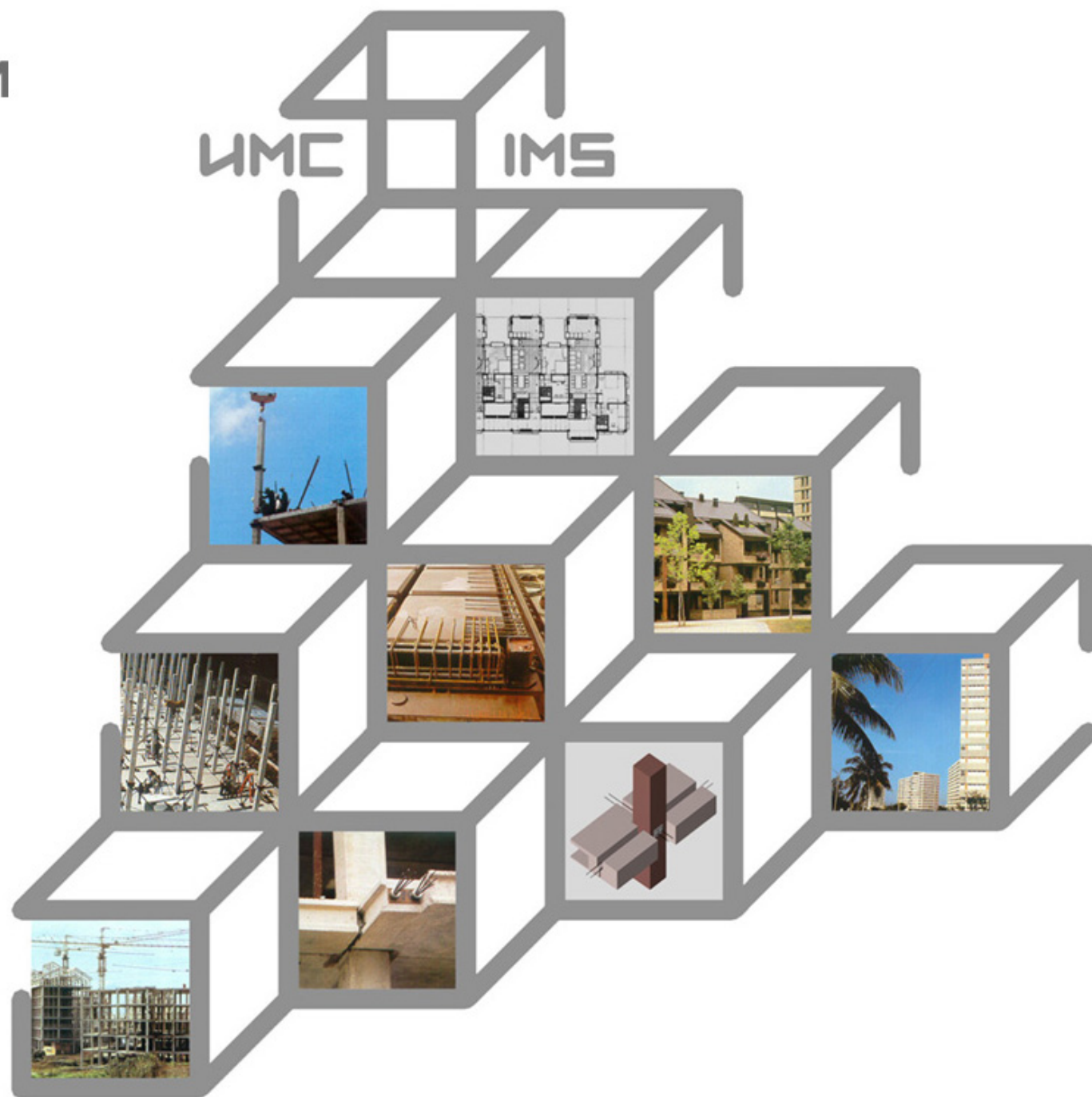


МОНТАЖНИ
ПРЕДНАПРЕГНУТИ
СКЕЛЕТ У
САВРЕМЕНОМ
ЗГРАДАРСТВУ



ИНСТИТУТ ЗА ИСПИТИВАЊЕ МАТЕРИЈАЛА ИМС – БЕОГРАД

МОНТАЖНИ ПРЕДНАПРЕГНУТИ СКЕЛЕТ У САВРЕМЕНОМ ЗГРАДАРСТВУ СИСТЕМ ИМС

аутори текста:

mr Радован Димитријевић, дипл. инж. грађ.
Бранка Гавриловић, дипл. инж. арх..

техничка обрада:

Александар Столић, дипл. инж. арх..

Београд 2000. године

САДРЖАЈ

Увод	1
Карактеристике технологија грађења у зградарству	2
Савремени захтеви становања - перформансе зграде	3
Критеријуми за избор технологије грађења, конструктивног система, материјала, елемената и спојница	4
Технологија грађења ИМС	8
Карактеристике система ИМС и архитектонско пројектовање	10
Технологија грађења ИМС и технолошко конструктивни захтеви	15
Референце.....	25

МОНТАЖНИ ПРЕДНАПРЕГНУТИ СКЕЛЕТ У САВРЕМЕНОМ ЗГРАДАРСТВУ - СИСТЕМ ИМС

Увод

Грађевинарство и зградарство, једна од најстаријих и најконзервативнијих људских делатности, налази се пред изазовом индустријске производње, чији је основни принцип серијска производња типских производа. Због бројних објективних фактора – урбанистичких, архитектонских, хуманистичких, естетских, функционалних, ове једноставне принципе у зградарству није лако применити. Дефицит стамбеног фонда у многим земљама, посебно у градовима, поставља енормне захтеве за градњом станова одређеног квалитета. Ефикасна реализација пројеката већег обима у области становања се не може остварити класичним занатским начином грађења. У таквим ситуацијама је неминовна примена индустријске производње, али само производње стандардних елемената зграде, а не и стандардних типских објеката за становање. Елементи се раде од разних материјала – дрвета, челика, опеке, бетона, пластичних материјала и могу се купити на тржишту или произвести у специјалним погонима за одређене пројекте. Погони за производњу елемената зграда захтевају одређена улагања која су сразмерна капацитету погона и жељеној брзини градње. Фактор који дефинише капацитет погона је економска рационалност и цена готовог објекта – зграде.

На бази досадашњих искустава из праксе, позитивних и негативних, могуће је за дате локалне услове одабрати оптималан начин грађења, организовати потребне погоне и решити друштвени проблем – грађење неопходног броја станова одговарајућег квалитета у захтеваном року.



Стамбено насеље Церак - Београд

Карактеристике технологија грађења у зградарству

Технологије грађења зграда се могу класификовати на следећи начин:

- **традиционално грађење** – зидање и бетонирање на лицу места;
- **унапређено традиционално грађење** - коришћење преносних, клизајућих, просторних - тунелских и других оплата за бетонирање на лицу места, уграђивање полупрефабриката од бетона и опеке мањих габарита и тежина.
- **индустријализовано грађења** уводи принцип серијске производње типских делова зграде - конструкције, уз коришћење класичног грађења осталих елемената зграде;
- **индустријско грађење** - тотална префабрикација уз тежњу да се сви елементи зграде производе серијски као стандардизовани, типски.

Традиционално грађење захтева значајне капацитете радне снаге за реализацију готово свих типова зграда. Процес грађења је дуг, примењују се занатске методе, без потпуне поделе рада, не користи се механизација, све операције се обављају на градилишту, као што је израда оплате, арматуре, малтера, бетона. За грађење се користе бетонски и опекарски елементи малих димензија. Завршни и инсталациони радови се раде на занатски начин, без значајније паралелизације процеса, уз поновне дораде финално обрађених делова зграде после занатских радова.

Унапређено традиционално грађење скраћује време грађења употребом једноставне опреме и полу префабриката користећи занатски начин грађења уз мања улагања у опрему. Унапређење се односи на припрему бетона у сталним погонима који се ауто миксерима допрема на градилиште, арматурних склопова који се готови доносе на градилиште и уграђују, као и на специјалне оплате за виšekратно коришћење, опрему за уградњу бетона - оплате или первибраторе, елементе мањих димензија – надпрозорнике, ребра таваничних плоча, степенице, инсталационе склопове водовода и канализације, прозоре, врата, зидне, подне и плафонске облоге.



Клинички центар – Ниш

Индустријализовано грађење комбинује индустријске принципе - поделу рада и серијску производњу елемената (најчешће префабрикацију конструкције) - уз унапређене занатске начине градње за делове зграде чија је стандардизација и префабрикација нерационална или даје крута и нефункционална архитектонска решења (примењују се разни типови оплате за виšekратну употребу: преносне, клизајуће, тунелске). Серијска производња одабраних типских елемената, организација и паралелизација процеса производње и монтаже, скраћује време изградње, рационално користи материјал, радну снагу, контролише квалитет радова и елемената, али захтева знатна улагања у опрему, средства за транспорт и монтажу елемената већих димензија и тежина, односно одговарајуће оплате.

Индустријско грађење – префабрикација - потпуно поштује принцип поделе рада и серијску производњу елемената зграде у целини. Елементи су, по правилу, више функционални, тако да, на пример, у себи садрже делове инсталација, уграђене прозоре, врата, керамику. У погону се користи више различитих материјала, што чини технологију производње сложеном.

Префабрикација захтева значајна средства за изградњу погона, опрему за производњу, транспорт и монтажу, специјализацију радне снаге. Због бројности разних елемената, рационалност се може постићи само великим серијама. Да би се избегла униформност крајњег продукта – зграде, приступа се дорадама и променама опреме за производњу уз додатна улагања. Пошто је крајњи продукт стандардна типска зграда, тешко се могу задовољити захтеви корисника у односу на урбанистичко архитектонске и естетске перформансе зграде, односно насеља, јер се тешко обезбеђује разноврсност према захтевима индивидуалних корисника.

Карактеристике префабрикације се могу дефинисати као:

- бољи услови рада у погонима, непрекидан рад независтан од климатских и сезонских услова током године;
- увођење опреме и механизације која смањује физички рад;
- серијска производња типских елемената;
- боље искоришћење материјала, бољи квалитет и контролу квалитета;
- смањење времена грађења, јер се уз грађевинске радове остварује део инсталатерских и завршних радова;
- велика улагања у погоне што захтева велике серије елемената;
- повећање трошкова транспорта;
- неповољне спојнице елемената - кључни параметар стабилности и функционалности готовог објекта, пракса највише замерки има баш код спојница;
- велика опасност од униформности зграда, урбанистичко - архитектонске монотоније, ако је реч о згради као типском производу.

Напомена:

*Оптimalни резултати у савременом грађењу се постижу правилном проценом степена префабрикације елемената зграде, проценом економске рационалности серије релевантне за квалитет перформанси зграде и задовољење захтева будућих корисника. Тиме се смањују претходна улагања у производне погоне, док се са тржишта допуњава потребан асортиман елемената зграде. Такав начин коришћења префабрикације елемената се назива отвореном префабрикацијом. Према савременим тенденцијама у зградарству, а посебно у изградњи стамбених објеката, **отворена префабрикација** се сматра једним од прихватљивих начина за реализацију пројекта ширег обима.*

Савремени захтеви становања - перформансе зграде

Проблем количине ново изграђених станова је уско везан за финансијске могућности и перформансе зграде, односно захтеве њихових будућих корисника.

Перформансе зграде могу се дефинисати на следећи начин:

- стабилност под статичким, динамичким, сеизмичким, пожарним оптерећењем;
- функционалност објекта уз одговарајући комфор и архитектонско урбанистичке, естетске и друге захтеве;
- функција заштите –физичка, термичка, акустичка, против пожарна, од атмосферских утицаја, окружења, као и заштита идентитета;

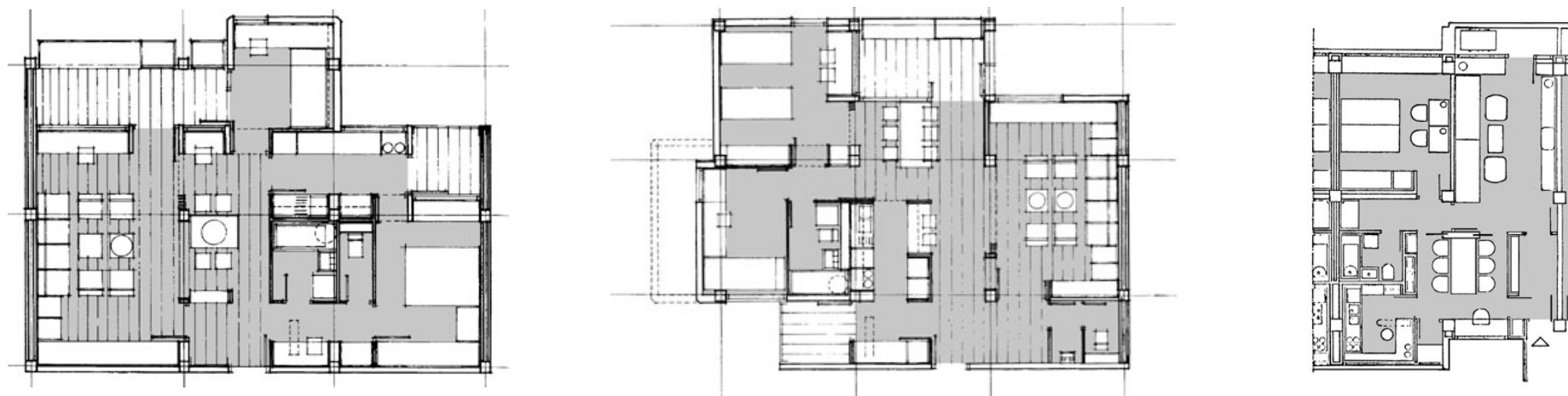
- штедња енергије у току грађења и експлоатације објекта;
- економско прихватљива цена за одговарајући стандард и минимално прописани квалитет објекта.

Као апсолутно приоритетан захтев, стабилност се обезбеђује избором система конструкције зграде. Елементи који прихватају и преносе оптерећења на тло формирају систем конструкције или конструктивни систем.

Конструктивни системи се класификују према носећим елементима на:

- системе линијских носача – стубова, греда (скелетни системи);
- системе површинских носача–зидова, плоча (попречни и подужни носећи зидови);
- системе просторних носача – кутије;
- мешовите системе - комбинације линијских и површинских носача –стубова, греда, зидова, и плоча.

Реализација конструктивних система се постиже технологијама грађења.



Пример станова у систему ИМС

Критеријуми за избор технологије грађења, конструктивног система, материјала, елемената и спојница

Ефикасна реализација пројекта великог обима из области становања подразумева примену индустријализованих система грађења. То потврђује искуство многих земаља, развијених или у развоју, које су решиле или решавају проблем стамбеног дефицита. Најповољнији резултати су остварени применом типизираних грађевинских елемената за градњу нетипизираних просторних решења објеката. Ово је базни критеријум за избор начина грађења уз полазну претпоставку постизања индустријске ефикасности (брзина,

квалитет, цена) и могућност добијања аутентичног квалитета становања за конкретну средину и корисника (архитектонско обликовање простора, појединачне потребе и могућности свих учесника процеса градње зграде).

При избору система грађења у обзир се узимају техничко технолошке карактеристике и економски ефекти који из тога произлазе, затим карактеристике релевантне за урбанистичко и архитектонско пројектовање, као и специфични захтеви које условљава конкретна локација (земљотреси, олујни ветрови, стање развоја локалне грађевинске оперативе и сл.). Без података релевантних за конкретну локацију, могу се добити само претходне процене погодности система. Коначна одлука следи после провере на конкретном примеру архитектонског решења објекта, као репрезенту квалитета становања и услова становања које треба остварити кроз његову материјализацију.



Скелетни системи имају предност код избора конструктивног система због најмањих ограничења за архитектонско пројектовање. Ови системи омогућавају флексибилност и варирање архитектонско-урбанистичких решења, минимални утрошак материјала конструкције, лаку префабрикацију. Тежина и волумен се могу прилагодити средствима транспорта. Конструкција зграде тражи материјал који успешно прихвата све врсте оптерећења, па се бетон намеће као оптималан, јер су дрво и челик осетљиви на пожар.

Остали елементи зграде дефинишу се према основним функцијама које су им поверене. Затварање скелета је могуће елементима који не носе корисно оптерећење па могу бити од материјала који имају повољније карактеристике за термичку и акустичку заштиту. Могућа је испуна скелета на традиционалан начин уз употребу расположивих материјала и радне снаге као и попуна скелета од префабрикованих елемената, на пример: за фасадне и преградне зидове, санитарне панеле или кабине - уколико су присутни на тржишту, или ако је економски оправдано производити их у свом погону.

Економичност је битан фактор за избор технологије грађења и зависи од локалних ресурса, расположивих материјала и радне снаге, односа цена материјала и радне снаге, обима задатка и рока извршења. Јефтина радна снага опредељује избор технологије за ту радну снагу. Релативно висока цена радне снаге тражи одлуку о коришћењу већег степена механизације и смањењу учешћа радне снаге. Улагање у механизацију и дефинисање оптималног годишњег капацитета погона скраћује време грађења.



Код упоређења економичности различитих начина и система грађења, узимају се у обзир радови који се битно разликују, док радови који се изводе истим поступком не утичу на поређење. Префабрикација захтева дефинисање елемената система конструкције и њихових спојница. Елементи се стандардизују по тежини, материјалу, волумену, расположивим крановима, транспортним средствима и условима јавног саобраћаја. Спојеви су битни за стабилност и функционалност у експлоатацији, зависе

од материјала и врсте оптерећења на месту споја. Бетонски елементи се спајају: бетонирањем анкера у споју – мокар поступак, заваривањем челичних анкера споја, преднапрезањем – суви поступци.

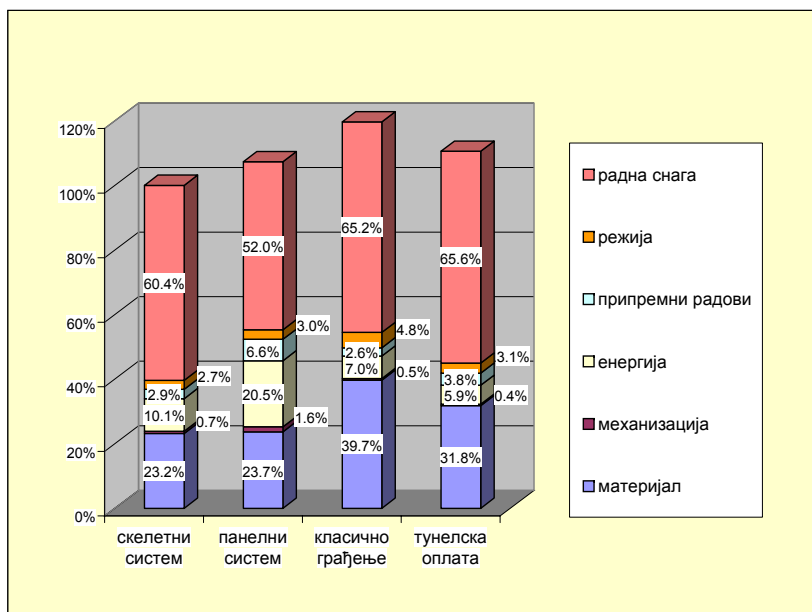
Напомена:

Неки префабриковани системи више се не користе јер су се показали као неадекватни (просторни кутијасти системи, крупно панелни) због архитектонско урбанистичке нефлексибилности, трајности функције спојева под дејством атмосферских и других утицаја. Данас се тотална префабрикација у пракси не користи.

Анализа економичности технологије грађења

Упоредне анализе економичности начина грађења без свих релевантних података за локацију на којој ће бити примењени, могу имати значај само за прелиминарно одлучивање.

Резултати анализе урађене су за најчешће примењиване системе грађења у Југославији.



Дијаграм: Упоредна анализа коштања различитих начина грађења

Анализа се односи на:

- традиционални класичан систем грађења,
- систем тунелске оплате,
- систем крупних панела,
- монтажни преднапрегнути бетонски скелет.

Предмет посматрања: Идентични стамбени објекти који нису специјално пројектовани у складу са поменутиим системима грађења.

Извор података: Искази власника система и искази независних експерата аутора анализе.

Анализирани подаци и појединачни резултати:

- тржишна цена грађевинских материјала (скелетни, крупно панелни, знатно неповољнији тунелска оплата и класичан систем грађења)
 - цена радне снаге (крупно панелни, скелетни, тунелска оплата, класичан)
 - цена механизације и погонске енергије (тунелска, класичан, скелетни, панелни)
 - цена припремних радова (класичан, скелетни, тунелска, панелни)
 - цена техничко експертских услуга (класичан, скелетни, панелни, тунелска оплата)
- укупна цена објекта (скелетни, крупно-панелни, тунелска оплата, класичан)**

Напомена:

Редослед система показује предност исказану кроз најмање трошкове. Цене су подложне променама, зависе од тржишта, а до трошкова се долази преко предмера радова, количина материјала и радне снаге за сваки од система грађења. Редослед система према цени коштања није пресудан и довољан податак за коначну одлуку. Поред цене, на избор утиче и прилагођавање одабраног система локалним условима и захтевима. Она се доноси на основу архитектонских захтева и решења, односно асортимана решења за услове конкретне локације



Примери изграђених објеката

У Југославији и многим другим земљама где се монтажни префабриковани скелет користи, уштеде на конструкцији и фундаментима се остварују за најмање 30% у односу на најповољнији друго пласирани начин грађења. Уштеде су резултат варирања степена префабрикације (само конструкција – као минимални степен префабрикације - или и други елементи зграде) и коришћења класичног начина грађења где год је економично. Карактеристика овог система је да предмер радова за конструкцију са фундаментима даје најмањи утрошак и материјала и радне снаге, па у зависности од развијености земље и односа цена материјала, радне снаге и улагања у механизацију, може да пружи оптимално решење за цену коштања.



Каталожка решења индивидуалних стамбених објеката

ТЕХНОЛОГИЈА ГРАЂЕЊА ИМС

Савремене тенденције у области масовне изградње обележене су променама у области архитектуре. Данас се сматра превазиђеним грађење типских стамбених објеката по законима строгог технолошког функционализма, где је форма условљена процесом производње. Нови тренд и савремене потребе у становању условиле су пројектовање и грађење објеката где су форма и архитектонска обележја орјентисана кориснику и окружењу. Монтажни преднапрегнути скелет и технологија грађења базирана на њему задовољавају овакве захтеве савременог зградарства и садрже:

- **систем конструкције** – монтажни скелет од стубова, греда, таваничних плоча, степеништа и зидова за укрућење – скелетни систем ИМС



Монтажни скелет

- **начин производње** елемената скелетног система ИМС,



Производња елемената

- **начин спајања** елемената скелетног система ИМС - преднапрезање.



Спајање елемената

За архитектонско пројектовање, посебно је значајан систем ИМС – скелетна преднапрегнута армирано бетонска конструкција, која обухвата:

- **основне – стандардне армирано бетонске елементе** (стубови, таванице, греде, зидови за укрућење, степеништа), који дефинишу простор у коме се могу реализовати не-типска просторна решења.

- **допунске елементе** (фасадни и унутрашњи зидови, санитарни зидови, санитарне кабине, нестандартна степеништа и сл.), који се дефинишу у складу са захтевима конкретног пројекта (избор материјала и техничко решење), а својим квалитетом и ценом опредељују категорију објекта, “low cost”, “affordable housing” и друге.

Систем ИМС, као флексибилан и отворен у односу на просторну форму зграде и садржај унутрашњег простора, као и стилове у архитектонском пројектовању, погодан је за реализацију најразноврснијих урбанистичко-архитектонских задатака. Успешност пројектованих решења сразмерна је степену интегрисаности архитектонских одлука са карактеристикама конструктивних елемената и процеса њихове производње и монтаже на објекту.

Карактеристике система ИМС и архитектонско пројектовање

Флексибилност

Систем ИМС је у основи дефинисан као флексибилан и отворен за примену различитих техничких и просторних решења. За архитектонско пројектовање значајна је:

- **конструктивна флексибилност** (флексибилност конструкције), могућност избора конструктивних распона уз варијантна решења допунских елемената система, могућност избора различитих таваничних плоча по форми и степену обраде (са или без допунске звучне и термичке заштите, финалне обраде плафона):

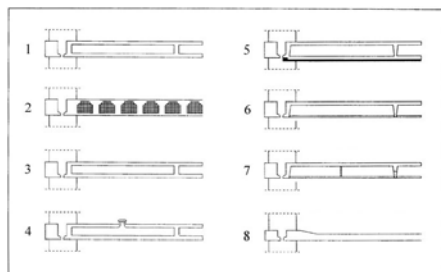
Табела: Конструктивна флексибилност

	Основни конструктивни елементи				Допунски елементи		
	распон	међуспратна конструкција	конзоле, испусти	вертикални носачи	комфор, норме, стандарди	фасаде, преграде	вертикалне комуникације
Носећа конструкција							
површински носачи	*	*	*	*	##	##	##
линијски носачи	**	**	**	**	##	###	##
монтажни скелет	***	***	***	***	###	###	###
Легенда:	* - димензије растера				# - варијантна решења		

Напомена:

Монтажни скелетни систем има предност због специфичних техничких решења конструкције (преднапрезање).

Примери варијантних решења таваничне конструкције



1. картонска оплата
2. опекарски блокови
3. стиропор
4. пнеуматска оплата
5. армирани бетон
6. ливени гипс плафон
7. гипс картонски плафон
8. пуна бетонска плоча

Детаљ међуспратне конструкције



варијантна решења
подне конструкције

стандардно решење
таваничне конструкције

- **просторна флексибилност** (флексибилност простора), могућа варијантна архитектонска решења у оквиру једне стамбене јединице или зграде, која се може реализовати током пројектовања, грађења и експлоатације.

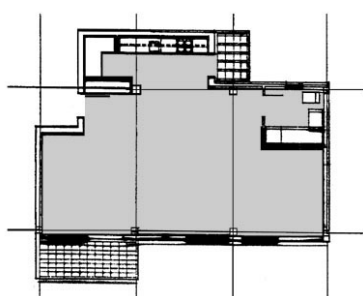
Флексибилност система у оба случаја омогућава ефикасну реализацију објеката у фазама. Могућа је реализација објеката различитог комфора од истих елемената конструкције (радови који утичу на стандард и комфор не утичу на битне промене процеса производње).

Табела: **Просторна флексибилност**

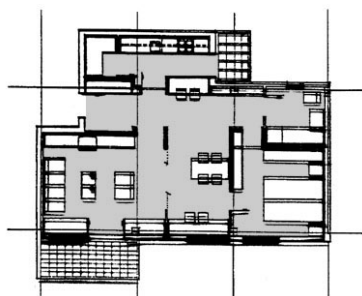
Носећа конструкција	Простор у згради			Легенда: * - мала флексибилност ** - флексибилност уз мања ограничења *** - велика флексибилност
	зграда	спрат	стан	
површински носачи	*	*	*	
линијски носачи	**	**	**	
монтажни скелет	***	***	***	

Напомена:

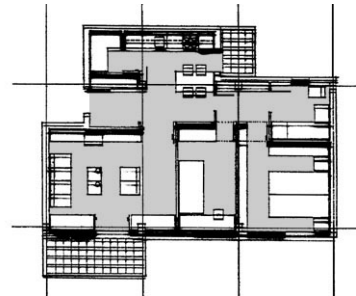
Монтажни скелетни систем има предност због најмањих ограничења у простору



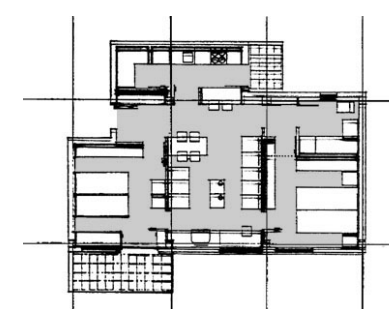
Полазна основа



1. варијанта



2. варијанта



3. варијанта

Пример просторне флексибилности

Избор конструктивних распона

Конструктивни распони се одређују према архитектонским решењима објеката, узимајући у обзир функцију објекта, услове производње елемената система, њихов транспорт и монтажу. Рационални распони се крећу од 2.4 до 7.2 м. Могу се реализовати и већи распони, али се избор доказује и економском оправданошћу.

Избор растера је битан, јер посредно одређује форму и димензије других елемената система, а тиме и карактер објекта у целини. Растери до 4.8 м у свим комбинацијама се по правилу граде са једноделним таваничним плочама. Димензије могу бити проблем за транспорт јавним саобраћајницама када су елементи већи од 3.6x4.8м, зато се код већих растера плоче деле на два или више делова. Истовремено то даје могућност за формирање већег броја растера са истим елементима. Пример плоче растера 7.2x7.2м показује да се од троделних плоча лако добију растери 2.4x7.2, 4.8x7.2 и 7.2x7.2м, што архитекти даје веће могућности при обликовању простора са стандардним елементима конструкције.

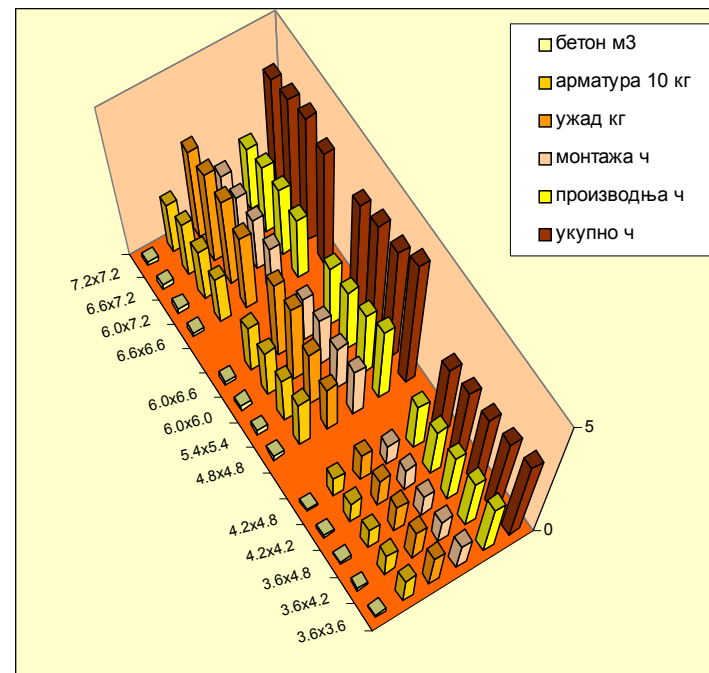
Потрошња материјала и радне снаге

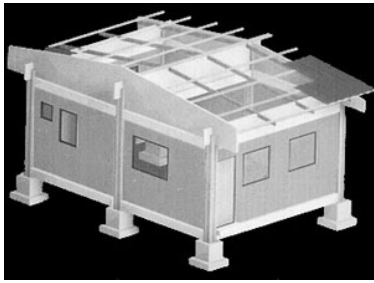
Табела

растери	Материјал				Радна снага			
	бетон м3	арматура 10 кг	ужад кг	арматура кг	монтажа ч	монтажа ч	производња ч	укупно ч
7.2x7.2	0.16	1.72	3.03	17.17	1.72	1.71	2.14	3.85
6.6x7.2	0.17	1.88	3.09	18.44	1.88	1.78	2.32	4
6.0x7.2	0.18	1.82	3.03	19.46	1.82	1.83	2.37	4.19
6.6x6.6	0.17	1.69	2.65	18.73	1.69	1.69	2.18	3.89
6.0x6.6	0.17	1.77	2.8	19.61	1.77	1.65	2.26	3.91
6.0x6.0	0.18	1.81	2.9	20.03	1.81	1.81	2.3	4.11
5.4x5.4	0.19	1.73	2.16	21.97	1.73	1.73	2.4	4.13
4.8x4.8	0.22	1.84	1.78	24.13	1.84	1.84	2.76	4.6
4.2x4.8	0.133	0.86	1.19	10.04	0.86	0.86	1.9	2.76
4.2x4.2	0.137	0.95	1.26	10.33	0.95	0.95	1.97	2.92
3.6x4.8	0.139	0.97	1.29	10.39	0.97	0.97	1.99	2.96
3.6x4.2	0.145	1.05	1.37	11.66	1.05	1.05	2.1	3.15
3.6x3.6	0.152	1.18	1.47	12.17	1.18	1.18	2.2	3.38

Мањи растери користе стубове мањих попречних пресека (из технолошких разлога од минималног 30x30 до 40x40см), па су погодни за стамбене зграде средње спратности. Већи растери су погодни за зграде које поред стамбених имају и друге функције, гараже, пословни простор, користе мањи број стубова већих пресека (до 60x60см). Зависно од растера утрошак материјала конструкције варира мало.

Дијаграм

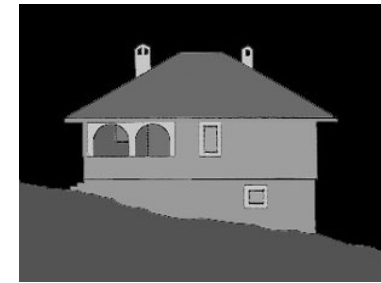




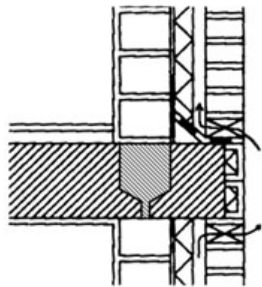
Минимални стандард становања

Стандарди, норме, комфор

Сви елементи система, основни и допунски, којима се реализује архитектонско решење, су усклађени са релевантном регулативом земље где се примењују (пројектовање и грађење). Када се реализују само минимални захтеви који се односе на простор, статичку и динамичку стабилност, пожарну заштиту, добијају се објекти минималног стандарда становања. Квалитет и комфор објекта у целини, као и квалитет који дефинише виши стандард, одређују завршни радови, појачана звучна и топлотна заштита и сл.



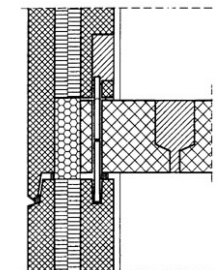
Минимални стандард становања



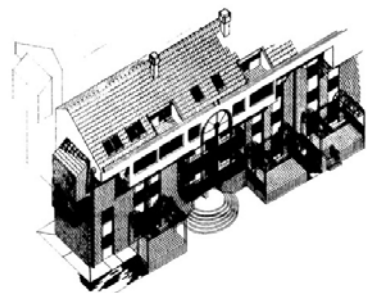
Детаљ фасадног зида од опеке

Фасадни – спољни и унутрашњи зидови

Положај фасадних и унутрашњих зидова није лимитиран конструктивним захтевима скелета система ИМС. Фасадни зидови се могу предвидети у континуитету изван равни основне конструкције – “скривена монтажа”, или са прекидима за сваку спратну висину – “видљива монтажа”. Зидови се могу радити на занатски начин или коришћењем монтажних панела (једнослојних или вишеслојних) и комбинацијом ова два начина, зависно од функције објекта и одабраних материјала.



Детаљ фасадног зида - сендвич



Становање средњег стандарда

Лође, балкони, затворени испусти (еркери)

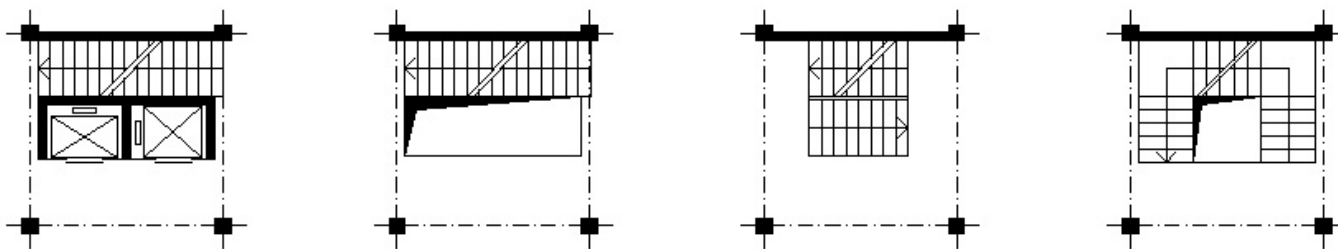
Сви уобичајени елементи којима се формира просторна пластика на фасади објекта – лође, балкони, испусти, могу се реализовати системом ИМС. За балконе и различите испусте се користе конзолне таванице и ивичне греде.



Становање средњег стандарда

Вертикалне комуникације

Ступеништа (једнокрака, двокрака или друга) се пројектују у оквиру посебно дефинисане таваничне плоче, која се у погону лако производи. Пожељна су архитектонска решења ступенишног простора (ступениште и лифт) која обухватају простор између стубова, тако да није потребно производити нестандартне таваничне плоче.



Варијантна решења ступеништа

Инсталације

Сви вертикални инсталациони водови (водоводне и канализационе цеви, вентилациони канали, димњаци и сл.) се, по правилу, групишу и постављају кроз унапред дефинисане отворе у таваницама, које се производе у погонима без промене производне опреме. Отвори малих димензија за појединачне вертикалне водове могу се реализовати занатски на лицу места на монтираном скелету. Све друге пројектантске одлуке се не разликују посебно код коришћења система ИМС.

Еколошка исправност

Сви основни елементи система ИМС су армирано бетонски, па се, по правилу, сматрају еколошки исправним. Допунски елементи који се одаберу за одређени пројекат треба да имају доказе еколошке исправности коришћених материјала.

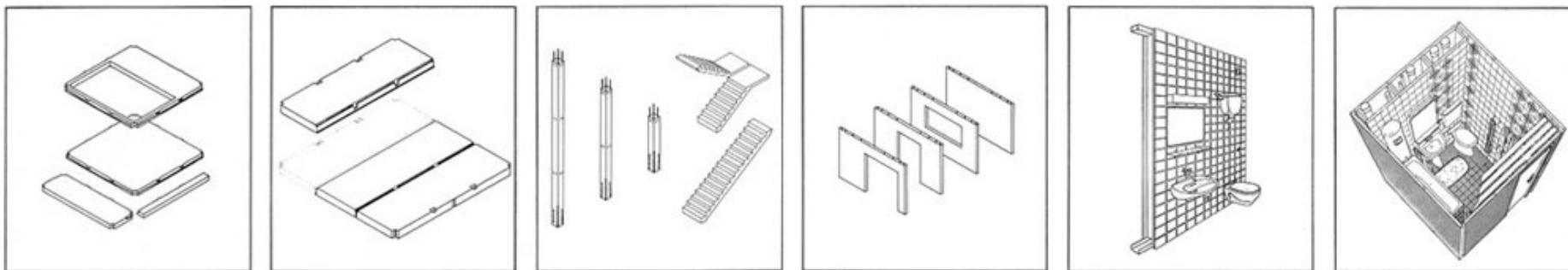
Трајност

Основни грађевински елементи система ИМС су произведени од трајних материјала, па и објекти у којима се примењују имају дуг век трајања. Избором материјала за допунске елементе дефинише се трајност објекта у целини. Високи степен просторне флексибилности система ИМС омогућава према потреби ефикасну реконструкцију и рехабилитацију објеката, што им омогућава и функционалну трајност.

Технологија грађења ИМС и технолошко конструктивни захтеви

Основни елементи система ИМС

ИМС технологија грађења зграда се базира на армирано бетонском монтажном скелету кога чине основни армирано бетонски елементи система ИМС:



- **стубови** (марке бетона мин М 40), континуални максимално до 3 етажe (што зависи од њиховог пресека и спратне висине, односно моћности крана којима се врши монтажа), квадратних попречних пресека који се крећу од 30x30 до 60x60 см.



- **таваничне касетиране плоче** (М 40) покривају простор између стубова и могу се производити са или без бетонског плафона, као једноделне (растери до 3.6x4.8м) или вишеделне у циљу прилагођавања габарита за транспорт и монтажу (изведене су таванице за растер 9.0x9.0м од девет типских елемената), дебљине ивичних подвлака и ребара касете од 20 до 40 см (зависно од растера стубова између којих покривају простор), дебљине подне плоче између ребара касета 4 до 6 см, односно плафонске од 3см;



- **конзолне таваничне плоче** (М 40) које замењују ивичне греде код архитектонских решења где се захтевају балкони, лође или други стамбени простор ван растера стубова и које се везују за само два стуба конзолно, имају дебљину и дужину која кореспондира таваничним плочама уз које се монтирају, док им је максимална ширина ограничена на 1/3 дужинског распона, касетиране су и могу бити са или без бетонског плафона.



- **степенишни елементи** за једнокрака, двокрака или трокрака степеништа, са монолитним или монтажним базиштима;

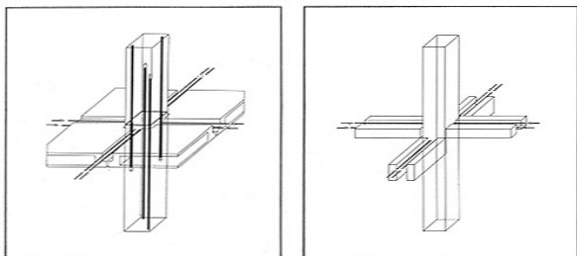
- **ивичне греде** (М 40) по ободу објекта за формирање подвлака скелета и ношење фасаде, дужине и дебљине одговарајуће таваничне плоче са којом формира скелетну подвлаку, а ширине која се одабира према архитектонским захтевима за одабрани тип фасадних зидова;



- **зидови за укрућење** (М 40), армирано бетонски панели дебљине минимум 15 см, који укрућују скелет, по правилу постављени у осовини два суседна стуба са функцијом да заједно са стубовима формирају конструктивни елемент од темеља до крова за пријем хоризонталних сила захтеваног интензитета (у пракси се често ови елементи бетонирају на лицу места, нарочито код већих растера због великог габарита, тежине и успоравања монтаже скелета);

- **шахтови за лифтове**, у пракси се ови конструктивни елементи бетонирају на лицу места због нерационалне серије (мали број елемената у објекту који се гради у односу на цену калуца за производњу у сопственом погону), који по правилу служе и за пријем хоризонталних сила заједно са зидовима за укрућење.

Спајање конструктивних елемената система ИМС



Употреба преднапрезања је специфичност начина спајања основних елемената армирано бетонског скелета, тако да су по правилу све спојнице ових елемената изложене притиску, напону који квалитетан бетон добро подноси.

Спајање елемената у монтажном скелету



Таваничне плоче, су тако обликоване да наспрам стубова на које се ослањају формирају слободан простор за постављање ужади за преднапрезање у оба ортогонална правца. Стубови на том нивоу имају кружне отворе кроз које се провлаче ужади и постављају у простор између таваничних плоча од једног до другог краја објекта. Спојнице стубова и плоча, дебљине 2-3 цм, се испуњавају цементним малтером или специјалним брзовезујућим експанзивним малтерима, пре него што се каблови за преднапрезање утегну. Анкерне котве су на стубовима или конзолним таваничним плочама. После утезања се отвори у стубовима ињектирају цементном емулзијом, док се, после спуштања и фиксирања каблова у полигонални положај, простор између таваничних плоча бетонира истом марком бетона која је захтевана за стубове и таванице, јер тај бетон постаје део подвлаке скелета за део сталног и покретног оптерећења, штити каблове од корозије и мења карактер преднапрезања од накнадно преднапрегнуте конструкције у тренутку монтаже, у претходно напрегнуту конструкцију за експлоатациони терет. На тај начин се добија крута, чврсто утегнута међуспратна конструкција за пријем свих оптерећења којима ће током експлоатације објекат бити изложен, са великим коефицијентом сигурности спојница (десетоструко већим него захтевани коефицијент самих елемената).

Вишеделне таваничне плоче се пре утезања системских каблова скелета, преднапрезањем кратких каблова кроз ребра касетираних делова, спајају у монолитну таваницу, која тада добија исте карактеристике као да је произведена из једног дела.



Монтажни стубови се међусобно спајају преклапањем арматуре доњег и горњег стуба, тако што се испуштени анкери једног стуба увлаче у одговарајуће отворе другог, па се затим ти отвори ињектирају цементном емулзијом. Међусобне спојнице елемената стуба су природно притиснуте преносећи целокупан вертикални терет са таваница на темеље.

Зидова за укрућење које чине бетонски панели спојени за стубове у нивоу сваке таваничне равни утегнути су кабловима, који као можданици приморавају стубове и бетонске панеле да имају исте деформације под дејством хоризонталних сила којима је током експлоатације објекат изложен. Тиме се обезбеђује њихово међусобно континуално садејство у вертикалном конзолном носачу. Број зидова за укрућење се димензионише тако да може да прихвати сва очекивана хоризонтална оптерећења. Бетонски панели су по правилу лако армирани и имају функцију спојног елемента између два стуба, како би очекиване моменте савијања од хоризонталних сила разложили у спрег притискујућих и затезућих сила које прихватају одговарајући стубови – делови зида за укрућење. Код добро конципираних архитектонских решења није потребна додатна арматура за пријем сила затезања у стубовима, а ако је то неопходно, она се смешта у део бетонског платна непосредно уз стуб. Из тога произлази важна последица за архитектонско пројектовање простора објекта - у случајевима ако није довољно да само зидови за укрућење буду између две стамбене јединице, што је правило, могу се тада користити фасадни или подеони зидови, где средишни део бетонског платна за укрућење може да садржи отворе за врата, прозоре и сл. Правило је и да су платна зидова за укрућење континуална од темеља до врха објекта.

Остали основни и допунски елементи се спајају на уобичајени начин за армирано бетонске конструкције, односно зидане или монтажне елементе, сагласно материјалима од којих су израђени и функцији коју врше у објекту.



Преднапрезање као метод спајања елемената доприноси и повећаној носивости, односно искоришћености бетона као грађевинског материјала, па то превасходно доприноси смањењу утрошка основних грађевинских материјала – бетона и челика, најмање за 20-30%. Могу се користити разни системи преднапрезања, најчешће систем ИМС жицама и СПБ ужа-дима, када се може за сопствену опрему обучити локална радна снага, или за овај део радних операција ангажује одговарајући специјалистички сервис којим сваки власник система преднапрезања располаже.



Специфична опрема за производњу и монтажу система ИМС

Поред уобичајене опреме која се користи у бетонској префабрикацији и монтажи, постоји и специфична опрема за технологију грађења ИМС коју чине калупи за производњу елемената система и опрема и уређаји за монтажу елемената.

Опремену за производњу елемената чине робустни челични калупи у којима се може произвести минимум 2000 елемената без посебне реконструкције уз правилно одржавање. Ови калупи су тако конципирани да поседују одређену флексибилност, тако да, на пример, спратна висина појединих етажа (приземље и сл) може да буде различита од стандардне, исти калупи за таваничне плоче могу се користити за разне пресеке стубова, односно одређене нестандартне таванице са отворима за вођење инсталација и сл. Нарочито су погодни калупи који, за формирање касета таваничне плоче, користе изгубљену оплату од стиропора или неког сличног материјала, који истовремено има и функцију топлотне заштите. Тада се могу користити исти калупи за одређени дијапазон растера.





Опрема и уређаји за монтажу се састоје од:

- челичних угаоника – капитела који се притежу за стубове на висини сваке међуспратне конструкције као привремени ослонци таваница и ивичних греда током монтаже до утезања каблова;
- дијагоналних челичних косника за фиксирање стубова и довођење у прецизно регулисан вертикалан положај до утезања прве међуспратне равни, када су стубови више етажни;
- таваничних подупирача у случају вишеделних таваничних плоча, као привремених ослонаца до њиховог спајања преднапрезањем;
- уређаја за монтажу стуба и сл.



Погон за производњу елемената система ИМС

Флексибилност и могућност прилагођавања технологије грађења ИМС локалним условима се огледа и у организацији и формирању погона за производњу основних елемената система ИМС. Како су челични калупи, битна опрема за производњу, преносни, производња елемената се може организовати у сталним погонима, од атмосферских утицаја затвореним, или полигоним погонима на самом градилишту објеката, односно другим локацијама близу градилишта.



Фабрика станова – Куба

Стални погони користе одговарајуће мосне кранове, фабрике свежег бетона, уобичајену опрему за уграђивање бетона (первифратори, оплатни вибратори, вибро столови), армирачнице са одговарајућом опремом за исправљање, сечење и формирање арматуре и склопова, котларницу за пару за запаривање свеже бетонираних елемената, радионицу за одржавање опреме, лабораторију за контролу квалитета бетона и сл.



Фабрика станова – Етиопија



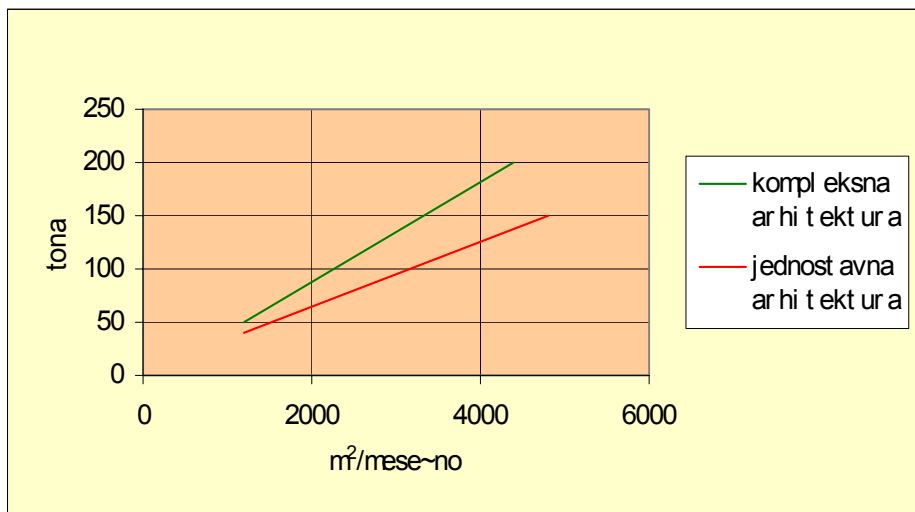
Полигон за производњу елемената – Нови Сад

Производња на полигону омогућава разне варијанте организације погона зависно од климатских и других услова: потпуно адекватно сталном погону у затвореном простору; користећи торањске дизалице уместо мосних кранова; довоз свежег бетона аутомиксерима из фабрике бетона; заштиту пластичним фолијама свеже бетонираних елемената од директног исушивања уместо запаривања (ако климатски услови то омогућују), и сл.



Фабрика бетона на полигону – Нови Сад

Дијаграм: Процена тежине опреме према капацитету погона



Капацитет погона је најбитнији фактор за рационалност примене технологије грађења ИМС. Искуство је показало да се минимални трошкови улагања у специфичну опрему за технологију грађења ИМС добијају за погоне годишње производње 20000 – 50000 квадратних метара грађевинске конструкције. У том случају једногодишња производња потпуно амортизује улагања у ову опрему, док је са истом опремом могућа вишегодишња производња (8-10 год. па и више). Грађени су и стални погони за 100000 кв. м., али такви капацитети захтевају и савршену организацију и управљање грађењем, која се са локалном радном снагом у неким земљама теже остварује.

Контрола квалитета грађевинских материјала и процеса производње неопходна је за производњу елемената и стабилност и сигурност објекта у монтажи и коришћењу.

Организација монтаже елемената система ИМС

Организација и управљање монтажом и грађењем целине објекта, уз коришћење система ИМС, детаљно се разрађује за сваку конкретну локацију, јер је везана у одређеној мери за локалне климатске и друге услове, архитектонско решење објекта, спратност и сл., за разлику од производње елемената која је континуална током целе године.



Транспорт елемената од погона за производњу до градилишта захтева уобичајена средства, најтежи елементи не прелазе 7 тона, а габарити омогућавају коришћење камиона за транспорт јавним саобраћајницама. Зависно од стања путне мреже и цене горива, рационалан транспорт камионима је до око 100 км, док је у пракси рационалност бродским транспортом показана и за раздаљину од око 1000 км (Нови Сад, Југославија – Одеса, Украјина).

Као и код производње елемената, организација радова на градилишту подразумева и институционализовану сталну контролу квалитета материјала и процеса, како то принципи ове технологије дефинишу.



Монтажа скелета. Када су израђени фундаменти објекта са прецизно остављеним отворима за анкере монтажних стубова, постављају се први више етажни стубови, фиксирају уз помоћ косника у вертикалном положају, уз контролу геодетским инструментима вертикалности и осовинског положаја. На стубовима су већ постављени привремени капители на које се монтирају елементи међуспратне конструкције – таваничне плоче, ивичне греде и конзолне таванице. Затим се таванице, ако су вишеделне, монолитизирају преднапрезањем њихових ребара одговарајућим кратким кабловима. Спојнице између стубова и таваничних елемената се испуњавају одговарајућим малтером, и после његовог очвршћавања се преднапреже кабловима цела међуспратна равна у два ортогонална правца. Тада се ослобађају косници који фиксирају стубове, капители за прихват преносе на следећи спратни ниво и операција монтаже таваничних елемената се понавља. Када се користе монтажни панели као елементи зидова за укрућење, они се морају монтирати пре постављања горњих таваничних елемената. Ако се ти елементи бетонирају на лицу места уз коришћење преносних оплата, те операције се могу урадити касније, независно од монтаже скелета.

За монтажу се користе одговарајући расположиви кранови или ауто-дизалице, у броју и по капацитету који зависи од конкретног објекта и локације. Уходана група од 5-6 радника са кранистом може недељно да монтира по једну етажу од око 600 до 1000 кв.м., што такође зависи од архитектонског решења објекта и локације (могућности прилаза крана објекту, разуђености основе објекта и сл.).



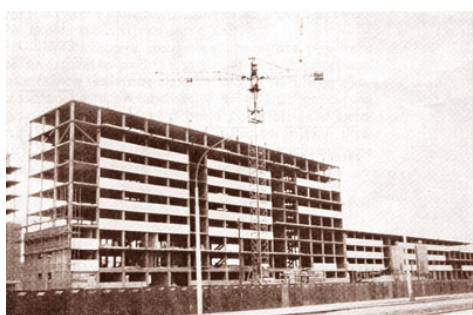
Допунски елементи зграде, фасаде, преграде, инсталациони радови, могу се изводити на монтираном скелету паралелно са монтажом виших етажа, што утиче на знатно скраћење времена грађења и омогућава велику флексибилност организације и управљања грађењем објекта у целини.

Контрола квалитета и управљање грађењем.

Саставни део технологије грађења ИМС је развијен систем контроле квалитета монтажних елемената у току производње, као и развијен метод контроле квалитета процеса производње и монтаже. Тиме се остварују одговарајући економски ефекти и за извођача и за инвеститора.

Дефинисање процеса производње и монтаже са одговарајућим нормативима омогућава управљање грађењем уз прилагођавање локалним условима, тако да се оствари одговарајућа динамика грађења и постигне крајњи рок завршетка радова. Трансфер ИМС технологије грађења обухвата и оспособљавање локалне радне снаге за све ове процесе уз повремену супервизију стручњака Института ИМС

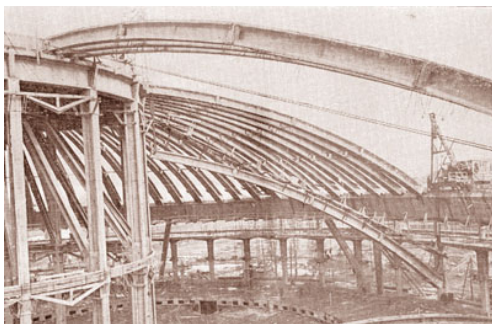
РЕФЕРЕНЦЕ



Почетак изградње Новог Београда

Примена монтажног преднапрегнутог скелета и ИМС технологије грађења има више деценијско искуство, пре свега у Југославији, али и у земљама широм света. Почетком педесетих година Југославија се налазила пред великим проблемима дефицита стамбеног простора, што је био и изазов великом конструктору значајних грађевинских објеката Бранку Жежељу, тадашњем директору Института за испитивање материјала НР Србије.

Са својим најближим сарадницима, пре свега инжењером Бошком Петровићем и осталим сарадницима, са којима је развијао и примењивао тада нови грађевински материјал – преднапрегнути бетон, градећи мостове и хале јединствене у свету, дошао је на велику идеју да тај материјал, односно технологију преднапрезања, примени и у зградарству. Величину ове идеје можемо процењивати објективно тек данас, јер је то технологија двадесет првог века. Идеја је једноставна – градимо различите зграде од стандардних елемената, попут дечијих лево коцки. Најтежи проблем спајања елемената бетонског скелета од префабрикованих стубова и плоча решен је технологијом њиховог утезања челичним кабловима за преднапрезање. Идеја је била револуционарна и захтевала бројна испитивања и доказивања, пре свега у погледу трајности и стабилности, а затим са гледишта архитектонског пројектовања и могућности да се у пракси докаже као универзална технологија за све врсте објеката у зградарству. Сва оспоравања, као на пример оно у време моде “тоталне” префабрикације да систем није довршен јер није “затворен” префабрикацијом свих елемената зграде, данас имају карактер комплимента, дозвољава примену свих нових достигнућа из области нових материјала и производа везаних за зградарство, који боље удовољавају савременим захтевима корисника.



Конструкција хале београдског сајма



Железничко-друмски мост у Новом Саду

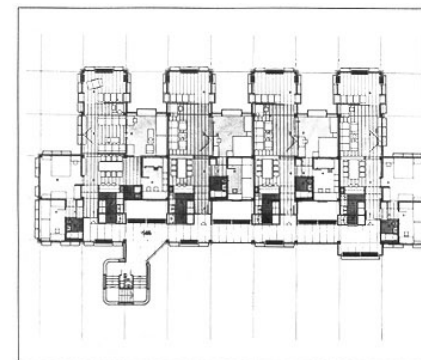
Монтажни преднапрегнути скелет је испитан теоријски и експериментално под свим врстама могућих оптерећења (статичка, динамичка, сеизмичка, ударна, пожарна) и увек је без изузетка показао високе коефицијенте сигурности. Спојница стуба и таванице се практично не може разорити, јер пре тога долази до појединачног лома самих елемената ван области спојнице. Верификација и атестирање елемената, спојница и конструкције као целине, вршени су у Југославији, Мађарској, Италији, Аустрији, Русији, Грузији, Узбекистану, Куби, Кини, САД. Резултати тих истраживања су верификовани на бројним међународним конгресима специјализованих стручних и научних организација.

Током своје примене од готово 40 година широм света, локације где су грађени ови објекти биле су, нажалост, изложене природним и другим катастрофама: земљотреси до 8 степени Рихтера (Бања Лука-Босна), урагани : (Хавана-Куба, Манила-Филипини), ратови, бомбардовања (Сарајево, Мостар-Босна, Осиек-Хрватска), пожари, случајни акциденти. У тим условима објекти са монтажним преднапрегнутим скелетом као целина конструкције остали су стабилни и без битних оштећења, тако да су после козметичких санационих радова били поново у експлоатацији.

Листа земаља где је у зградарству коришћен монтажни преднапрегнут скелет је велика: *Југославија, Босна и Херцеговина, Хрватска, Мађарска, Италија, Аустрија, Бугарска, Русија, Грузија, Украјина, Кина, Куба, Египат, Етиопија, Ангола, Филипини*, иако се по својим особеностима све ове земље мање или знатно разликују у развијености друштва, културолошки, по климатским, геосеизмичким и другим условима релевантним за зградарство.



У **Анголи** су грађене две репрезентативне стамбене зграде које у пуној мери приказују могућност просторног обликовања и прилагођавања климатским условима. Стицајем околности су радови извођени у ратним условима, али је квалитет изведених радова са локалном радном снагом задовољавајући.



У близини Каира у **Египту** изграђено је 1000 станова по ИМС технологији грађења за решавање становања породица са ниским приходима.



На **Куби** су подигнута три стална погона за производњу елемената ИМС технологије грађења капацитета 100000 м² сваки (Сан Хосе, Сиенфуегос, Сантјаго де Куба), као и један експериментални полигон на отвореном у Хавани. Подигнути су бројни стамбени објекти, дечија обданишта, школе.





У **Русији** у Невиномиску је подигнута фабрика станова по ИМС технологији грађења, која гради објекте за колективно и индивидуално становање, а у близини Москве је изграђен нов погон базиран на основним принципима ове технологије, за пословно стамбене објекте више спратности.



Фабрика елемената ИМС скелетног система је подигнута у **Адис Абеби**, у Етиопији, где је грађено више стамбених и школских објеката.



Стамбено пословни објекат од 56000 м² подигнут је у центру метро Маниле, у Макатију, на **Филипинима**. Објекат је комплексне архитектуре са 3 подземна нивоа паркинга, ексклузивним локалима у приземљу и на првом спрату, и апартманима високог стандарда у 20 спратова три куле.



Највиши објекат, 26 спратова, изграђен по овој технологији је у Печују у **Мађарској** као стамбено пословни објекат. У Мађарској су изграђени и школски објекти у овом систему.



Монтажни преднапрегнути скелет је овим показао обим могуће адаптације на веома различите захтеве изградње савремених објеката широм планете.