanje“.

6 Primjeri iz prakse

Navest ćemo neke primjere iz prakse građenja stambenih jedinica izvedenih čelikom. Primjeri su vrlo različiti i svaki pokazuje posebnost ili prednost građenja čelikom.

6.1 Sanacije i proširenje

Mnoge stambene zgrade od betonskih stijena, kako se nekad uobičajeno radilo, ne zadovoljavaju današnje zahtjeve stanovanja. Uklanjanje takvih građevina nije financijski isplativo, ali adaptacija i proširenje prostora mogu se postići na jeftin i atraktivan način primjenom čeličnih okvira, kako je prikazano na slici 12.



Slika 12. Primjer adaptacije i proširenja stare zgrade primjenom čeličnih okvira; a) prije adaptacije; b) nakon adaptacije

6.2 Otpornost na potres i požar

Na primjeru kuće za stanovanje izgrađene u Japanu pokazuje se prednost čelika prema drugim materijalima u

građevinarstvu s obzirom na otpornost konstrukcije na učinke potresa. Konstrukcija se sastoji od širokopojsanih I nosača i kvadratičnih šupljih profila. Zidovi i međukatna konstrukcija izrađeni su od predgotovljenih ploča s rubnim C profilima. Zaštita od korozije izvedena je kako bi se postigla što veća trajnost. Elementi kuće izvedeni su od negorivih materijala, pa je efikasno riješen i problem požara. Za postizanje akustične izolacije i povećanja sigurnosti protiv požara primijenjene su ploče od laganog betona. Čelična konstrukcija dijelom je zavarena u radionici, a na gradilištu je spajana vijcima (slike 13. i 14.).



Slika 13. Montaža kuće



Slika 14. Dogotovljena kuća



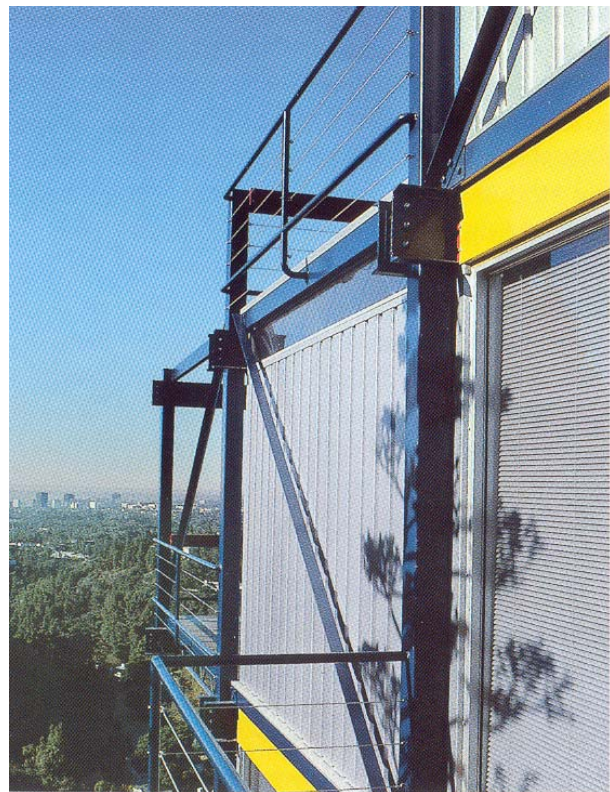
Slika 15. Primjer socijalne izgradnje zgrada u čeliku u Francuskoj

6.3 Socijalna gradnja

Primjer izgradnje stanova kada je trebalo u kratkom roku izraditi projekt, cijenu kvadrata stana prilagoditi ljudima nižih prihoda, a da se pritom osigura jednostavna prenamjena prostora i da se izgrade u vrlo kratkom roku, prikazan je na slici 15.

6.4 Elitna gradnja

Zanimljiv je podatak da su često inženjeri i arhitekti za svoje potrebe stanovanja primijenili čelik kao građevinski materijal. Tako je na primjer inženjer koji je u Kaliforniji radio na razvijanju sustava TEST za svoje potrebe izgradio kuću gdje je čelik bio pretežni materijal (slika 16.).



Slika 16. Kuća od čelika, Beverly Hills, 1975.

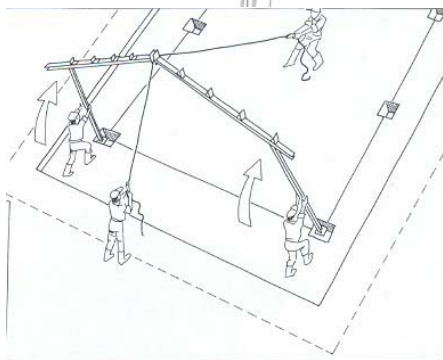
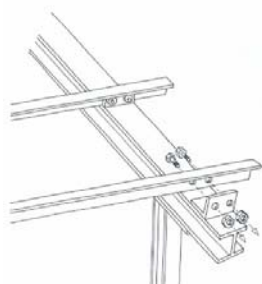
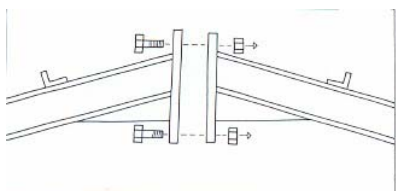
6.5 Samostalna montaža

Ako za gradnju kuće ne postoji kvalificirana radna snaga, praktično je samostalno odnosno s nekvalificiranom radnom snagom montirati kuću s predgotovljenim elementima. Primjer takve kuće, montirane u Južnoj Africi, prikazan je na slikama 17. i 18.

6.6 Fleksibilnost građenja

Za potrebe sajma u Hanoveru izvedena je čelična konstrukcija paviljona. Nakon završetka sajma arhitekt je za svoje potrebe kupio konstrukciju i na jednostavan

je način montirao, uz prenamjenu izložbenog paviljona u stambenu jedinicu (slika 19.).



Slika 17. Jednostavni detalji i primjer montaže jednog okvira



Slika 18. Primjer kuće jednostavne montaže



Slika 19. Kuća izvedena prenamjenom izložbenog paviljona

6.7 Loše karakteristike tla

Da bi se umanjila cijena koštanja temeljenja na tlu slabe nosivosti, u Australiji je kuća izgrađena u čeličnoj izvedbi na četiri armiranobetska pilota, kako je prikazano na slici 20.



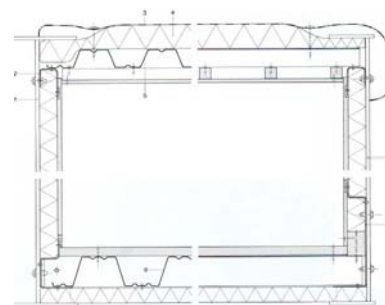
Slika 20. Temeljenje na armiranobetonskim pilotima



Slika 21. Izgled dogotovljene kuće

6.8 Studentski domovi

Studentske domove na Sveučilištu u Cardiffu u modularnom je sustavu projektirala čuvena tvrtka Ove Arup. Svaki pojedini modul praktično pridonosi integritetu građevine (slike 22. i 23.). Završni radovi izvedeni su opekom tako da dom izvana djeluje kao klasična građevina (slika 24.).



Slika 22. Poprečni presjek modula



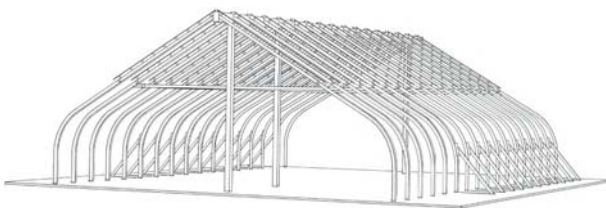
Slika 23. Montaža modula



Slika 24. Studentski dom u Cardiffu nakon završetka

6.9 Solarna kuća

Tipska solarna kuća koja povezuje prednost i funkcionalnost čelične konstrukcije i alternativnu primjenu energijskog sustava (solarnu) prikazana je na slici 25.



Slika 25. Solarna kuća

Ova se kuća koristi solarnom energijom tako da je za njezino grijanje potrebno dodatno još samo 1,7 litara ulja za loženje po 1 m² u jednoj godini. To otprilike znači da su za godišnji utrošak za grijanje takve kuće površine 100 m² potrebna samo dva puna rezervoara jednog auta srednje klase. Rasponi čelične konstrukcije mogu biti od 6,00 m do 12,00 m. Zahvaljujući nosivoj čeličnoj strukturi unutrašnji raspored može se podijeliti prema željama vlasnika, a kasnije eventualno na jednostavan način i proširiti.

7 Zaključak

U budućnosti treba tražiti nova i inteligentnija rješenja u proizvodnom razvoju jeftinijih sustava građenja u stanogradnji. Čelik je, u određenom području primjene, superioran građevni materijal od kojeg imaju koristi vlasnici, inženjeri, arhitekti, ali i okoliš. On se u potpunosti razgrađuje bez zagađenja okoliša ili se može reciklirati. Da bi se primijenio u stanogradnji, prvenstvena zadaća trebala bi biti stvaranje klime za prihvatanje ovoga građevnog materijala. Proizvodi od različitih materijala kombiniraju se u stanogradnji prema njihovim tehničkim, ekonomskim i ekološkim prednostima. Isto tako potrebno je voditi više računa o obrazovanju studenata kao budućih projekatanta novih rješenja u stanogradnji.

Ako se žele navesti razlozi zašto nema niti jednog primjera uporabe čelika u stanogradnji, kako je već navedeno u uvodu, onda njih treba tražiti prvenstveno u neodgovarajućoj svijesti i stručne javnosti i potencijalnih vlasnika stambenih jedinica. Neargumentirano odbijanje suvremene stanogradnje sustavom građenja visoke razine predgotovljenosti rezultira neopravdano visokom cijenom i nerealnim vremenskim rokovima izgradnje „klasične gradnje“. U radu su navedeni primjeri iz prakse u inozemstvu koji pokazuju mogućnosti, prednosti i potencijal građenja visoke tehnologije u stanogradnji.

Osnovni cilj u budućoj strategiji stanogradnje trebalo bi biti radikalno smanjenje cijene koštanja stambenog prostora i vremena izgradnje. Čelik s primjenom drugih komplementarnih materijala može pridonijeti izgradnji sljedeće generacije stambenih jedinica visoke predgotovljenosti, čime bi se približili navedenom osnovnom cilju preobrazbe sustava klasične stanogradnje u onu visoke tehnologije.

LITERATURA

- [1] *Light Gauge Steel Framing for Housing*, Swedish Institute of Steel Construction, Stockholm, 2000.
- [2] *Wohnbauten in Stahl – weltweit*, Dokumentation 532, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, 1996.
- [3] *Wohnungsbau mit Stahl*, Symposium, Erfurt, Dokumentation 559, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, 2000.
- [4] *Kostengünstiger Wohnungsbau mit Stahl*, Symposium, Düsseldorf, Dokumentation 548, Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, 1999.