

Проф. д-р Санде Атанасовски, дипл. град. инж.

Јела Дугалиќ, дипл. град. инж.

Лида Трајковска, дипл. град. инж.

# ***ТЕХНОЛОГИЈА НА БЕТОН***

за II година - градежен техничар

градежно - геодетска струка

Скопје, 2013

**Автори:**

Проф. д-р Санде Атанасовски, дипл. град. инж.

Јела Дугалиќ, дипл. град. инж.

Лида Трајковска, дипл. град. инж.

**Рецензенти:**

Доц. д-р Тони Арангеловски, дипл. град. инж.

Соња Стефановска, дипл. град. инж.

Феста Лена, дипл. град. инж.

**Илустрации:**

Јела Дугалиќ, дипл. град. инж.

Лида Трајковска, дипл. град. инж.

**Лектура:**

Билјана Богданоска

**Издавач:**

Министерство за образование и наука за Република Македонија

**Печатни:**

Графички центар дооел, Скопје

**Тираж:** 56

Со одлука бр.22-1454/1 од 28.06.2012 на Националната комисија за учебници, се одобрува употреба на учебникот

CIP- Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека „Св. Климент Охридски“, Скопје

Технологија на бетон за II година градежно-геодетска струка : образовен профил - градежен техничар / Санде Атанасовски, Јела Дугалиќ, Лида Трајковска

Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2012

Физички опис 170 стр. : илустр. ; 26 см

ISBN 978-608-226-350-2

## СОДРЖИНА

<b>1. Составни материјали на бетонот.....</b>	<b>3</b>
1.1. Цемент.....	7
1.1.1. Својства на цементот.....	12
1.1.1.1. Физички својства на цементот.....	13
1.1.1.2. Механички својства на цементот.....	22
1.2. Камен агрегат.....	30
1.2.1. Видови на камен агрегат.....	30
1.2.2. Физичко-механички својства на камениот агрегат.....	32
1.2.3. Испитување на агрегатот.....	34
1.3. Вода.....	50
1.4. Адитиви.....	52
<b>2. Проектирање, приготвување и вградување на бетонот.....</b>	<b>57</b>
2.1. Проект за бетон.....	57
2.2. Својства на свежата бетонска мешавина.....	59
2.2.1. Испитување на конзистенцијата на свежиот бетон.....	60
2.3. Односи на мешање на бетонот.....	64
2.3.1. Потребно количество на цемент за приготвување на бетонот.....	65
2.3.2. Потребно количество на вода за приготвување на бетонот.....	66
2.3.3. Потребно количество агрегат за приготвување на бетонот.....	68
2.4. Приготвување и контрола на производството на бетон.....	70
2.5. Транспорт на бетон.....	73
2.6. Вградување на бетон.....	77
2.7. Нега на вградениот бетон.....	83
<b>3. Физичко-механички својства на стврднатиот бетон.....</b>	<b>91</b>
3.1. Јакост на притисок на бетонот.....	91
3.2. Јакост на затегнување на бетонот.....	96
3.2. Деформабилни својства на бетонот.....	97
3.4. Водонепропустливост на бетонот.....	100
3.5. Отпорност на бетонот на мраз.....	102
3.6. Отпорност на бетонот топлина и пожар.....	104
3.7. Отпорност на бетонот на корозија.....	106
3.8. Контрола на квалитетот на вградениот бетон и пробно товарење на конструкциите	
.....	108
3.8.1. Недеструктивни методи.....	108

3.8.2. Деструктивни методи.....	110
3.9. Специјални бетони.....	111
3.10. Класи и категории на бетон.....	114
<b>4. Бетонирање.....</b>	<b>121</b>
4.1. Начин на бетонирање и редослед при бетонирање на конструкциите.....	121
4.1.1. Бетонирање на темели.....	122
4.1.2. Бетонирање на ѕидови и столбови.....	123
4.1.3. Бетонирање на плочи и греди.....	125
4.1.4. Бетонирање други видови конструкции.....	126
4.2. Прекинување и продолжување на бетонирањето.....	128
4.3. Производство и вградување на бетон во посебни услови.....	131
4.4. Симнување на оплатата и скелето.....	132
<b>5. Арматура.....</b>	<b>137</b>
5.1. Улога на арматурата во армиранобетонските конструкции.....	137
5.2. Видови на челик за изработка на арматура.....	138
5.3. Заедничка работа на арматурата и бетонот.....	145
5.4. Правила за армирање.....	145
5.4.1. Подготовка и обликување на арматурата.....	145
5.4.2. Заштитни слоеви од бетонот до арматурата.....	148
5.4.3. Распоред на арматурата во попречните пресеци.....	151
5.4.4. Анкерување на арматурата во бетонот.....	152
5.4.5. Продолжување на арматурата.....	154
5.4.6. Монтажа на арматурата.....	156

## ЛИСТА НА ТАБЕЛИ

- Табела 1. Јакоста на притисок заедно со јакоста на свиткување определени од класата на цементот
- Табела 2. Најмалите количини на единичните и вкупната проба, зависат од големината на зрната на агрегатот
- Табела 3. Резултати од извршено просејување за гранулометриска крива
- Табела 4. а) Резултати од извршено просејување за мешавина ос 0/31,5 mm
- Табела 4. б) Гранулометриски состав на мешавина за бетон MKC.Y. M1.057
- Табела 5. Видови конзистенција според VEBE
- Табела 6. Конзистенцијата на бетонот
- Табела 7. Минимално количество цемент во зависност од МБ
- Табела 8. Вкупно количество цемент и зрна на агрегатот помали од 0.25 mm за бетони од категоријата В II
- Табела 9. Потребното количество на агрегат, цемент и вода за бетономешалки со волумен од 0,20; 0,50; 0,751 и 1 m<sup>3</sup>.
- Табела 10. Ориентационо максимално време за транспорт на бетонот
- Табела 11. Радиус на дејство на внатрешните вибратори
- Табела 12. Број на пробни тела за утврдување на отпорност на мраз
- Табела 14. Параметри кои зависат од бројот на циклусите
- Табела 15. Стандардните мрежи од типот Q
- Табела 16. Стандардните мрежи од типот R
- Табела 17. Дебелина на заштитен слој
- Табела 18. Дозволените напрегања на прилепување за услови на добра атхезија
- Табела 19. Должина на анкерување на ребраста арматура
- Табела 20. Вредностите на коефициентот  $\alpha_1$
- Табела 21. Должината на преклопот на носечките жици на ребрастата арматура



## ПРЕДГОВОР

Во учебникот Технологија на бетон се обработува материјата предвидена со наставниот план и програма за истиот предмет кој се изучува во II година.

Обемот на изнесените содржини е според предвидениот број часови за одделни содржини, а внесени се и одредени дополнувања кои ќе придонесат за подобро разбирање и изучување на материјата.

Материјата во учебникот е поделена на 5 поглавја, каде централно место заземаат поглавјата во кои се обработуваат својствата и методите за испитување на составните делови на бетонот.

Совладувајќи ја оваа материја учениците може да ги стекнат своите први-основни сознанија за бетонот како градежен материјал кој денес многу се применува во сите сфери на градежништвото. Материјата претставува и основа за понатамошно проучување на конструкциите од бетон и армиран бетон.

Се надеваме дека изнесените материјали од предвидените наставни содржини и објаснувањата кои ќе ги дадат предметните наставници ќе придонесат предметот да се прифати со интерес што ќе гарантира успех во понатамошното изучување.

**Авторите**







## ТЕМА 1 - Составни материјали на бетонот

Во оваа тематска целина учениците можат да се запознаат со:

### 1.1. Цемент

- Основните карактеристики на бетонот како градежен материјал и неговата примена во градежништвото;
- Составните делови на бетонот;
- Основните карактеристики на цементот;
- Видови на цемент;
- Испитување на физичко-механичките својства на цементот;

### 1.2. Агрегат

- Основните карактеристики на каменитот агрегат;
- Испитување на физичко механичките својства на каменитот агрегат.

### 1.3. Вода

- Основните карактеристики на водата, како составен дел на бетонот;
- Одредување вкупното количество вода за подготовка на бетон;
- Пресметување на водоцементен фактор;
- Визуелна проценка на квалитетот на водата и испитување на водата.

### 1.4. Адитиви

<b>1. СОСТАВНИ МАТЕРИЈАЛИ НА БЕТОНОТ.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1. ЦЕМЕНТ.....</b>	<b>7</b>
1.1.1. СВОЈСТВА НА ЦЕМЕНТОТ .....	12
1.1.1.1. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦЕМЕНТОТ .....	13
1.1.1.2. МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦЕМЕНТОТ .....	22
<b>1.2. КАМЕН АГРЕГАТ .....</b>	<b>30</b>
1.2.1. ВИДОВИ КАМЕН АГРЕГАТ.....	30
1.2.2. ФИЗИЧКО- МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА КАМЕНИОТ АГРЕГАТ.....	32
1.2.3. ИСПИТУВАЊЕ НА АГРЕГАТОТ .....	34
<b>1.3. ВОДА.....</b>	<b>50</b>
<b>1.4. АДТИВИ.....</b>	<b>52</b>

# 1. СОСТАВНИ МАТЕРИЈАЛИ НА БЕТОНОТ

## ВОВЕД

### ПРЕДМЕТ НА ИЗУЧУВАЊЕ НА ТЕХНОЛОГИЈАТА НА БЕТОНОТ

---

Технологијата на бетонот е релативно млада научна дисциплина која се занимава со проучување на методите за приготвување, вградување и нега на бетонот.

---

Исто така, технологијата на бетонот има задача да го прецизира начинот на кој ќе се врши контрола на квалитетот на бетонот во свежа и стврдната состојба. Во некои случаи треба да предупреди на опасностите кои произлегуваат од условите на експлоатацијата и агресивноста на околната средина.

Производството на бетонот не е сосема едноставна работа иако и денес се случува таа да им биде доверена на несоодветно образовани кадри кои на брзина стекнале некои површни сознанија.

За да бидат опфатени и анализирани сите важни фактори кои имаат влијание на својствата на бетонот, материјалите во овој учебник се поделени на неколку делови по следниот редослед:

- **Составни материјали на бетонот** - поглавје во кое ќе бидат опишани својствата на цементот, камениот агрегат и водата, како и методите по кои тие се испитуваат и контролираат.
- **Проектирање, приготвување и вградување на бетонот** - поглавје во кое ќе бидат изнесени методите за одредување на учеството на одделни составни делови во вкупната бетонска мешавина, вклучувајќи ги и методите за нејзиното испитување, како и начинот на транспорт и вградување на бетонот.
- **Физичко - механички и реолошки карактеристики на бетонот** - поглавје во кое ќе биде покажан начинот на кој се испитуваат наведените својства, а ќе стане збор и за некои видови специјални бетони.
- **Бетонирање** - поглавје во кое ќе биде образложен начинот на бетонирање на одделни конструктивни елементи, прекинувањето на бетонирањето и нега на бетонот.
- **Арматура** - поглавје во кое се одредува улогата на арматурата во армиранобетонските конструкции, видовите арматура и правилата за армирање.

## ИСТОРИСКИ РАЗВОЈ НА БЕТОНОТ И АРМИРАНИОТ БЕТОН

Бетонот како градежен материјал бил познат уште многу одамна за што сведочат многу објекти во сите краишта на земјината топка. Уште старите Египќани и Грци (сл. 1а,б) ги познавале хидрауличните својства на мешавината што се добива од печена глина и вар. Со ова сврзно средство добивале еден вид бетон.

Нешто поусовершен облик на бетон се среќава подоцна кај старите Римјани кои користеле вулканска пепел и печена глина. Од овој период се зачувани некои објекти како што се Римскиот колосеум, Театарот во Помпеја и др. По распаѓањето на Римското Царство, во еден доста долг период, не е забележан напредок во усовршувањето на бетонот.

Современиот развој на бетонот и конструкциите направени од бетон, започнува кога Еспдин (Aspdin), градител од Лидс (Leeds), кој во 1824 година го пронашол портланд-цементот. Тој се добива со печење и мелење на варовник и глина и со мали подобрувања оваа технологија на производство се користи и денеска.

Првите обиди за зајакнување - армирање на бетонските елементи се направени во Франција кога Ламбо (Lambot) во 1848 година изработил чамец, а Моние (Monier) 1849 година саксии за цвеќе од цементен малтер со арматура од челична мрежа. Зајакнувањето на бетонските елементи Lambot и Monier го вршеле без никакво пресметување, по осет, при што правеле и грешки.

Првите основи за теоретско пресметување на армиранобетонските елементи ги дал Кенен (Koepen) во 1887 година. Оттогаш па сè до денес, за период од околу 100 години, голем број истражувачи постојано ги усовршуваат методите за пресметување, вршејќи голем број теоретски и експериментални истражувања. Како резултат на усовершените методи за пресметување, искуството се зголемува и довербата во армираниот бетон како градежен материјал. Градителите од него извеле безброј импозантни, но секојпат сигурни и стабилни објекти како што се: згради со висока катност (највисокиот објект од армиран бетон во светот е еден хотел во Пјонгјанг Д. Р. Кореја од 120 ката), гредни мостови со распон и над 200 метри, лачни мостови со распони поголеми од 400 метри, телевизиски и други кули со височина од над 500 метри и друго.



Сл. 1. а) Остатоци од градби во Египет



Сл. 1. б) Колосеумот во Рим

## ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА БЕТОНОТ КАКО ГРАДЕЖЕН МАТЕРИЈАЛ И НЕГОВА ПРИМЕНА ВО ГРАДЕЖНИШТВОТО

---

Со терминот бетон во најопшт случај се означуваат сложените градежни материјали составени од агрегат, сврзно средство и вода, а во одредени случаи и специјални додатоци - адитиви.

---

Агрегат и е најзастапена компонента во вкупната бетонска маса (70-80%). По своите физички и хемиски својства тој не е инертен материјал поради тоа што има влијание на својствата на бетонот. За приготвување на бетон се користи агрегат од различно потекло - природни и вештачки, како што се:

- **природен агрегат** (песок, чакал и дробина);
- **дробен или мелен агрегат**, добиен со иситнување на монолитни или неврзани карпи;
- **вештачки агрегат** добиен од разни отпадни материјали и индустриски нус-производи (отпадоци од дрво, згура, експандиран перлит, вулкански материјали и др.);
- **специјални агрегати**, како што се кермазитот, експандираниот перлит, разни влакнести материјали и др.

Сврзните средства имаат задача да ги поврзат деловите од агрегатот во една компактна целина. Како врзно средство може да се користат сите видови цемента, градежната вар, гипсот, асфалтот, разни видови полимери и други.

Адитивите претставуваат специјални додатоци со кои може да се подобрат некои својства на свежиот и стврднатиот бетон како што се обработливоста, вградливоста, водонепропустливоста итн.

Својствата на бетонот зависат од сите негови составни делови, од количеството, видот, и квалитетот на тие делови, како и од условите на транспорт, вградување и нега на бетонот.

Во зависност од остварената волуменска маса бетонот се дели на:

- **лесни бетони** - со волуменска маса помала од  $1800 \text{ kg/m}^3$  ;
- **обични бетони** (нормални) - со волуменска маса  $1800 - 2500 \text{ kg/m}^3$  ;
- **тешки бетони** - со волуменска маса поголема од  $2500 \text{ kg/m}^3$  ;

Предмет на излагањата на овој учебник ќе бидат **обичните - нормални бетони** кои претставуваат еден од основните градежни материјали и имаат најголема примена. За нивна изработка како сврзно средство се користи **цемент**, како агрегат **камен агрегат** и **вода**.

Бетонот како градежен материјал се одликува со извонредно висока јакост на притисок и мала јакост на затегнување. Поради наведените својства може да се применува за изведување на конструкции во кои преовладуваат напрегањата на притисок како што се: темели, некои видови потпорни ѕидови и столбови, блокови за ѕидање и др.

Во елементите во кои се јавуваат и напрегања на затегнување, што е чест случај во практиката во зоната на затегнување се поставуваат челични прачки (арматура). Вака зајакнатите армирано-бетонски елементи може да примаат десетпати поголеми товари. Материјалот кој се добива со спрега на бетон и арматура се нарекува **армиран бетон** и од него може да се изведат конструкции на објекти од високоградбата, хидротехнички објекти, мостови, тунели, нуклеарни електрани, силоси и др.

Со полно право може да кажеме дека можностите кои ги дава бетонот и армираниот бетон се неограничени и интересот за нив во иднина ќе биде уште поголем.

Како позначајни **предности** на бетонот и армираниот бетон, во однос на другите градежни материјали може да се наведат:

- отпорност спрема пожар;
- трајност;
- економичност;
- асеизмичност;
- можност за разнообразност на формите;
- хигиеничност, и
- можност за санација, адаптација и пренамена.

Покрај наведените добри страни, постојат и одреден број **недостатоци**:

- голема сопствена тежина;
- проводливост на топлина и звук;
- потреба од оплата и скеле;
- можност од појава на пукнатини;
- отежната работа во зимски услови.

## 1.1. ЦЕМЕНТ

### Потсети се!

1. Од што се добива бетон?
2. Што знаете за цементи?
3. Дали во минатото се применувале цементи и ако се применувале какви биле тие?

Цементот е хидраулично сврзно средство кое во комбинација со водата се претвара во цементна каша, која со тек на време стврднува.

Во зависност од составот и начинот на изработка постојат повеќе видови цементи, но најмногу се употребува т.н. **портланд-цемент**.

**Портланд-цемент** се добива од глиновит лапорец или од соодветно измешани природни суровини - варовник и глина во специјализирани фабрики за производство на цемент (сл. 1.1).



Сл. 1.1. Фабрика за производство на цемент

Технолошката постапка за производството на цементот се состои од мелење и интензивно мешање на глиновит лапорец или варовник и глина, кои потоа се печат во ротациони печки на температура од  $1250^{\circ}\text{C}$ , температура на клинкеризација. Печениот материјал од ротационите печки излегува во вид на топчиња со дијаметар од неколку милиметри до  $2\text{-}3\text{ cm}$ , познат под името **портланд-цементен клинкер** (сл. 1.2).



Сл. 1.2. Портланд-цементен клинкер

При излегување од печките клинкерот брзо се лади, а потоа се меле во фин прав со додавање на извесна мала количина гипс и евентуално помошно средство за мелење со што постапката на производство завршува. Гипсот го регулира времето на сврзување на цементот, а помошните средства за мелење ги подобруваат условите за мелење.

При изработката на цементот, покрај основните сировини може да се додадат и разни минерални додатоци, како што се **згурата** (сл. 1.3) и **пуцоланот** (сл. 1.4). Згурата се добива при производството на суровото железо, а природниот и вештачкиот пуцолан се силикатни и алумосиликатни материји.

Така, покрај чистиот портланд-цемент (сл 1.5а). и бел портланд-цемент (сл 1.5.б) се разликуваат и портланд-цементи со додатоци, како што се:



Сл. 1.3. Згура



Сл. 1.4. Пуцолан

- **портланд цемент со додаток на гранулирана згура** - претставува хидраулично сврзно средство кое се добива со мелење на портланд-цементен клинкер, гипс, евентуално помошно средство за мелење и најмногу 15%, или 30% гранулирана згура;



- **портланд-цемент со додаток на природен или вештачки пуцолан** - претставува хидраулично сврзно средство кое се добива со мелење на портланд-цементен клинкер, гипс, евентуално помошно средство за мелење и најмногу 15%, или 30% природен или вештачки пуцолан,
- **портланд-цемент со мешан додаток** - претставува хидраулично сврзно средство кое се добива со мелење на портланд-цементен клинкер, гипс, евентуално помошно средство за мелење и најмногу 15%, или 30% мешан додаток кој се состои од гранулирана згура и природен или вештачки пуцолан.

Доколку застапеноста на згурата и пуцоланот е поголема од 30%, не може да стане збор за портланд-цемент со додатоци, туку за нови видови цемента, како што се:

- **металургиски цемент** - претставува хидраулично сврзно средство кое се добива со мелење на портланд-цементен клинкер, гипс, евентуално помошно средство за мелење и повеќе од 30%, до 85% гранулирана згура;
- **пуцолански цемент** - претставува хидраулично сврзно средство кое се добива со мелење на портланд-цементен клинкер, гипс, евентуално помошно средство за мелење и повеќе од 30% природен или вештачки пуцолан.

Цементите со додатоци побавно стврдуваат во однос на чистиот портланд-цемент, ослободуваат помало количество топлина во процесот на стврдувањето и имаат поголема отпорност на хемиски влијанија. Поради наведените својства цементите со додатоци се применуваат за градење на масивни конструкции, хидротехнички објекти, речни, морски, подземни и други објекти.

Стандардните цемента, произведени од портланд цементен клинкер и додатоци ги носат следните ознаки:

- портланд-цемент.....PCk
- бел портланд -цемент.....BPCk
- портланд-цемент со додаток на згура, максимум 15% .....PC15zk
- портланд-цемент со додаток на згура над 15 -30% .....PC30zk
- портланд-цемент со додаток на пуцолан максимум 15% .....PC15pk
- портланд-цемент со додаток на пуцолан над 15 -30% .....PC30pk
- портланд-цемент со максимум 15% мешан додаток .....PC15d(z или p)k
- портланд-цемент со над 15-30% мешан додаток .....PC30d(z или p)k
- металургиски цемент .....Mk

- металургиски цемент со додаток на пуцолан.....M<sub>p</sub>k
- пуцолански цемент од природен и вештачки пуцолан .....Pk

каде е :

PC - портланд-цемент

M - металургиски цемент

P - пуцолански цемент

k - класа на цемент

z - гранулирана згура

p - пуцолан

z или p - компонента која преовладува при мешањето

d - мешан додаток

15 - мешан додаток најмногу до 15%

30 - мешан додаток од 15 - 30 %

Цементите се групираат во класи кои се означуваат со броевите **25, 35S, 35B, 45S, 45B и 55** каде е:

S - цемент со поспор прираст на јакоста

B - цемент со побрз прираст на јакоста

Во градежништвото, освен споменатите цемента, се користат и други видови хидраулични сврзни средства познати под името специјални цемента, како што се:

- алуминатен цемент;
- експанзивен цемент;
- сулфатно - отпорен цемент;
- сврзни средства на база на вар и додатоци.

Наведените цемента се разликуваат од портланд-цементите по составот и начинот на производство. Кој вид цемент ќе се примени зависи од видот на објектот, условите на експлоатација, околната средина и друго, за што одлучува стручно лице кое треба да ги познава сите видови цемента и нивните својства.

Според **европските стандарди** основните видови цемента се означуваат со следните ознаки:

- портланд -цемент.....CEM I
- портланд-цемент со додаток на згура .....CEM II/A-S и CEM II/B-S
- портланд-цемент со додаток на природен пуцолан.....CEM II/A-P и CEM II/B-P
- металуршки цемент .....CEM III/A, CEM III/B и CEM III/C
- пуцолански цемент.....CEM IV/A и CEM IV/B



Сл. 1.5. а) Портланд цемент



Сл. 1.5. б) Бел портланд-цемент

### 1.1.1. СВОЈСТВА НА ЦЕМЕНТИТЕ

#### ЗЕМАЊЕ НА ПРИМЕРОЦИ ЗА ИСПИТУВАЊЕ НА СВОЈСТВАТА НА ЦЕМЕНТИТЕ

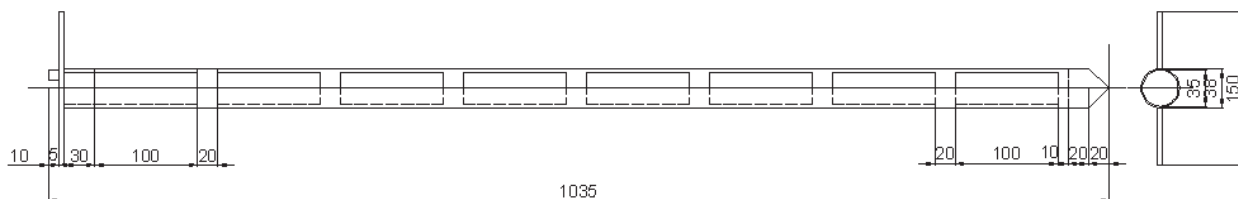
Примероците од увозните и домашните цемента ги земаат овластени лица кои ги именува овластена фирма.

Масата на примероците за испитување на домашните цемента изнесува 18 kg. Масата се хомогенизира и се дели на три еднакви делови, од кои првиот дел се користи за испитување, вториот дел за компаративни испитувања на производителите, а третиот дел се чува кај производителите до месец дена од издавањето на атестите.

Масата на примероците за испитување на увозните цемента изнесува 12 kg. Масата се хомогенизира и се дели на два еднакви дела, од кои првиот дел се користи за испитување, а вториот дел се чува кај увозникот до месец дена по извршеното атестирање.

Примероците на цемент кои се земаат од вреќите со цемент или од машините за пакување на цемент на следните два начина:

а) Од полните вреќи цементот се зема со специјална сонда (сл. 1.6), која е составена од 2 концентрични метални цевки. По должината на цевките има отвори кои се отвараат и затвараат со вртење на внатрешната цевка. Затворената сонда се втиснува дијагонално во вреќата со цемент потоа се отвара со вртење на внатрешната цевка, потоа отворената сонда се врти за 360 степени околу надолжната оската додека се наполни со цемент. Сондата се затвара со вртење на внатрешната цевка до затворена положба, а потоа се извлекува од вреќата со цемент. Примероците се земаат во приближно иста количина од 12 вреќи кои не биле поставени на под или на надворешната страна на унакрсно наредените вреќи со цемент.



Сл. 1.6. Сонда за земање на примероци од цемент

б) Од машините за полнење и пакување на вреќите примероците се земаат во приближно иста количина и временски расојанија, во 12 зафати, а потоа со червртење се издвојува просечен примерок.

Примероците на цемент во растресита состојба се земаат на следните два начина:

а) Кај производителите од уредите за испуштање на цементот од силоси или од уредите за полнење на цемента на начин кој претходно е опишан (б).

б) од камионите –цистерни, вагон-цистерни, бродови и специјални контејнери, поедини примероци се земаат од 12 различни места во приближно иста количина со помош на сонди.

Просечен примерок се добива со четвртење на издвоените делумни примероци на цементот.

Примероците се чуваат во чиста и сува амбалажа која херметички се затвара, се запечатува со восок и осигура со метална пломба, Секоја амбалажа мора да биде обележана и треба да ги има следните податоци:

- ознака, вид и класа на цемент;
- назив и седиште на производителот, а за увозен цемент и назив на увозувачот;

- ознака на местото на земање на примероците;
- регистерски број или ознака на транспортното средство, ако примерот се зема од транспортно средство;
- датум на испораката;
- презиме, име и потпис на лицето кои ги земало примероците.

За време на превозот и чувањето примерокот треба да биде херметички затворен и се отвара непосредно пред испитувањето.

### 1.1.1.1. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦЕМЕНТОТ

#### ВОЛУМЕНСКА МАСА НА ЦЕМЕНТОТ

Волуменската маса на цементот претставува однос помеѓу масата на цементот и неговиот волумен, заедно со порите и шуплините

Волуменската маса се определува во растресита и збиена состојба. Значајна е за планирање на транспортот и складирањето на цементот.

Волуменската маса се одредува со помош на стандардна инка, стандарден сад со волумен од 1 литар и друг помошен прибор (сл. 1.7) на следниот начин:



Сл. 1.7. Стандардна инка и стандарден сад со волумен од 1 л

Пробата од цементот, исушена на температура од 105 - 110°C до стална маса, се сипува низ инка (1) во цилиндричен лонец со волумен  $V=1 \times 10^{-3} m^3$  ( $1 dm^3$ ) и маса М. Притоа цементот се

меша со лопатка (5) и поминува низ решето со отвори од 2 mm (2), поставено на 80 mm од горниот раб на инката. Цилиндричниот лонец се полни сè додека над него не се формира конус кој ги налегнува сите рабови. Потоа, со метална рамналка се отстранува вишокот цемент и се добива полн сад со цемент кој воопшто не е збиан. Садот заедно со цементот се мери и неговата маса се бележи со  $M_1$ .

Волуменската маса во растресита состојба се добива по изразот:

$$\gamma_{vr} = \frac{M_1 - M}{V} (kg/m^3)$$

$\gamma_{vr}$  се движи во границите од 1000 - 1200  $kg/m^3$ .

Волуменската маса во збиена состојба се добива на тој начин што на цилиндричниот сад се додава наддавка (4) која го задржува цементот во садот. Наполнетиот сад заедно со наддавката се поставува на вибростол, кој преку ексцентар овозможува слободно паѓање на садот од висина од 1 cm, со брзина од 120 падови во минута. Притоа се додава цемент, така што неговата површина е постојано над горниот раб на садот. Кога ќе се утврди дека слегнувањето е завршено се трга наддавката, а вишокот цемент се отстранува со метална рамналка. Садот заедно со цементот се мери и неговата маса се бележи со  $M_2$ . Потоа садот, без прстен, се поставува под инката, повторно се додава цемент додека не се направи конус. Така наполнетиот сад се пушта да падне од височина од 1 cm, се отстранува вишокот цемент и повторно се мери неговата маса  $M'_2$ . Доколку разликата  $M_2 - M'_2$  не е поголема од 0,01 kg, се утврдува дека цементот е збиен, а во спротивно постапката се повторува. Волуменската маса во збиена состојба се пресметува според изразот:

$$\gamma_{vz} = \frac{M_2 - M}{v} (kg/m^3)$$

Волуменската маса во збиена состојба изнесува околу 1400 - 1500 ( $kg/m^3$ ).

## СПЕЦИФИЧНА МАСА НА ЦЕМЕНТОТ

---

**Специфична маса на цементот претставува однос помеѓу масата на цементот и неговиот волумен без пори и шуплини при определена температура и влажност.**

---

Ова физичко својство на цементот, може да даде првични, ориентациони информации за цементите, чие потекло не е познато во поглед на нивниот квалитет, евентуални додатоци и слично. Специфичната маса на цементот се определува по волуметриски или гравиметриски метод. Во двата случаи се користат проби од цемент исушени на температура од 105 - 110 °C до константна маса.

Постапката за определување на специфичната маса според волуметрискиот метод е следна: се користат два пикнометри, односно две епрувети со волумен од 50 ( $cm^3$ ). Првата епрувета се полни со течност која не сврзува со цементот, најчесто петролеум, а потоа околу една половина се истура во втората епрувета. Во неа се додава 30 g од исушениот цемент кој се испитува, а потоа содржината се меша со специјални вакуумски вцицувачи (шмукалки), со цел да се истисне воздухот од цементот. Кога од течноста ќе престанат да излегуваат меури од воздух, втората епрувета се дополнува до 50  $cm^3$  со течност од првата епрувета. Остатокот течност од првата епрувета претставува волумен на 30-те грама цемент кој се испитува. Специфичната маса се пресметува според изразот:

$$\gamma_s = \frac{M}{V} \text{ g/cm}^3$$

$\gamma_s$  - специфична маса на цементот  $\text{g/cm}^3$

$M$  - маса на цементот во  $g$

$V$  - волумен на цементот во  $cm^3$

Определувањето на специфичната маса по гравиметрискиот метод се врши по следниот редослед: во сув пикнометар со чеп, со маса  $M$  и волумен  $V$  се става сувиот цемент приближно до 1/4 од волуменот. Пикнометарот заедно со цементот се мери и нивната маса се означува со  $M_1$ . Потоа се додава петролеум приближно 1/2 од волуменот на пикнометарот, така што цементот да биде целосно покриен. Содржината се меша со специјални вакуум шмукалки сè додека излегуваат меури воздух од цементот, по што се додава петролеум до мерната ознака на пикнометарот, па истиот се затвара со чепот. Вака наполнетиот пикнометар има маса  $M_2$ . Специфичната маса на цементот се пресметува по изразот:

$$\gamma_s = \frac{M_1 - M}{V - \frac{M_2 - M_1}{\gamma_t}} (\text{g/cm}^3)$$

$\gamma_s$  - специфична маса на цементот во  $\text{g/cm}^3$

$M$  - маса на пикнометарот во  $g$

$M_1$  - маса на пикнометарот заедно со цементот во  $g$

$M_2$  - маса на пикнометарот заедно со цементот и петролеумот до мерната ознака во  $g$

$V$  - волуменот на петролеумот до мерната ознака во  $cm^3$

$\gamma_t$  - специфична маса на петролеумот во  $\text{g/cm}^3$

Специфичната маса на чист портланд-цемент изнесува околу 3,1 до 3,2  $g/cm^3$ , а за портланд-цемент со додатоци на пуцолан е под 3,0  $g/cm^3$ .

### ФИНОСТ НА МЕЛЕЊЕ НА ЦЕМЕНТОТ

Вкупната површина на зрната на единица волумен зависи од финоста на мелење на цементот. Пофино мелените цементи имаат поголема вкупна површина, бараат поголемо количество вода и ги забрзуваат процесите на сврзување и стврднување на цементот.

Според нашите стандарди, финоста на мелењето на цементот се определува преку остатокот на цементна прав на сито со отвори од 0,09 mm. Максимално дозволениот остаток изнесува 10%. Квалитетните цементи најчесто имаат помал остаток од дозволениот.

Финоста на мелење на цементот се утврдува на следниот начин: се просејува 50 g цемент (M), претходно исушен на 105 - 110° C низ сито со отвори од 0,09 mm. Просејувањето може да се изврши со апарати за просејување со помош на воздушен млаз или рачно. Рачното просејување се врши со 120 потреси во минута, при што повремено ситото се удира во цврста подлога. По 20 минути сеење, остатокот од ситото се собира во сад и се мери. Измерениот остаток повторно се враќа во ситото и се сее толку пати по 2 минути, додека низ ситото не помине помалку од 0,1 g. Конечниот остаток (M<sub>1</sub>) се мери со точност од 0,1 g и со него се пресметува финоста на мелење во проценти:

$$R = \frac{M_1}{M} \cdot 100$$

### ВРЕМЕ НА СВРЗУВАЊЕ НА ЦЕМЕНТОТ

Со мешање на портланд-цемент и вода се добива цементна каша - паста која постепено почнува да сврзува и стврднува, при што ја менува и својата агрегатна состојба, поминувајќи од пластична во тврда супстанција. Причините за овие промени се многу сложените физичко - хемиски процеси на релација цемент - вода, познати како **хидратација на цементот**. Процесот на хидратација започнува неколку минути по мешањето на цементот и водата и во првата етапа која трае околу 5 до 10 часа, цементната каша постепено се згуснува - сврзува, а потоа настанува постепено стврднување. Во првиот месец стврднувањето е доста интензивно, а подоцна интензитетот постепено опаѓа. Многубројните испитувања покажале дека за целосна хидратација на цементот е потребна точно определена количина вода која зависи од видот и составот на цементот. Брзината на хидратацијата зависи од поголем број фактори: од финоста на мелење на



цементот, од количината на вода, од температурата на околната средина, од минералниот состав на цементот и друго.

Во процесот на хидратација се ослободува определена количина топлина, позната како хидратациона топлина. На количината на ослободената топлина имаат влијание хемискиот состав на цементот, финоста на мелењето на цементот и др.

Имајќи го предвид процесот на хидратација како почеток на сврзувањето на цементот, може да се дефинира времето поминато откако е додадена водата во цементот, па додека цементната каша почне да ја губи својата пластичност. Цементите кај кои тоа време е кратко, под 15 минути, се нарекуваат **брзо сврзувачки цемента**, а останатите кај кои почетокот на сврзување е по 60 минути, се наречени **нормално сврзувачки цемента**. Во практиката најмногу се употребуваат нормално сврзувачки цемента.

Како време на почеток на сврзување на цементот се дефинира временскиот период од моментот на мешањето на цементот и водата, па до моментот кога цементната каша ќе ја изгуби својата пластичност.

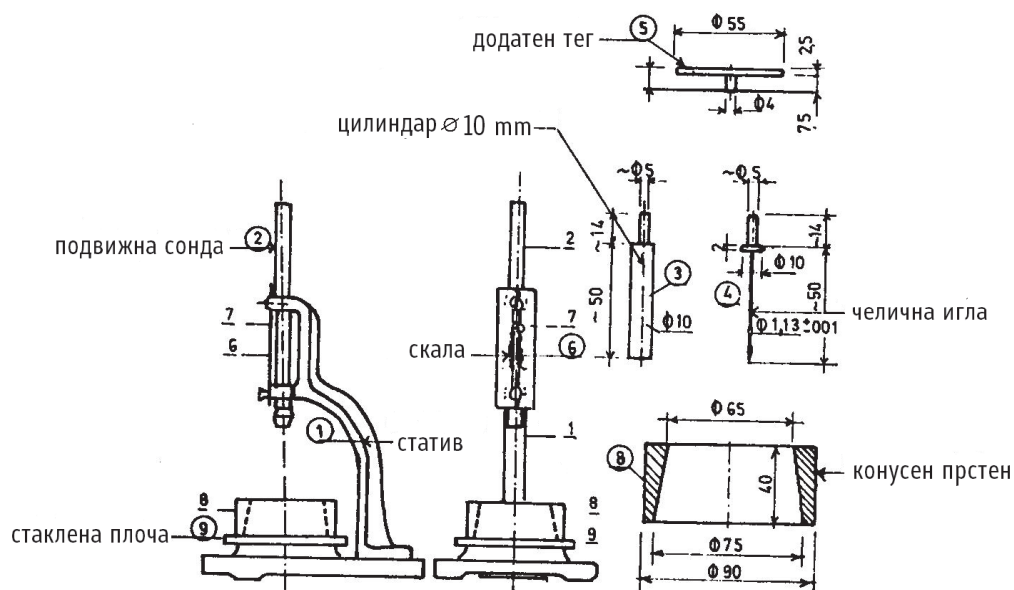
Како крај на сврзувањето се смета времето поминато од моментот на мешање на цементот и водата, па до моментот кога цементната каша ќе го изгуби последниот траг на пластичност, односно ќе помине во друга агрегатна состојба - **цементен камен**.

Наведените својства на цементот се пренесуваат и на својствата на бетонот. Според нашите стандарди, почетокот на сврзувањето не треба да биде пред 1 час, а крајот не по 10 часа.

Времето на сврзување се определува со помош на Викатовиот апарат (сл. 1.8) кој се состои од следните делови: статив (1), подвижна сонда (2), цилиндар со пречник од 10 mm (3), или челична игла со пресек 1 mm<sup>2</sup> (4), тег (5), скала (6), скалалка (7), конусен прстен од материјал што не кородира и не впира вода (8) и стаклена плочка со димензии 120/120/3 mm (9).

Почетокот и крајот на сврзувањето на цементот се определува на цементна каша со **стандардна конзистенција**. Таа се утврдува исто така со Викатовиот апарат, во чиј долен дел се става цилиндарот (3), кој заедно со подвижната сонда има маса од  $300 \pm 2gr$ . Цементната каша што се испитува се подготвува во посебен сад, од 400 g цемент и вода во износ од 23 - 30 % од тежината на цементот кои интензивно се мешаат во траење од 3 минути.

Оваа постапка е за рачно подготовка на цементната каша, но со нашите стандарди меродавно е машинско подготвување на цементната каша.



Сл. 1.8. Викатов апарат

По завршеното мешање, со цементната каша се полни конусниот прстен (8) и горната страна се зарамнува. Потоа сондата со цилиндарот внимателно се спушта во центарот на прстенот така што да налегне на површината на кашата и се пушта цилиндарот слободно да помине низ кашата. Ако по 30 секунди цилиндарот се задржи на 5-7 mm над стаклената подлога се смета дека кашата има **стандардна конзистенција**. Ако цилиндарот се задржи над 7 mm или помине под 5 mm, мора да се приготви нова каша со зголемен, односно со намален процент на вода. Подготовката на кашата може да се изврши со помош на мешалка, по точно утврдена постапка.

Откако ќе се приготви каша со стандардна конзистенција за определување на почетокот и крајот на сврзувањето, повторно се користи Викатовиот апарат, но наместо цилиндарот (3) се става челичната игла (4). За иглата со подвижната сонда да има тежина од  $300 \pm 2$  g, на апаратот се поставува додатен тег.

Како почеток на сврзување се смета моментот кога иглата, поминувајќи низ кашата, се задржува на 3-5 mm над стаклената подлога. Времето поминато од моментот на додавањето вода во цементот, па до почетокот на сврзувањето се смета како **време на почеток на сврзувањето**.

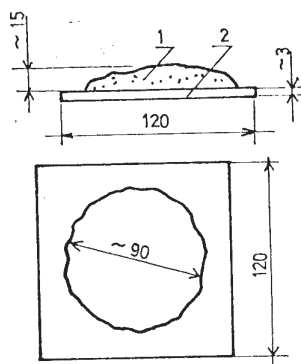
Веднаш по утврдувањето на почетокот на сврзувањето, прстенот со кашата се одделува од стаклената плоча и се свртува. Со помош на Викатовата игла се утврдува и крајот на сврзувањето кое се дефинира како момент кога иглата не навлегува повеќе од 1 mm во кашата. Времето поминато од моментот на додавањето на водата во цементот, па до крајот на сврзувањето, е **време на завршување на сврзувањето**.

## ВОЛУМЕНСКА ПОСТОЈАНОСТ НА ЦЕМЕНТОТ

Волуменската постојаност е многу значајна механичка карактеристика на цементот. Неопходно е потребно, цементното тесто по сврзувањето, битно да не го менува својот волумен. Но, цементите кои во себе содржат поголемо количество вар, калциум сулфат и некои други слични состојки, покажуваат својство да го менуваат волуменот. Доколку од вакви цемента се подготви бетон, тогаш по стврднувањето ќе се појават пукнатини кои се шират од надворешната површина кон внатрешноста, што не е пожелно. Затоа, волуменски непостојаните цемента не смеат да се употребуваат за подготвување на бетони со траен карактер.

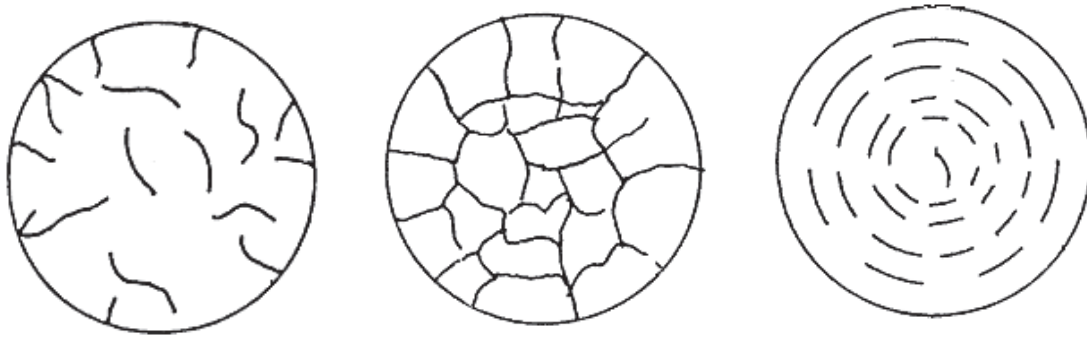
Волуменската постојаност се определува со помош на цементни колачиња или со помош на Шателиерови (Le Shatelier) прстени.

Колачињата се подготвуваат од каша со стандардна конзистенција, која точно во определена количина, во облик на топка (1), се става на стаклена плочка што лесно се потресува (2). Притоа топката од цементната каша се претвара во колаче со дијаметар од 90 mm и висина 15 mm (сл. 1.9).



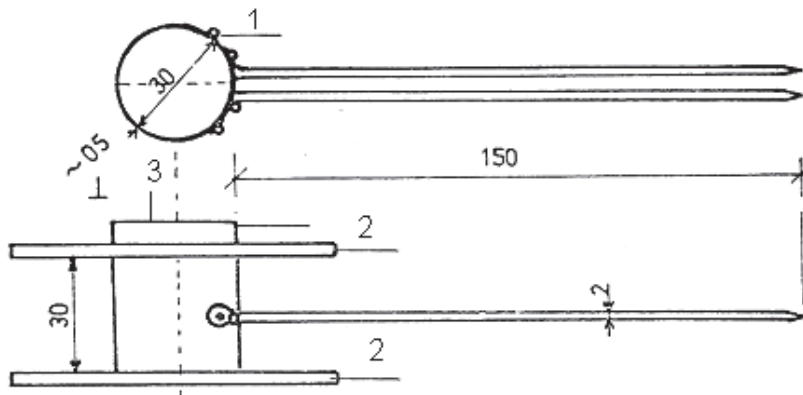
Сл 1.9. Цементно колаче

Се подготвуваат две колачиња кои во првите 24 часа се држат во просторија со влажност најмалку 95% и температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . По 24 часа колачињата се одвојуваат од стаклената плочка, се свртуваат и се ставаат во сад со вода, со температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Потоа водата половина час се загрева додека не зоврие, а во наредните три часа вриење колачињата мора да бидат постојано под вода. По ова колачињата се вадат и се врши макроскопски преглед. Доколку не се појават никакви деформации, радијални или мрежести пукнатини, или трошност на колачињата, се смета дека цементот е волуменски постојан и обратно (сл. 1.10).



сл. 1.10. Облик на деформации на цементните колачиња

За утврдување на волуменската постојаност според La Shatelier потребни се два расечени прстени од месинг со сказалки (1), две стаклени плочки со димензии 6x6 (2) и тег од 150 g (3) (сл. 1.11 а,б).



Сл. 1.11. а) Шателиерови прстени

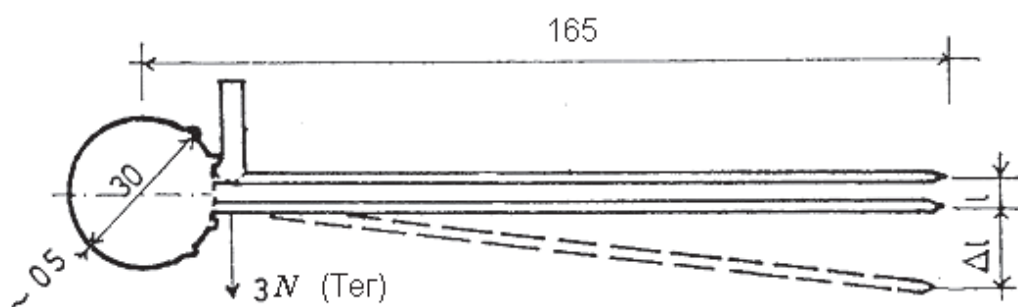


Сл. 1.11. б) Шателиерови прстени

Двата Шателиерови прстени се ставаат врз лесно премачкани стаклени плочки и се полнат со стандардната каша, која се израмнува од горната страна. Одозгора се става втората стаклена плочка и преку неа тегот и сè заедно во сад со вода загреана на температура од  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

По 24 часа прстените се вадат од водата, се ослободуваат од стаклените плочки и тегот и се ставаат во сад со вода. Притоа, сказалките се вртат нагоре и се мери растојанието меѓу нив ( $d_1$ ). Потоа водата се загрева така што за половина час зоврива и во наредните 2,5 часа вриве, по што прстените се вадат и се оладуваат на температура од  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Повторно се мери растојанието меѓу врвовите од сказалките ( $d_2$ ). Како волуменски постојан ќе се смета цементот за кој отклонувањето на врвовите ( $d_2 - d_1$ ) нема да биде поголемо од 10 mm.

Пред да се започне со испитувањето, потребно е да се изврши баждарење на Шателиеровите прстени кои треба да имаат одредена крутост. Баждарењето се врши на тој начин, што на едната од сказалките во нивното вклетување во прстенот, се обесува тег со маса од 3N. Прстенот има прифатлива крутост, ако зголемувањето на растојанието меѓу врвовите од сказалките е во границите од 15 - 20 mm (сл. 1.12).



Сл. 1.12. Баждарење на шателиерови прстени

## СПЕЦИФИЧНА ПОВРШИНА НА ЦЕМЕНТОТ

Специфичната површина претставува развиена површина на зрната од 1 g цемент. Таа дава дополнителни сознанија за финоста на мелење и се определува со Блеиновиот (Blaine) пермеабилметар. Резултатот од испитувањето се цени врз основа на времето потребно за поминување на определено количество воздух низ цементна епрувета, збиена по пропишана постапка и под определени услови.

За портланд-цемент пропишана е следната специфична површина:

- за сите цемента најмалку  $2400 \text{ cm}^2/\text{g}$ ;
- за цементите со класа PC 35 и PC 45 најчесто е  $3500 \text{ cm}^2/\text{g}$ .

### 1.1.1.2. МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА ЦЕМЕНТОТ

#### ПОДГОТОВКА НА ПРОБНИТЕ ТЕЛА

Две најзначајни механички карактеристики на цементот се **јакоста на свиткување** и **јакоста на притисок**. Тие се определуваат со испитување на пробни призми, со димензии  $40/40/160\text{ mm}$ .

Подготовката на призмите се врши во просторија со температура  $20\pm 2^\circ\text{C}$  и релативна влажност од најмалку 50%. За изработка на три пробни призми потребно е: 450 g цемент,  $3 \times 450\text{g} = 1350\text{ g}$  стандарден песок и 225 ml вода. Стандардниот песок е сув, природен, кварцен песок, со најмалку 96%  $\text{SiO}_2$  (силициум диоксид) и најмногу 0,5% тиња, поделен во три фракции: фина, средна и крупна. Тие се добиваат со просејување низ сита со отвори од 0,09-2,0 mm.

Мешањето на цементот, стандардниот песок и водата се врши со специјални мешалки, по точно утврден ред на дозирање, односно време и брзина на мешање (сл. 1.13).



Сл. 1.13. Специјални мешалки за цементна паста

За изработка на призмите се користат триделни челични калапи (сл. 1.14а), лесно премачкани со машинско масло, а се прицврстуваат за специјални вибростолови (сл. 1.14б).



Сл. 1.14. а) Триделни челични калапи



Сл. 1.14. б) Вибростол со челични калапи

Вградувањето се врши на тој начин што мешавината се додава во точно утврдени количини, а вибростолот вибрира со одреден интензитет, сè додека калапите не бидат целосно исполнети со малтер.

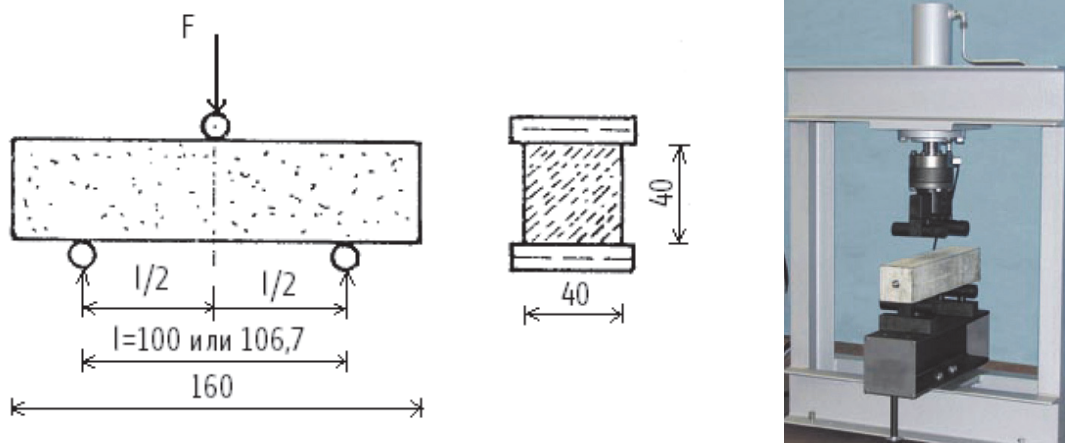
Исполнетите калапи се ставаат во просторија со температура од  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и релативна влажност од 90% која се мери со инструмент (сл. 1.15). Тука стојат 24 часа. По 24 часа, калапите се отвараат, призмите се вадат внимателно, се мерат и нумерираат. Потоа се ставаат во хоризонтална положба, на решетка поставена во сад со вода за пиење. Призмите треба да бидат прелиени со вода, 2 cm над нивната горна површина. Во ваква средина се чуваат до моментот на испитувањето. Испитувањето се врши по 1, 3, 7 и 28 дена зависно од класата на цементот. Кога призмите треба да се испитуваат, се вадат од водата, се бришат со чиста крпа и се мери нивната тежина.



Сл 1.15. Инструменти за мерење на температурата и влажноста во просторијата

ИСПИТУВАЊЕ НА ЈАКОСТ НА СВИТКУВАЊЕ НА ЦЕМЕНТОТ

Јакоста на свиткување на цементот се утврдува со испитување на приготвените призми, со помош на специјален апарат - вага или преса. Призмите се поставуваат на две лежишта - цилиндри, со дијаметар од 10mm поставени на осовинско растојание од 100 или 106,7 mm, а се товарат преку трет цилиндар во средината на распонот, со концентрирана сила која расте постепено  $50 \pm 10 N/s$  (сл. 1.16).



Сл. 1.16. Утврдување на јакост на свиткување на цементот

Јакоста на свиткување се пресметува според изразот:

$$\sigma_s = \frac{3}{2} \cdot \frac{FL}{a^3}$$

$\sigma_s$  - јакост на свиткување

$F$  - Концентрирана сила која предизвикува разрушување (N)

Ако  $a=40 \text{ mm}$ , а  $l=100 \text{ mm}$ , следува:

За  $L = 100 \text{ mm}$

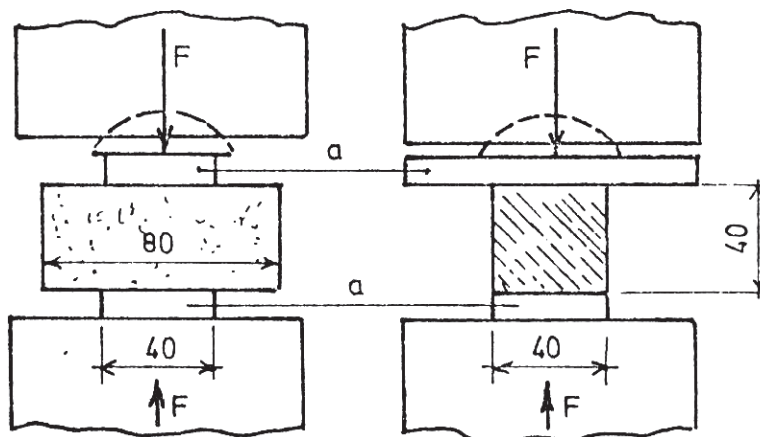
$$\sigma_s = \frac{3}{2} \cdot \frac{F \cdot L}{a^3} = 2,344 \cdot 10^{-3} \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

Како јакост на свиткување се зема средната вредност од три поединечни проби. Доколку некој резултат отстапува повеќе од 10% од просечната вредност, испитувањето треба да се повтори.



ИСПИТУВАЊЕ НА ЈАКОСТ НА ПРИТИСОК НА ЦЕМЕНТОТ

Непосредно по извршеното испитување на јакоста на свиткување, се испитува и јакоста на притисок на шесте половици од призмите. Испитувањето се врши со преси (сл. 1.17) на тој начин што силата се зголемува постепено, така што притисокот на единица површина расте во границите  $1,5 \pm 0,5 \text{ MPa}$ . Површината преку која се пренесува силата е со димензии  $40/40 \text{ mm}$ .



Сл. 1.17. Испитување на јакост на притисок со преси

Јакоста на притисок се пресметува според изразот:

$$\sigma_p = \frac{F}{A_B}$$

каде е:

$\sigma_p$  - јакост на притисок

$F$  - сила при разрушување

$A_B$  - површина на која лежи пробната призма

Како јакост на притисок се зема средната вредност од 6-те поединечни резултати. Доколку 1 или 2 резултати отстапуваат за повеќе од 10% од просечните вредности, овие резултати се отфрлаат и просекот се бара од останатите 4 или 5 призми. Доколку пак отстапуваат повеќе од 2 резултати, испитувањето се повторува.

Јакоста на притисок заедно со јакоста на свиткување ја определуваат класата на цементот (табела 1)

Табела 1. Јакоста на притисок заедно со јакоста на свиткување определени од класата на цементот

Класа на цемент		Најмала јакост $MP_a$							
		1 ден		3 дена		7 дена		28 дена	
		При-тисок	Вит-кање	При-тисок	Вит-кање	При-тисок	Вит-кање	При-тисок	Вит-кање
25		-	-	-	-	10	2,5	22	4
35	S	-	-	-	-	14	3,5	31	5
	B	-	-	14	3	-	-	31	5
45	S	-	-	14	3	-	-	40	5,5
	B	-	-	18	3,5	-	-	40	5,5
55		18	3,5	-	-	-	-	49	6,5

*B* - цементи со побрз пораст на јакоста

*S* - цемент со побавен пораст на јакоста

Покрај наведените физички и механички својства на цементот, во определени случаи, неопходно е потребно да се утврдат и други својства, како што се: **собирање и ширење на цементот, хидратациона топлина, содржината на воздух во цементниот малтер** и др.

Во некои случаи потребно е да се утврдат и хемиските својства на цементот, кои влијаат на својствата на цементот, а со тоа и на бетонот.

Треба да се нагласи дека на сите видови цементи во процесот на сврзувањето штетно влијаат киселините, солите, мастите и др. Превисоките или ниските температури, проветот и неконтролираните потреси штетно влијаат, како за време на сврзувањето, така и на почетокот на стврднувањето на цементот.

Бидејќи на цементот штетно влијае влагата од воздухот, неопходно е потребно цементот да се заштити од неа, чувајќи го во суви и проветрени простории.

**Запомни:**

- ➡ Технологијата на бетонот е релативно млада научна дисциплина која се занимава со проучување на методите за приготвување, вградување и нега на бетонот.
- ➡ Со терминот бетон во најопшт случај се означуваат сложените градежни материјали составени од полнеж, сврзно средство и вода, а во одредени случаи и специјални додатоци - адитиви.

- Предмет на излагањата на овој учебник ќе бидат обичните - нормални бетони.
- Цементот е хидраулично сврзно средство кое во комбинација со водата се претвора во цементна каша, која со тек на време стврднува. Најмногу се применува портланд-цемент.
- Цементот се добива од портланд-цементен клинкер.
- Волуменската маса на цементот претставува однос помеѓу масата на цементот и неговиот волумен, заедно со порите и шуплините.
- Специфична маса на цементот претставува однос помеѓу масата на цементот и неговиот волумен без пори и шуплини при определена температура и влажност.
- Цементите кај кои тоа време е кратко, под 15 минути, се нарекуваат брзо сврзувачки цемента, а останатите кај кои почетокот на сврзување е по 60 минути, се наречени нормално сврзувачки цемента.
- Волуменската постојаност се определува со помош на цементни колачиња или со помош на Шателиерови (Le Shatelier) прстени.
- Две најзначајни механички карактеристики на цементот се јакоста на свиткување и јакоста на притисок.
- Покрај наведените физички и механички својства на цементот понекогаш се наложува потреба да се испитаат и собирање и ширење на цементот, хидратациона топлина, содржината на воздух во цементниот малтер.

Тест за самооценување

Дел А

1. Бетонот се добива од цемент, песок и вода.

Да

Не

2	
---	--

2. Цементот со додаток на згура содржи повеќе од 30% згура.

Да

Не

2	
---	--

3. Јакост на свиткување на цементот утврдена при старост од 28 дена е класа на цементот.

Да

Не

2	
---	--

4. Почеток на сврзување е времето поминато од моментот на додавање на вода во цементот до моментот кога цементната каша почнува да ја губи пластичноста.

Да

Не

2	
---	--

Дел Б

1. Физички својства на цементот се:

.....

.....

5	
---	--

2. Што е волуменска маса на цементот?

.....

.....

3	
---	--

3. Предности на бетонот се:

.....

.....

5	
---	--

4. Волуменската постојаност се одредува на два начина:

.....

.....

3	
---	--

5. Напиши ја формулата за пресметување на јакост на притисок на цементот и означи што значи секоја ознака?

.....

.....

5	
---	--

6. Кои инструменти се користат за испитување на времето на сврзување на цементот?

.....

.....

5	
---	--

Дел В

1. Опиши како се испитува специфична маса на цементот

8	
---	--

2. Опиши како се испитува јакост на свиткување на цементот.

8	
---	--

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволен (1)	1 - 10	

## 1.2. КАМЕН АГРЕГАТ

Потсети се!

1. Од кои компоненти се подготвува бетон ?
2. Што знаете за агрегатот кој се става во бетонот?

### 1.2.1. ВИДОВИ КАМЕН АГРЕГАТ

Камениот агрегат претставува природен или вештачки збир на минерални-неоргански честички кои поврзани помеѓу себе со сврзни средства и вода даваат бетон. Агрегатот учествува и до 80% од вкупната маса на бетонот, па сосема е разбирливо дека од неговите својства во голема мера зависат и својствата на бетонот.

Според ПБАБ/87год. за приготвување на нормалните бетони, потполно рамномерно се користат природниот камен агрегат од алувијално или глацијално потекло (песок и чакал) и дробениот агрегат добиен со дробење на природниот камен. Можна е и комбинација меѓу природниот и дробениот камен агрегат.

**Природниот агрегат** - песок и чакал се добиваат од наоѓалишта, како што се: речни токови, езерски крајбрежја или просторите на поранешните водни токови, езера и сл. Зрната на природниот агрегат главно се заоблени како последица на транспортот, најчесто заедно со водата што влијае поволно на обработливоста и вградливоста на бетонот.

Петрографскиот состав на природниот агрегат е исклучиво хетероген, затоа што песокот и чакалот се продукти добиени од разни карпи со вулканско, седиментно или метаморфно потекло. Тоа значи дека и механичките, физичките и хемиските својства на одделните зрна од агрегатот се различни. Петрографската хетерогеност на природниот агрегат најлесно се воочува преку различната боја на зрната од песокот и чакалот (сл. 1.18)



Сл. 1.18. Речен агрегат

Дробениот агрегат, кој се нарекува уште и мајдански, се добива со дробење на природните цврсти карпи од било кое потекло. Зрната на дробениот камен агрегат се со остри рабови што овозможува нивно подобро меѓусебно вклетување, а тоа придонесува за подобрување на некои механички карактеристики на бетонот. Поволно својство на дробениот агрегат е и неговата петрографска хомогеност што придонесува да се избегне или намали концентрацијата на напрегањата во бетонот од дејство на товарите или температурните промени (сл. 1.19)



Сл. 1.19. Дробен агрегат

Дробениот агрегат, по правило, е поскап од природниот. Самото дробење, потешкото сепарирање, понеповолните услови за вградување, обработливост и друго, дробениот агрегат го прават понекономичен. Во практиката најчесто им се дава предност на природниот, особено на речниот агрегат, што никако не значи дека и дробениот агрегат не се користи доста често.

За приготвување на бетонот не се дозволува на т.н. природни мешавини-песок и чакал, освен за неармиран бетон МБ<15, кој служи за пополнување, слоеви за израмнување и слично.

За приготвување т.н. конструктивни бетони, денеска исклучиво се користи сепарираниот-фракционираниот агрегат. Под поимот сепариран-фракциониран, се подразбира агрегатот кој се испорачува во неколку фракции, кои се добиваат со просејување на природните мешавини низ сита со одредени отвори.

Во најопшт случај може да се рече дека за подготвување на бетон може да се користат агрегати кои со својот минеролошко-петрографски состав не влијаат штетно на својствата на бетонот, не придонесуваат за негово разрушување, напукнување и слично, не предизвикуваат корозија на арматурата и др.

Според големината на зрната, агрегатот може да се подели на два дела: ситен агрегат-песок-е агрегат чии зрна поминуваат низ сита со отвори од  $4\text{ mm}$  и крупен агрегат чии зрна не поминуваат низ тоа сито.

Во зависност од волуменската маса, агрегатот може да се подели на три вида: лесен, нормален и тежок.

**Лесните агрегати** имаат волуменска маса која варира во доста широки граници од 300-1800  $kg/m^3$ . Тие може да бидат од природно или вештачко потекло и служат како изолациони материјали, украсен декор, а во последно време и за изработка на конструктивни елементи.

**Нормалните агрегати** во практиката најчесто се користат. Служат за изработка на нормални бетони. Нивната волуменска маса се движи во границите од 2000-3000  $kg/m^3$ . Во овој учебник детално ќе стане збор токму за нормалните агрегати и бетоните кои се подготвуваат од нив.

**Тешки агрегати** се користат за изработка на тешки бетони. Волуменската маса е околу 4000  $kg/m^3$ . Тешките бетони се користат при изработка на заштитни ѕидови кај нуклеарните реактори или слични на нив објекти кога е неопходна заштита од "У" зрачење.

### 1.2.2. ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА КАМЕНИОТ АГРЕГАТ

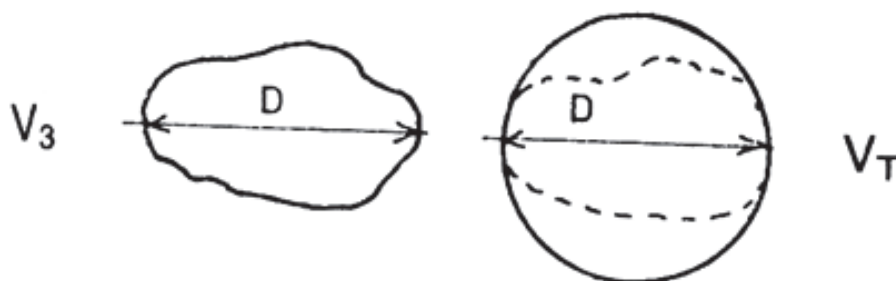
Физичко-механичките својства на камениот агрегат се значајни заради фактот што од нив зависат обработливоста и вградливоста на бетонската мешавина, физичко-механичките својства на стврднатиот бетон, неговото комплетно однесување, трајноста и друго. Условите за квалитетот на агрегатот во оваа смисла се пропишани со Правилникот за бетон и армиран бетон (ПБАБ/87), нашите стандарди, односно со светската регулатива и литература од оваа област.

Меѓу позначајните физичко-механички својства на кои треба да се обрне внимание, се: **обликот и изгледот на површината на зрната на агрегатот, содржината на ситни честички во агрегатот, содржината на лесни честички во агрегатот, обвитканоста на површината на зрната на агрегатот, содржина на органски материи во агрегатот, присуството на аморфен силициум во агрегатот, волуменската маса на агрегатот, јакоста на агрегатот, гранулометрискиот состав на агрегатот и друго.**

#### Облик и изглед на површината на зрната на агрегатот

Експерименталните истражувања покажале дека обликот на зрната на агрегатот во голема мера влијаат на обработливоста на бетонската мешавина што подоцна се одразува и врз својствата на стврднатиот бетон. Како зрна со неправилен облик се сметаат плочестите и иглестите зрна, кај кои односот на најголемата и најмалата димензија на зрното е поголем или еднаков на 5:1 (сл. 1.20)





Сл. 1.20. Облик на зрната на агрегатот

Освен обликот на зрната, на обработливоста на бетонската мешавина, има влијание и т.н. текстура – поим под кој се подразбира изгледот на површината на зрната (мазни, малку рапави, многу рапави и сл.). Од аспект на вградливоста, поповолни се мазните зрна, но имајќи ги предвид и механичките карактеристики на бетонот, сепак предност им се дава на зрната со рапава површина (дробен или вештачки агрегат). Зрната со рапава површина овозможуваат подобра атхезија, односно поголема јакост на затегнување на бетонот.

#### Содржина на ситни честици во агрегатот

Под ситни честици се подразбираат ситни зрна кои при мокро просејување поминуваат низ сита со отвори од  $0,09\text{ mm}$ . Најчесто имаат хумусно-глинест состав и нивното присуство во агрегатот е непожелно, затоа што тие се поврзуваат меѓу себе и формираат шуплини во бетонската маса.

#### Содржина на грутчиња глина во агрегатот

На потполно ист начин како ситните честици и групираната глина во агрегатот има неповолно влијание.

#### Содржина на лесни честици во агрегатот

Присуството на лесните честици во агрегатот (јаглен, билни остатоци, битумен и сл.) е непожелно, поради тоа што имаат влијание на времето на сврзувањето и стврднувањето на цементот, а со тоа и на јакосните карактеристики на самиот бетон.

#### Обвитканост на површината на зрната на агрегатот

Присуството на органските материи во агрегатот е непожелно затоа што директно влијае на јакосните карактеристики на цементниот камен, а со тоа и на бетонот. Доколку со испитување се

утврди поголемо присуство на органски материи, агрегатот не може да се користи за приготвување на бетон.

### **Содржина на органски материи во агрегатот**

Присуството на органските материи во агрегатот е непожелно затоа што директно влијае на јакоските карактеристики на цементниот камен, а со тоа и на бетонот. Доколку се испитување се утврди поголемо присуство на органски материи, агрегатот не може да се користи за приготвување на бетон.

#### **Присуство на аморфен силициум**

Присуството на аморфниот силициум во агрегатот може да биде причина за т.н. алкално силикатна реакција во бетонот. Тоа е процес при кој аморфниот силициум стапува во реакција со алкалиите присутни во цементот, кои подоцна во допир со влагата го зголемуваат својот волумен. Поради оваа волуменска деформација, се јавуваат големи внатрешни напрегања, пукнатини, намалување на јакоските карактеристики и др.

Сите наведени својства на камениот агрегат се утврдуваат по точно пропишани постапки според нашите стандарди. Утврдувањето на некои поважни својства ќе биде прикажано во овој учебник.

### **1.2.3. ИСПИТУВАЊЕ НА АГРЕГАТОТ**

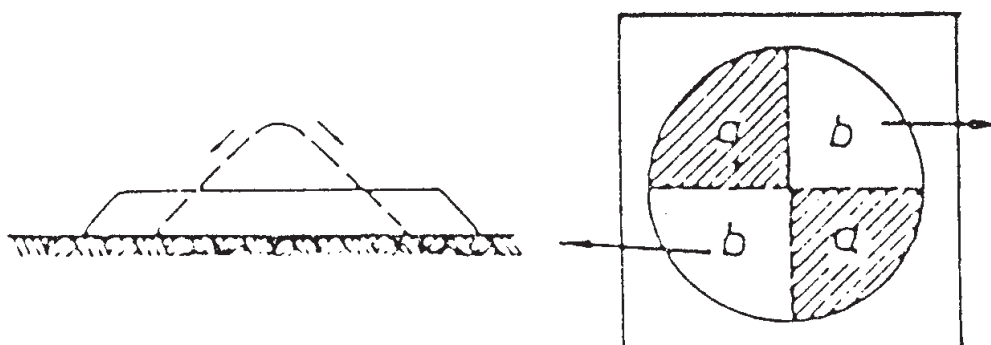
#### **ЗЕМАЊЕ ПРОБИ ЗА ИСПИТУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА АГРЕГАТОТ**

За утврдување на квалитетот на природниот и дробениот агрегат, потребно е да се земе проба која ќе претставува некаков просек од вкупната маса. Вкупната потребна маса за испитување се формира од поединечните маси кои се земаат рамномерно од целото наоѓалиште. Најмалите количини на единичните и вкупната проба, зависат од големината на зрната на агрегатот (табела 2).

Табела 2. Најмалите количини на единичните и вкупната проба, зависат од големината на зрната на агрегатот.

Големина на зрно (mm)	Маса на единечна проба (kg)	Маса на вкупна проба (kg)
125	50	250
63	30	150
31,5	20	100
16	10	50
8	6	30
4	6	30

Формирањето на вкупната маса се врши на тој начин што поединечните проби се мешаат меѓусебно со префрлање од едно на друго место (3 - пати), при што се формира куп во облик на конус (сл. 1.21). Потоа рачката од лопатата се пробива во средината на конусот и со вртење тој добива плоскаст облик. Вака оформената маса се дели на четири еднакви дела. Потоа двете спротивни четвртини повторно меѓусебно се мешаат поголем број пати, сè додека не се добие потребната проба за испитување.



Сл. 1.21. Формирање на пробите од агрегат

Две спротивни четвртини (a) се отфрлаат, а другите две (b) повторно се мешаат меѓусебно на веќе опишаниот начин, сè додека не се добие потребното количество агрегат.

За испитување на природниот камен исто така се земаат репрезентативни проби кои треба да имаат воедначен компактен состав. Поединечните проби имаат облик на коцка со димензии од околу 20 cm, а нивниот број изнесува најмалку три. Доколку карпестата маса од место до место се разликува, тогаш се земаат по три поединечни проби од секој локалитет.

Земените проби се пакуваат во погодна амбалажа (пластични вреќи, дрвени сандаци, метални буриња и сл. и заедно со пропратната документација која ги содржи најбитните податоци се испраќа во овластена лабораторија каде ќе се вршат испитувањата.

## ВОЛУМЕНСКА МАСА НА АГРЕГАТОТ

Волуменската маса на агрегатот претставува маса на единица волумен заедно со пори и шуплини и се движи од  $2.000-3.000 \text{ kg/m}^3$ .

Овој податок е потребен при некои пресметувања на составот на бетонската мешавина, заради планирање на транспорт и друго.

За определување на волуменската маса во растресита состојба се користи сад со познат волумен кој зависи од максималната големина на зрната на агрегатот. Агрегатот кој се испитува најпрвин се суши на температура од  $110^\circ\text{C}$  во специјални сушари (сл. 1.22), а потоа во висина од  $5,0 \text{ cm}$  со него се полни сад. Притоа не смее да се врши никакво збивање или потресување. Површината на агрегатот се порамнува со метална рамналка, а потоа со прецизна вага се мери садот заедно со агрегатот. Ако од вкупната тежина се одбие сопствената тежина на садот, се добива тежината на пробата.



Сл. 1.22. Сушара за агрегат

Волуменската маса во растресита состојба е:

$$\gamma_{vr} = \frac{M_r}{V}$$

каде е:

$M_r$  - маса на проба

$V$  - волумен на садот

Волуменската маса во збиена состојба се добива користејќи го истиот сад и една метална прачка со дијаметар од  $1,6 \text{ cm}$  и должина од  $60,0 \text{ cm}$ , која служи за збивање на агрегатот. Садот најпрвин се полни до  $1/3$  од висината, потоа до  $2/3$  и на крај се преполнува со агрегат, при што секое ниво се збива со по 25 удари - прободување со металната прачка. Вишокот агрегат се

отстранува со метална рамналка, по што се утврдува масата на пробата. Волуменската маса во збиена состојба е:

$$\gamma_{vz} = \frac{M_z}{V}$$

каде е:

$M_z$  - маса на агрегатот во збиена состојба

Како меродавна се зема средната вредност од две испитувања чија разлика не смее да е поголема од 5%. Доколку разликата е поголема се врши уште едно испитување и се зема средната вредност од двата најблиски резултата.

### ВЛАЖНОСТ НА АГРЕГАТОТ

Бидејќи за приготвување на бетонот најчесто се користат компактни зрна, влажноста на агрегатот во најголема мера ја сочинува водата која се задржува на површината на зрната. Површинската влажност во зависност од специфичната површина на агрегатот може да се движи и до 10%.

**Влажноста на агрегатот треба да се утврди заради определување на количината на водата што треба да се додаде при приготвување на бетонот.**

Влажноста на агрегатот се утврдува со сушење до стална маса. Количината на пробата која се испитува се определува на тој начин што дијаметарот на најголемото зрно изразено во *mm* се помножи со 200. Постапката при испитувањето е следнава: садот за сушење се мери, а потоа во него се става измерената проба која се суши до постојана маса. Влажноста на пробата во проценти се пресметува по изразот:

$$U = \frac{M_1 - M_2}{M_2 - M_p} \cdot 100$$

каде е:

$U$  - влажност на сувата проба во проценти,

$M_1$  - маса на садот и влажен агрегат,

$M_2$  - маса на садот и сувиот агрегат,

$M_p$  - маса на садот.

## ПОСТОЈАНОСТ НА АГРЕГАТОТ

Под постојаност на агрегатот се подразбира способноста на неговите зрна да не го менуваат својот волумен при промена на физичко-хемиските услови на околната средина (висока температура, мраз, наизменично влажнење и сушење и др.). За постојан се смета агрегатот чишто зрна не трпат големи оштетувања при наведените промени на околната средина. Агрегатите кои се непостојани предизвикуваат лупење и пукнатини на површините, односно распаѓање во внатрешноста на бетонската маса што го нарушува естетскиот изглед и сигурноста на елементите од бетон и армиран бетон.

Во наши услови многу често има потреба од испитување на постојаноста на агрегатот на дејство на мраз.

За утврдување на постојаноста на мраз, постојат повеќе методи. Ќе биде изнесена постапката за употреба на заситен раствор од натриум сулфат. Точно определена количина агрегат се суши на температура од 110°C, а потоа оладена до собна температура се става во заситен раствор од натриум сулфат, каде стои од 16 до 18 часа. По истекот на ова време пробата се вади, се исцедува и суши до константна тежина. Опишаната постапка се повторува поголем број пати во зависност од намената, а потоа со просејување се утврдува губитокот на почетната маса на пробата. До губење на масата доаѓа поради тоа што одреден број зрна се распаднале и може да поминат преку сита низ кои пред тоа не поминувале.

Губењето на масата во проценти изнесува:

$$\frac{M_1 - M_2}{M_1} \cdot 100$$

каде е:

$M_1$  - маса на пробата пред потопувањето

$M_2$  - маса на пробата по  $n$  циклуси на потопувања

Наместо со потопување во натриум сулфат, постојаноста може да се испита со наизменично мрзнење и одмрзнување, одреден број пати - циклуси.

Губењето на масата може да биде најмногу до 12%.

## ЈАКОСТ НА АГРЕГАТОТ

Јакоста на агрегатот директно влијае врз јакоста на бетонот. Поради тоа за приготвување на бетонот треба да се приготви агрегат со однапред утврден квалитет.

Утврдувањето на јакоста на притисок на природната мешавина е многу тешко, затоа што нејзините зрна имаат различен петрографски состав (зрна со потекла од разни карпи). Поради тоа нејзината јакост се определува посредно на следниот начин: од природната мешавина која се испитува, се прават бетонски коцки, кои при определена старост се испитуваат со специјални преси до кршење. Ако кршењето на коцката настапило преку зрната на агрегатот, се заклучува дека јакоста на агрегатот не е доволна. Ако кршењето настанало преку цементниот камен, јакоста на агрегатот е добра.

---

Каменот од кој се добива дробен агрегат треба да има минимална јакост на притисок во сува состојба од  $80 \text{ MPa}$ . Со голем број испитувања е утврдено дека просечната јакост на притисок на најчесто користените агрегати е околу  $140 - 200 \text{ MPa}$ .

---

## ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ НА АГРЕГАТОТ

Својствата на бетонот зависат од сите негови составни материјали, од количеството, видот и квалитетот на тие материјали, од начинот на подготвување, транспорт, вградување и нега по извршеното вградување. Нешто во што се содржат сите наведени фактори е компактоста, односно густината на бетонот.

Рационалното изготвување на компактните-густите бетони е можно единствено со правилен избор на зрната структура на агрегатот. Тоа подразбира употреба на агрегат составен од соодветни количини зрна со различни големини, кои се добиваат во сепарација за агрегат (сл. 1.23 и 1.24).



Сл. 1.23. Сепарација за агрегат

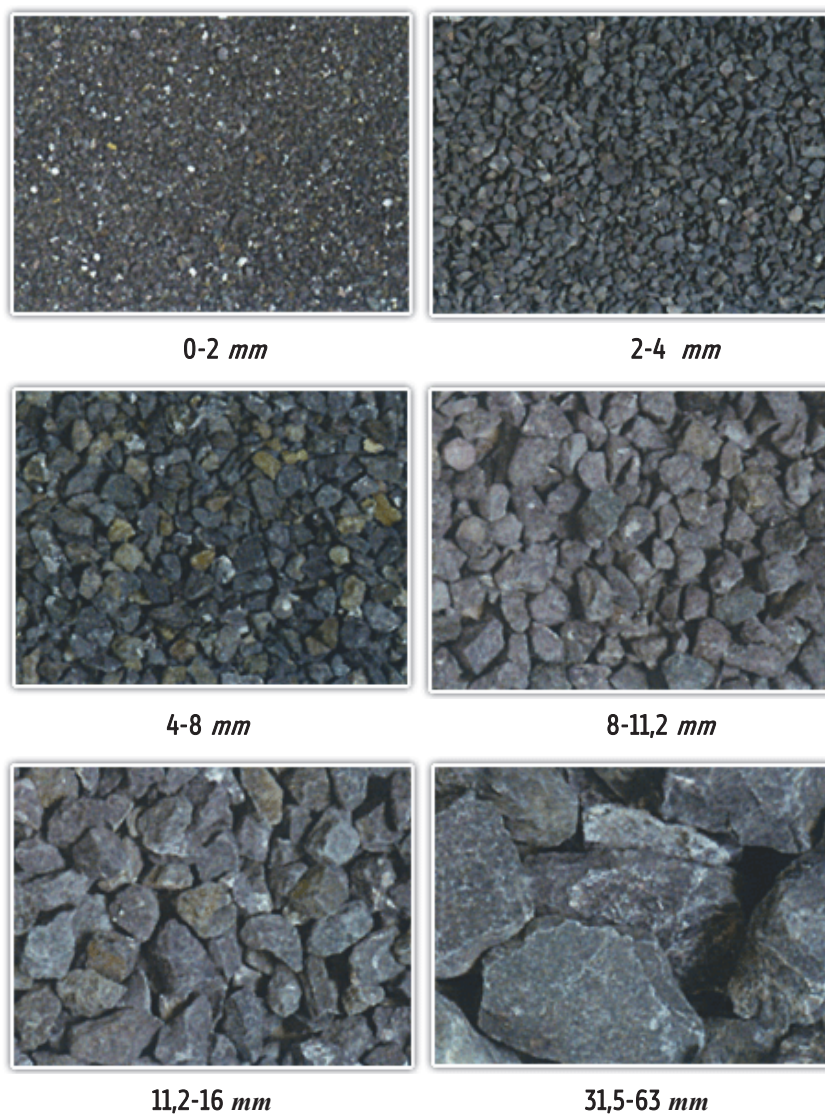


Сл. 1.24. Сепарација за агрегат во состав на фабрика за бетин

Ваквиот состав на агрегатот овозможува поситните зрна да го исполнуваат простот меѓу покрупните и на тој начин заедно со цементната каша формираат компактна - густа бетонска мешавина.

**Тежинскиот сооднос помеѓу зрната од агрегатот со различна големина се нарекува гранулометриски (зрнест) состав на агрегатот.**

Бидејќи агрегатот најчесто се дели на фракции (агрегат со иста големина на зрната), гранулометрискиот состав го претставува тежинскиот сооднос и учеството на одделните фракции (сл. 1.25 ) во вкупната маса на агрегатот.



Сл. 1.25. Фракции на дробен камен агрегат од вулканско потекло

Според нашите стандарди, се предвидува употреба на следниве основни фракции и меѓуфракции :

**Основни фракции на агрегатот се: (0- 4), (4- 8), (8- 16), (16- 31,5), (31,5- 63) и (63 – 125) mm**



Освен основните фракции се применуваат и меѓуфракции, а тоа се: (0-1), (0-2), (1-4), (2-4), (8-11,2), (11,2-16), (16-22,4), (22,4-31,5) и (31,5-45) *mm*.

Според правилникот за бетон и армиран бетон дозволена е определена толерантност при раздвојување на агрегатот по фракции. Во секоја фракција постојат т.н. **подмерни и надмерни зрна**. Пример: за фракција од 8/16 *mm* подмерни зрна се зрната помали од 8 *mm*, а надмерни зрната поголеми од 16 *mm*.

Застапеноста на надмерните зрна во фракцијата не може да бидат поголеми од 10%, а на подмерните од 15%.

Максималното зрно на агрегатот ( $D_{max}$ ) не смее да биде поголемо од 1/4 од најмалата димензија на пресекот кој се бетонира, или 1/3 од дебелината на плочата или треба да изнесува 0,8 од растојанието на прачките на арматурата.

При изборот на учеството на одделните фракции во вкупната маса на агрегатот треба да се настојува учеството на покрупните фракции да биде поголемо. На овој начин се смалува потребното количество цемент, а се зголемува јакоста на бетонот.

Гранулометрискиот состав по правило го проектира и експериментално го потврдува стручно лице - технолог за бетон. Во согласност со проектантот, гранулометрискиот состав може да се планира и врз основа на т.н. огледни или референтни гранулометриски криви утврдени со нашите стандарди.

Изборот на гранулометрискиот состав на агрегатот е едно од најзначајните прашања во теоријата и технологијата на бетонот, затоа што добро избраниот гранулометриски состав има влијание на обработливоста на свежата бетонска маса, на транспортот, на вградливоста, како и на најголемиот број механички и реолошки карактеристики.

## ИСПИТУВАЊЕ НА ГРАНУЛОМЕТРИСКИОТ СОСТАВ НА АГРЕГАТОТ

Гранулометрискиот состав на агрегатот се определува по експериментален пат со **просејување низ гарнитура од стандардни сита** (сл. 1.26) со квадратни отвори (# 0,125; 0,250; 0,50; 0,71; 1,0; 2,0; 4,0; 8,0; 11,2; 16,0; 22,4; 31,5; 45,0; 63,0; 125,0 *mm*). Зависно од големината на зрната од агрегатот, може да се употреби целата или само еден дел од гарнитурата на стандардните сита. Заради поточно просејување, може да се воведат и некои дополнителни сита.



Сл. 1.26. Гарнитура сита за просејување на агрегатот

Пробата која се испитува најпрвин се суши на температура од 110°C, а потоа се става во најгорното - најкрупното сито од гарнитурата. Со машинско протресување се врши просејување низ ситата до константната тежина, а потоа се мери остатокот на секое сито и на дното под ситата. Збирот на сите измерени количини мора да ја даде вкупната маса (се дозволува разлика од 1%).

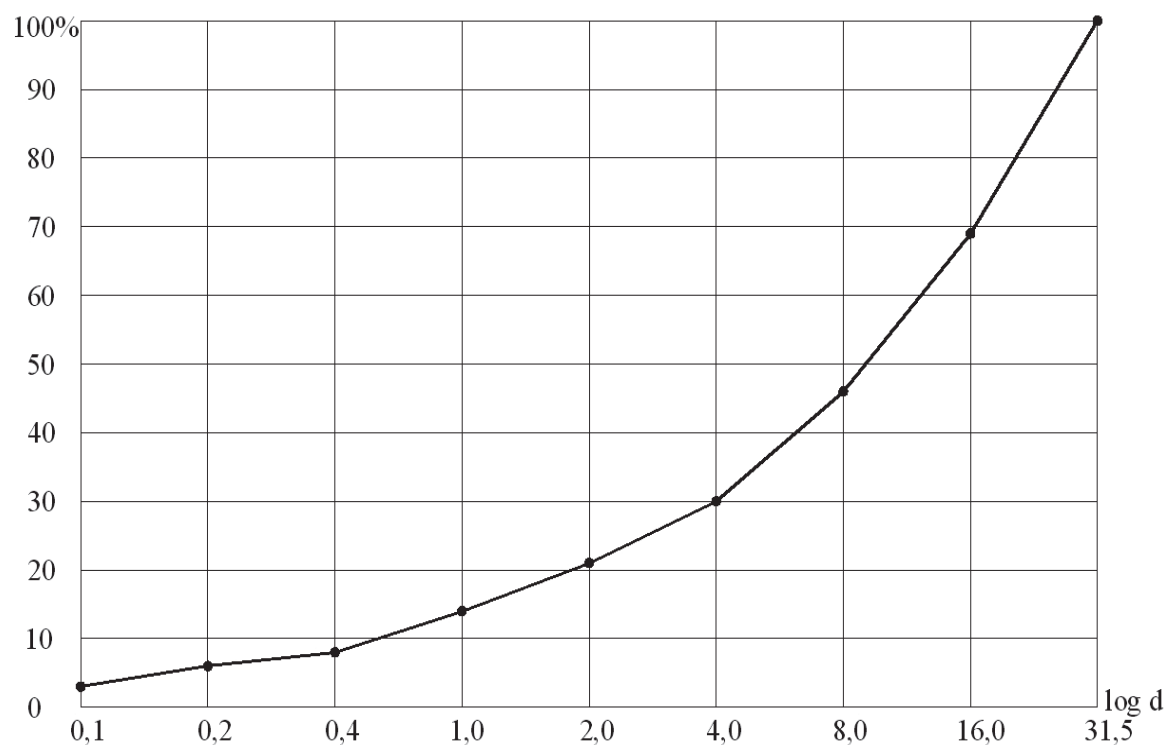
Резултатите од извршеното просејување може да се претстават табеларно или графички. Еден пример на гранулометрискиот состав на агрегатот е даден во табела 3.

Табела 3. Резултати од извршено просејување за гранулометриска крива за природна мешавина

Отвори на ситата (mm)	Остатоци		Поминувања (%)
	(kg)	(%)	
31,5	0,00	0	100
16	3,10	31	69
8	2,30	23	46
4	1,60	16	30
2	0,90	9	21
1	0,70	7	14
0,4	0,60	6	8
0,2	0,20	2	6
0,1	0,30	3	3
дно	0,30	3	0
вкупно	10,00	100	/

Резултатите добиени со просејувањето стануваат попрегледни ако истите се прикажат

графички, на тој начин што на ординатната оска се прикажуваат процентите на поминување низ одделните сита, а на апцисната оска се нанесуваат отворите на ситата (најчесто во логаритамски размер). Графичката претстава на резултатите дадени во табелата се вика гранулометриска крива (сл. 1.27)



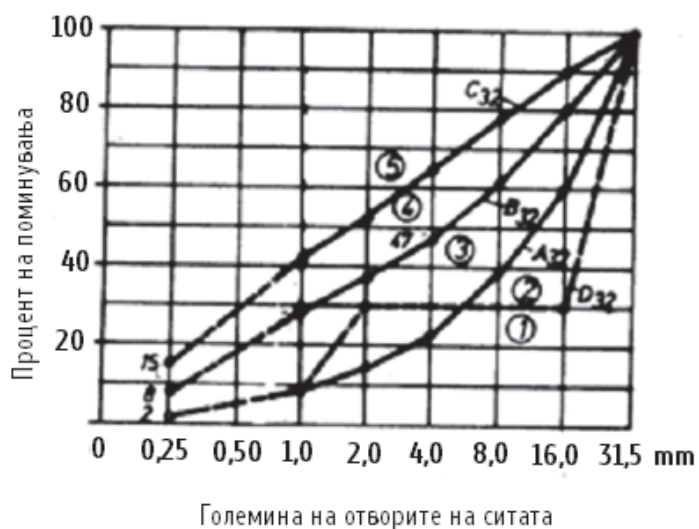
Сл. 1.27. Гранулометриска крива на агрегатот  
за природна мешавина

За да може да се процени дали испитаниот агрегат има поволен гранулометриски состав со ПБАБ/87 година за споредба се препорачуваат референтни, огледни гранулометриски криви кои се изработуваат за мешавина од 0/8; 0/16; 0/31,5; и 0/63 *mm* посебно.

Резултатите од просејувањето за мешавина 0/31,5 mm се претставени табеларно (Табела 4.а) и графички со референтна гранулометриска крива (сл. 1.28).

Табела 4. а) Резултати од извршено просејување за мешавина 0/31,5 mm

Мешавина на агрегатот	Гранична крива	Поминувања (%) низ сита (mm)								
		0,25	0,50	1,0	2,0	4,0	8,0	16,0	31,5	63,0
0-31,5	D <sub>32</sub>		5	8	30	30	30	30	100	
	A <sub>32</sub>	2	5	8	14	23	38	62	100	
	B <sub>32</sub>	8	18	28	37	47	62	80	100	
	C <sub>32</sub>	15	29	42	53	65	77	89	100	

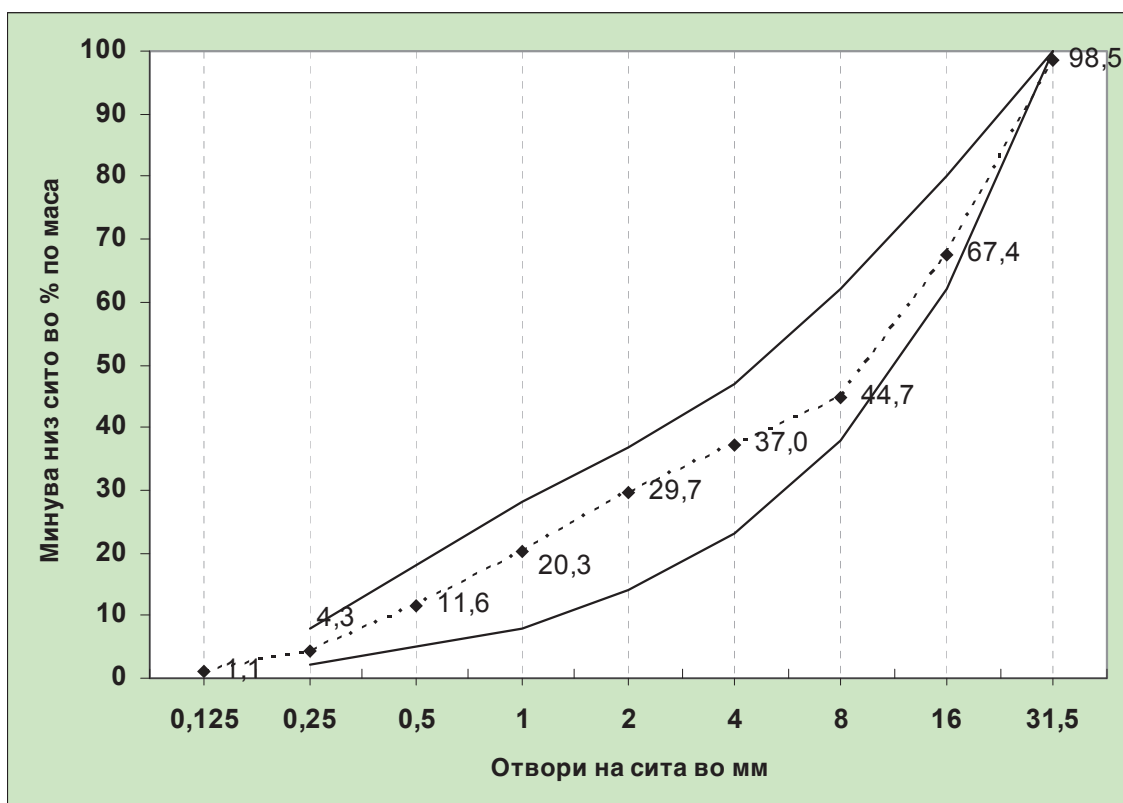


Сл. 1.28. Референтна, огледна гранулометриска крива за мешавина 0/31,5 mm

**ГРАНУЛОМЕТРИСКИ СОСТАВ НА МЕШАВИНА ЗА БЕТОН MKS.U.M1.057 (табела 4.6 и сл. 1.29) за испитан агрегат на 12.04.2010 година од бетонска база**

Табела 4. б) Гранулометриски состав на мешавина за бетон mks.u.m1.057

Бр.	Ознака на фракција	Учество %	Поминувања во % низ сита во mm								
			0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16	31,5
I	0/4	30	1,6	9,2	29,7	51,9	73,5	95,7	100,0	100,0	100,0
			0,5	2,8	8,9	15,6	22,1	28,7	30,0	30,0	30,0
I	0/4	8	5,2	16,8	30,4	56,0	92,7	97,9	100,0	100,0	100,0
			0,4	1,3	2,4	4,5	7,4	7,8	8,0	8,0	8,0
II	4/8	6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4,6	97,5	100,0	100,0
			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	5,9	6,0	6,0
III	8/16	16	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	4,2	98,8	100,0
			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	15,8	16,0
IV	16/31,5	40	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	19,0	96,3
			0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	7,6	38,5
	<b>Добиена линија</b>	<b>100</b>	<b>1,1</b>	<b>4,3</b>	<b>11,6</b>	<b>20,3</b>	<b>29,7</b>	<b>37,0</b>	<b>44,7</b>	<b>67,4</b>	<b>98,5</b>
	Угледни линии по РВАВ	A <sub>31,5</sub>		2	5	8	14	23	38	62	100
		B <sub>31,5</sub>		8	18	28	37	47	62	80	100



Сл. 1.29. Референтна гранулометриска крива  
изработена со компјутер

Доколку експериментално определена крива отстапува доста од референтните или не ги задоволува бараните услови, неопходно е корекција во составот на вкупната маса. Тоа подобрување наједноставно може да се изврши со пробување, менувајќи го учеството на одделните фракции во вкупната маса. Притоа искуството и умешноста доаѓаат до израз.

Во практиката се сретнуваат и т.н. дисконтинуални гранулометриски криви. Дисконтинуалниот состав на агрегатот претставува состав во кој нема една или повеќе фракции, во зависност од максималното зрно на агрегатот.

Запомни:

- Камениот агрегат е природен или вештачки збир на минерални-неоргански честици кои поврзани меѓусебе со врзно средство даваат бетон. Може да биде природен и вештачки. Неговото учество во бетонската мешавина е 80%, што значи дека само од квалитетен агрегат ќе се добие квалитетен бетон.
- Пред употреба камениот агрегат треба да се испита и притоа треба да ги исполнува следните својства:
  - ▶ облик и изглед на површината на агрегатот;
  - ▶ агрегатот да биде чист и да не содржи ситни честици;
  - ▶ волуменска маса на агрегатот;
  - ▶ влажност на агрегатот;
  - ▶ постојаност на агрегатот;
  - ▶ јакост на агрегатот;
  - ▶ гранулометриски состав на агрегатот.
- Во зависност од волуменската маса, агрегатот може да се подели на три дела: лесен, нормален и тежок.
- Волуменската маса на агрегатот претставува маса на единица волумен заедно со пори и шуплини и се движи од  $2.000-3.000 \text{ kg} / \text{m}^3$ .
- Влажноста на агрегатот треба да се утврди заради определување на количината на водата што треба да се додаде при приготвување на бетонот.
- Под постојаност на агрегатот се подразбира способноста на неговите зрна да не го менуваат својот волумен при промена на физичко-хемиските услови на околната средина.
- Каменот од кој се добива дробен агрегат треба да има минимална јакост на притисок во сува состојба од  $80 \text{ MPa}$ . Со голем број на испитувања е утврдено дека просечната јакост на притисок на најчесто користените агрегати е околу  $140 - 200 \text{ MPa}$ .
- Тежинскиот сооднос помеѓу зрната од агрегатот со различна големина се нарекува гранулометриски (зрнест) состав на агрегатот.
- Основни фракции на агрегатот се: (0- 4), (4- 8), (8- 16), (16- 31,5), (31,5- 63) и (63 - 125) *mm*.
- Гранулометрискиот состав на агрегатот се определува по експериментален пат со просејување низ гарнитура од стандардни сита.

Тест за самооценување

Дел А

1. Агрегатот учествува дури 80% од тежината на бетонската маса.

Да

Не

2	
---	--

2. Лесни агрегати се агрегати чија волуменска маса се движи од 2500-3500  $kg/m^3$ .

Да

Не

2	
---	--

3. Ситен агрегат е агрегат чии зрна поминуваат низ сито со отвори од 4  $mm$ .

Да

Не

2	
---	--

4. Волуменската маса на агрегатот претставува маса на единица волумен заедно со пори и шуплини и се движи од 2000-3000  $kg/m^3$ .

Да

Не

2	
---	--

Дел Б

1. Дефинирај што е камен агрегат?

.....  
.....

5	
---	--

2. Зошто треба да се утврди влажноста на камениот агрегат?

.....  
.....

3	
---	--

3. Наброј кои се основни фракции на агрегатот за добивање на бетон.

.....  
.....

5	
---	--

4. Што се подразбира под поимот гранулометриски состав на агрегатот?



3

5. Што зависи од физичко-механичките својства на агрегатот?

5

6. Што ќе се случи ако агрегатот содржи повеќе органски материји од дозволените?

5

**Дел В**

1. Користејќи ги податоците во долунаведената табела да се дополнат празните колони во табелата и да се нацрта гранулометриска линија на природна мешавина на агрегат

Отвори на ситата (mm)	Остатоци		Поминувања (%)
	(kg)	(%)	
31,5	2,00		
16	1,10		
8	1,30		
4	2,60		
2	0,90		
1	0,70		
0,4	0,60		
0,2	0,20		
0,1	0,40		
дно	0,20		
<b>вкупно</b>	<b>10,00</b>		

16

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволен (1)	1 - 10	

### 1.3. ВОДА

Водата е неопходна компонента во секоја бетонска мешавина. Нејзината улога е повеќекратна:

- ја овозможува хидратацијата на цементот - процес во кој се навлажнуваат сите зрна од цементот заради нивно учество во процесот на сврзувањето;
- обезбедува добра обработливост и вградливост на свежата бетонска мешавина;
- водата служи и како средство за нега на бетонот.

Многу често се практикува да се врши влажнење на бетонот во првите денови по неговото вградување што е од особено значење за сите негови механички и реолошки својства. На овој начин се спречува појава на пукнатини на бетонот поради неговото својство да се собира.

Зборувајќи за целокупното однесување на бетонот, за водата може да се зборува не само како за негова компонента, туку и како средина во која постојано или повремено егзистираат бетонските или армиранобетонските елементи и конструкции.

#### ИСПИТУВАЊЕ НА ВОДАТА

Водата од која се приготвува бетонот мора да е чиста. Таква е водата за пиење која може да се користи без никакви претходни испитувања. Исклучок прават минералната вода и водата која е многу хлорирана, затоа што хлорните јони делуваат корозивно на арматурата.

Морската вода и покрај големата содржина минерални соли (околу 3%) може да се користи за приготвување на неармиран бетон, но не и за армиран и претходно напрегнат бетон.

Водата од речните токови, езерата, барите, водотеците во кои се влеваат отпадни води и други слични наоѓалишта, може да се користат само доколку нивниот квалитет е докажан претходно. Првата груба проценка за подобноста на оваа вода може да се добие од нејзината обоеност, мирисот, бистрината и друго.

Наједноставен и најбрз метод за утврдување на погодноста на водата е т.н. споредбен метод кој се состои во следново:

- паралелно треба да се утврди времето на сврзување на цементната каша приготвена од дестилирана вода и со вода која се испитува. Притоа почетокот на сврзувањето не треба да се разликува за повеќе од 1,5 часа, а крајот на сврзувањето не повеќе од еден час;

- паралелно треба да се испита јакоста на притисок на цементниот малтер приготвен со дестилирана вода и со водата која се испитува. Јакоста утврдена на пробните тела со водата која се испитува при старост од седум дена не треба да биде помала од 90% јакоста утврдена на референтните тела.

## **ЗЕМАЊЕ ПРОБИ ЗА УТВРДУВАЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ВОДАТА**

За да може да се изврши анализа и оцена на квалитетот на водата, потребно е да се земе проба за испитување. Пробата може да биде земена од:

- површински водни текови;
- од бушотини и бунари;
- од извори;
- од езера и други стоечки води;
- од цевоводи.

Садовите во кои се зема проба треба да бидат од безбојно, хемиски отпорно стакло или синтетички материјал. Пред употреба садовите добро се мијат, најпрво со чиста, а потоа и со дестилирана вода, а пред полнењето се плакнат и со водата која се испитува. Тие не треба да се мијат со соли и кеселини.

Од површинските водни токови (реки, потоци и сл.) водата се зема во садови - шишиња, поставени во насока обратна од течењето на водата.

Водата од бушотините и бунарите се зема од свежо надојдената, а не од заостанатата вода.

Земањето проба од изворите се врши со едноставно полнење на садовите - шишињата од млазот вода.

Пробите од езерската и другите стоечки води, се зема од длабочина најмалку 30 *cm* од површината.

Ако пробата се зема од било каков цевовод, потребно е претходно водата добро да истече (15 - 20 *min.*), а потоа да се наполни свежа вода.

Дозволената застапеност на хемиски штетните материји е пропишана со нашите стандарди.

Поголемото присуство на било кои хемиски штетни материи може да влијае неповолно на процесот на хидратација на цементот и да биде причина за корозија на арматурата во армираниот и претходно напрегнатиот бетон.

## 1.4. АДТИВИ

---

Адитивите се додатоци кои може да подобрат одредени својства на свежиот и стврднатиот бетон. Нивната употреба не е задолжителна, но во последно време е доста честа.

---

Се користат во многу мали количини изразени како процент од тежината на цементот, а се додаваат пред или за време на мешањето на бетонската мешавина (сл. 1.30). Треба да се нагласи дека еден лошо приготвен бетон не може да се поправи со било кој адитив.



Сл. 1.30. Додавање на адитиви во бетонската маса непосредно пред бетонирањето

Во определени услови еден ист адитив може да има повеќекратно дејство, но поделбата се врши врз основа на неговото основно - примарно дејство на следниве групи:

- **пластификатори** - додатоци кои ја подобруваат обработливоста, вградливоста и намалување на  $W/C$  фактор во бетонската мешавина. Дозирањето на пластификаторите е во количина од 0,5 до 1,0% од масата на цементот;
- **аеранти** (вовлекувачи на воздух) - се додатоци кои во структурата на бетонот формираат воздушни пори со димензии 0,01 до 0,3  $mm$ , исполнети со воздух, со што се подобрува отпорноста на мраз. Количеството на аерантите изнесува околу 0,5 до 1,0% од масата на цементот;

Со додавање на аеранти се добиваат мразоотпорни бетони кои се употребуваат при бетонирање на коловози, брани и други хидротехнички објекти.

- **затнувачи** - се додатоци инхибитори со кои се регулира структурата на бетонот. Тие ги затвараат капиларните пори во цементниот камен, со што се зголемува степенот на водонепропусност на бетонот;
- **забавувачи на сврзувањето** - додатоци кои го одложуваат почетокот и крајот на сврзувањето на цементот;
- **забрзувачи на сврзувањето** - додатоци кои го забрзуваат сврзувањето на цементот;
- **додатоци за бетонирање на ниски температури** - се додаваат за бетонирање под нула степени целзиусови;
- **додатоци за бетонирање при високи температури.**

Запомни:

- ➡ Водата е неопходна компонента во секоја бетонска мешавина. Истата овозможува хидратација на цементот, обработливост и вградливост на бетонот, и служи како средство за нега на бетонот.
- ➡ Адитивите се додатоци кои може да подобрат одредени својства на свежиот и стврднатиот бетон и најчесто се применуваат:
  - ▶ пластификатори;
  - ▶ аеранти;
  - ▶ затнувачи;
  - ▶ забавувачи на сврзувањето;
  - ▶ забрзувачи на сврзувањето;
  - ▶ додатоци за бетонирање на ниски температури ;
  - ▶ додатоци за бетонирање при високи температури.
- ➡ За да може да се изврши анализа и оцена на квалитетот на водата, потребно е да се земе проба за испитување. Пробата може да биде земена од:
  - ▶ површински водни текови;
  - ▶ од бушотини и бунари;
  - ▶ од извори;

- ▶ од езера и други стоечки води;
- ▶ од цевоводи.

**Прашања:**

1. Која е улогата на водата во бетонската мешавина?
2. За да се утврди квалитетот од каде се можат да се земаат проби?
3. Која е улогата на адитивите во бетонската мешавина и дали тие се задолжителни во бетонската мешавина?
4. Наброј кои видови додатоци за бетонот познаваш и опиши која е нивната улога во бетонската мешавина!



## ТЕМА 2 - Проектирање, подготовка и вградување на бетонот

Во оваа тематска целина учениците можат да се запознаат со:

- Однос на мешање на составните делови на бетонот
- подготовката на бетонот;
- транспортот на бетонската маса;
- начинот на одржување на бетонот;
- негување на вградениот бетон.

<b>2. ПРОЕКТИРАЊЕ, ПРИГОТВУВАЊЕ И ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОНТ</b> .....	<b>57</b>
<b>2.1. ПРОЕКТ ЗА БЕТОН</b> .....	<b>57</b>
<b>2.2. СВОЈСТВА НА СВЕЖАТА БЕТОНСКА МЕШАВИНА</b> .....	<b>59</b>
2.2.1. ИСПИТУВАЊЕ НА КОЗИСТЕНЦИЈАТА НА СВЕЖИОТ БЕТОН .....	60
<b>2.3. ОДНОСИ НА МЕШАЊЕ НА БЕТОНТ</b> .....	<b>64</b>
2.3.1. ПОТРЕБНО КОЛИЧЕСТВО НА ЦЕМЕНТ ЗА ПРИГОТВУВАЊЕ НА БЕТОНТ.....	65
2.3.2. ПОРЕБНО КОЛИЧЕСТВО НА ВОДА ЗА ПРИГОТВУВАЊЕ НА БЕТОНТ.....	66
2.3.3. ПОТРЕБНОП КОЛИЧЕСТВО НА АГРЕГАТ ЗА ПРИГОТВУВАЊЕ НА БЕТОНТ .....	68
<b>2.4. ПРИГОТВУВАЊЕ И КОНТРОЛА НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА БЕТОНТ</b> .....	<b>70</b>
<b>2.5. ТРАНСПОРТ НА БЕТОН</b> .....	<b>73</b>
<b>2.6. ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОН</b> .....	<b>77</b>
<b>2.7. НЕГА НА ВГРАДЕНИОТ БЕТОН</b> .....	<b>83</b>



## 2. ПРОЕКТИРАЊЕ, ПРИГОТВУВАЊЕ И ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОНОТ

### Потсети се!

1. Каде ќе ги примениме цементот, агрегатот и водата кои ги изучивме во тема број 1?
2. Што ќе добиеме ако ги помешаме цементот, агрегатот и водата?
3. Зошто се испитуваат својствата на цементот, агрегатот и водата?

### 2.1. ПРОЕКТ ЗА БЕТОН

При изведба на сите видови бетонски конструкции, бетонските работи се извршуваат според проект на конструкцијата и проектот на бетонот. Проектот за конструкцијата го изработува проектантот. Проектот за бетон го изработуваат производителот на бетонот и изведувачот на бетонските работи во соработка со проектантот на конструкцијата.

Проектот за бетонот е елаборат со технолошки карактер со кој се обезбедува:

- доследна реализација на сите барања поставени со проектот на конструкцијата што се однесуваат на бетонот и бетонските работи;
- планирање на сите активности;
- пред да се започне со примената на проектот за бетон, со неговата содржина мора да се сложат проектантот на конструкцијата и инвеститорот, по што тој станува составен дел на договорот и изведбената документација.

Проект за бетон не се изготвува за индивидуални градби на приземни згради и слични помали објекти.

Содржината на проектот за бетон зависи од тоа дали бетонот се подготвува на градилиштето на кое се вградува во конструкцијата или пак се користи транспортиран бетон подготвен во фабрика за бетон.

Во првиот случај проектот за бетон ги содржи следните делови:

#### Информации од проектот на конструкцијата

Во овој дел треба најпрво да се даде краток опис на објектот, деловите на објектот или пак повеќето објекти кои претставуваат една целина, а на кои се однесува проектот за бетон. Во него се содржани потребните количини бетон за сите конструктивни елементи посебно,

вклучувајќи ги нивните класи и останатите услови за квалитетот (марката на бетонот, видот и количеството на цемент, гранулометрискиот состав и максималното зрно на агрегатот, максималниот водоцементен фактор, барањата поврзани со свежата бетонска мешавина како конзистенција, додатоците и други барања кои се однесуваат на стврднатиот бетон, како што се механичките и реолошките карактеристики итн.)

### **Состав на бетонската мешавина**

Во овој дел се даваат податоци за составот (рецептурата) на избраната бетонска мешавина. Се изнесуваат резултатите од претходните испитувања на усвоените компоненти на бетонот со сите нивни физичко-механички карактеристики и посебни својства. Исто така, треба да се додадат резултатите од претходните испитувања на свежата бетонска мешавина и стврднатиот бетон, добиени со лабораториски испитувања.

Доколку бетонот се добива од фабрика за бетон наместо изнесените податоци доволно е да се дадат ознаките од производната програма на фабриката.

### **Програма за контрола на квалитетот**

За да се избегнат секакви изненадувања неопходно потребно е да се изгради програма за контрола на квалитетот на бетонот и тоа:

- контрола на производството на бетонот;
- контрола на изведбата на бетонските работи на градилиште;
- контрола на сообразноста со условите дадени со проектот на конструкцијата.

### **Изведување на бетонските работи**

Се дефинира планот на бетонирањето (редослед, дебелина на слоевите, работните спојници и др.), мерките кои треба да се преземат во случај на временска непогода (ниски и високи температури), роковите за симнување на скеле и оплата и слично). Во определени услови потребно е да се образложи и проектот за оплата и скеле. Доколку станува збор за монтажни и полумонтажни конструкции, треба да се разработи и објасни редоследот на монтажата, начинот на изработката на споевите, средствата за монтажа и мерките за безбедност при работа.

## 2.2. СВОЈСТВА НА СВЕЖАТА БЕТОНСКА МЕШАВИНА

---

**Свежата бетонска мешавина се добива со хомогенизација на составните делови на бетонот (цементот, агрегатот, водата, адитивите и евентуално воздухот).**

---

Меурчињата воздух во бетонската мешавина можат да бидат намерно вовлечени (со помош на адитиви-аеранти) или пак случајно останале неистиснати при вградувањето на свежата бетонска мешавина. Според своето однесување свежата бетонска мешавина е некаде помеѓу вискозните течности и цврсти тела. Од течностите се разликува по тоа што поседува одредена мала структурална јакост, а од цврстите се разликува по тоа што има мала еластичност и способност да поднесува пластични деформации и при сосема мали товари.

Квалитетен стврднат бетон може да се добие само ако свежата бетонска мешавина има одредени својства. Тие својства зависат од поголем број фактори, меѓу кои најзначајни се поединечните карактеристики на компонентите на бетонот и структурата на самата бетонска мешавина. Меѓу позначајните на кои треба да се обрне посебно внимание, спаѓаат:

**Обработливост на бетонската мешавина.** Претставува физичко својство кое треба да се разгледува независно од околната средина и расположивата механизација. Под обработливост се подразбира лесно пренесување, можност за лесно менување на својот облик, исполнување на просторот во оплатата со мала потрошувачка на енергија, лесно збивање, лесна дообработка и слично. Бетоните кои ги исполнуваат напред наведените и некои други својства се нарекуваат обработливи. Од добро обработлива бетонска мешавина може да се добие квалитетен стврднат бетон.

**Конзистенција на бетонска мешавина.** Со овој термин во општ случај се означува способноста за пластично обликување на свежата бетонска мешавина под дејство на разните механички дејства. Со оглед на практичниот интерес, ова својство ќе биде разработено поопширно.

**Сегрегација на свежата бетонска мешавина.** Во најопшт случај под поимот сегрегација се подразбира раздвојувањето на некои делови од една хетерогена мешавина, така што нивниот просторен распоред не е повеќе рамномерен. Кога е во прашање бетонот, тоа значи раздвојување на крупните од ситните зрна на агрегатот, најчесто како последица на нивната тежина. До сегрегација на свежата бетонска мешавина, најчесто доаѓа поради динамичките влијанија во процесот на транспортирањето, а можна е и ваква појава и во самата оплата при вградувањето на бетонот. Доколку настапи сегрегација на свежата бетонска мешавина, нејзиното збивање е практично невозможно, со што драстично се влошуваат физичко-механичките својства на стврднатиот бетон.

**Одделување на водата од бетонската мешавина.** Оваа појава е позната уште и како крвање на свежиот бетон. Под овој поим се подразбира извесно одделување на водата од свежата бетонска мешавина и тоа или на површината на секој бетонски слој, или во внатрешноста под покрупните зрна од агрегатот, или под прачките на арматурата.

Внатрешното крвање главно неповолно влијае врз својствата на стврднатиот бетон. Насобраната вода формира пори кои го спречуваат поврзувањето на цементната каша со зрната од агрегатот или арматурата, па настануваат слаби места во бетонот. Површинското одделување на бетонот може да биде неповолно или поволно. Неповолно е ако преку оваа вода се продолжи со бетонирањето, па врската меѓу слоевите ослабува, а поволно е доколку издвоената вода брзо испари, па нејзиното вкупно присуство во бетонската мешавина се смалува.

**Завршна обработка на бетонската мешавина.** Во голем број случаи бетонските елементи треба да добијат квалитетна завршна обработка. Можноста површинските слоеви да се обработат солидно е во директна зависност од гранулометрискиот состав на агрегатот, обликот и површините на зрната на агрегатот или со еден збор од количината на малтерските компоненти во бетонската мешавина. Како малтерски компоненти во бетонската мешавина се сметаат цементот, фините честици агрегат, евентуалните минерални додатоци и водата.

### **2.2.1. ИСПИТУВАЊЕ НА КОЗИСТЕНЦИЈАТА НА СВЕЖИОТ БЕТОН**

Конзистенцијата на бетонот во најголема мера зависи од количеството вода, но значајно влијание имаат гранулометрискиот состав на агрегатот, видот на количеството на цемент и адитивите. Степенот на конзистенција се користи како мерка-показател за состојбата на бетонската мешавина. Меѓутоа треба да се нагласи дека со марката на конзистенцијата не можат да се опфатат сите параметри кои ја определуваат општата карактеристика на бетонска мешавина, иако такво мислење владее во стручната јавност.

Според нашиот ПБАБ/87 се разликуваат крута, малку пластична и пластична, и течна конзистенција.

#### **Крута конзистенција (бетон влажен како земја)**

Се добива со примена на најмала количина вода. Мешавината има низок степен на обработливост, бара многу енергија и моќни средства за вградување. Поради малата количина на вода во бетонската мешавина со добро збивање се постигнува минимална порозност, а со тоа и бетони со високи јакосни карактеристики. Поради тешките услови на вградување, порозноста може да се зголеми. Поради зголемување на порозноста отпорноста на надворешни атмосферски влијанија и јакосните карактеристики осетно се намалуваат.

Бетон со ваква конзистенција се користи за изведба на масивни неармирани конструкции како што се темели, потпорни ѕидови, бетонски блокови, рабници итн.

#### **Бетони со малку пластична конзистенција**

Се подготвуваат со нешто поголемо количество вода од претходните. Се користи за истата намена како бетон влажен како земја. Во одредени случаи може да се примени и за армиранобетонски конструкции.

#### **Бетони со пластична конзистенција**

Се подготвуваат со уште поголемо количество вода. Од бетони со пластична конзистенција се изведуваат скоро сите армиранобетонски конструкции. Присуството на слободната хемиски неангажирана вода е значително, а со тоа и порозноста е поголема. Добра стана им е тоа што порастот на порозноста поради незбивање е мала. Наведените причини придонесуваат да се добијат бетони со високи механички и реолошки карактеристики.

#### **Бетони со течна конзистенција**

Се подготвуваат со најголемо количество вода, поради што бараат и најмало количество енергија за збивање. Поради големото количество вода порозноста на овие бетони е доста голема. Тоа неминовно негативно ги намалува јакосните карактеристики, отпорноста, ги зголемува деформациите од течење и собирање на бетонот итн.

Течните бетони се применуваат за изработка на тенкосидни армиранобетонски елементи кај кои естетскиот изглед има големо значење.

Пробата за испитување на свежата бетонска мешавина се зема веднаш по излегување од мешалката, по истурањето или по извршеното хоризонтално и вертикално транспортирање, но во секој случај непосредно пред самото вградување. Се зема најмалку од 5 различни места во ист временски интервал.

Поединечните проби добро се мешаат сè додека не се добие еднолична маса од која се формира пробата за испитување. Мерењето на конзистенцијата се врши барем еднаш во една смена на еден од следните начини:

#### **Метод на распростирање**

Овој метод се применува за определување конзистенцијата на пластичните и течните бетонски мешавини со максимални зрна на агрегатот до 30 *mm*. При испитување се користи двострука дрвена табла со димензии 70/70/70 *cm* (сл. 2.1). Двете табли меѓу себе на едниот крај се поврзуваат со метални шипки, а на другиот крај има метална рачка со која горната табла може да се подига и спушта до висина од 4 *cm*, што е регулирано со еден граничник.



Сл. 2.1. Опрема за испитување на конзистенција на цементот со распростирање

Бетонот кој се испитува се вградува во метален пресечен конус, во два слоја кои се збиваат со по 20 удари со обична дрвена летвичка со димензии 4 *cm*. Мерката на распростирање се утврдува со мерењето на пречникот на бетонската маса во два нормални правца. Како меродавна вредност се усвојува средната вредност од трите испитувања.

Распростирањето на бетонот утврдено по овој метод треба да изнесува:

- за пластичен бетон 36-50 *cm* ;
- за течен бетон 50 – 65 *cm*;

### **Метод на слегнување.**

За испитување на конзистенцијата по методот на слегнување се користи т.н. Abramsov пресечен конус прикажан на сл.2.2.

Свежиот бетон кој се испитува се уфрла во конусот во три приближно еднакви слоја. Набивањето на слоевите се врши со по 25 прободи, со помош на челична прачка Ø16 *mm* и должина 60 *cm* . По завршеното збивање се израмнува горната површина, а по 30 секунди бетонот се ослободува на тој начин што конусот внимателно се подига вертикално нагоре. Притоа бетонот во зависност од конзистенцијата слегнува и зазема некаква произволна положба. Како мерка за конзистенцијата е разликата помеѓу почетната висина и висината по слегнувањето:

$$S = h - h'$$



Сл. 2.2. Опрема за испитување на цементот со метод на слегнување

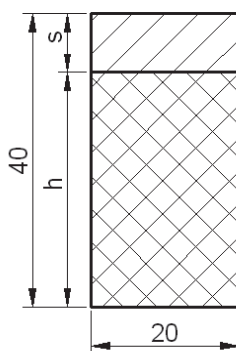
Слегнувањето на бетонот според изнесената постапка треба да биде:

- за влажен бетон до  $5\text{ cm}$  ;
- за пластичен бетон до  $18\text{ cm}$  ;
- за течен бетон повеќе од  $18\text{ cm}$  .

Опредлувањето на конзистенцијата на бетонот со помош на мерката на слегнување се применува за бетони подготвени со агрегат со најкрупни зрна до  $30\text{ mm}$  .

#### Метод на слегнување со вибрирање

Овој метод се применува за испитување на конзистенцијата на сите видови бетони. Постапката се состои во вградување на бетонот во калап со димензии  $20/20/40\text{ cm}$  (сл. 2.3.). Полнењето на калапот се врши на тој начин што бетонот кој се испитува се пушта слободно да паѓа од висина  $10\text{ cm}$  над горниот раб на калапот.



Сл. 2.4. Пробно тело за испитување на конзистенција на бетонот

Наполнетиот и добро израмнет калап се вибрира сè додека се забележува слегнувањето на бетонот во него. Мерката на слегнувањето се добива по изразот:

$$V = \frac{40}{h} = \frac{40}{40 - S}$$

каде е:

40 – висина на калапот (cm)

$h=40 - S$  – висина на бетонот по слегнувањето во cm

S – просечна висина (средна вредност од 4 мерења) од површината на збиениот бетон до горниот раб на калапот (cm).

Меродавни се резултатите од 3 поединечни испитувања. Конзистенцијата на бетонот во зависност од мерата на слегнувањето со вибрирање е дадена во табела 6.

Табела 6. Конзистенција на бетонот од МКС. У М8. 056

Вид конзистенцијаз	V
Влажна конзистенција	1,45 - 1,26
Пластична конзистенција	1,25 - 1,11
Течна конзистенција	1,10 - 1,04

### 2.3. ОДНОСИ НА МЕШАЊЕ НА БЕТОНОТ

Пред да се почне со приготвувањето на бетонот треба да се утврди – проектира составот на бетонската мешавина. Под поимот проектирање се подразбира процесот во кој се врши избор на видот и тежинскиот сооднос на цементот, водата, агрегатот и адитивите (евентуално) во единица волумен готов бетон. Добро избраниот сооднос овозможува најекономична изработка на бетон со бараната конзистенција, јакост, постојаност и др. Според ПБАБ/87 соодносите меѓу агрегатот-цементот, водата и адитивите во  $1m^3$  готов бетон при проектирањето се исказуваат како маси или апсолутни волумени, а при дефинирање на конечниот состав на бетонот како тежини во килограми.

При проектирањето на бетонската мешавина треба да се дефинираат транспортот, вградувањето, збивањето, негата на бетонот и проектните услови за квалитетот на бетонот.



### 2.3.1. ПОТРЕБНО КОЛИЧЕСТВО НА ЦЕМЕНТ ЗА ПРИГОТВУВАЊЕ НА БЕТОНОТ

Застапеноста на цементот во бетонската мешавина зависи од голем број фактори како што се: видот, количеството и гранулометрискиот состав на агрегатот, бараната конзистенција, начинот на транспортот и вградување, предвидениот квалитет на бетонот итн. Користејќи го долгогодишното искуство со нашиот ПБАБ утврдени се минималните количества цемент на следниот начин:

Минималното количество цемент од класите 25, 35 и 45 за бетонот од категоријата В I со влажна и пластична конзистенција и најголема фракција на агрегатот од 16 до 32 *mm*, се дадени во табелата 7.

Табела 7 - Минимално количество цемент во зависност од МБ

МБ	Количество цемент од класите ( $kg / m^3$ )		
	25	35	45
10	245	220	200
15	290	260	235
20	330	300	270
25	385	350	315

Количество на цемент да се зголеми за:

- 10 % -ако најкрупната фракција е од 8-16 *mm*,
- 20 % -ако најкрупната фракција е од 4-8 *mm*,
- 10 % -ако се вградува со течна конзистенција.

Вкупно количество цемент и зрна на агрегатот помали од 0.25 *mm* за бетони од категоријата В II, не може да биде помала од вредностите дадени во табелата 8.

Табела 8. Вкупно количество цемент и зрна на агрегатот помали од 0.25 *mm* за бетони од категоријата В II

Фракција на агрегатот (mm)	Најмало количество цемент и честици помали од 0,25 <i>mm</i> ( $kg / m^3$ )
4-8	500
8-16	425
16-32	350
32-63	300

Неконтролираното зголемување на количеството цемент над пропишаните минимални количини, а за да се подобрат некои својства не се препорачува.

Енормно големото количество цемент го поскапува бетонот, а неповолно влијае и на некои механички и реолошки карактеристики на бетонот.

### **2.3.2. ПОТРЕБНО КОЛИЧЕСТВО ВОДА ЗА ПРИГОТВУВАЊЕ НА БЕТОНОТ**

**Количината на вода потребна за целосна хидратација на цементот зависи од видот на цементот.** За портланд-цементите потребното количество вода изнесува околу 24%, а за хидратација на алуминатниот цемент околу 40% од тежината на цементот, колку што изнесува нормалната конзистенција на цементот.

Потребното количество вода со кое се обезбедува неопходната обработливост и вградливост на бетонската мешавина, треба да се сведе на минимум. Со нејзино постепено испарување од стврднатиот бетон се создаваат пори кои негативно влијаат врз механичките и реолошките карактеристики на бетонот.

Видот, обликот и големината на агрегатот имаат исклучително големо влијание врз потребното количество вода. Така, порозните зрна на дробениот камен агрегат бараат повеќе вода од компактните речни агрегати, а покрупните топчести или коцкасти зрна (заради помалата развиена површина) бараат помалку вода од поситните агрегати со неповолен облик на зрната. Нормално влажните агрегати бараат помало количество вода што мора да се има предвид при определувањето на составот на бетонската мешавина.

Температурата на околната средина исто така влијае на потребното количество вода. Во летните месеци кога испарувањето е поинтезивно неопходно е поголемо количество вода, отколку во зимскиот период. Примената на соодветни средства за збивање на бетонот, изборот на складните напречни пресеци на конструктивните елементи и правилниот распоред на арматурата (почитување на минималните растојанија помеѓу прачките), ја смалуваат потребата од вода во бетонот.

Користењето на адитивите (пластификатори и суперпластификатори) овозможува значително смалување на количеството на водата во бетонската мешавина.

Имајќи ги предвид сите понапред наведени фактори произлегува дека правилното определување на потребното количество вода е доста сложена и одговорна задача. Квалитетен и економичен бетон може да се приготви само со оптимално количество вода. Доколку се употреби помала количина вода, вградувањето и набивањето се отежнати, во таквиот бетон се јавуваат шуплини и никогаш не се постигнуваат предвидените јакости. Ако се употреби повеќе вода,

постои опасност од сегрегација (издвојување на ситните честици на врвот и таложење на покрупните на дното од оплатата), задржување на водата под арматурата или најкрупните зрна од агрегатот, со што се смалува адхезијата меѓу арматурата и создавање на порозен бетон со смалени механички карактеристики и смалена отпорност спрема надворешните агресивни влијанија.

Потребното количество вода приближно може да се определи според готови изрази добиени врз основа на експерименти. Најголемиот број од тие изрази ја користат функционалната зависност меѓу количината на водата, јакоста на бетонот и класата на употребениот цемент.

Како ориентација при изборот на количината на водата може да послужат резултатите од многубројните претходни и контролни испитувања со кои се потврдуваат обработливоста и вградливоста на свежата бетонска мешавина и својствата на стврднатиот бетон, објавени во стручната литература, како и искуствата стекнати во долгогодишната практика при изградба на најразновидни конструкции во различни специфични услови.

## **ВОДОЦЕМЕНТЕН ФАКТОР**

Потребното количество вода во бетонската мешавина се искажува во литри, со тоа што секојпат се специфицира и т.н. водоцементен фактор.

Под поимот водоцементен фактор се подразбира односот помеѓу масата на водата која стои на располагање за хидратација на цементот и обработливост на бетонот и масата на цементот (ефективен водоцементен фактор).

$$W = \frac{V}{C}$$

*V* - маса на вкупната вода и вода впиена во агрегатот

*C* - маса на цементот + хидраулични додатоци

Масата вода која објективно стои на располагање за хидратација на цементот, претставува разлика меѓу масата на вкупната вода и водата впиена во агрегатот. Во масата на цементот е вклучена и масата на евентуалните хидраулични додатоци, а во масата на водата се вклучени и евентуалните течни адитиви.

При проектирањето на бетонската мешавина, значајно е да се оцени која вода навистина учествува во ефективниот водоцементен фактор. Кај порозните агрегати зависно од степенот на влажноста, може да дојде до дополнително впивање или отпуштање на водата од агрегатот по мешањето на бетонот, што се манифестира со нагла промена на конзистенцијата.

Водоцементниот фактор треба да се одредува за сув агрегат, па затоа тој се корегира - смалува за сметка на водата која е внесена во влажниот агрегат. Намаленото количество вода се компензира со зголемено количество агрегат.

Со зголемување на водоцементниот фактор, јакоста на притисок на бетонот опаѓа многу брзо. Влијанието на водоцементниот фактор и врз останатите механички и реолошки својства на бетонот и неговата отпорност е исклучително голема. Затоа, доколку заради вградливоста и збивањето е потребно да се додаде вода, поцелисходно е да се зголеми и учеството на цементот за да не се зголеми водоцементниот фактор. Од друга страна, очигледно е дека со сосема мало смалување на водоцементниот фактор, може да се постигнат големи ефекти. Испитувањата и анализите покажале дека како теоретски оптимален може да се смета водоцементниот фактор  $W = 0,38-0,42$ .

### 2.3.3. ПОТРЕБНО КОЛИЧЕСТВО АГРЕГАТ ЗА ПРИГОТВУВАЊЕ НА БЕТОНОТ

Масата на агрегатот во  $m^3$  готов бетон ориентационо може да се определи ако познатите тежини на цементот и водата се одбијат од масата на неармираниот бетон, кој изнесува 2300-2500  $kg / m^3$ .

**Пример:** За бетон од категорија BII со најкрупни зрна на агрегатот од 16-31,5  $mm$  количеството на цемент изнесува  $M_c=350 kg / m^3$ , за усвоен водоцементен фактор  $W/c = 0,50$ .

Масата на водата изнесува  $M_w=0,50 \cdot 350 = 175 kg / m^3$ . Масата на агрегатот се определува од равенката:

$$M_a + M_w + M_c = \gamma_b$$

$M_a$ - маса на агрегатот

$M_w$ - маса на водата

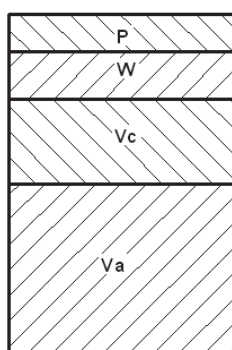
$M_c$ - маса на цементот

$\gamma_b$  - волуменска маса на неармиран бетон

$$M_a = \gamma_b - M_c - M_w$$

$$M_a = 2400 - 350 - 175 = 1875 kg / m^3$$

Масата на агрегатот во единица волумен ориентационо може да се определи и ако се тргне од условот сумата на апсолутните волумени на компонентите на бетонот да биде еднаква на  $1 m^3$ .



$V_p$  - волумен на порите

$V_w$  - волумен на водата

$V_c$  - волумен на цементот

$V_a$  - волумен на агрегатот

Сл. 2.5. Волуменска застапенос на сставните матери од бетонот

$$V_a + V_c + V_w + V_p = 1$$

Ако апсолутната вредност се изрази како односи на масите и волуменските маси, равенката 20 добива облик:

$$\frac{M_a}{\gamma_a} + \frac{M_c}{\gamma_c} + \frac{M_w}{\gamma_w} + p = 1$$

Ако се претпостави дека бетонот е доволно густ, тогаш  $p=0$  па за познати маси на цементот и водата, односно нивната волуменска маса, може да се определи масата на агрегатот.

**Пример:** За бетон од категоријата В1 и МБ 20 потребното количество цемент класа 35 изнесува  $M_c=300 \text{ kg/m}^3$ . За усвоен водоцементен фактор  $V/C=0,55$ , а масата на водата изнесува  $M_w= 0,55 \cdot 300 = 165 \text{ kg/m}^3$ . Ако претходно се определени волуменските маси на сите компоненти  $\gamma_a = 2650 \text{ kg/m}^3$ ,  $\gamma_c = 2900 \text{ kg/m}^3$  и  $\gamma_w = 1000 \text{ kg/m}^3$  и ако волуменот на порите се занемари следува:

$$\frac{M_a}{2650} + \frac{300}{2900} + \frac{165}{1000} = 1$$

$$M_a = \left(1 - \frac{300}{2900} - \frac{165}{1000}\right) \cdot 2650 = 1940 \text{ kg/m}^3.$$

Бидејќи дозирањето се врши тежински, потребното количество агрегат, цемент и вода од примерот 2, за бетономешалки со волумен помал од  $1 \text{ m}^3$  лесно се пресметува, и е дадено во табелата 9.

Табела 9 - Потребно количество цемент, вода и агрегат во бетонот

Количини (m)	1 m <sup>3</sup>	0,20 m <sup>3</sup>	0,50 m <sup>3</sup>	0,751 m <sup>3</sup>
Агрегат (kg)	1940	388	970	1445
Цемент (kg)	300	60	150	225
Вода (l)	165	33	83	124
Вкупно:	2405	481	1203	1794

Изнесените постапки претставуваат најбрзи, но и најнеточни методи за дефинирање на составот на бетонската мешавина затоа што не го земаат предвид влијанието на гранулометрискиот состав на агрегатот. Резултатите добиени на овој начин можат да послужат за изготвување на претходни мешавини, со чие испитување ќе се утврдат точните износи на цементот, водата и агрегатот во  $1m^3$  готов бетон.

Составот на бетоните од категоријата BII се определува врз основа на доволен број претходни испитувања на свежиот и стврднатиот бетон подготвен од предвидените материјали, имајќи ја предвид намената на конструкцијата и условите на градењето.

Претходните испитувања не се задолжителни за бетони од категоријата BI. Со нив се изведуваат објекти со помало значење.

## 2.4. ПРИГОТВУВАЊЕ И КОНТРОЛА НА ПРОИЗВОДСТВОТО НА БЕТОНОТ

Приготвувањето на бетонската мешавина може да се изврши во фабрики за бетон кои најчесто се лоцирани надвор од градилиштето или во погони за бетон на самото градилиште.

Со новиот правилник за Бетон и армиран бетон не се дозволува рачно приготвување на бетонската мешавина.

Приготвувањето на бетонот за сите позначајни објекти се врши исклучиво во фабрики за бетон. Нивниот капацитет изнесува минимум  $10-15 m^3/h$ . Бетонот подготвен во фабрики за бетон се смета како фабрички производ бидејќи неговото производство е строго контролирано. Дозирањето на составите делови на бетонската мешавина се врши автоматски, па можноста од грешки е сведена на минимум.

### Фабрика за бетон

За добивање на поголеми количини бетон се применуваат фабрики за бетон. Тие можат да бидат:

- стационарни (сл. 2.6) и
- подвижни-мобилни (сл. 2.7).

Фабричкото производство на бетонот се врши по следната постапка: бетонот комплетно се подготвува во фабриката за бетон, а потоа се товари во транспортно средство со кое се транспортира до градилиштето. Во текот на транспортот бетонот лесно се меша, со што се спречува неговата сегрегација.



Сл. 2.6. Стационарна фабрика за бетон



Сл. 2.7. Мобилна фабрика за бетон

Нормалното мешање во фабрички услови се врши со 4-16 вртежи, а лесното во средствата за транспорт со 2-6 вртежи во минута.

Приготвувањето на бетонот во бетонските погони на градилиштето се врши кога е потребно помало количество бетон и кога на самото градилиште постојат услови за производство. Најчесто мешањето се врши со бетономешалки кои според конструкцијата и концепцијата може да бидат различни. Во зависност од капацитетот бетономешалките може да се поделат на:

- машалки со мал капацитет до  $20 \text{ m}^3 / \text{h}$  (сл. 2.8)



Сл. 2.8.

- мешалки со среден капацитет до  $50 \text{ m}^3 / \text{h}$  (сл. 2.9).



Сл. 2.9.

- мешалки со голем капацитет до  $100 \text{ m}^3 / \text{h}$  (сл. 2.10)



Сл. 2.10.

- мешалки со многу голем капацитет повеќе од  $100 \text{ m}^3 / \text{h}$  (сл. 2.11)



Сл. 2.11.

Уфрлањето на составните делови во бетонската мешавина не се врши по некој општо прифатен редослед, туку зависи од рецептурата и од видот на бетономешалката. Најчесто прво се уфрла најкрупниот агрегат, потоа поситниот, потоа цементот и на крајот водата.



Притоа мешалката работи без прекин при што прво се врши хомогенизација на агрегатот, потоа на агрегатот и цементот и на крајот на сите состојки.

Се смета дека околу 20 вртежи се доволни бетонот да биде добро измешан и мешањето трае од 1-2 минути. Долгото мешање на бетонот не е пожелно поради испарување на дел од водата, намалување на количеството на вода и смалување на обработливоста, иако некои својства на бетонот се подобруваат.

За да се отстрани опасноста од грешка постојано се врши проверка на квалитетот и тоа контрола на производството и контрола на сообразноста со проектот на конструкцијата и проектот за бетон.

За бетонот од категоријата VI се врши контрола на сообразност со условите на местото на вградување и контрола на употребеното количество цемент.

За бетонот од категоријата VII се врши контрола на производството и контрола на сообразност со условите на местото на вградување.

Контрола на производството го врши производителот на бетонот до испораката, а потоа изведувачот до конечно вградување. Со контролата на сообразноста со проектот на конструкцијата се определува дали за определена партија на бетон се постигнати предвидените својства.

Партија на бетон е количина на иста класа и вид бетон која се подготвува и вградува под исти услови во една иста конструкција во период не подолг од 30 дена.

## 2.5. ТРАНСПОРТ НА БЕТОН

---

**Под поимот транспорт на бетон се подразбира пренесување на бетонот од местото на производство до местото на вградување на бетонот.**

---

Транспортот е многу значаен фактор кој има големо влијание врз квалитетот на бетонот. Основни елементи врз основа на кои се планира транспортот се: предвременото сврзување и сегрегација на бетонот. Освен тоа, транспортот треба да биде брз, рационален, да обезбеди заштита од испарување на вода, истекување на цементното млеко и сл. Ориентационо максималното време за транспорт е дадено во табелата 10.

Табела 10 – Ориентационо максимално време за транспорт на бетонот

Температура на свеж бетон °C	5-10	10-20	20-30
Максимално време на транспорт ( <i>min</i> )	120	90	45

Пренесувањето на бетонот од фабриката за бетон до градилиштето се нарекува надворешен транспорт, а бетонот транспортиран бетон. Пренесувањето на бетонот на самото градилиште се нарекува внатрешен транспорт.

Тука спаѓа преносот од градилишните погони и претоварното место до местото каде бетонот се вградува. Во зависност од тоа дали транспортот е внатрешен или надворешен, разликуваме повеќе видови транспортни средства.

**Средства за надворешен транспорт.** Оддалеченоста на фабриката за бетон до градилиштето може да биде 50, па и повеќе километри. На вакви растојанија транспортот може да се врши само со транспортни средства од типот на патните возила како што се:

- **Камиони мешалки т.н. автомешалки** (сл.2.12 и сл. 2.13)

Според најновите стандарди не се дозволува автомиксерите да се користат и како бетономешалки т.е. да се додава вода за време на транспортирањето на бетонот. Може да се врши додавање само на адитиви - суперпластификатори.



Сл. 2.12.



Сл. 2.13.

- **Силобуси** (сл. 2.14 и сл. 2.15).

Претставуваат специјални возила кои служат само за транспорт на бетон со вградени средства за размешување за време на транспортот.



Сл. 2.14.



Сл. 2.15.

- Дампери и камиони-кипери (сл. 2.16 и сл 2.17)

Транспортот на бетонот со обични камиони може да се врши под услов бетонот да биде сместен во соодветни садови од кои не може да истекуваат поситни фракции.



Сл. 2.16.



Сл. 2.17.

### Средства за внатрешен транспорт.

---

Под внатрешен транспорт се подразбира пренесување на бетонот од определено место на градилиштето до местото на вградувањето на бетонот.

---

За таа цел можат да се користат:

- рачна количка со едно тркало (сл 2.18);
- рачна количка со две тркала-јапанери (сл 2.19);
- посебни челични садови- кибли, најчесто со волумен од  $m^3$  (сл 2.20);
- вагони (сл 2.21);
- транспортери во вид на ленти (сл 2.22).



Сл. 2.18.



Сл. 2.19.



Сл. 2.20.



Сл. 2.21.



Сл. 2.22.

За кое од наведените средства за транспорт ќе се одлучиме зависи од потребното количество бетон што ќе се транспортира, расположивиот простор и друга помошна механизација и опрема, конзистенцијата на свежата бетонска маса и др,

**Транспорт на свежиот бетон со пумпи.** Во градежништвото многу често како средство за транспорт на бетонот се користат пумпите за бетон. Нивната примена е оправдана во случаите кога работниот простор на градилиштето е мал, па нема можност транспортот да се реши на друг начин.

Се употребуваат повеќе видови пумпи кои може да бидат фиксни (сл. 2.23) и мобилни автопумпи. Тоа се пумпи монтирани на камион и може да имаат хоризонтален и вертикален дострел до 40 метри сл. (2.24)

За да може да се изврши транспорт со пумпи бетонската мешавина треба да има некои својства т.е. да биде пумпабилна. Конзистенцијата на бетонската мешавина треба да биде таква така што марката на слегнување да биде во граници 6-15 *cm*, треба да биде со висока кохезивност што ќе спречи сегрегација, издвојување на водата итн. Гранулометрискиот состав

треба да биде таков што во него треба да доминираат ситните фракции. Максималното зрно на агрегатот треба да биде  $1/3$  од дијаметарот на цевката.

Не се препорачува пумпатабилноста да се подобрува со додавање вода. Поефектно би било додавање на адитиви како што се пластификатори, суперпластификатори и аеранти.



Сл. 2.23. Фиксна пумпа за бетон



Сл. 2.24. Мобилна пумпа за бетон

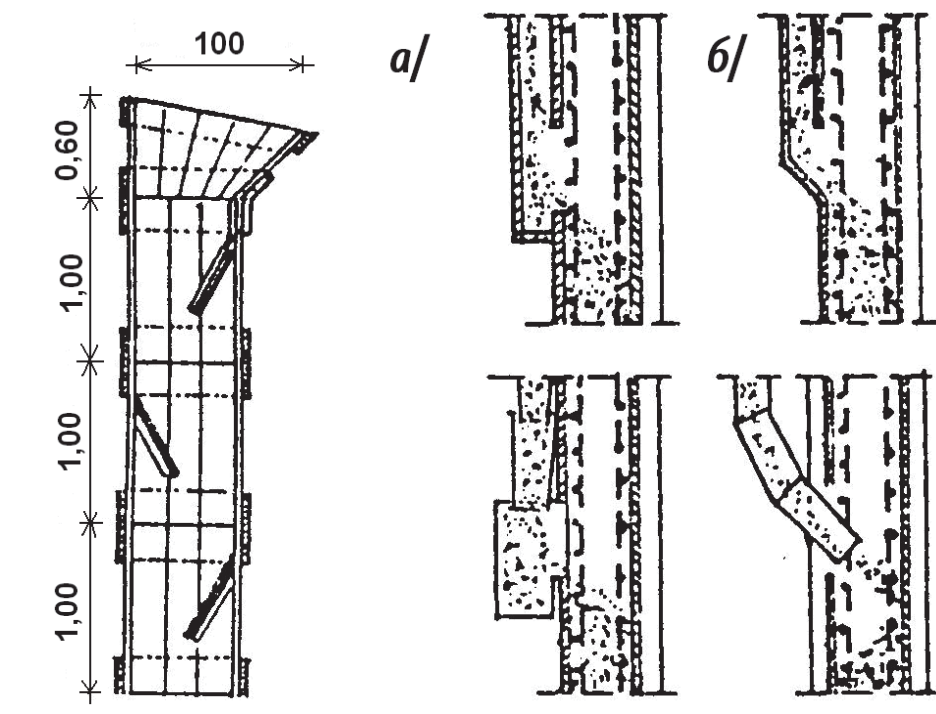
## 2.6. ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОН

Значајна фаза во изведба на бетонските работи која следува веднаш по приготвувањето и транспортирањето на бетонот е вградувањето на бетонот. Реализацијата на оваа фаза се врши во две етапи:

- **Полнење на оплата-распростирање на свежиот бетон.**

Оваа етапа се извршува со директно истурање на свежата бетонска маса од транспортните средства или пак ако тоа не е возможно се користат разни помошни направи.

Ако висината на слободниот пад на бетонот е поголема од  $1,5\text{ m}$ , потребно е да се користат косини со наклон од  $1:2$  до  $1:3$  (сл. 2.25), цевки или нешто слично, со што висината на слободното паѓање ќе се намали, а со тоа и опасноста од сегрегација ќе се избегне.



Сл. 2.25. Бетонирање на столбови со примена на косини

Сл. 2.26. Странично бетонирање на столбови

Доколку висината е исклучително голема, може да се изврши и етапно – странично вградување на бетонот (сл. 2.26). Притоа за препорака е постапката прикажана на сл.2.26а, затоа што вградувањето по принципот прикажан на сл.2.26б, дава можност за појава на сегрегација на бетонот.

**Збивање на бетонската маса.** Основна цел која треба да се постигне со збивањето е да се истисне воздухот што се наоѓа во бетонската мешавина. Со тоа честиците од бетонот се доближуваат една до друга, а мешавината станува покомпактна – погуста.

Добро збиените бетони во себе содржат 1-2% воздух, а волуменската маса во однос на незбиените им се зголемува за околу 10-12%.

Збивањето на бетонот наједноставно може да се изврши рачно со употреба на дрвени или метални набивачи или со пробивање со метални прачки. На овој начин не може да се оствари потребната компактност, па затоа се применува само при вградувањето на бетоните со течна конзистенција. Во сите други случаи збивањето се врши исклучиво механички (машински) со вибрирање. Интензитетот и времето на вибрациите зависи од димензиите на елементите, големината на зрната од агрегатот, реолошките својства, конзистенцијата на свежиот бетон и др. Според начинот на работата вибраторите се делат на:

### Површински вибратори (сл. 2.27).

Овие вибратори се користат при збивање на бетонот во површинските елементи, како подовите, плочите, коловозните конструкции кај патиштата, аеродромите и сл.

Максимална длабочина на дејствување на вибрациите е до 25 см, што значи дека во случаите кога дебелината е поголема, вградувањето треба да биде по слоеви. Во групата површински вибратори спаѓаат и т.н. вибролетви, вибродаски и виброгреди, кои најчесто се користат за завршна обработка на бетонските површини.



Сл. 2.27. Површински вибратори

### Внатрешни (длабочински) вибратори-первибратори (сл. 2.28)



Сл. 2.28. Длабински вибратори

Первибраторите се средства за згуснување кои наоѓаат широка примена во практиката. Збивањето со помош на нив се врши на тој начин што иглата од первибраторот која вибрира одреден број пати се вовлекува во свежата бетонска маса и на тој начин го компактира бетонот. Радиусот на дејството на иглата на первибраторот зависи од неговата конструкција и се движи во границите 25-75 см, а слојот на бетон кој се вибрира не треба да биде поголем од 70 см.

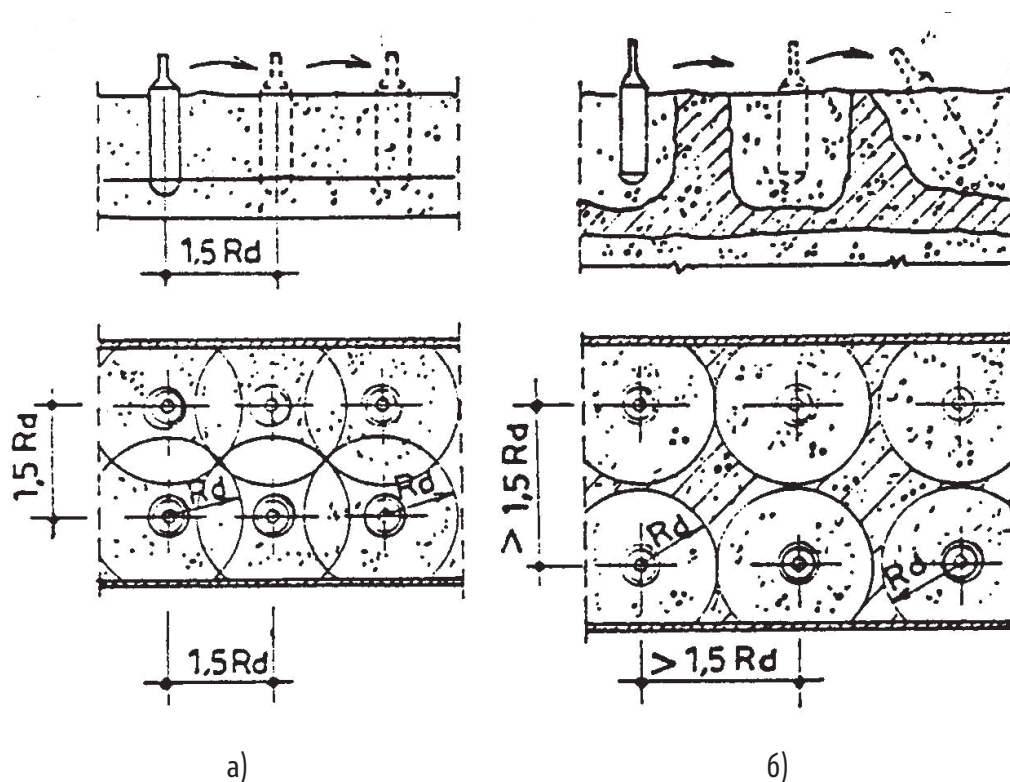
Радиусот на дејствувањето ( $R_d$ ) обично зависи од дијаметарот на иглата ( $\emptyset$ ) и е даден во табелата 11.

Табела 11- Радиус на дејство на внатрешните вибратори

(mm)	31	54	75	100	140
(m)	0,10	0,25	0,40	0,50	0,85

При вибрирањето иглата од первибраторот треба да се вовлекува вертикално во бетонската маса, не треба да ја допира оплатата, а доколку бетонирањето се врши во слоеви, иглата треба да навлезе во претходниот набиен слој, со што се остварува солидна врска меѓу слоевите.

Растојанието помеѓу одделните убоди треба да биде максимум  $1,5 R_d$  така што доаѓа до преклопување на зоните на дејствување (сл. 2.29).



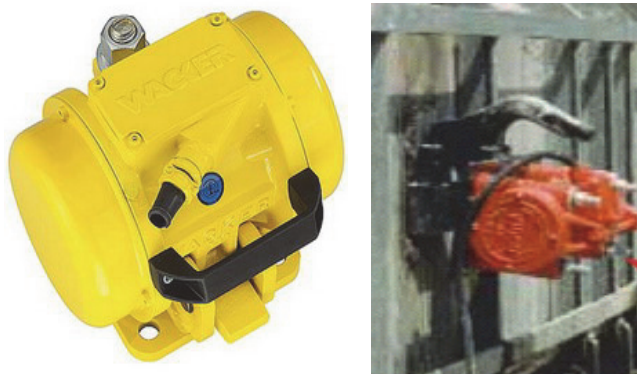
Сл. 2.29. Збивање на бетонот со вибратори

На сл. 2.29 а) е прикажан правилниот, а на сл. 2.29 б) неправилен начин на збивање на бетонот со первибратори.



**Оплатни (надворешни) вибратори (сл.2.30 и сл. 2.31).**

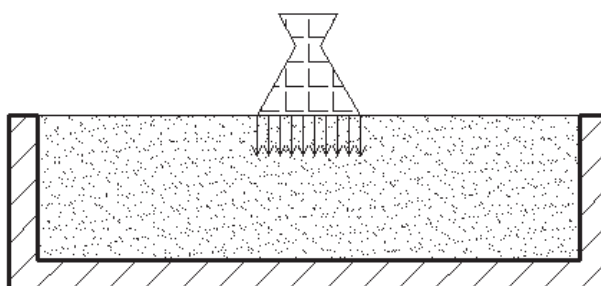
Се користат во случаите кога димензиите на елементите се мали, па поради тоа и поради густината на арматурата не може да се вовлече иглата од первибраторот во бетонската маса. Тие се прицврстуваат за оплатата која треба солидно да биде изведена, а нивното дејство е до длабочина од 25 *cm*.



Сл. 2.30. и сл. 2.31. Оплатни (надворешни) вибратори

**Вибростолови (сл. 2.32).**

Се користат најчесто при префабрикација каде се произведуваат голем број елементи во една серија. Принципот на работа е таков што масата бетон којашто се збива се сместува во калапи коишто се поставуваат врз вибростолот кој вибрира и врши збивање.



Сл. 2.32 Вибро стол

По завршеното збивање се врши порамнување на бетонската површина рачно со рачен алат (сл.2.33а) или машински со виборамналки (сл. 3.33. б).



Сл. 2.33.а) Завршна обработка на бетон со рачен алат



Сл. 2.33. б) Машини за порамнување на бетонот

Независно од применетиот начин и средствата, збивањето треба да заврши пред почетокот на сврзувањето на цементот.

При вградување на бетонот во слоеви тие треба да бидат со различна дебелина 30, 40, 50 и по исклучок 70 *см*, при што секој нареден слој треба да го следи претходниот поради спојување на двата слоја.

Температурата на свежиот бетон во моментот на вградување треба да се движи од +5-30°C. Доколку вградувањето треба да се изврши под +5°C и над+30 °C, потребно е да се преземат соодветни мерки за заштита, или по можност бетонирањето да се изврши во раните утрински часови, доцна попладне или навечер. Во случај на силни дождови, треба да се изврши покривање на незаштитените површини за да не дојде до „миење“ на бетонот од цементното млеко.

Не се дозволува произволно додавање вода за подобрување на вградливоста на бетонот.

## 2.7. НЕГА НА ВГРАДЕНИОТ БЕТОН

Една од последните, но многу значајна фаза при изведбата на бетонските и армиранобетонските елементи и конструкции е негата на бетонот. Со негувањето е потребно да се обезбедат услови за добивање квалитетни бетони, а истовремено се врши и негова заштита. Со негувањето треба да се обезбеди:

- нормална хидратација на цементот;
- спречување појава на пукнатини поради деформациите од собирањето на бетонот;
- заштита од високи и ниски температури, сув и топол ветар и друго;
- заштита од атмосферски и други води;
- заштита од вибрации, потреси и други механички дејства итн.

За да се обезбеди нормална хидратација на цементот, потребно е да се спречи брзото испарување - губење на водата од бетонската мешавина. Доколку тоа не се постигне, ќе се добие т.н. „прегорен“ бетон со својства под предвидените. Ако пак не се надолува водата која испарува од бетонската мешавина во периодот додека таа стврднува, ќе се појават пукнатини како резултат на деформациите од собирањето на бетонот. Нормалната хидратација и елиминирањето на опасноста од појава на пукнатините ефикасно се постигнува со влажнење или поливање на бетонските површини и оплатата, кое започнува 4 - 6 часа по извршеното бетонирање. Влажнењето може да се врши со јутени вреќи, пластични фолии, сунѓери, влажни струганици, ситен песок или пак со директно полевање. Со влажнењето не може да се спречат временските деформации од собирањето на бетонот, но истите ќе се одложат за подоцна, кога бетонот ќе ја постигне потребната јакост на затегнување и ќе може да се спротивстави на појавата на пукнатините.

Должината на негата на бетонот со влажнење при нормални услови зависи од поголем број фактори (видот на цементот, температурата на околната средина, бараниот квалитет и др.), но во принцип треба да трае сè додека бетонот не постигне 60 - 70% од предвидената јакост на притисок. Тоа значи најмалку 7 до 14 дена, а може и подолго, а тоа го наложуваат конкретните услови. Кога температурата е многу ниска, процесот на хидратација може да биде успорен или целосно прекинат, што не смее да се дозволи. Во таков случај, потребно е да се врши греење на бетонот, така што тој во првите три дена се одржува на температура од минимум 3°C, а откако ќе постигне јакост на притисок барем 10 МПа, може да се дозволи и температура од 0°C.

При екстремно високи температури и при бетонирање на масивни бетонски елементи, каде се ослободува голема хидратациона топлина, негата на бетонот се врши со интензивно и обилно влажнење и поливање.

Со негата која се врши во периодот на сврзувањето и стврднувањето, бетонот треба да се заштити од евентуалните вибрации, потреси, механички оштетувања и сл. Во спротивно може да биде нарушена внатрешната структура на бетонот, како и врската со арматурата во армиранобетонските елементи.

За да се спречи брзото испарување на водата од свежата бетонска маса, честопати се врши премачкување или полевање на бетонските површини со специјални средства за премачкување, или течности на база на парафин, силикон или синтетички смоли. Нанесувањето на овие средства за премачкување се врши 1 до 3 часа по извршеното бетонирање, а отстранувањето најрано после две недели. Треба да се нагласи дека пробните и контролните тела се негуваат во услови пропишани со ПБАБ, кои не се исти со условите за неа на вградениот бетон предвиден со истиот правилник. За да се добие пореална претстава за квалитетот на вградениот бетон, пожелно е да се изработат пробни тела кои ќе се негуваат во исти услови како и вградениот бетон, односно конструкцијата.

**Запомни:**

- Проектот за бетон го изработуваат производителот на бетонот и изведувачот на бетонските работи во соработка со проектантот на конструкцијата.
- Свежата бетонска мешавина се добива со хомогенизација на составните делови на бетонот (цементот, агрегатот, водата, адитивите и евентуално воздухот).
- Според нашиот ПБАБ/87 се разликуваат крута, малку пластична и пластична, и течна конзистенција.
- Застапеноста на цементот во бетонската мешавина зависи од голем број фактори како што се: видот, количеството и гранулометрискиот состав на агрегатот, бараната конзистенција, начинот на транспортот и вградување, предвидениот квалитет на бетонот итн.
- Масата на агрегатот во  $m^3$  готов бетон ориентационо може да се определи ако познатите тежини на цементот и водата се одбијат од масата на неармираниот бетон, кој изнесува  $2300-2500 \text{ kg} / m^3$ .
- Количината на вода потребна за целосна хидратација на цементот зависи од видот на цементот.
- Количеството на вода во бетонот се искажува преку водоцементниот фактор. Теоретски оптималната вредност на истиот изнесува од 0,38-0,42.
- Водата пред да се употреби за подготовка на бетон треба да се испита.
- Под поимот транспорт на бетон се подразбира пренесување на бетонот од местото на производство до местото на вградување на бетонот.

- Пренесувањето на бетонот од фабриката за бетон до градилиштето се нарекува надворешен транспорт, а бетонот транспортиран бетон. Пренесувањето на бетонот на самото градилиште се нарекува внатрешен транспорт.
- Средства за надворешен транспорт се: камиони мешалки т.н. автомешалки, силовуси, дамperi и камиони-кипери.
- Средства за внатрешен транспорт се: рачна количка со едно тркало, рачна количка со две тркала-јапанери, посебни челични садови - кибли, најчесто со волумен од  $m^3$ , вагони, транспортни ленти и пумпи за бетон.
- Збивање на бетонската маса се врши со: површински вибратори, внатрешни (длабочински) вибратори-первибратори, оплатни (надворешни) вибратори и вибростолови.
- Збивањето треба да заврши пред почетокот на сврзувањето на цементот.

### Тест за самооценување

#### I - група

#### Дел А

1. Проектот за бетон го изработуваат производителот на бетонот и изведувачот на бетонските работи во соработка со проектантот на конструкцијата.

Да

Не

2	
---	--

2. Крутата конзистенција на бетонот се добива со примена на најмала количина на вода.

Да

Не

2	
---	--

1. Морската вода се користи за добивање на бетон.

Да

2	
---	--

4. Површинските вибратори се применуваат за збивање на бетонот во површинските елементи.

Да

Не

2	
---	--

#### Дел Б

1. Што е проект за бетон?

.....

.....

5	
---	--

2. Според ПБАБ/87 год. постојат следните конзистенции на бетонот:-----  
-----  
-----

5

3. Дефинирај надворешен транспорт?  
-----  
-----

5

4. Наброј кои средства се применуваат за надворешен транспорт на бетонот?  
-----  
-----

5

5. Наброј кои средства се применуваат за збивање на бетонот!  
-----  
-----

5

**Дел В**

1. Објасни ја постапката за добивање на бетон во фабрика за бетон.

8

2. Објасни ја постапката за збивање на бетонот со помош на первиратори!

9

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволен (1)	1 - 10	

Тест за самооценување

II - група

Дел А

1. Проект за бетон не се изготвува за индивидуални градби на приземни згради и слични помали објекти.

Да

Не

3	
---	--

2. За целосна хидратација на портланд-цемент му е потребно 40% вода од неговата тежина.

Да

Не

3	
---	--

3. Водоцементниот фактор се одредува за сув агрегат.

Да

Не

3	
---	--

Дел Б

1. Каде се применува бетон со пластична конзистенција?

.....  
.....

5	
---	--

2. Што се случува со јакосните карактеристики на бетонот ако се зголеми водоцементниот фактор?

.....  
.....

5	
---	--

3. Што се подразбира под поимот водоцементен фактор?

.....  
.....

5	
---	--

4. Каде се врши подготвувањето на бетонот за сите позначајни објекти?

.....  
.....

5	
---	--

5. Дефинирај внатрешен и надворешен транспорт!

-----  
-----  
-----

5	
---	--

Дел В

1. Опиши каде и како се применуваат површинските вибратори!

8	
---	--

2. Опиши како треба да се постапи за да се спречи брзото испарување на водата од свежата бетонска мешавина?

8	
---	--

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволен (1)	1 - 10	





## ТЕМА 3 - Физичко-механички својства на стврднат бетонот

Во оваа тематска целина учениците можат да се запознаат со:

- физичко-механичките и деформабилните својства на бетонот;
- испитување на јакост на притисок;
- испитување на јакост на совивање (свиткување);
- испитување на водонепропустливост на бетонот;
- испитување на отпорност на мраз;
- испитување на деформабилните својства на бетонот;
- отпорност на бетонот на корозија.

<b>3. ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА СТВРДНАТ БЕТОН.....</b>	<b>91</b>
3.1. ЈАКОСТ НА ПРИТИСОК НА БЕТОНОТ.....	91
3.2. ЈАКОСТНА ЗАТЕГНУВАЊЕ НА БЕТОНОТ.....	96
3.2. ДЕФОРМАБИЛНИ СВОЈСТВА НА БЕТОНОТ.....	97
3.3. ВОДОНЕПРОПУСТЛИВОСТ НА БЕТОНОТ.....	100
3.4. ОТПОРНОСТ НА БЕТОНОТ НА МРАЗ.....	102
3.5. ОТПОРНОСТ НА БЕТОНОТ НА ТОПЛИНА И ПОЖАР.....	104
3.6. ОТПОРНОСТ НА БЕТОНОТ НА КОРОЗИЈА.....	106
3.7. КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ НА ВГРАДЕНИОТ БЕТОН И ПРОБНО ТОВАРЕЊЕ НА КОНСТРУКЦИИТЕ.....	108
3.7.1. НЕДЕСТРУКТИВНИ МЕТОДИ.....	108
3.7.2. ДЕСТРУКТИВНИ МЕТОДИ.....	110
3.8. СПЕЦИЈАЛНИ БЕТОНИ.....	111
3.9. КЛАСИ И КАТЕГОРИИ НА БЕТОНОТ.....	114

### 3. ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА СТВРДНАТ БЕТОН

Потсети се!

1. Зошто се испитува квалитетот на цементот, агрегатот и водата?
2. Што ќе се случи доколку не ги испитаеме?
3. Зошто се подобрува квалитетот на бетонот ако се додадат адитиви?

Двете основни механички својства на стврднатиот бетон се неговата јакост и неговата деформабилност. Тие се пропишуваат со главниот проект на конструкцијата во зависност од статичките, експлоатационите, технолошките и други услови. Со главниот проект се пропишуваат и некои други својства условени од трајноста на конструкцијата, како што се: водонепропустливоста, отпорноста на мраз, отпорноста на абење и сл.

Сите наведени својства зависат од повеќе фактори, почнувајќи од квалитетот и соодносот на составните делови, условите на изработка, транспорт, вградување и нега, па до начинот на испитување и интерпретација на резултатите.

Доказот на наведените својства, односно проверка на сообразност со условите пропишани во проектот за бетон, се врши со испитување на пробни тела, специјално подготвени и негувани.

#### 3.1. ЈАКОСТ НА ПРИТИСОК НА БЕТОНОТ

Јакоста на притисок на стврднатиот бетон е неговата основна јакосна карактеристика. Другите јакосни својства, деформабилноста и посебните својства се во врска и корелација со јакоста на притисок.

Според ПБАБ/87 утврдувањето на јакоста на притисок на бетонот се утврдува на бетонски коцки со димензии  $a = 10, 15, 20, 25$  и  $30\text{ cm}$  (сл. 3.1), призми со  $a = 10, 15, 20, 25$  и  $30\text{ cm}$  и должина  $L = 4a; L = 5a$ , цилиндри со дијаметар  $d = 5, 10, 15, 20, 25$  и  $30\text{ cm}$  и висина  $2d$ . според стандардите на некои земји или во случај кога се вадат цилиндри од готови конструкции.



Сл. 3.1. Пробни коцки за испитување бетон 15/15/15 *cm*

Бетонот од кој се приготвуваат пробните тела се зема од местото каде што бетонот се приготвува и од местото каде се вградува, во согласност со проектот за бетон.

Пробните тела се приготвуваат во метални калапи (сл. 3.2), а во поново време и во пластични калапи. Збивањето на бетонот може да се врши со метални прачки за збивање или машински со первибратори со игли до  $\varnothing 60$  *mm* или со вибростол.



Сл. 3.2. Метални калапи за добивање на пробни коцки 15/15/15 и 20/20/20 *cm*

Откако ќе се изработат пробните тела се сместуваат во просторија со релативна влажност на воздухот од 95% и температура  $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ , или во вода каде остануваат до денот на испитувањето. Калапите може да се демонтираат по првите 24 часа.

Изборот на формата и димензиите на пробното тело зависи од видот на елементот за кој се испитува квалитетот на бетонот и состојбата на бетонот (свежа бетонска маса или стврднат бетон).

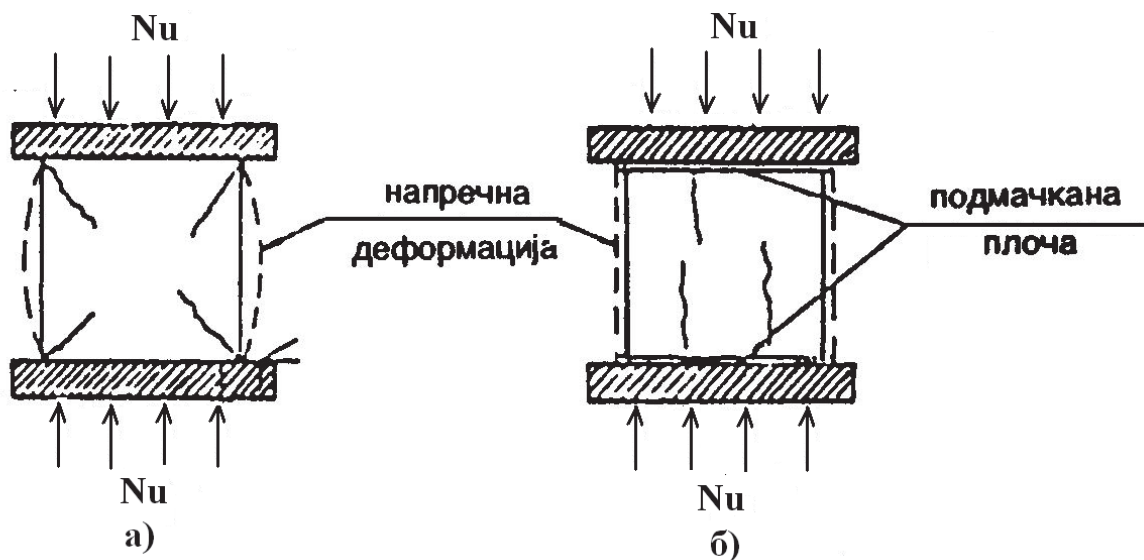
**Испитувањето на пробните тела најчесто се врши при старост од 28 дена**, што се усвојува како еталонска мерка во однос на која се изразуваат јакостите на притисок утврдена при помала или поголема старост на пробните тела.

Пред да се испитаат пробните тела се бришат и се мераат страните да се провери дали настанала некоја грешка. Доколку страните на пробното тело не се паралелни, се пополнуваат со цементен малтер ако има вдлабнатини или со механичка доработка ако има испакнатини на телото. Цементниот малтер треба да има јакост најмалку еднаква на јакоста на пробното тело во моментот на испитувањето. Потоа се утврдува масата на пробното тело со прецизна вага.

Самото испитување се врши со хидраулична преса која е составена од две челични плочи преку кои се пренесува товарот и механизам со скала за регистрација на товарот.

Пробните тела се поставуваат помеѓу плочите така што силата да делува нормално на правецот на вградување на бетонот. Товарот се нанесува централно, постепено, до лом, со брзина од  $0,6\pm 0,4 \text{ N/mm}^2\text{s}$ . Лом треба да се случи во дијапазон од 0,2 – 0,8 од капацитетот на пресекот.

На сл. 3.3. а,б се прикажани две можности за разрушување на бетонските коцки при испитувањето.



Сл. 3.3. а) Можности за разрушување на бетонските коцки



Сл. 3.3. б) Уреди за испитување на јакост на притисок

Јакоста на притисок се определува според изразот:

$$f_k = \frac{N_u}{A_b} (\text{MPa}),$$

$f_k$  - јакост на притисок на коцката

$N_u$  - сила која предизвикува кршење на коцката

$A_b$  - површина на која се нанесува силата

Со вака утвдената јакост на притисок на поголем број пробни тела се определува марката на бетонот (МБ). Веднаш треба да се нагласи дека марката на бетонот не претставува просечна вредност од утврдените поединечни јакости на притисок на пробните тела.

---

Марка на бетон е нормирана (номинална) јакост на притисок на бетонот изразена во  $MP_a$  која според ПБАБ/87 се добива со испитување на бетонски коцки со димензии 20/20/20 *cm* при старост на бетонот од 28 дена, добиена врз основа на карактеристична јакост на која и одговара 10% фрактил.

---

Бетонот одговара на бараната марка ако го исполнува условот:

$$f_{bk} \geq MB, \text{ каде е:}$$

$f_{bk}$  - карактеристична јакост на бетонот, која се добива врз основа на статистичка обработка на податоците од испитувањето на јакост на притисок.

Марката на бетонот се определува по „партии“ во согласност со програмата за контрола на квалитетот на бетонот според три критериуми пропишани со ПБАБ/87.

Под партија на бетон се подразбира количината на бетон од иста класа која се вградува во исти конструктивни елементи и под исти услови во определен временски период, не подолг од 30 дена.

Големината на партијата зависи од вкупната количина на бетон од иста класа, од условите во кои бетонот се приготвува и вградува, времетраењето на бетонските работи и др. Една партија бетон не смее да се приготвува подолго од еден месец. Во една партија не смеат да се земат повеќе од 30 проби.

Бројот на пробни тела на кои се врши доказ на јакоста на притисок зависи од местото на производството.

За бетон подготвен во фабрички услови под постојана контрола, на самото градилиште потребно е да се земе:

- најмалку едно пробно тело за секој вид бетон и тоа секој ден додека трае бетонирањето;
- едно пробно тело на секои  $50m^3$  или на секои 75 мешавини;
- едно пробно тело на секои 150 мешавини или  $100 m^3$  при производство на бетон поголемо од  $2000 m^3$  бетон.
- најмалку три пробни тела за секоја партија бетон;

За бетони приготвени исклучиво за потребите на објектот, односно градилиштето, ако погонот има контрола на квалитетот на производството на бетонот, тие резултати можат да послужат за контрола на сообразност со условите во проектот.

За конструкции од армиран бетон може да се употребуваат следните марки бетон: МБ 15, МБ 20, МБ 25, МБ 30, МБ 35, МБ 40, МБ 45, МБ 55 и МБ 60. За неармиран бетон може да се употреби и МБ10. Постојат бетони со повисоки марки од 60, но тие не се опфатени со ПБАБ/87.

Јакоста на притисок на бетонот со текот на времето се зголемува. Ако јакоста на притисок од 28 дена се утврди како еталон, во табела 12 се дадени односите на јакостите при други старости.

Табела 12. Односи на јакости при други старости на бетонот

Старост на бетонот	Односи $f_k(t)/f_k$
3 дена	0,30 - 0,65
7 дена	0,50 - 0,80
14 дена	0,75 - 0,90
28 дена	1
90 дена	1,05 - 1,20
365 дена	1,10 - 1,30
3 години	1,125 - 1,35

### 3.2. ЈАКОСТ НА ЗАТЕГНУВАЊЕ НА БЕТОНОТ

Јакоста на затегнување на бетонот е многу помала од јакоста на притисок. За ориентација нивниот однос е 1:10. Оваа карактеристика е значајна заради проверка на граничните состојби на употребливост кај армиранобетонските елементи (прснатини и деформации).

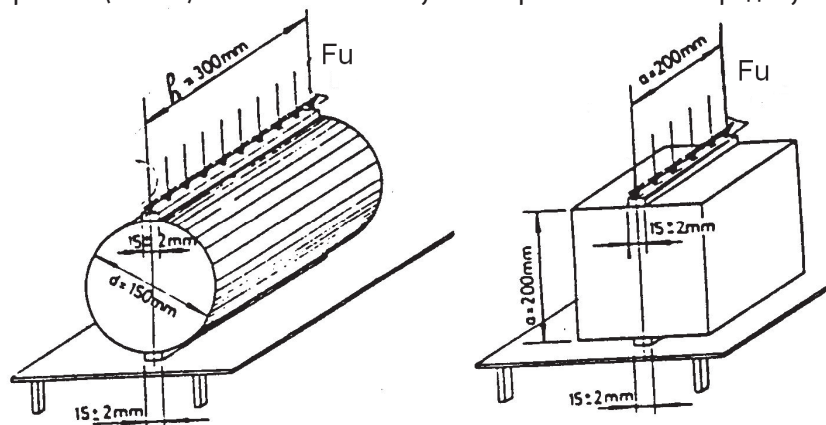
На јакоста на затегнување на бетонот имаат влијание сите фактори кои влијаат и на останатите јакосни карактеристики, како што се: видот, обликот, рапавоста и гранулометрискиот состав на агрегатот, видот, квалитетот и количината на цемент, водоцементниот фактор, начинот на вградување и нега, староста во моментот на испитувањето итн.

Се смета дека јакоста на затегнување, најмногу зависи од врската помеѓу цементниот камен и зрната на крупниот агрегат. Така при иста јакоста на притисок, поголема јакоста на затегнување ќе има бетон приготвен од дробен камен, со рапави површини отколку бетонот приготвен од речен агрегат со мазни површини.

Јакоста на затегнувањена бетонот се испитува по 2 методи:

#### а) Јакоста на затегнување, утврдена со кинење

Пробните тела (цилиндри и коцки) се товарат со линиски притисок по две спротивни изводници до кршење (сл. 3.4). Јакоста на затегнување при кинење се определува по изразите:



Сл. 3.4. Јакоста на затегнување утврдена со кинење

За цилиндар: 
$$f_{bz} = \frac{2Fu}{\pi \cdot d \cdot h}$$



За коцка  $f_{bz} = \frac{2Fu}{\pi \cdot a^2}$

$d$  – дијаметар на цилиндарот,

$h$  – должина на цилиндарот,

$a$  – страна на коцката,

$Fu$  – сила на кршењето.

Вака утврдената јакост на затегнување е за 10-30% поголема од чистата аксијална јакост на затегање.

### 3.3. ДЕФОРМАБИЛНИ СВОЈСТВА НА БЕТОНОТ

Покрај јакостите својства бетонот покажува и одредени деформабилни својства т.е. се деформира поради промена на условите на околната средина или под влијание на надворешни товари. Во зависност од карактерот на деформациите во однос на времето и видот на товарите се разликуваат моментални и временски деформации.

---

**Моменталните деформации се јавуваат при еднократно и повеќекратно краткотрајно натоварување, а временските деформации се јавуваат без делување и со делување на товарот. Во првиот случај се јавува собирање на бетонот, а во вториот случај се јавува течење на бетонот.**

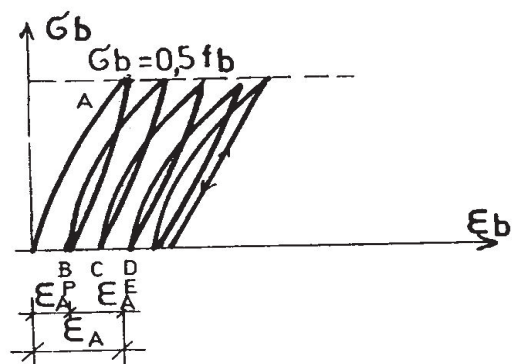
---

Деформациите од еднократно краткотрајно натоварување зависат од голем број параметри како што се:

- составот на бетонската мешавина;
- својствата на сите составни делови поединечно;
- јакостите својства на стврднатиот бетон;
- брзината на товарењето
- староста на бетонот во моментот на нанесување на товарот.

#### **Деформациите од повеќекратно краткотрајно натоварување**

Како можен и карактеристичен случај на зависноста  $\sigma_b - \varepsilon_b$  може да се анализира повеќекратно товарање и растоварување на пробното тело (сл. 3.5).



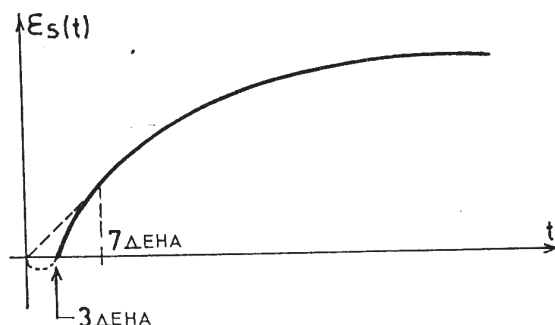
Сл. 3.5. Дијаграм на повеќекратно товарење и растоварување

При еднократно натоварување и растоварување на пробното тело, кривата  $\sigma_b - \epsilon_b$  завршува во точката B, значи се регистрира некаква пластична деформација  $\epsilon_a^p$  која е неповратна. Доколку истото пробно тело се натовари повторно, тогаш зависноста  $\sigma_b - \epsilon_b$  нема да започне од координатниот почеток 0, туку од точката B, односно од точката C, D ... итн. Од сликата 3.2. се гледа дека во фазата на растоварување кривата ја менува кривината, затоа што при секое растоварување се ослободува извесна пластична деформација чиј износ постепено опаѓа. По неколку циклуси бетонот ќе почне да се однесува како идеално еластичен материјал, што значи дека по растоварувањето нема да се регистрираат пластични деформации, а кривата  $\sigma_b - \epsilon_b$  станува права линија.

**Собирање на бетонот** - Својството на цементната каша да го менува својот волумен во процесот на стврднувањето, без влијание на надворешен товар, забележано е прилично одамна. Цементната паста што се стврднува во сува средина го смалува својот волумен - се собира, а ако истата се наоѓа во вода, го зголемува својот волумен - се шири. Овие неизбежни и главно неповолни својства, цементната паста ги пренесува на бетонот, па затоа најчесто се зборува за собирање и ширење на бетонот. Собирањето и ширењето на бетонот се волуменски деформации кои настануваат во процесот на неговото стврднување.

Механизмот на собирањето и ширењето на бетонот до денеска не е целосно разјаснет. Причините треба да се бараат во сложеноста на самата појава, како и во големиот број влијателни параметри кои ги условуваат и следат. Сепак, со сигурност може да се тврди дека причината за овие појави се физичко - хемиските процеси во системот цемент - вода и постепено губење на слободната и полусврзаната вода во цементната каша. Собирањето на бетонот е долготраен процес. Според некои истражувања, извесни промени во димензиите на испитуваните пробни тела се забележани и по 30 години. На слика 3.5. е даден шематски приказ на развојот на деформациите од собирањето на бетонот во зависност од времето. Според нашите стандарди собирањето се мери за старост на бетонот поголема од 3 дена, па нултата вредност за  $t = 3$  дена, а не за  $t = 0$ .

Се смета дека за првите 7 дена се извршуваат околу (3 - 20%), за 28 дена околу (8 - 38%), а за 1 година околу (35- 85%), од вкупните конечни вредности на деформациите од собирањето на бетонот (сл.3.6). Во зависност од димензиите на пресекот и релативната влажност на средината.



Сл. 3.6. Собирање на бетонот

Врз развојот на конечните вредности од собирањето на бетонот имаат влијание следните фактори:

- вид, количина и финост на мелење на цементот;
- вид, количина и гранулометриски состав на агрегатот;
- количеството на вода и односот  $W/C$ ;
- процентот на армирање;
- димензиите на пробните тела;
- условите на околната средина,
- температурата, влажноста и др.

---

**Течење на бетонот - под поимот течење на бетонот се подразбира неговото својство да се деформира во текот на времето, под дејство на константен долготраен товар.**

---

Механизмот и природата на појавата течење на бетонот, до денес исто така не се во целост разјаснети. Исто како собирањето, и течењето на бетонот е долготраен процес.

Деформациите од течењето на бетонот зависат од сите фактори од кои зависеше собирањето на бетонот и зависат уште од:

- условите и начинот на товарањето;
- нивото на почетните напрегања.

Доколку не се располага со експериментални податоци за деформациите од течење на бетонот, може да се користат податоците дадени со ПБАБ/87.

## ТРАЈНОСТ НА БЕТОНОТ

### 3.4. ВОДОНЕПРОПУСТЛИВОСТ НА БЕТОНОТ

Во практиката многу често се јавува потребата одредени конструкции или делови од нив да бидат изведени од бетон кој е водонепропустлив. Такви објекти се: браните, резервоарите, хидротехничките тунели, цевководите, пливачките и други базени, објекти во агресивна средина итн.

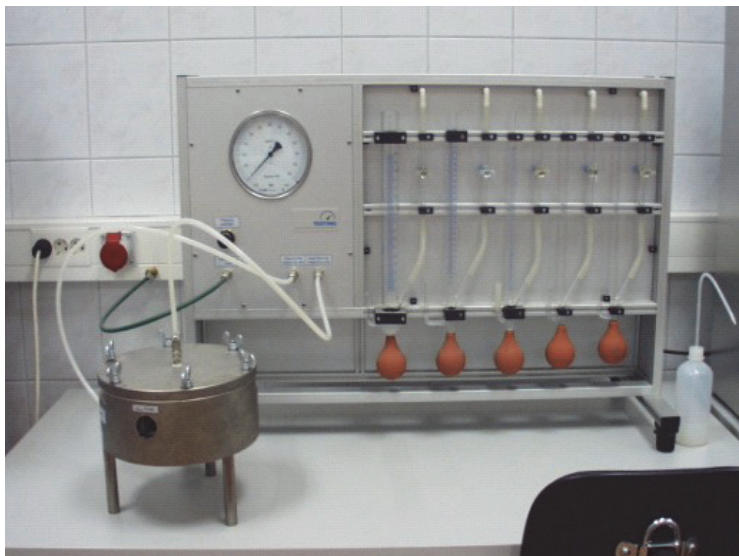
**Водонепропустливоста на бетонот е резултат на неговата внатрешна структура.** Тој е порозен материјал, а од големината, распоредот и поврзаноста на порите зависи дали и како бетонот ќе ја пропушта водата да поминува низ него. Ако се има предвид фактот дека агрегатот е практично водонепропустлив, произлегува дека треба да се смали застапеноста на порите во цементниот камен. Тоа успешно се постигнува со смалување на водоцементниот фактор, примената на цементи со поголема специфична површина, ефикасно збивање или пак со примена на адитиви кои ја згуснуваат структурата на бетонската мешавина (пластификатори и суперпластификатори), односно ги затнуваат порите (затнувачи).

Според нашите стандарди, водонепропустливоста се испитува на цилиндри со дијаметар и висина до 150 mm или на плочести елементи со димензии 200/200/150 mm.

Пробните тела се изработуваат од свеж бетон или се вадат од конструкцијата во форма на цилиндри, најрано 28 дена по извршеното бетонирање. Испитувањето се врши на тој начин што пробните тела се ставаат во специјални апарати (сл.3.7) во кои се пушта вода под притисок. Се почнува со притисок од 1 бар и на секои 8 часа се зголемува за по 1 bar сè до предвидениот притисок.

$$1\text{бар} = 0,1\text{N/mm}^2 = 0,1\text{MP}_a$$

**Водонепропустливоста на бетонот се изразува преку марките на водонепропустливост кои се: V-2; V-4; V-6; V-8 и V-12,** при што броевите 2, 4, 6, 8 и 12 ги означуваат притисоците во бари, при кои нема да се појават капки вода на горните површини и тоа на пет од вкупно шесте пробни тела кои се испитуваат. Само за предвидената марка V-2 треба да се испитаат три пробни тела.



Сл. 3.7. Уреди за испитување на водонепропустливост на бетонот

По завршеното испитување пробните тела се вадат од апаратите и со цел да се утврди продорот на водата во нив, тие се кршат по изводниците, при што со мерење се утврдува длабочината на продирањето.

Длабочината на продирањето на водата се мери во (*cm*) и претставува мерка за остварената водонепропустливост.

Покрај веќе наведените мерки, водонепропустливоста на бетонот може да се подобри со:

- правилниот избор на гранулометрискиот состав на агрегатот со учество на што е можно покрупни фракции и зрна со поволен облик;
- подобро и подолго негување на свежиот бетон, со што ќе се спречи нагло губење на водата и појава на пукнатини во бетонот;
- правилен избор на местата на продолжување при бетонирањето, кои по правило се слаби места (по можност на овие места треба да се употребат разни површински епокси - емулзии или епокси - малтери);

Треба да се нагласи дека бетоните особено ги пропуштаат течностите кои се полесни од водата и за нив се многу штетни. Тука спаѓаат лесните фракции добиени при дестилација на нафтата, бензинот и друго.

### 3.5. ОТПОРНОСТ НА БЕТОНОТ НА МРАЗ

Голем број бетонски и армиранобетонски елементи и конструкции се изложени на атмосферски влијанија при што наизменично се влажнат и сушат. Бидејќи бетонот е порозен, во него се апсорбира одредено количество вода, која при температура пониска од 0°C може да замрзне. Поради тоа што при мрзнењето водата го зголемува својот волумен за околу 9%, се создаваат внатрешни напрегања кои вршат промена на структурата, а во одредени услови може и да го разрушат бетонот.

Најефикасен начин да се приготви бетон отпорен на мраз е да се смали присуството на водата во него, а тоа се постигнува со изготвување на компактен бетон со минимален водоцементен фактор, со примена на адитиви - аеранти и др.

За утврдување на отпорноста на бетонот на мраз се применува постапката на наизменично смрзнување и одмрзнување на пробните тела заситени со вода. За испитувањето се потребни 6 или 15 пробни тела (коцки 15/15/15 или 20/20/20 *cm*), или пак цилиндри со димензии  $D = H = 15 \text{ cm}$  извадени од готовите објекти, најрано 28 дена по извршеното бетонирање. Бројот на пробните тела зависи од утврдената марка на отпорност на мраз, а е дадена во табелата 13.

Табела 13. Број на пробни тела за утврдување на отпорност на мраз

Опис	Марка на бетонот во поглед			
	М-50	М-100	М-150	М-200
Број на циклуси по кои се врши испитување на јакоста на притисок	50	50 и 100	100 и 150	150 и 200
Број на тела кои се изложуваат на смрзнување и одмрзнување	3	3 3	3 3	3 3
број на тела $E_0$		3	3	3
-еталони $E_I$	3	3	3	3
$E_{II}$		3	3	3
вкупен број на тела во една серија	6	15	15	15

Четири дена пред почетокот на испитувањето сите пробни тела се ставаат во вода со температура од  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ , чија површина треба да биде барем 2 *cm* над горната површина на телата. Масата на телата пред и по потопувањето се определува со мерење на вага. Бројот на пробните тела кои се изложуваат на смрзнување и одмрзнување е даден во табелата 13. Еден циклус се состои од смрзнување на температура од  $-20 \pm 2^\circ\text{C}$  во траење од 4 часа во специјална

комора (сл. 3.8) и одмрзнување во вода со температура од  $+20\pm 2^\circ\text{C}$ , исто така во траење од 4 часа за коцки со страна 15 см.



Сл. 3.8. Комора за испитување на отпорност на смрзнување

За бетони М-50 јакоста на притисок се утврдува на три пробни тела кои издржале педесет циклуси и на три еталони  $E_1$  кои не биле изложени на дејство на мраз.

За останатите марки пред почетокот на испитувањето се утврдува јакоста на притисок на три пробни тела - еталони  $E_0$ . По одреден број циклуси (прикажани во табела 15) се врши меѓуиспитување на три пробни тела - еталони  $E_1$  и на три пробни тела изложени на смрзнување и одмрзнување. На крајот се врши испитување на основните три еталони  $E_2$  и на трите останати пробни тела изложени на смрзнување и одмрзнување.

Поради тоа што прирастот на јакоста на бетонот изложен на смрзнување е поспор во однос на еталоните, при споредба на резултатите се воведува т.н. еквивалентна старост на еталоните, која е помала од фактичката. Еквивалентната старост ( $t_e$ ) се пресметува по изразот:

$$t_e = t_a + c \cdot n, \quad \text{каде е:}$$

$t_a$  - старост на пробните тела на почетокот на смрзнувањето (обично 28 дена)

$n$  - број на циклуси

$c$  - параметар кој зависи од бројот на циклусите во 24 часа и е даден во табела 14

Табела 14 - Параметри кои зависат од бројот на циклусите

	Три циклуса	Два циклуса	еден циклус
Коцка $a=15\text{ cm}$ и цилиндар $\varnothing=H=15\text{ cm}$ циклус 4+4 часа	0,20	0,35	0,80
Коцка $a=20\text{ cm}$ циклус 6+6 часа	-	0,25	0,70

При испитувањето се утврдуваат промените кои настанале на пробните тела (појава на пукнатини, одронување и трошење) и по кој циклус настанале.

Се смета дека бетонот е отпорен на мраз ако по предвидениот број циклуси на смрзнување и одмрзнување, неговата јакост не се намали за повеќе од 25%, а масата не се намали за повеќе од 5%. Според нашите стандарди постојат следниве марки на отпорност на мраз: М-50, М-100, М-150 и М-200. Броевите го означуваат бројот на циклусите кои бетонот ги издржал без поголеми оштетувања.

### 3.6. ОТПОРНОСТ НА БЕТОНОТ НА ТОПЛИНА И ПОЖАР

Бетонот како материјал, реагира на секоја промена на температурата. При паѓање на температурата, тој се собира, а при зголемување тој се шири, што неопходно мора да се има предвид при пресметување и конструирање на елементите и конструкциите на елементите од бетон и амиран бетон.

Отпорност на бетонот при промена на температурата се изразува преку коефициентот на линеарна термичка дилатација  $\alpha=(0,8-1,2)\cdot 10^{-5}$ . Коефициентот на линеарна термичка дилатација претставува промена на волуменот на бетонот при промена на температурата за 1°C.

Поголема постојаност на топлина и пожар има бетонот со помала вредност на коефициентот на линеарна термичка дилатација.

Најефикасна конструктивна мерка која овозможува нормална работа на конструкциите е изведба на дилатациони фуги на секои 10-15 метри, а кај армиранобетонските елементи на секои 30-40 метри.

Бетонот има поголем број предности над другите градежни материјали, а една од нив е и отпорност на високи температури кои се развиваат при пожар.



Но, ова не значи дека бетонот е неограничено отпорен на високи температури, туку и кај него доаѓа до пад на јакосните карактеристики, поради што при пожар може да дојде до оштетување, па дури и до рушење на бетонските конструкции.

Се смета дека  $t > 200^{\circ}\text{C}$  штетно влијае на бетонските конструкции.

Ако температурата е до  $400^{\circ}\text{C}$ , а пожарот трае 5-7 часа не би требало да има посериозни оштетувања.

При  $t \geq 600^{\circ}\text{C}$ , објектите претрпуваат поголеми оштетувања, а над  $800^{\circ}\text{C}$  и ако пожарот трае подолго време, можно е и рушење на објектот.

Степенот на оштетување се утврдува со детален микроскопски преглед и со удирање со чекан при што бетонот лесно се одвојува од елементот и се рони меѓу прсти. Со примена на ултразвучни бранови се одредуваат пукнатините.

Најсигурни податоци се добиваат со пробни тела земени од опожарени конструкции и се смета дека  $t = 500^{\circ}\text{C}$  за обичен бетон е опасна бидејќи јакоста може да се намали и за 50%. (сл.3.9).



Сл. 3.9. Машина за вадење пробни тела од готови конструкции

Отпорноста на бетонските и армиранобетонските конструкции на топлина и пожар зависи од повеќе фактори и тоа:

- составот на бетонската мешавина;
- димензиите на елементите;
- дебелината на заштитните слоеви;
- времетраењето на пожарот;
- температурата која притоа се развива.

Се препорачува примена на:

- агрегат од еруптивно потекло;
- изведба на елементи со поголеми димензии од 10 cm ;
- заштитни слоеви поголеми од 2 cm .

Доколку однапред е предвидена заштита од пожар, потребно е заштитните слоеви да бидат 4,5-5 cm или да се применуваат специјални огноотпорни бетони и тие се класифицираат во три групи:

- огноотпорни бетони со отпорност над 200°C;
- огноотпорни бетони со отпорност 1500-1800°C;
- огноотпорни бетони со отпорност над 1800°C.

Овие бетони се подготвуваат од алуминатен или друг вид специјален цемент и агрегат како што е шамотот, магнезитот и сл.

При  $t=500-600^{\circ}\text{C}$  арматурата претрпува големи деформации и ја губи носивоста.

### 3.7. ОТПОРНОСТ НА БЕТОНОТ НА КОРОЗИЈА

При проектирањето и изведувањето на бетонските и армиранобетонските елементи и конструкции, неопходно е потребно да се води сметка и за нивната трајност. Тоа подразбира преземање соодветни мерки за заштита од надворешни, штетни влијанија кои предизвикуваат корозија на бетонот и арматурата. Корозијата може да ја предизвикаат гасови, течности и цврсти материји, кои доаѓаат во допир со бетонските и армиранобетонските конструкции, во периодот на нивната експлоатација. Таа се манифестира со лупење, дробење и пукање на површинските слоеви од бетонот, односно со 'ргосување и смалување на пресекот на арматурата. Притоа, јакоста на притисок на бетонот опаѓа, а се смалува и неговата маса.

**Во практиката најчести предизвикувачи на корозија се:**

- **индустриските отпадни води;**
- **подземните минерални води;**
- **загадената почва (депонии со отпадоци и сл.) во која се наоѓа објектот или се врши фундаирањето;**
- **гасовите кои се ослободуваат во технолошките процеси на индустриското производство;**

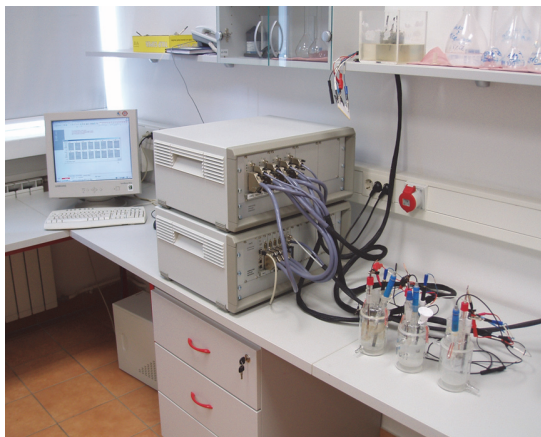
- гасовите и другите нечистотии во урбаните средини;
- повеќекратните повторливи процеси на влажење и сушење и др.

Штетните материи според хемиската природа се делат на: **бази, киселини и соли**. Базите обично не се штетни за бетонот, а сите киселини и соли без исклучок делуваат штетно и го **разоруваат бетонот**. Масите и разните масла исто така делуваат разорно, за разлика од алкохолите кои не му штетат на бетонот.

Проблемот на корозија на бетонот и арматурата е многу комплексен, недоволно проучен и многу актуелен. Без да се навлегува во сложените физичко-хемиски процеси кои ја следат корозијата, ќе бидат изнесени некои мерки за превентива и заштита кои најчесто се користат во практиката:

- проектирање соодветна бетонска мешавина со чист портланд-цемент (минимум 350-400  $kg / m^3$ ) со помал водоцементен фактор и со примена на адекватни адитиви;
- приготвување на компактен, добро негуван бетон;
- проектирање и изведба на соодветни заштитни слоеви кај армиранобетонските елементи и конструкции;
- користење на површинската заштита со разни премачкувања, како битумен, катран, епоксидни смоли и други;
- преземање мерки за ублажување на агресивноста во процесот на производството во индустриските и друг вид објекти;
- преземање мерки за побрза и поефикасна евакуација на штетните течности, гасови или цврсти материи од објектите итн.

Отпорноста на бетонот на корозија се испитува со специјални уреди (сл. 3.10)



Сл. 3.30. Уред за брзо испитување на отпорност на корозија на бетонот

### 3.8. КОНТРОЛА НА КВАЛИТЕТОТ НА ВГРАДЕНИОТ БЕТОН И ПРОБНО ТОВАРЕЊЕ НА КОНСТРУКЦИИТЕ

Во практиката многу често се јавува потреба од дополнителна контрола на квалитетот на веќе вградениот бетон во конструкциите. Тоа се прави во случаите кога по извршеното вградување на бетонот ќе се утврди дека предвидениот квалитет не е постигнат, кога постои сомневање дека испитаните пробни тела не го претставуваат вградениот бетон, како контрола по пожари, земјотреси и слично. Тогаш се предвидува пренамена, адаптација, надградба итн.

---

**Утврдувањето на квалитетот на вградениот бетон може да се изврши со т.н. недеструктивни методи (методи без разрушување), со деструктивни методи (методи со разрушување) или со комбинирање на едните и другите методи.**

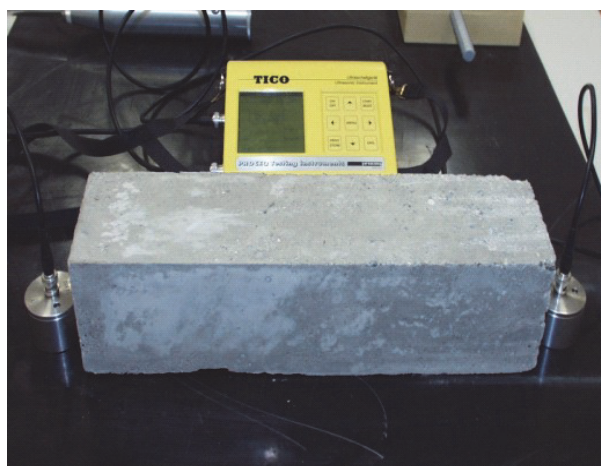
---

Меродавни резултати за утврдување квалитетот на вградениот бетон се резултатите добиени со деструктивните методи. Резултатите добиени со недеструктивните методи имаат информативен карактер.

#### 3.8.1. НЕДЕСТРУКТИВНИ МЕТОДИ

Со недеструктивните методи својствата на бетонот се утврдуваат посредно – со регистрација на некоја друга физичка големина, која е во функционална зависност од бараните својства. Притоа се користат разни апаратури кои воопшто не ја оштетуваат конструкцијата, а резултатите се добиваат брзо и едноставно. Може да се испитаат сите делови од конструкцијата, со што се добива прегледност во рамномерноста на квалитетот на бетонот. Накратко ќе бидат изнесени некои методи кои најчесто се користат кај нас.

**Метод со ултразвук.** Утврдувањето на својствата на бетонот по овој метод се базира на мерењето на брзината со која ултразвучните бранови поминуваат низ бетонот (сл. 3.11)



Сл. 3.11. Ултразвучен инструмент

Брзината на поминување на овие бранови низ бетонот, зависи од неговата волуменска маса и се движи во границите 2000-5000  $m/s$  (се смета дека за квалитетни бетони долната граница е 3500  $m/s$ ). Според брзината на поминување на ултразвучните бранови се определуваат својствата на стврднатиот бетон, затоа што тие зависат од неговата волуменска маса.

**Метод на гама зрачење.** Гама-зраците имаат способност да поминуваат низ материјалите. Во зависност од својствата на тие материјали при поминување на гама-зраците низ нив, интензитетот на зраците постепено опаѓа.

Смалувањето на интензитетот на гама ( $\gamma$ ) зраците при поминување низ бетонот, зависи од волуменската маса, порозност и јакоста на материјалот.

Мерејќи го интензитетот на ослабените гама-зраци и користејќи однапред воспоставени зависимости, може да се определат скоро сите физичко-хемиски својства на бетонот.

**Методи со мерење на површинска тврдина.** Кај овие методи со специјални апарати (склерометри) (сл. 3.12 а,б.) се мери површинската тврдина, а потоа преку однапред воспоставени корелации се определува јакоста на притисок на бетонот.



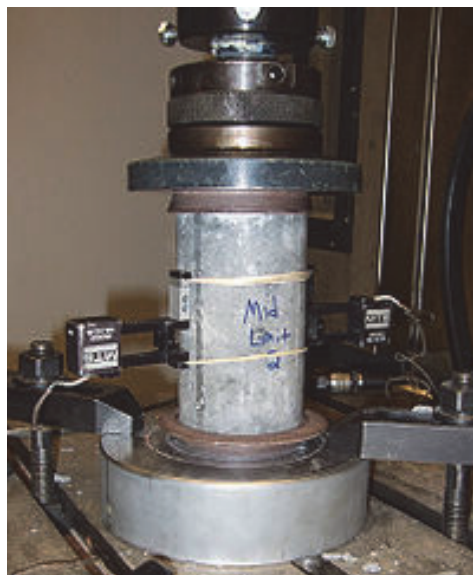
Сл. 3.12. а) Дигитален склерометар



Сл. 3.12. б) Томсонов склерометар

### 3.8.2. ДЕСТРУКТИВНИ МЕТОДИ

Овие методи, за разлика од претходните, се методи со разрушување и се состојат од вадење на цилиндрични пробни тела од поедините елементи и нивно испитување до лом. Пробните цилиндрични тела се вадат со специјални дупчалки и се со дијаметар 10 или 15 *cm* (ретко 5 и 20 *cm*). Пред испитувањето, цилиндричните тела дополнително се обработуваат, така што односот помеѓу висината и дијаметарот да изнесува 2 ( $h=2d$ ) (сл. 3.13). Начинот на испитувањето и интерпретацијата на резултатите е идентична како и при испитувањето на вградените пробни тела, потребни за доказ на квалитетот на бетонот.



Сл. 13. Цилиндрично пробно тело

#### Пробно товариње на конструкциите

По извршената изведба, сите позначајни армиранобетонски конструкции се испитуваат со пробно товариње. Според ПБАБ/87 година, пробното товариње е задолжително за следните објекти:

- мостови со распони поголеми од 15 *m* ;
- крански патеки за кранови со носивост преку 5 *t*;
- резервоари, силоси и базени;
- трибините кај спортските и други слични на нив објекти;
- покривни конструкции со распони поголеми од 30 *m* ;
- маѓукатни конструкции од префабрикувани, монтажни елементи, кои се применуваат за првпат;

- конструкции кои се изведуваат првпат по нови технологии;
- далекуводни столбови кои првпат се применуваат;
- сите други конструкции за кои тоа е предвидено со проектот.

Целта на испитувањето на готовите армиранобетонски конструкции, со товар сличен или еднаков со проектниот, е да се утврди:

- однесувањето на армиранобетонските елементи, односно армиранобетонската конструкција како целина;
- сообразност на вистинските и направените претпоставки во проектот во поглед на однесувањето на материјалите од кои е изведен објектот;
- сообразност на статичката шема - математичкиот модел на кој се определени статичките и динамичките влијанија;
- квалитетот на изведбените работи итн.

При испитувањето на конструкциите за сите положби на пробниот товар – фази на товарање, се регистрираат следните податоци:

- деформации во карактеристични пресеци;
- дилатации во арматурата и бетонот;
- промена на нагибот;
- слегнување на лежиштата;
- широчина на пукнатините.

На секоја измерена вредност ѝ одговара соодветна, пресметана. Споредувајќи ги измерените и пресметаните вредности и почитувајќи некои одредби и критериуми од ПБАБ може да се оцени дали конструкцијата може да одговори на намената или не. Доколку резултатите од испитувањето се поволни, се дава дозвола за пуштање на објектот во употреба.

### **3.9. СПЕЦИЈАЛНИ БЕТОНИ**

Бетоните кои битно се разликуваат од нормалните бетони и од кои се бараат посебни својства, се нарекуваат специјални бетони. Такви бетони се:

- лесни бетони;
- тешки бетони;

- бетони на база на синтетички смоли;
- огноотпорни бетони;
- водонепропустливи бетони;
- натур-бетони итн.

**Лесни бетони** - се карактеризираат со помала волуменска маса од нормалните бетони и тоа до  $1800 \text{ kg/m}^3$  имаат помали јакосни карактеристики, помал модул на еластичност и поголема топлоизолациона моќ (сл3.14 и 3.15). Се добиваат на три начини и тоа:

- наместо нормален се користи лесен порозен агрегат со мала волуменска маса, поради што се нарекува и лесноагрегатен бетон. Најчесто употребувани агрегати од природно и вештачко потекло се: **екпандирана глина, керамзит, екпандиран перлит, екпандирана металургиска троска, вулканска лава, згура од камениот јаглен, опалит и опалска бреча, екпандирани шкрилци и др.**
- во бетонската мешавина, вештачки се формираат поголеми шуплини, а се намалуваат волуменската маса на стврднатиот бетон. Такви бетони се: **гасовити бетони, пенобетони, аерирани бетони и ќелиести бетони.**



Сл. 3.14. Вградување на лесен бетон



Сл. 3.15. Машина за подготовка на лесен бетон

- од бетонските мешавини се **изоставуваат ситните фракции од агрегатот** со што настануваат многу шуплини помеѓу крупните зрна од агрегатот. Овој бетон се приготвува од нормален агрегат, а се нарекува еднозрнест бетон. Според намената и поедините својства, лесните бетони се делат на следните групи:
  - ▶ термоизолациони;
  - ▶ конструктивно-термоизолациони;



- ▶ конструктивни;
- ▶ конструктивни со висок степен на компактност.

Принципите на проектирањето на нормалните бетони не важат за лесните бетони. При нивната изработка честопати е неопходно да се извршуваат дополнителни претходни испитувања за да се докажат некои нивни својства. И покрај големите можности примената на лесните бетои кај нас е сè уште мала.

**Тешки бетони** - Бетоните со волуменска маса поголема од  $2500 \text{ kg/m}^3$  се нарекуваат тешки бетони. Во денешни услови тие во целост го заменуваат скапото олово како заштита на луѓето, опремата и друго, од радиоактивно зрачење ( $\gamma$  - зрачење).

Од тешките бетони се изведуваат котлите на нуклеарните реактори кај атомските централи, противатомски засолништа, контејнери за чување на радиоактивен отпад и др. Заштитните својства тешките бетони ги остваруваат како резултат на голема концентрација на тешки, цврсти материји во бетонот.

За приготвување на тешките бетони се користи релативно мало количество цемент на  $1 \text{ m}^3$  бетон. Со тоа се постигнува поголема волуменска маса, се намалува собирањето на бетонот, а што е многу важно се намалува застапеноста на цементниот камен во бетонот. Се применува портланд-цемент, портланд-цемент со додаток на згура и алуминатен цемент. Водоцементниот фактор треба да изнесува минимум 0.5, а може да оди дури до 1, бидејќи материјалите кои содржат голема количина на вода, обезбедуваат висок степен на заштита.

Како агрегати се користат материјали со голема густина и голема волуменска маса како што се: барит, магнетит, лимонит, олово, железни парчиња, железна пилевина и слично.

На проектирањето, подготвувањето, вградувањето и негата на тешките бетони треба да им претходат опширни испитувања. Само хомогените и тешки бетони ќе одговараат на намената за која се подготвени.

**Бетони на база на синтетички смоли** - Овој вид бетон се добива ако како сврзно средство наместо цемент се користи некоја синтетичка смола. Најчесто се применуваат епоксидните смоли (епокси-бетони), а можат да се применуваат и полиестерските смоли.

Главна карактеристика на овие бетони е тоа што за релативно кратко време постигнува висока јакост, жилави се, добро се прилепуваат за други материјали, отпорни се на абење и на разни агресивни хемиски влијанија, претставуваат добри топлински и звучни изолатори.

Голем недостаток на епокси-бетоните е нивната висока цена на чинење, поради што се применуваат ретко и тоа само во случаи кога практично се незаменливи (при санација на оштетени конструкции, за поврзување на бетонски елементи во една целина, за површинска заштита итн).

### **3.10. КЛАСИ И КАТЕГОРИИ НА БЕТОНОТ**

Со проектот на конструкцијата треба да бидат дефинирани марките на бетонот и неговите посебни својства. Бетоните со исти својства и исти посебни својства ѝ припаѓаат на една иста класа бетони како што се:

**Бетон од класа А**

**Бетон од класа А: МБ 30**

**Бетон од класа В: МБ30 +(марка на водонепропустливост) V6**

**Бетон од класа С: МВ40**

**Бетон од класа D: МВ40 + (марка на отпорност на мраз) М -150**

**Бетон од класа Е: МБ30 за бетонирање под вода**

**Бетон од класа F: МБ35 + V/C<sub>max</sub> = 0,50 - отпорен на хемиска агресија.**

Бетоните од определена класа може да бидат подготвени на различен начин и да имаат различен состав. Бетоните кои се од иста класа и имаат ист состав определен со видот, потеклото и масата на основните материјали на мешавината претставува посебен вид бетон. Секоја фабрика за бетон произведува сопствени видови од поедините класи на бетон, за што мора да се води сметка на градилиштето, затоа што во еден ист елемент на конструкцијата е дозволено да се вгради исклучиво бетон од ист вид.

Во зависност од начинот на определување на составот на бетонската мешавина и постапките на контролата на квалитетот бетоните се делат на две категории:

**Бетони од категорија VI.** Во ова категорија спаѓаат бетони со МБ 10, 15, 20, 25 од кои не се бара ниту едно посебно својство. Составот на овие бетони може да се определи без претходни испитувања, но мора да се применат минималните количества цемент предвидени со ПБАБ/87. Бетоните од категоријата **VI** може да се применуваат само на градилишта каде што се изработуваат и како такви не смеат да се испорачуваат на други изведувачи на градежни работи. Контролата на производството не е задолжителна, но затоа квалитетот на стврднатиот бетон треба да се докаже на двојно поголем број пробни тела во однос на бетоните од категоријата **VII**.

**Бетони од категорија VII.** Во оваа категорија спаѓаат бетоните со МБ 30 и сите повисоки марки, бетоните со посебни својства и бетоните наменети за специјални конструкции. Составот на

овој вид бетони се определува со претходни испитувања, а задолжителна е контролата на производството на бетонот и контрола на согласноста со условите пропишани со проектот.

Запомни:

- Двете основни механички својства на стврднатиот бетон се неговата јакост и неговата деформабилност.
  - Според ПБАБ/87 утврдувањето на јакоста на притисок на бетонот се утврдува на бетонски коцки со димензии  $a = 10, 15, 20, 25$  и  $30\text{cm}$ , призми со  $a = 10, 15, 20, 25$  и  $30\text{cm}$  и должина  $L = 4d; L = 5d$ , цилиндри со дијаметар  $d = 5, 10, 15, 20, 25$  и  $30\text{cm}$  и висина  $2d$ . според стандардите на некои земји или во случај кога се вадат цилиндри од готови конструкции.
- Пробните тела за испитување на јакост на притисок се приготвуваат во метални калапи, а во поново време и во пластични калапи.
- Испитување се врши со хидраулична преса која е составена од две челични плочи преку кои се пренесува товарот и механизам со скала за регистрација на товарот.
- Испитувањето на пробните тела најчесто се врши при старост од 28 дена.
- Марка на бетон е нормирана (номинална) јакост на притисок на бетонот изразена во  $MP_a$  која според ПБАБ/87 се добива со испитување на бетонски коцки со димензии  $20/20/20\text{cm}$  при старост на бетонот од 28 дена, добиена врз основа на карактеристична јакост на која и одговара 10% фрактил.
- Под партија на бетон се подразбира количината на бетон од иста класа која се вградува во исти конструктивни елементи и под исти услови во определен временски период не подолг од 30 дена.
- За конструкции од армиран бетон можат да се употребуваат следните марки на бетон: МБ 15, МБ 20, МБ 25, МБ 30, МБ 35, МБ 40, МБ 45, МБ 55 и МБ 60.
- Неармиран бетон може да се употреби и МБ 10.
- Јакост на затегнување на бетонот е многу помала јакосна карактеристика на бетонот од јакоста на притисок. За ориентација, нивниот однос е приближно 1:10.
- Моменталните деформации се јавуваат при еднократно и повеќекратно краткотрајно натоварување, а временските деформации се јавуваат без делување на товарот и тоа од собирање на бетонот.
- Под поимот течење на бетонот се подразбира неговото својство да се деформира во текот на времето, под дејство на константен долготраен товар.

- Собирање на бетонот е својството на цементната каша да го менува својот волумен во процесот на стврднувањето, без влијание на надворешен товар.
- Водонепропустливоста на бетонот се изразува преку марките на водонепропустливост кои се: V-2; V-4; V-6; V-8 и V-12.
- Според нашите стандарди постојат следниве марки на отпорност на мраз: M-50, M-100, M-150 и M-200.
- Постојаноста на бетонот при промена на температурата се изразува преку коефициентот на линеарна термичка дилатација  $\alpha=(0,8-1,2) \cdot 10^{-5}$ . Коефициентот на линеарна термичка дилатација претставува промена на волуменот при промена на температурата за 1°C.
- Отпорноста на бетонските и армиранобетонските конструкции на топлина и пожар зависи од повеќе фактори и тоа: составот на бетонската мешавина; димензиите на елементите; дебелината на заштитните слоеви; времетраењето на пожарот; температурата која притоа се развива.
- Утврдувањето на квалитетот на вградениот бетон може да се изврши со т.н. недеструктивни методи (методи без разрушување), со деструктивни методи (методи со разрушување) или со комбинирање на едните и другите методи.
- Специјални бетони се: лесни бетони, тешки бетони, бетони на база на синтетички смоли, огноотпорни бетони, водонепропустливи бетони, натур бетони итн.
- Во зависност од начинот на определување на составот на бетонската мешавина и постапките на контролата на квалитетот бетоните се делат на две категории:

Бетони од категорија VI и VII.

### Тест за самооценување

Дел А

1. Коефициентот на линеарна термичка дилатација изнесува  $\alpha=(0,8-1,2) \cdot 10^{-5}$

Да

Не

2

2. Јакоста на притисок на бетонот се испитува на пробни коцки со димензии 20/20/20 cm.

Да

Не

2

3. Лесни бетони се бетони кои имаат волуменска маса до 2000 kg/m<sup>3</sup>.

Да

Не

2	
---	--

4. Водоцементниот фактор кај тешките бетони изнесува 0,5 - 1.

Да

Не

2	
---	--

Дел Б

1. Дефинирај марка на бетон!

.....  
.....

6	
---	--

2. Со што се подобрува отпорноста на бетонот на мраз?

.....  
.....

6	
---	--

3. Од кои фактори зависи отпорноста на бетонот на топлина и пожар?

.....  
.....

6	
---	--

4. Кои марки на водопропустливост на бетонот постојат?

.....  
.....

6	
---	--

5. Наброј кои недеструктивни методи се применуваат за утврдување на квалитетот на готовите бетонски конструкции?

.....  
.....

6	
---	--

Дел В

1. Опиши ја постапката за испитување на јакост на притисок на бетонот!

12	
----	--

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволн (1)	1 - 10	



## ТЕМА 4 - Бетонирање

Во оваа тематска целина учениците можат да се запознаат со:

- бетонирање на одделни конструктивни елементи;
- оплатирање и вградување на бетонот во конструктивните елементи;
- бетонирање на ниска температура ;
- бетонирање на висока температура;
- неповолните хемиски влијанија врз бетонот;
- симнувањето на оплатата и скелето.

<b>4. БЕТОНИРАЊЕ.....</b>	<b>121</b>
<b>4.1. НАЧИН НА БЕТОНИРАЊЕ И РЕДОСЛЕД ПРИ БЕТОНИРАЊЕ НА КОНСТРУКЦИИТЕ.....</b>	<b>121</b>
4.1.1. БЕТОНИРАЊЕ ТЕМЕЛИ.....	122
4.1.2. БЕТОНИРАЊЕ СИДОВИ И СТОЛБОВИ.....	123
4.1.3. БЕТОНИРАЊЕ ПЛОЧИ И ГРЕДИ.....	125
4.1.4. БЕТОНИРАЊЕ ДРУГИ ВИДОВИ КОНСТРУКЦИИ.....	126
<b>4.2. ПРЕКИНУВАЊЕ И ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА БЕТОНИРАЊЕТО.....</b>	<b>128</b>
<b>4.3. ПРОИЗВОДСТВО И ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОНОТ ВО ПОСЕБНИ УСЛОВИ.....</b>	<b>131</b>
<b>4.4. СИМНУВАЊЕ НА ОПЛАТАТА И СКЕЛЕТО.....</b>	<b>132</b>



## 4. БЕТОНИРАЊЕ

### 4.1. НАЧИН НА БЕТОНИРАЊЕ И РЕДОСЛЕД ПРИ БЕТОНИРАЊЕ НА КОНСТРУКЦИИТЕ

Потсети се!
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Од кои материјали се изработува бетон?</li><li>2. Како се пренесува бетонот до градилиште и на самото градилиште?</li><li>3. Зошто се испитуваат јакосните карактеристики на бетонот?</li><li>4. Што правиме со бетонот откако ќе го донесеме на градилиште?</li></ol>

#### Бетонирање опфаќа:

- изработка и транспорт на свежата бетонска мешавина до местото на вградување;
- изработка на оплата и скеле;
- премачкување на оплатата;
- поставување на арматура;
- вградување и нега на свежата бетонска мешавина.

Конечниот квалитет на вградениот бетон зависи од голем број услови и постапки кои треба да бидат дефинирани пред почетокот на бетонирањето со проектот на конструкцијата и проектот за бетон.

Бетонирањето може да започне дури откако одговорното стручно лице изврши увид во сите подготвителни работи и утврди дека се исполнети сите услови за нормално одвивање на работите предвидени со проектот на конструкцијата и проектот за бетон.

Редоследот на бетонирањето зависи од обликот, од видот на конструкцијата и од потребното количество бетон.

Во најопшт случај, прво се бетонираат темелите, потоа столбовите, меѓукатната конструкција и на крајот покривната конструкција.

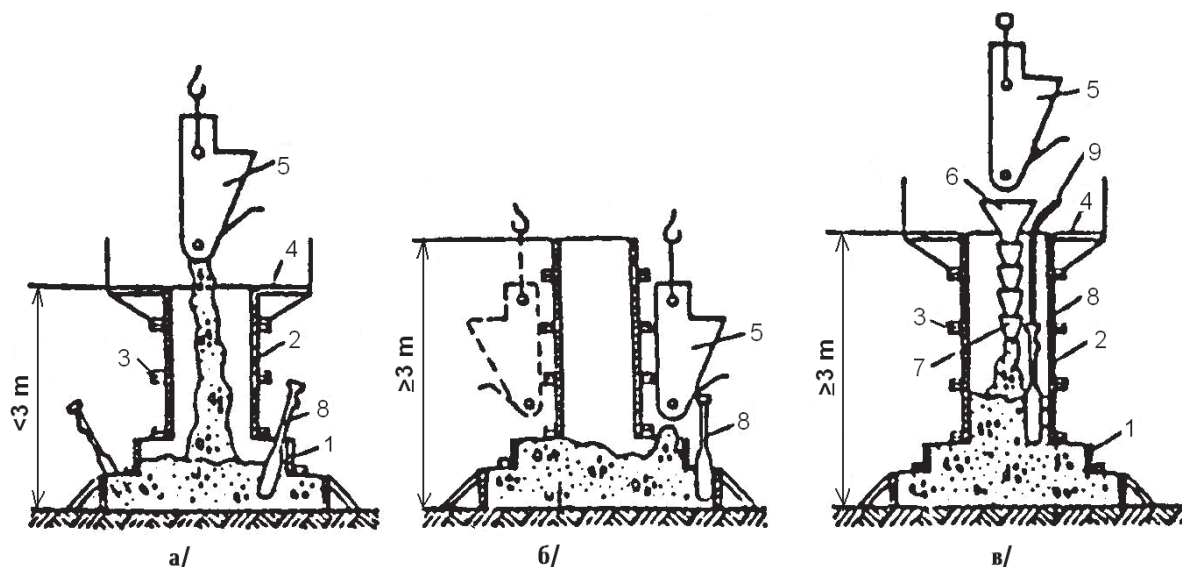
### 4.1.1. БЕТОНИРАЊЕ ТЕМЕЛИ

Бетонирањето на бетонските и армиранобетонските темели најчесто се врши во однапред подготвена оплата, а во некои случаи може и директно во темелна јама. Најчесто пред почетокот на бетонирањето се врши израмнување на темелната основа со слој за израмнување од набиен чакал или набиен бетон со послаб квалитет, со дебелина на слојот од 5 cm .

За бетонирање неармирани и слабо армирани темели се користат **влажни бетони** со слегнување 1-3 cm , а за густо армираните темели се користат **попластични бетони** со слегнување 3-6 cm .

Доколку висината на темелите е помала од 3 метри, тогаш бетонирањето може да се изврши директно од горе (сл .4.1a). При поголема височина од 3 метри, внесувањето на бетонот во оплатата мора да се изврши во две фази: во првата фаза бетонот се внесува во стапалото (сл .4.1б), а во втората фаза делот над стапалото, при што мора да се користи инка (сл. 4.1в).

(Максималната висина на паѓање на бетонот е 1,5 m ).



Сл .4.1. Бетонирање на темели

Броевите на сликата го имаат следното значење:

1 - оплата на стопата, 2 - оплата на дел од темелот над стопата, 3 - хоризонтално укрутување, 4 - работна платформа, 5 - сад со кој се донесува бетонот, 6 - приемна инка, 7 - водилка, 8 - длабински вибратор и 9 - флексибилно црево.

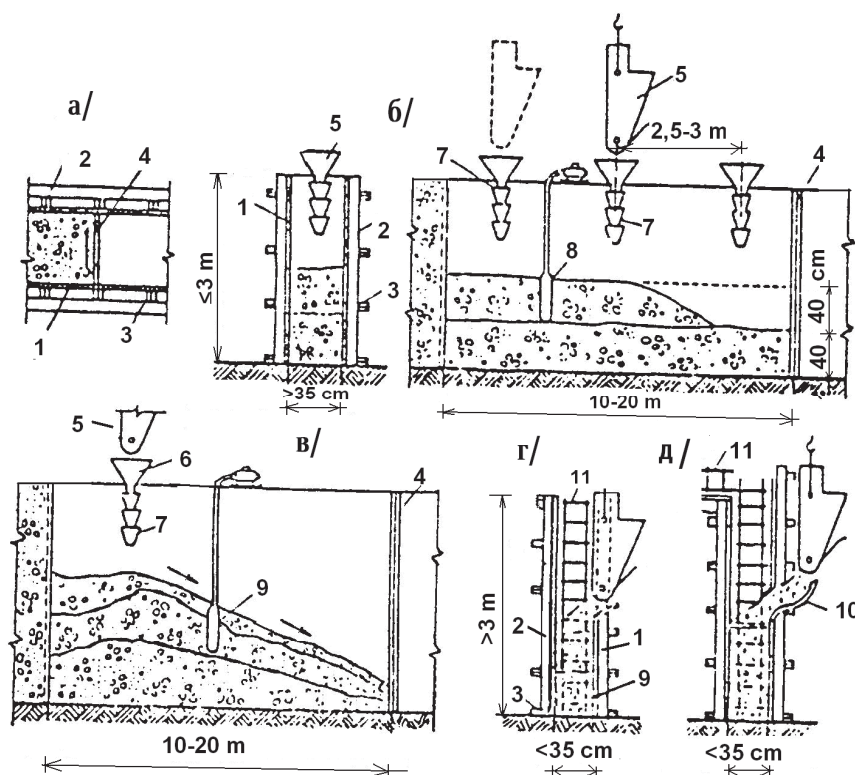
## 4.1.2 БЕТОНИРАЊЕ СИДОВИ И СТОЛБОВИ

### БЕТОНИРАЊЕ СИДОВИ

Начинот на бетонирањето на сидовите и столбовите зависи од нивната височина.

За сидови подебели од 35 cm се користат бетони со марка на слегнување 4-6 cm. Бетонирањето се врши во ламели со должина од 10 до 12 метри, при што помеѓу ламелите се поставува оплата како што е покажано на сл. 4.2 а). Ако висината на сидовите не е поголема од 3 m, бетонската мешавина се внесува од горе преку инка со водилка и тоа на повеќе места во слоеви од 30 до 40 cm (сл. 4.2 б), а не од едно место, како што тоа е покажано на сл. 4.2 в.

За бетонирање сидови потенки од 35 cm и сидови кои се густо армирани, се користи бетонска мешавина која има марка на слегнување 6-10 cm. Бетонирањето се врши во ламели како по должина, така и по ширина. Формирањето на ламелите по висина се врши на тој начин што оплатата се изведува комплетно само од едната страна, а од другата страна се изведува во делови кои одговараат на висината на ламелата која се бара (сл. 4.2 г). Доколку формирањето на ламелите на овој начин не е можно, во оплатата од едната страна се оставаат џебови (отвори) како што тоа е покажано на сл. 4.2 д.



Сл. 4.2. Бетонирање сидови

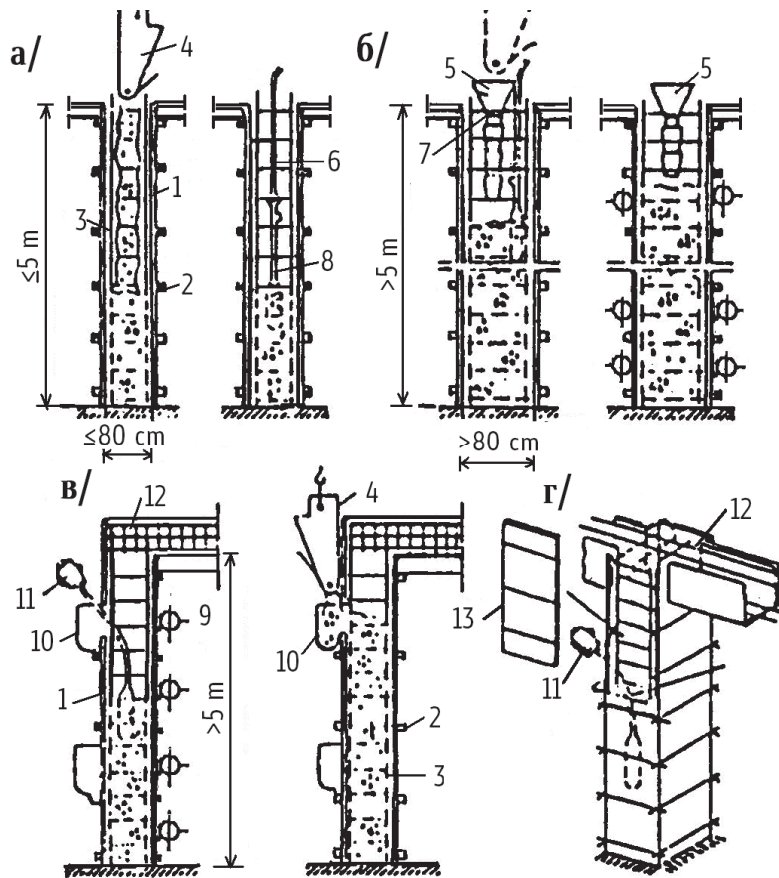
Броевите на сликата 4.2 означуваат: 1 - оплата, 2 - вертикални укрутувања, 3 - хоризонтални укрутувања, 4 - оплата на работната разделница, 5- сад со кој се донесува бетон, 6 - приемна инка, 7 - инка водилка, 8 - длабински вибратор, 9 - слој од бетон, 10 - џеб, 11- арматура.

БЕТОНИРАЊЕ СТОЛБОВИ

Начинот на бетонирањето на столбовите зависи од нивните димензии и нивната висина.

Столбовите со височина до 5 метри и димензии помали 80/80 *cm* се бетонираат со пластични бетони, со директно уфрлање од горе. Вградувањето треба да биде извршено внимателно да не дојде до сегрегација во бетонот, а збивањето се врши со длабински вибратори (сл.4.3а.). При повисоки столбови од 5 метри и со димензии поголеми од 80/80 *cm* кои се густо армирани, бетонската мешавина треба да се внесува преку инка и водилка, а збивањето се врши со длабински или оплатни вибратори (сл. 4.3 б.).

При многу високи столбови густо армирани (а особено ако узенгиите ги преградуваат столбовите), бетонирањето може да се врши и странично (сл. 4.3 в) и сл. 4.3 г)).



Сл. 4.3. Бетонирање столбови

На сликата 4.3 броевите означуваат:

1 - оплата, 2 - укрутување на оплатата, 3 - арматура, 4 - направа со која се донесува бетонот, 5 - приемна инка, 6 - флексибилно цреви, 7 - зглобен приклучок, 8 - игла од первибраторот, 9 - оплатен вибратор, 10 - џеб за странично бетонирање, 11 - погонски мотор на вибраторот, 12 - арматура, 13 - монтажнен панел оплата.

### **4.1.3. БЕТОНИРАЊЕ ПЛОЧИ И ГРЕДИ**

#### **БЕТОНИРАЊЕ ПЛОЧИ**

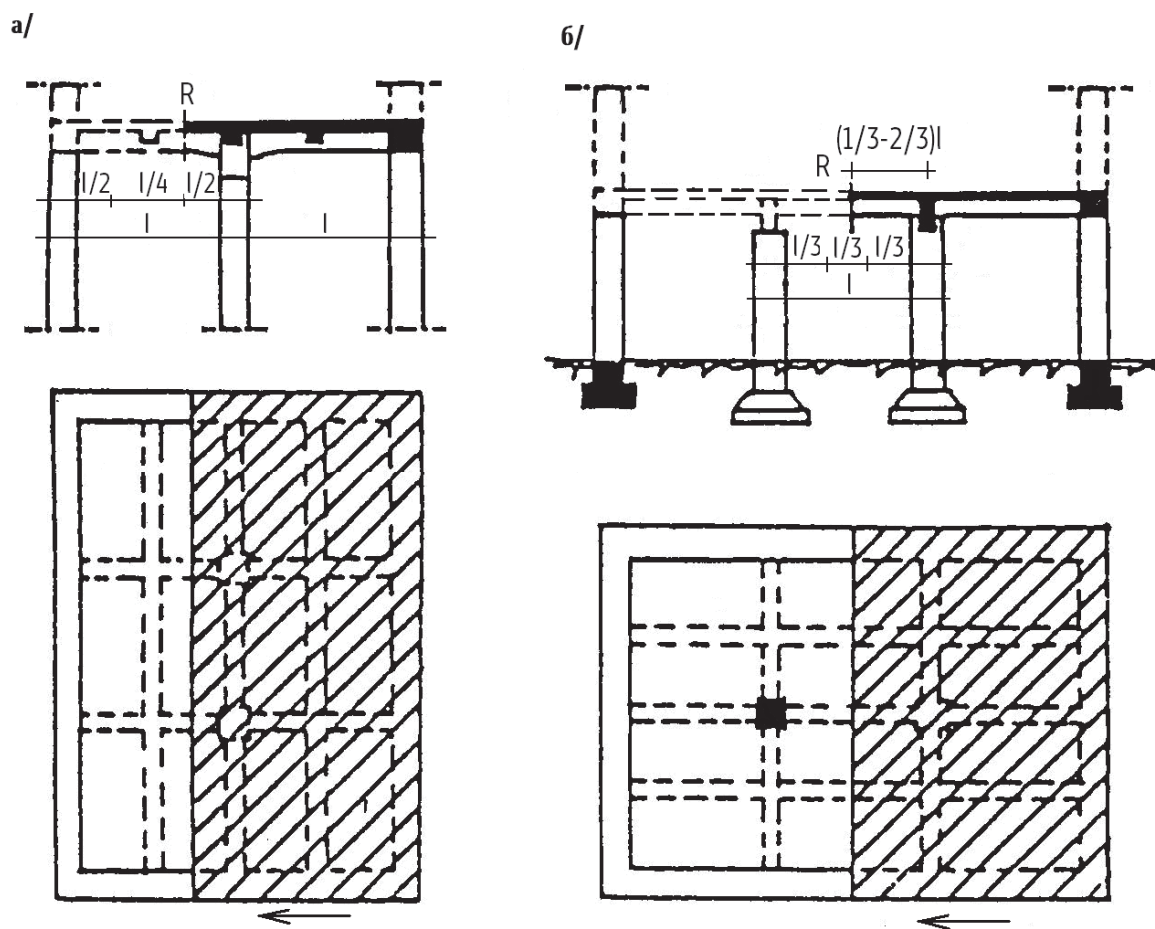
Бетонирањето на плочестите носачи се врши по целата нивна дебелина и одеднаш по целиот распон. Доколку поради големиот распон или некои други причини не е можно бетонирањето да се изврши одеднаш, се врши прекинување и тоа во пресеците каде пресечните сили имаат минимални вредности.

Растурањето на бетонот треба да се врши внимателно, за да не дојде до сегрегација. Збивањето на бетонот најчесто се врши со первибратори, при што треба да се води сметка оплатата да биде исполнета во целост, кое е отежнато при густо армираните плочи. По извршеното збивање, плочата треба да се израмни рачно со дрвена рамналка или машински со план - вибратор.

#### **БЕТОНИРАЊЕ НА ГРЕДИ**

Главните и секундарните греди кај меѓукатните конструкции треба да се бетонираат заедно со плочите и исто така по целиот распон. Ако гредите имаат висина поголема од 80 *cm*, тогаш прво се бетонираат гредите, до висина 2-3 *cm* под нивото на долниот раб на плочата. Бетонирањето се врши во слоеви од 30 до 40 *cm* и може да биде во правец на главните или во правец на секундарните носачи (сл. 4.4 а,б).

Истурањето на бетонот треба да се врши во неколку точки, а потоа се растура во пресрет на бетонирањето. Набивањето на бетонот треба да се врши многу совесно, за да не дојде до поместување или свиткување на арматурата, затоа што присуството на арматурата е значајно и во двете зони, особено во јазлите. Доколку збивањето не биде добро извршено, можна е појава на шуплини, и поголеми празнини во пресеците каде што има најмногу арматура. Ако бетонирањето не може да се изврши одеднаш, прекините на бетонирањето треба да се направат на местата прикажани на сликата (4.4 а,б).



Правец на бетонирање

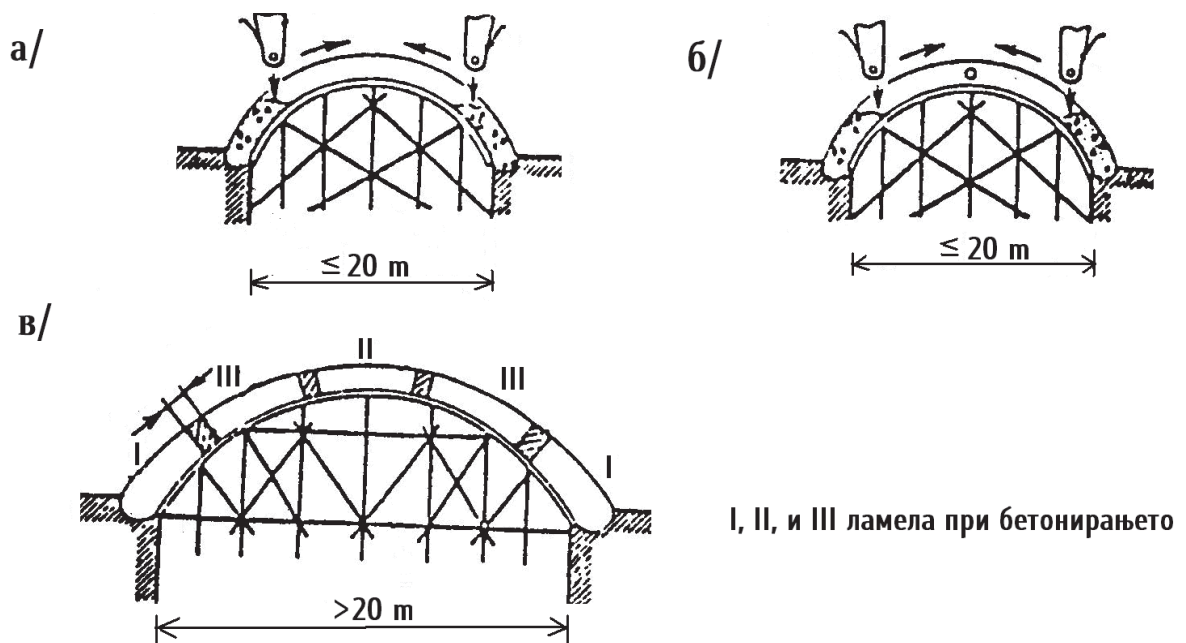
Сл. 4.4 Бетонирање на греди и плочи

#### 4.1.4. БЕТОНИРАЊЕ ДРУГИ ВИДОВИ КОНСТРУКЦИИ

##### БЕТОНИРАЊЕ НА ЛАКОВИ И СВОДОВИ

Бетонирањето на лаковите и сводовите се врши различно, во зависност од распонот и од нивниот статички систем.

Плитките вклетени, двозглобни и трозглобни лаци и сводови со распон до 20 метри се бетонираат тргнувајќи од двете лежишта кон темето истовремено (сл. 4.5 а,б). Се користи бетонска мешавина со мерка на слегнување 1-3 *cm*.



Сл. 4.5. Бетонирање лаце и сводови

Лацие и сводовите со распон над 20 метри се бетонираат по кампади, ламели помеѓу кои се оставаат празни простори т.н. чепови со широчина 80-120 *cm*. Притоа најпрвин се бетонираат ламелите кај потпорите, а потоа ламелите во темињата. Останатите ламели се бетонираат симетрично, одејќи од потпорите кон темето. Чеповите се бетонираат дополнително, една недела по завршеното бетонирање на ламелите (сл. 4.5в).

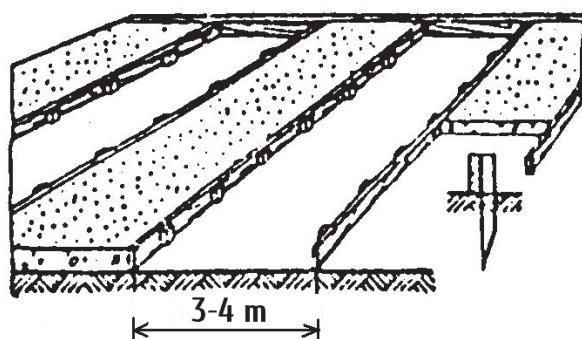
## БЕТОНИРАЊЕ НА РАМКОВНИ КОНСТРУКЦИИ

Бетонирањето на рамковните конструкции исто така се врши во зависност од бројот на бродовите и катовите на рамката. Во принцип, прво треба да се изврши бетонирање на сите столбови и тоа без прекин, а потоа по пауза од 1-2 часа во која бетонот се слегнува, „седнува“, се врши бетонирање на риглите.

Доколку риглите се со „Т“ пресеци во попречен пресек, тогаш прво се врши бетонирање на ребрата, а по еден до два часа се бетонира и плочата. Доколку бетонирањето биде извршено истовремено поради слегнувањето (седнувањето) на бетонот би можело да дојде до раздвојување на реброто од плочата.

## БЕТОНИРАЊЕ ПODOВИ

Бетонирањето на подовите, платформите, подлогите и сличните на нив конструкции, се врши во ленти со ширина од 3 до 4 метри (сл. 4.6)



Сл. 4.6. Бетонирање подови, платформи и слични на нив

Раздвојувањето на ленти најчесто се врши со дрвена оплата со која се формираат т.н. работни спојници. Бетонирањето на ленти се врши по целата нивна должина и тоа наизменично, како што е покажано на сликата 4.6.

Тоа се прави за да може оплатата да се извади откако бетонот доволно ќе се стврдне и за да се избегне негативното влијание од собирањето на бетонот, односно појавата на пукнатините. Се користи бетон со крута конзистенција чие збивање се врши со површински вибратори, ако слоевите се со дебелина до 25 *cm* или со длабински вибратори ако слоевите се подебели од 25 *cm*.

## 4.2. ПРЕКИНУВАЊЕ И ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА БЕТОНИРАЊЕТО

Секогаш кога тоа е можно елементите и конструкциите кои претставуваат некаква целина, треба да се бетонираат одеднаш. Но, во практиката поради технолошки причини, поради елиминирање на негативни влијанија од собирање на бетонот или поради сосема случајни причини (дефекти и сл.), често се јавува потреба од прекини при бетонирањето. Местата на прекините се нарекуваат работни спојници или работни фуги.

Тоа се површините помеѓу стврднатиот и свежовградениот бетон, кога прекиноот при бетонирањето трае 5-7 часа. Тие по правило, претставуваат слаби места во конструкциите, што се манифестира со смалена јакост на притисок, смалена отпорност на мраз и други агресивни влијанија, помала водонепропустливост и др. За да се намалат овие негативни влијанија потребно

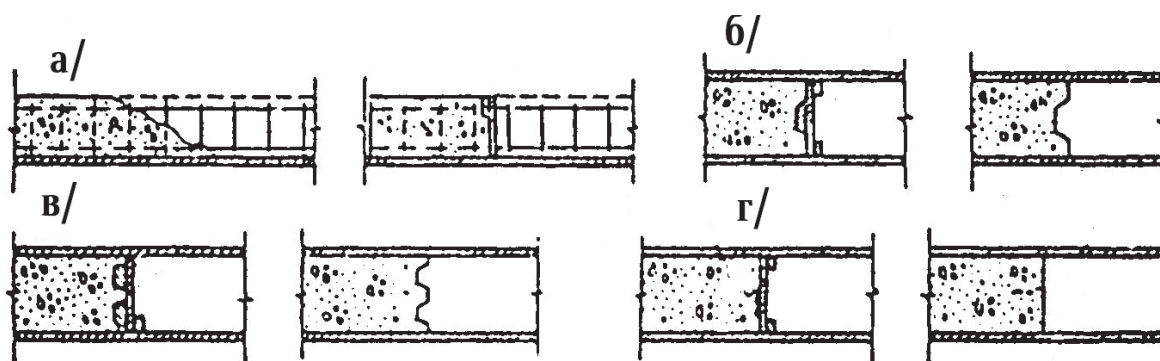


е да се изврши правилен избор на местата на прекинувањето, на нивна правилна и конструктивна обработка.

По правило, прекините на бетонирањето треба да се лоцираат во пресеците каде статичките влијанија се минимални, а се изведуваат нормално на правецот на главните напрегања на притисок. Кај столбовите прекилот се врши хоризонтално при врвот на столбот, кај гредите нормално на надолжната оска во средната третина од распонот, кај лаците нормално на оската на лакот, итн.

Темелите кои се товарат со статички влијанија може да се бетонираат со прекинување, а темелите товарени со динамички товари треба да се бетонираат одеднаш без прекинување.

Конструктивната обработка на работните спојници се врши едноставно со штици или шперплочи при што често се прават разни препусти, заради зголемување на должината на спојниците, или пак се вградуваат специјални ленти за затнување од гума, ламарина или друго (сл .4.7).

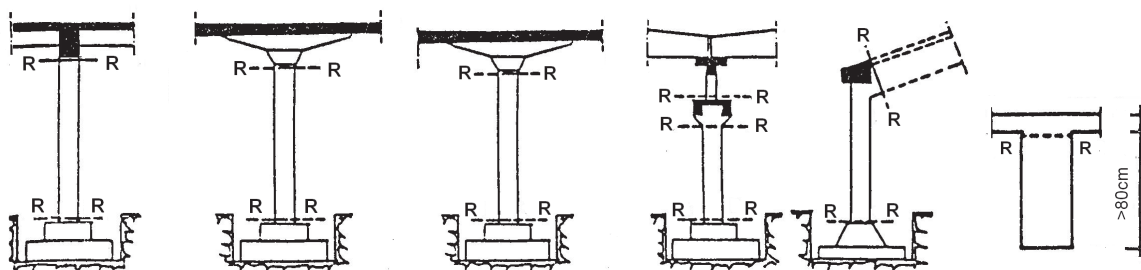


Сл. 4.7. Прекинување на бетонирањето кај греди

Потребата од прекини при бетонирањето кај подовите, подлогите и слично, се решава со бетонирање по ленти (сл. 4.6). Бетонирајќи ги најпрво непарните, а по извесно време парните ленти, се елиминира негативното влијание од собирање на бетонот. Покрај вака формираните надолжни работни спојници во попречен правец на секои 6-8 метри се изведуваат дилатациони спојници кои одат до  $2/3$  од дебелината на плочата, поради што често се нарекуваат лажни дилатациони спојници.

Прекините на бетонирањето кај армиранобетонските ѕидови се врши хоризонтално и тоа ако дебелината на ѕидот е помала од 15 *cm* на секои 2 *m* од висина, а за поголема дебелина најмногу до 3 *m* висина.

На сл. 4.8 прикажани се поголем број примери на прекини на бетонирање кај столбови и греди, и тоа главно поради т.н. „седнување“ на бетонот.



Сл. 4.8. прекинување на бетонирање кај столбови и греди

Пред продолжување на бетонирањето најпрвин треба да се отстранат привремените оплати од кои се конструирани работните спојници, а добар спој помеѓу стариот и новиот бетон. Чистењето се состои од отстранување на цементниот камен од површинскиот слој на бетонот со дебелина од неколку милиметри.

Чистењето се врши со длета, штемајзи, челични четки за мали површини, односно со кварцен песок под притисок или механичка челична четка за поголеми површини. Ова е т.н. суво чистење, за разлика од мокротое кое се користи само кога станува збор за големи површини. Мокротое чистење се изведува при крајот на сврзувањето со помош на млаз од вода под притисок, со што се отстранува површинскиот слој од цементната каша, но на тој начин што бетонот да не се оштети.

Непосредно пред почетокот на бетонирањето, работните спојници се чистат од правта и добро се влажнат со вода. За подобрување на врската помеѓу стариот и новиот бетон кај хоризонталните спојници се користи „масен“ бетон со дебелина од 2 до 5 *cm*, кој се добива на тој начин што од бетонот се исфрла најкрупната фракција од агрегатот. Кај вертикалните фуги наместо „масниот“ бетон се користи цементен малтер кој се наноси пред почетокот на вградувањето на новиот бетон.

Наместо „масен“ бетон или цементен малтер во последно време сè почесто се користат епоксидни смоли, како врска помеѓу стариот и новиот бетон. Овие споеви се доста скапи, но се многу поквалитетни, бидејќи обезбедуваат подобри јакосни својства, водонепропустливост итн. Но, тие не треба да се употребуваат на места каде што има опасност од пожар.

### 4.3. ПРОИЗВОДСТВО И ВГРАДУВАЊЕ НА БЕТОНОТ ВО ПОСЕБНИ УСЛОВИ

Како оптимални услови за добивање на најквалитетен бетон може да се сметаат температури од околу 20°C и влажност на околната средина околу 90%. При температура под 15°C процесот на хидратација успорува, а при температура под 0°C практично се прекинува. Од друга страна, при температура над 25°C обработливоста се смалува и потребата од дополнителна вода расте. **Затоа, може да се рече дека бетонирањето при температури на воздухот (средината) под 5°C и над 30°C да се смета како бетонирање во посебни услови.**

Бетонирањето во посебни услови треба да се врши откако ќе се преземат заштитни мерки во сите фази на производството (приготвувањето, транспортот, вградувањето и негата). Доколку не може да се изврши потребната заштита, бетонирањето треба да се одложи.

Како практични мерки кои треба да се преземат при бетонирање на ниски температури се:

- загревање на агрегатот и водата (до околу 40°C);
- загревање на просторот ако тоа е можно;
- употреба на адитиви кои го смалуваат времето на сврзувањето на цементот и стврднувањето на бетонската мешавина;
- употреба на чист портланд цемент или цемента кои при хидратацијата ослободуваат поголема топлина;
- намалување на времето за транспорт;
- заштита на вградениот бетон со покривање.

При бетонирањето на високи температури пожелно е почетната температура на бетонската мешавина да биде што пониска. Тоа се постигнува со следниве мерки:

- ладење на водата;
- заштита на агрегатот од директно загревање и негово прскање со ладна вода;
- употреба на адитиви кои го забрзуваат времето на сврзување на цементот и стврднувањето на бетонската мешавина;
- поливање на бетонот и оплатата, или друга заштита соодветна на конструкцијата и условите во кои таа се наоѓа.

Вградениот бетон треба да биде заштитен од непредвидени потреси и вибрации. Тие не се штетни единствено пред да заврши процесот на сврзувањето, а подоцна се штетни бидејќи ја нарушуваат врската помеѓу агрегатот и цементниот камен, атхезијата со арматурата и друго.

#### 4.4. СИМНУВАЊЕ НА ОПЛАТАТА И СКЕЛЕТО

Потребната форма и димензии на армирано-бетонските елементи се постигнува со соодветно изведена оплата. Оплатата се изведува најчесто како дрвена или метална. Таа се потпира на скеле кое служи да ги прифати товарите од свежата бетонска маса, работниците и средствата за бетонирање.

**Времето на симнување на оплатата и отстранувањето на скелето се дефинирани со проектот за бетон кој се изработува за секоја армиранобетонска конструкција.**

По правило, доколку нема причини за брзање, оплатата и скелето треба да се демонтираат по 28 дена. При оваа старост бетонот ја постигнува потребната јакост, а и условите за неа и стврднување се поповолни. Но, во практиката многу често се јавува потреба од предвремено симнување на оплатата и скелето. Притоа треба да се води сметка за видот на елементот од кој се симнува оплатата, температурата во изминатите денови, распонот и елементите и друго.

Кај вертикалните елементи - столбовите и сидовите, оплатата може да се демонтира ако претходно се утврди дека јакоста изнесува повеќе од 30% од предвидената. Долната оплата при плочести и гредни носачи може да се ослободува ако постигнатата јакост изнесува повеќе од 70% од предвидената.

Во принцип, скелето може да се демонтира кога бетонот може да прифати 2,5 пати поголем товар од оној кој ќе дојде на разгледуваниот елемент. Демонтирањето на скелето и оплатата мора да се врши внимателно за да не доаѓа до оштетување на елементите.

##### Запомни:

- ➡ Бетонирањето може да започне дури откако одговорното стручно лице изврши увид во сите подготвителни работи и утврди дека се исполнети сите услови за нормално одвивање на работите предвидени со проектот на конструкцијата и проектот за бетон.
- ➡ Бетонирањето опфаќа: изработка и транспорт на свежата бетонска мешавина до местото на вградување; изработка на оплата и скеле; премачкување на оплатата; поставување на арматура; вградување и нега на свежата бетонска мешавина.

- Начинот на бетонирањето на ѕидовите и столбовите зависи од нивната височина.
- Начинот на бетонирањето на столбовите зависи од нивните димензии и нивната висина.
- Бетонирањето на плочестите носачи се врши по целата нивна дебелина и одеднаш по целиот распон.
- Плитките вкештени, двозглобни и трозглобни лаци и сводови со распон до 20 метри се бетонираат тргнувајќи од двете лежишта кон темето истовремено.
- Лаците и сводовите со распон од 20 метри се бетонираат по кампади, ламели помеѓу кои се оставаат празни простори т.н. чепови со широчина 80-120 *cm*.
- Бетонирањето на подовите, платформите, подлогите и сличните на нив конструкции, се врши во ленти со широчина од 3- 4 метри.
- Секогаш кога тоа е можно елементите и конструкциите кои претставуваат некаква целина, треба да се бетонираат одеднаш.
- Темелите кои се товарат со статички влијанија може да се бетонираат со прекинување, а темелите товарени со динамички товари треба да се бетонираат одеднаш, без прекинување.

### Тест за самооценување

#### I - група

Дел А

1. За бетонирање на неармирани и слабоармирани конструкции се користи влажен бетон со мерка на слегнување 1-3 *cm*.

Да

Не

2

2. За бетонирање на подебели ѕидови од 35 *cm* се користат бетони со мерка на слегнување 4-6 *cm*.

Да

Не

2

3. Плитките вкештени двозглобни и трозглобни лаци и сводови со распон до 20 *m* се бетонираат тргнувајќи од двете лежишта кон темето истовремено.

Да

Не

2

4. Прекинувањето на бетонирањето кај столбовите се врши хоризонтално при врвот на столбот.

Да

Не

2

Дел Б

1. Процесот на бетонирање опфаќа:

-----  
 -----

6	
---	--

2. При бетонирање повисоки столбови со димензии поголеми од 80/80 *cm* мешавината треба да се внесува преку -----

-----

6	
---	--

3. Бетонирањето на плочите се врши по -----

-----

6	
---	--

4. Ако гредите се со височина  $h > 80$  *cm* тогаш прво се бетонираат -----

-----

6	
---	--

5. Лаците и сводовите со распон поголем од 20 *m* се бетонираат по -----

-----

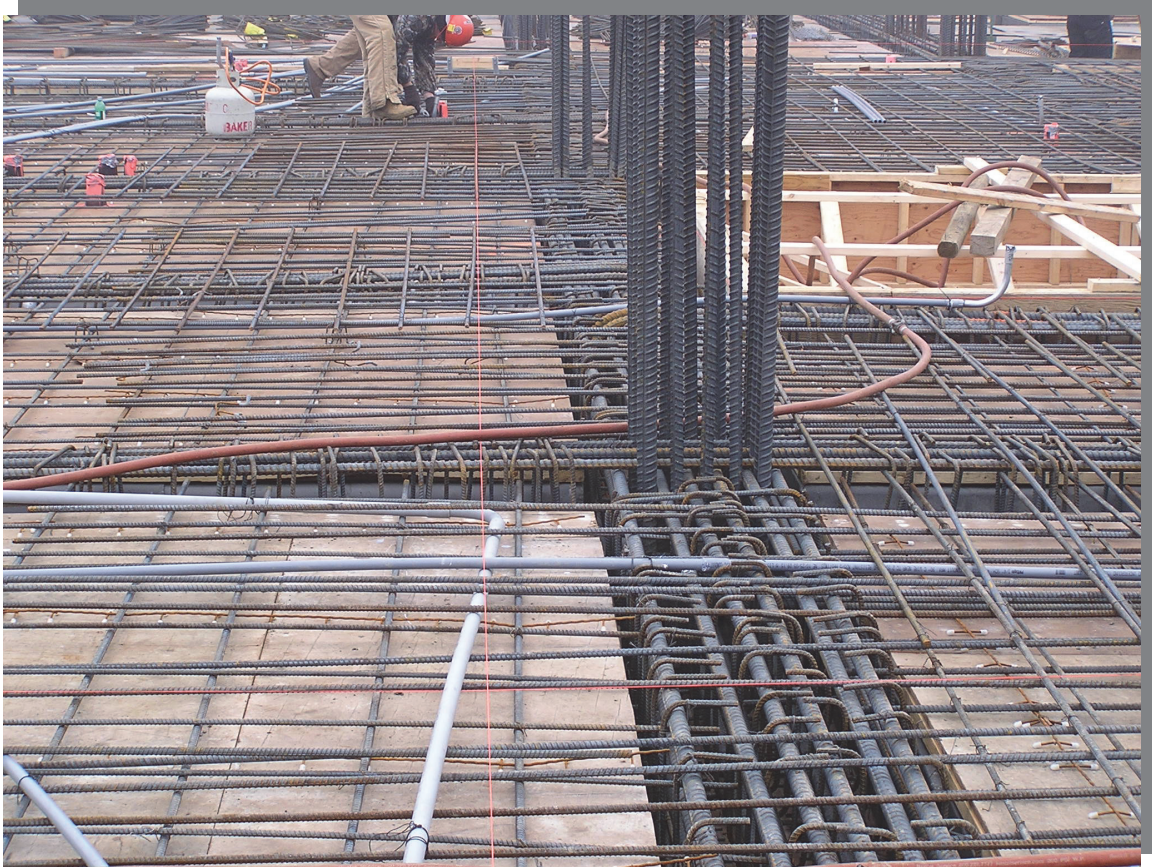
6	
---	--

Дел В

1. Објасни ја постапката за бетонирање на темели со  $h > 3$  *m*

12	
----	--

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволен (1)	1 - 10	



## ТЕМА 5 - Арматура

Во оваа тематска целина учениците можат да се запознаат со:

- 5.1. Улогата на арматурата во конструкциите;
- 5.2. Видови арматура;
- 5.3. Основните механички својства на арматурата;
- 5.4. Правила за армирање.

<b>5. АРМАТУРА .....</b>	<b>137</b>
5.1. УЛОГА НА АРМАТУРАТА ВО АРМИРАНОБЕТОНСКИТЕ КОНСТРУКЦИИ.....	137
5.2. ВИДОВИ ЧЕЛИК ЗА ИЗРАБОТКА НА АРМАТУРАТА .....	138
5.3. ЗАЕДНИЧКА РАБОТА НА АРМАТУРАТА И БЕТОНОТ.....	145
<b>5.4. ПРАВИЛА ЗА АРМИРАЊЕ .....</b>	<b>145</b>
5.4.1. ПОДГОТОВКА И ОБЛИКУВАЊЕ НА АРМАТУРАТА.....	145
5.4.2. ЗАШТИТНИ СЛОЕВИ ОД БЕТОНОТ ДО АРМАТУРАТА.....	148
5.4.3. РАСПОРЕД НА АРМАТУРАТА ВО НАПРЕЧНИТЕ ПРЕСЕЦИ .....	151
5.4.4. АНКЕРУВАЊЕ НА АРМАТУРАТА ВО БЕТОНОТ .....	152
5.4.5. ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА АРМАТУРАТА .....	154
5.4.6. МОНТАЖА НА АРМАТУРАТА .....	156



## 5. АРМАТУРА

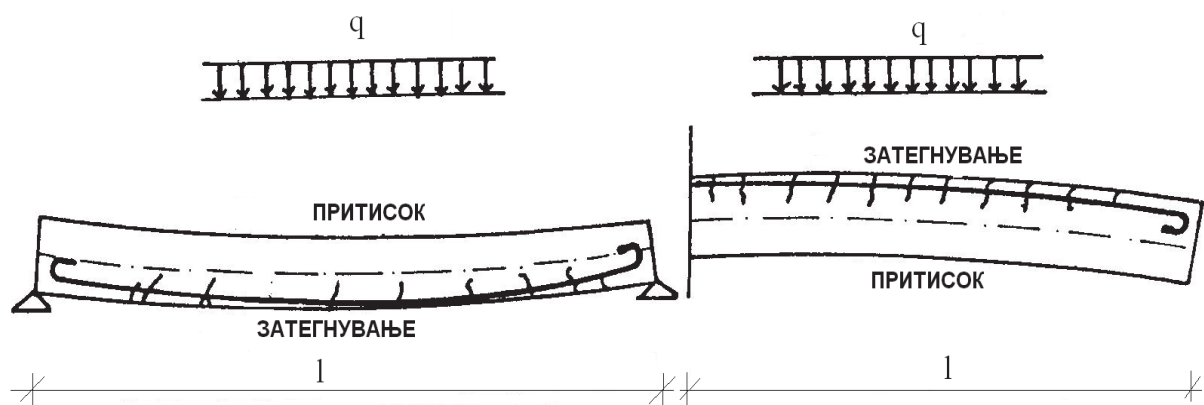
### 5.1. УЛОГА НА АРМАТУРАТА ВО АРМИРАНОБЕТОНСКИТЕ КОНСТРУКЦИИ

Потсети се!	
1.	Кои јакосни карактеристики ги има бетонот?
2.	Која јакосна карактеристика на бетонот е најголема, а која најмала?
3.	Што ќе се случи доколку примениме само бетон во конструктивните елементи како што се греди и плочи?

**Бетонот како градежен материјал се одликува со извонредно висока јакост на притисок и многу помала јакост на затегнување.**

Во реални услови во елементите на скоро сите конструкции се јавуваат и напрегања на затегнување, заради што истите не би можеле да се изведуваат како бетонски. Тие мора да бидат зајакнати - армирани со челични жици или прачки во затегнатата зона, на тој начин се добиваат елементи од армиран бетон. Според тоа, првенствена улога на арматурата во армиранобетонските елементи е да ги прифати напрегањата на затегнување.

На двата примера е прикажана улогата на бетонот и арматурата во армиранобетонските елементи (сл. 5.1)



Сл. 5.1. Улогата на бетонот и арматурата во армиранобетонските елементи

На првата слика е прикажана една слободно потпрена армиранобетонска греда со правоаголен напречен пресек. Под дејство на рамномерно распределениот товар  $q$ , гредата се деформира, при што слоевите над неутралната оска се притиснати, а под неа затегнати. Бетонот

во затегнатата зона при релативно мал товар ќе испука и не може да ги прими напрегањата на затегнување. Затоа арматурата се поставува во долната затегната зона од елементот.

На втората слика е прикажан еден конзолен греден носач со правоаголен напречен пресек товарен, исто така, со рамномерно распределен товар  $q$ . При деформирањето слоевите над неутралната оска се затегнати, а под неа притиснати. Затоа во овој случај арматурата е поставена во горната затегната зона.

Иако на овие два примера многу јасно е дефинирана улогата на арматурата, треба да се нагласи дека таа во армиранобетонските елементи може да има и други задачи, па затоа може да биде поставена и во притиснатата зона од пресекот или да поминува од една во друга зона.

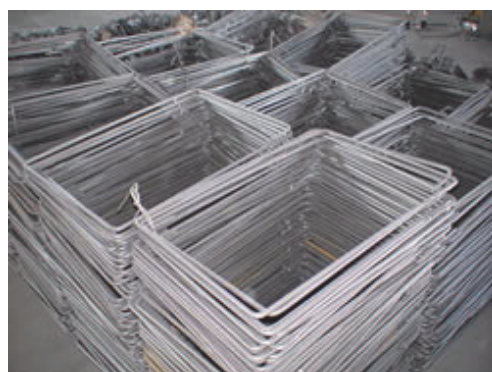
Вака зајакнатите армиранобетонски елементи може да примат и од 10 до 20 пати поголем товар од неармираните бетонски елементи.

## 5.2. ВИДОВИ ЧЕЛИК ЗА ИЗРАБОТКА НА АРМАТУРАТА

За армирање на елементите од армиранобетонските конструкции се користат челични жици ( $\phi \leq 12\text{mm}$ ), прачки ( $\emptyset \leq 40\text{mm}$ ) кои одат под името арматура, челик за армирање или бетонски челик. Според ПБАБ/87год. за армирање може да се користат следниве видови арматура:

### МАЗНА АРМАТИРА GA 240/360

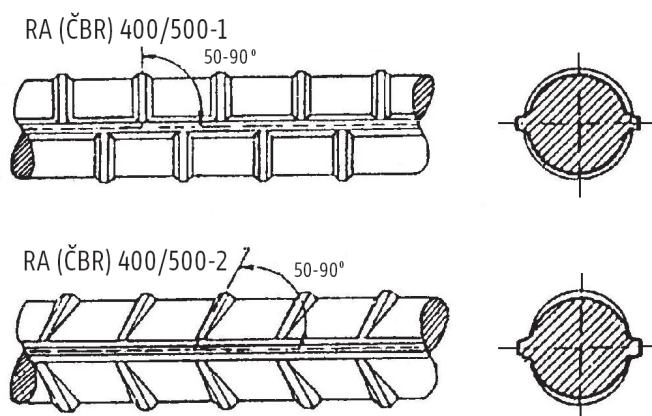
Се изработува од мек бетонски челик во форма на жица и прачки со кружен напречен пресек и мазна надворешна површина (сл. 5.2), со следните дијаметри: 5, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36 mm. Освен GA 240/360, од мек бетонски челик се произведува и GA 220/340 во вид на жица со дијаметри: 5, 6, 10 и 12 mm. Таа има пониски својства од GA 240/360. Мазната арматура денес многу ретко се применува. Се применува најчесто за узенги.



Сл. 5.2. Мазна арматура

РЕБРАСТА АРМАТУРА RA 400/500-1 И RA 400/500-2

Се изработува од високо вреден природен тврд челик во форма на жици и прачки со надолжни и напречни ребра кои меѓусебно заклопуваат агли од  $50-90^{\circ}$  (сл.5.2 и 5.3). Жиците и прачките од RA 400/500-1 имаат напречни ребра со непроменлив напречен пресек, а се користат со дијаметри 6, 8, 10, 12 и 14 mm. Жиците и прачките од RA 400/500-2 имаат напречни ребра со променлив напречен пресек во облик на срп, а се користат со дијаметар 6, 8, 10, 14, 16, 19, 22, 25, 28, 32, 36 и 40 mm. Формата, големината и положбата меѓу ребрата треба да биде таква да обезбеди жилавост на челикот и атхезија меѓу прачките и бетонот.



Сл. 5.3. Ребраста арматура

Ребрастата арматура е со значително повисок квалитет и затоа денеска најмногу се применува. Тоа овозможува распоредот на прачките во напречните пресеци да биде подобар, со што и бетонирањето се олеснува.

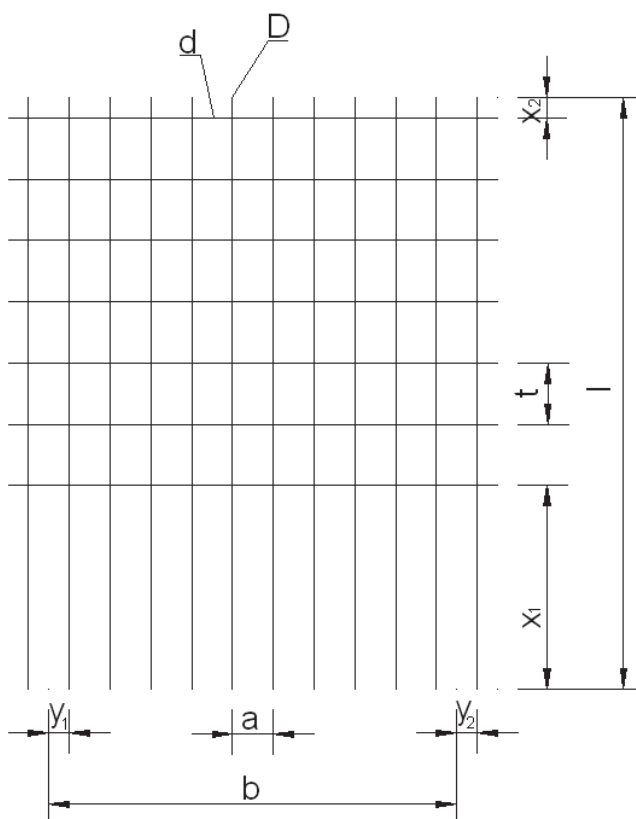
Ребрастата арматура RA 400/500-1 и RA 400/500-2 се испорачува на следниов начин:

- во ролни.....за  $\varnothing \leq 14 \text{ mm}$  со должина околу 50 m ;
- во вид на полусвиткани прачки – петелки..... за  $14 \leq \varnothing \leq 22 \text{ mm}$  ;
- прави прачки .....за  $\varnothing > 22 \text{ mm}$  , со должина од 8 до 14 m .

## ЗАВАРЕНИ АРМАТУРНИ МРЕЖИ

Се изработуваат од студено влечени жици или прачки од мазен челик (MAG 500/560) и ребраст челик (MAR 500/560). Заварените мрежи се изработени од прави жици меѓу себе нормално поставени и заварени на местата каде се вкрстуваат.

Мрежите со ист дијаметар на арматурата во двата правци (двострано носиви арматурни мрежи) се тип Q (сл. 5.4).



Сл. 5.4. Мрежаста арматура од типот Q

Каде е:

$a$  – растојание меѓу надолжните жици,

$t$  – растојание меѓу напречните жици,

$D$  – дијаметар на надолжните жици,

$d$  – дијаметар на напречните жици,

$l$  – должина на арматурната мрежа,

$b$  – ширина на арматурната мрежа.

$x_1$  и  $x_2$  – препусти на надолжните жици преку крајните напречни жици,

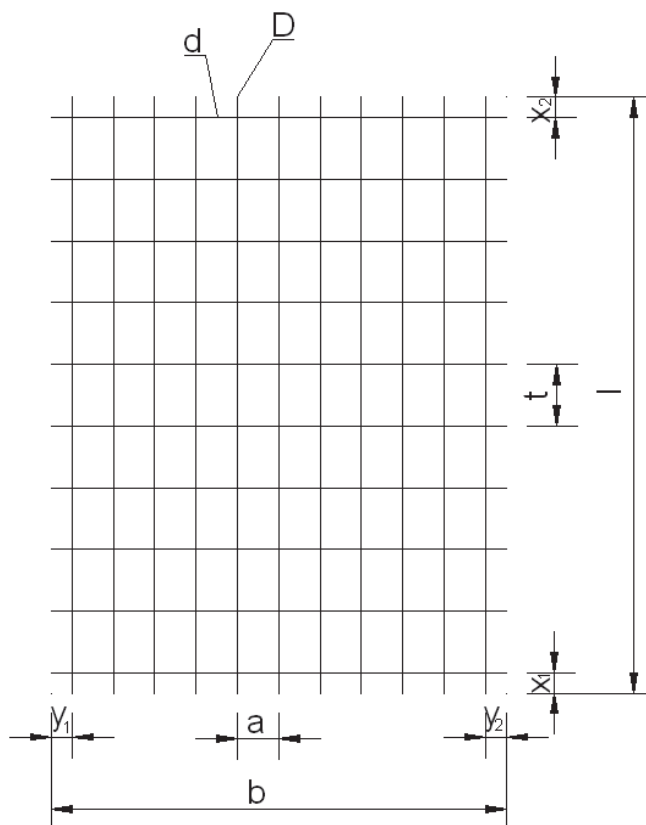
$y_1$  и  $y_2$  – препусти на напречните жици преку крајните надолжни жици.

Стандардните мрежи од типот Q се дадени во следната табела 15.

Табела 15 - Стандардните мрежи од типот Q

Ознака	Пречник на жицата (mm)		Расатојание меѓу жиците (mm)		Површина на жиците (cm/m <sup>2</sup> )		Должина на мрежата l(mm)	Маса (kg/m <sup>2</sup> )	Маса (kg/парче)
	D	d	a	t	Надолжна	Напречна			
Q-131	5.0	5.0	150	150	1,31	1,31	5100	2,12	23,25
Q-188	6.0	6.0	150	150	1,88	1,88	5100	3,05	33,44
Q-221	6.5	6.5	150	150	2,21	2,21	5100	3,60	39,47
Q-257	7.0	7.0	150	150	2,57	2,57	5100	4,16	45,61
Q-283	6.0	6.0	100	100	2,83	2,83	5100	4,44	49,68
Q-339	8.0	8.0	150	150	3,39	3,39	5100	5,44	59,65
Q-503	8.0	8.0	100	100	5,03	5,03	5100	7,90	88,49
Q-785	10.0	10.0	100	100	7,85	7,85	5100	12,34	138,18
Q-1130	12.0	12.0	100	100	11,30	11,30	5100	17,76	198,95

Мрежите со различен дијаметар на арматурата во двата правци (надолжно носива арматурна мрежа) тип R се прикажани на следната слика (5. 5). Ознаките на сликата (5.5) го имаат истото значење како и на сликата 5.4.

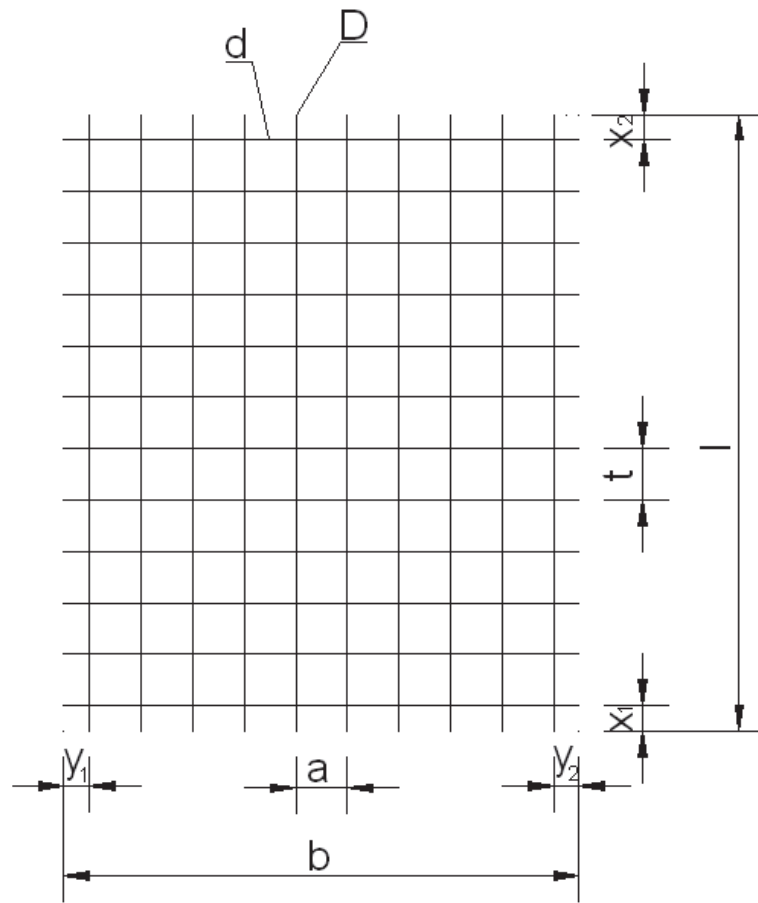


Сл. 5.5. Мрежаста арматура од типот R

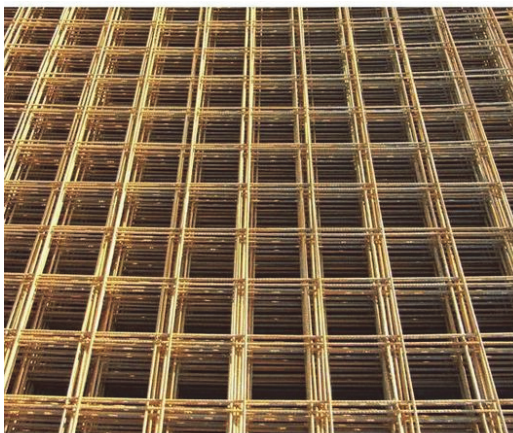
На сликата 5.6 е прикажана мрежа за армирање на сидови од типот R<sub>x</sub>.

Табела 16 - Стандардните мрежи од типот R

Ознака	Пречник на жицата (mm)		Расатојание меѓу жиците (mm)		Површина на жиците (cm <sup>2</sup> )		Должина на мрежата l(mm)	Маса (kg/m <sup>2</sup> )	Маса (kg/парче)
	D	d	a	t	Надолж -на	Напреч -на			
R -131	5,0	4,0	150	250	1,31	0,50	5100	1,52	16,34
R -139	4,2	4,2	100	250	1,39	0,55	5000	1,53	16,83
R -166	4,6	4,2	100	250	1,66	0,55	5000	1,74	19,14
R -196	5,0	4,2	100	250	1,95	0,55	5000	1,98	21,89
R -221	6,5	4,6	150	250	2,21	0,65	6000	2,27	30,57
R -238	5,5	4,2	100	250	2,38	0,55	6000	2,31	30,61
R -283	6,0	4,2	100	250	2,83	0,55	6000	2,66	35,23
R -335	8,0	5,0	150	250	3,35	0,78	6000	3,41	43,99
R -378	8,5	5,0	150	250	3,78	0,78	6000	3,77	48,63
R -385	7,0	5,0	100	250	3,85	0,78	6000	3,64	48,30
R -424	9,0	6,0	150	250	4,24	1,13	6000	4,22	57,02
R -503	8,0	6,0	100	250	5,03	1,13	6000	4,84	64,21
R -524	10,0	6,0	150	250	5,24	1,13	6000	5,24	67,60
R -636	9,0	6,0	100	250	6,36	1,13	6000	5,88	78,07
R -785	10,0	6,0	100	250	7,85	1,13	6000	7,06	93,78
R-1130	12,0	8,0	100	250	11,30	2,01	6000	10,46	138,98



Сл. 5.6. Мрежаста арматура од типот Rх



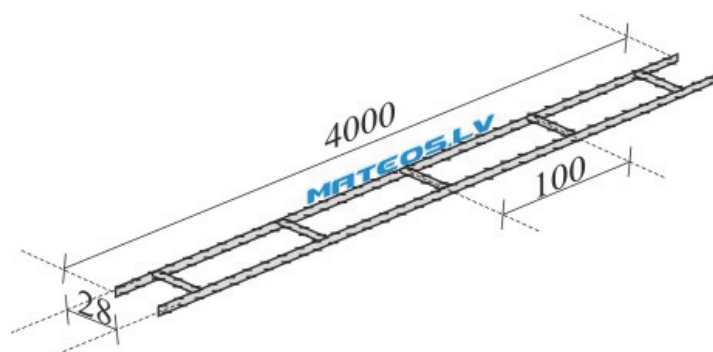
Сл. 5.7. Мрежаста арматура



Сл. 5.8. Вградување на мрежаста арматура

### VI-АРМАТУРАТА VIA 680/800

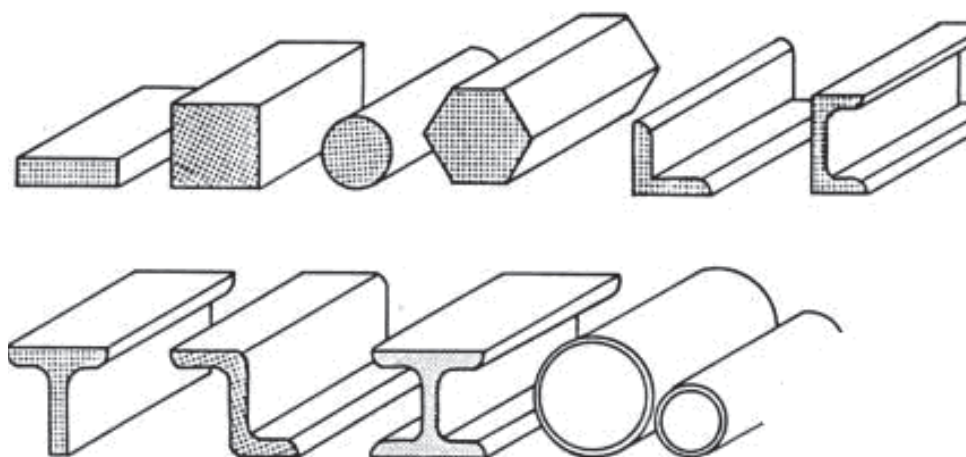
Оваа арматура е специјално обликувана од ладно влечена жица. Се состои од две надолжни жици со квалитет на челикот 680/800, меѓусебно споени со прачки од челик, со квалитет 240/360 (сл. 5.9).



Сл. 5.9. Vi-арматурата

### КРУТА АРМАТУРА

Освен наведените типови арматура, во инженерската практика може да се сретне и т.н. крута арматура која се состои од валани или заварени профили со најразлична форма (сл. 5.10).



Сл. 5.10. Крута арматура

Позитивна страна на овој вид арматура е тоа што истата може да се користи за прифаќање на кофражот и товарот при бетонирање, со што се избегнува правењето скеле, но има мала адхезиона јакост и е непогодна за прием на косите главни напрегања, заради што се потребни додатни интервенции со обична арматура.



### 5.3. ЗАЕДНИЧКА РАБОТА НА АРМАТУРАТА И БЕТОНОТ

Заедничката работа на бетонот и челикот, а со тоа и постоењето на армираниот бетон, е можна благодарение на сличноста на некои физички својства на двата материјали.

- Решавачки фактор за заедничка работа на бетонот и челикот е својството на бетонот во процесот на сврзување и стврднување цврсто да се прилепува за арматурата. Доколку врската биде нарушена, не може да стане збор за армиран бетон. При обидот прачката од арматура да се извлече од бетонот се јавува отпор кој е познат под името атхезија. Напрегањето при кое доаѓа до попуштање – нарушување на врската меѓу арматурата и бетонот се нарекува атхезиона јакост. Врз неа имаат влијание голем број фактори како што се: квалитетот на бетонската мешавина, обликот на површината на арматурните прачки, староста на бетонот, присуство на напречна арматура итн.
- Втората околност која овозможува заедничка работа на арматурата и бетонот е приближно истиот коефициент на линеарна термичка дилатација. Во зависност од видот на агрегатот за бетон тој изнесува  $\alpha_B = (0,7 - 1,4) \cdot 10^{-5}$ , а за челикот  $\alpha_C = 1,2 \cdot 10^{-5}$
- Ако оваа разлика е поголема секоја температурна промена би предизвикала почетни напрегања во бетонот и арматурата без дејство на надворешен товар.
- Третата значајна околност што ја овозможува заедничката работа на бетонот и арматурата е фактот што бетонот ја штити арматурата од корозија.

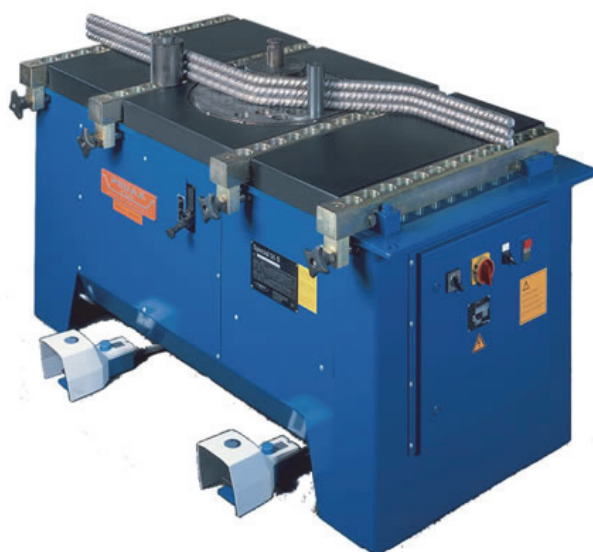
### 5.4. ПРАВИЛА ЗА АРМИРАЊЕ

#### 5.4.1. ПОДГОТОВКА И ОБЛИКУВАЊЕ НА АРМАТУРАТА

Подготовката и обликувањето на арматурата се врши во армирачки погони или на градилиште. Во подготовка на арматурата спаѓа исправањето, израмнувањето и чистењето на арматурата од нечистотии, рѓа, замастеност и друго. Тенката арматура  $\varnothing 5 - \varnothing 14 \text{ mm}$ , донесена во ролни, се исправа и израмнува затегнуваќи ја со помош на специјални рачни или моторни чекреци со граничник или со специјални машини. Арматурата донесена во свитоци се израмнува рачно со чекан на ковална или со специјални машини. Потоа арматурата се чисти со челични четки, турпии или со удирање по прачката со чекан. Вака приготвената арматура се сече и обликува според арматурните планови дадени во главниот проект на конструкцијата рачно со клучеви или со помош на специјални машини (сл. 5.11 и 5.12).

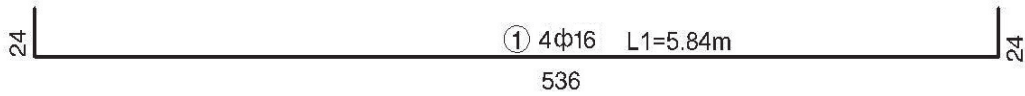


Сл. 5.11. Алати за сечење и виткање на арматурата



Сл. 5.12. Алати за сечење и виткање на арматурата

Обликот на арматурата зависи од нејзината улога во армиранобетонскиот елемент, но најчесто е права или свиткана, за што одлучува проектантот во секој конкретен случај придржуваќи се на определените правила за армирање, времето потребно за обликување, монтажа, економичност и друго. Според ПБАБ /87 се дозволува свиткување само на мазната, ребрастата и  $V_i$  арматурата, додека за заварените арматурни мрежи не се дозволува свиткување. На сл. 5.13 дадена е произволно одбрани прачка на која е прикажан начинот како треба да бидат означени прачките.



Сл. 5.13. Означување на арматурна прачка

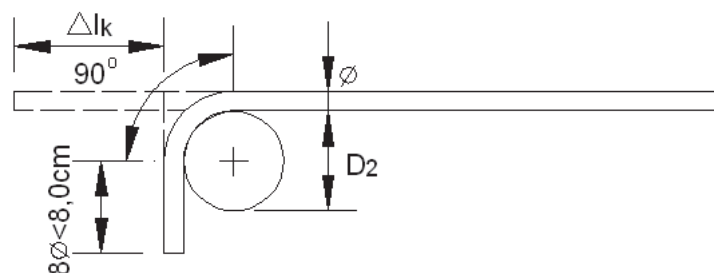
Како што се гледа од сликата секоја прачка треба да има своја ознака (1, 2 итн.), до ознаката да стои бројот и профилот на истата во еден елемент или на 1m должен за плочи (на пр. 4φ16 итн.), секоја поединечна должина да биде искотирана во *cm* и на секоја прачка да ѝ биде пресметана вкупната, односно развиена должина (*L*) изразена во метри.

Од десната страна на прачката се пишува вкупниот број парчиња што треба да се изработат од соодветната ознака. Само на овој начин обележаната и искотирана прачка ќе му овозможи на армирачот правилно да ја обликува. Во спротивно, обликувањето ќе биде произволно и прачката нема да ја исполни задачата предвидена со проектот.

По извршеното обликување арматурата се врзува во снопови според ознаките и позицијата на која ѝ припаѓа и се означува со дрвена или пластична табличка.

Обликувањето на арматурата се врши по определени правила опфатени со ПБАБ/87 посебно за секој вид арматура. Речиси сите прачки на арматурата, освен кај специјални видови арматура или при специфични услови на анкерување, завршуваат со куки. Куките може да имаат различна форма, но во практика најмногу се изработуваат правоаголници куки (куки свиткани под агол од 90°).

Надолжните прави прачки изработени од ребраста арматура на краевите завршуваат со правоаголници куки под агол од 90° (сл. 5.14).

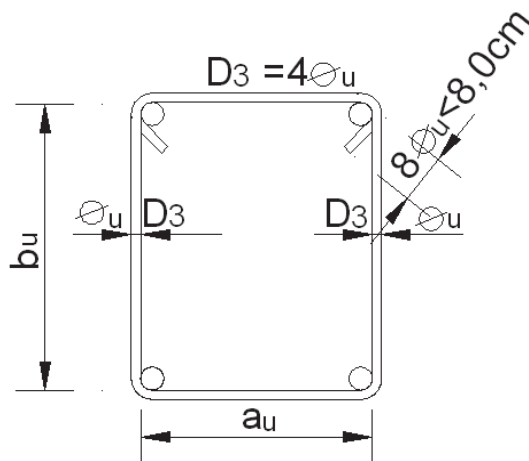


$$\Delta l_k = \begin{cases} 3\phi + 8,0 \text{ cm} & \text{за } \phi \leq 10 \\ 11\phi & \text{за } \phi \geq 10 \end{cases}$$

Сл. 5.14. Правоаголници куки

Кај гредните системи на носачи, столбовите и кај некои други елементи се предвидуваат узенгии. По форма може да бидат отворени, затворени и со преклоп. Која форма ќе се употреби

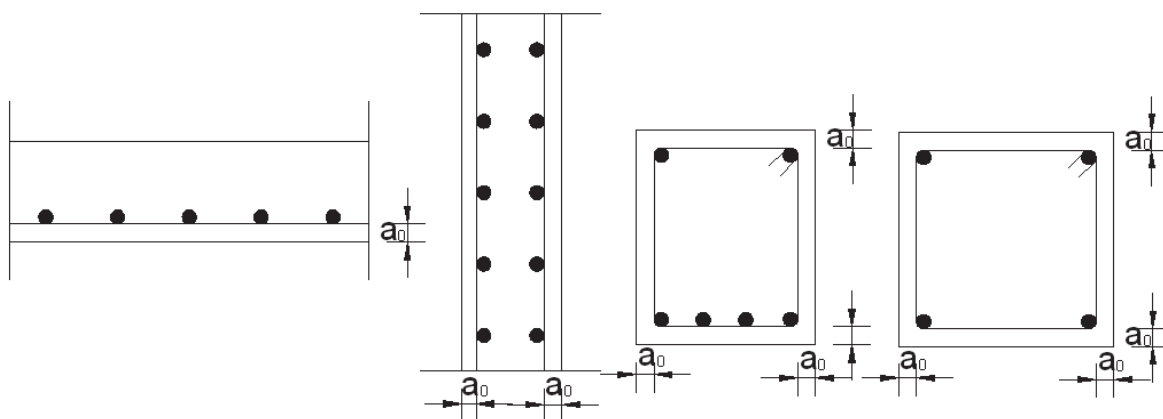
зависи од улогата на узенгијата во напречниот пресек, како и од начинот на кој пресекот армиран и товарен. Најчесто се изработуваат затворени узенгии (сл. 5.15).



Сл. 5.15. Обликување на узенгии изработени од ребраста арматура

#### 5.4.2. ЗАШТИТНИ СЛОЕВИ ОД БЕТОНОТ ДО АРМАТУРАТА

За арматурата да ја извршува улогата која ѝ е доверена, потребно е да биде заштитена од било какви механички оштетувања или агресивно дејство на околната средина. Таа заштита се врши со правилно изведување на заштитните слоеви од бетон до арматурата. Под поимот заштитен слој се подразбира бетонскиот слој од надворешната површина од армиранобетонскиот елемент до првата арматура. Тој служи да ја штити арматурата од корозија, агресивното дејство на околната средина, од високи температури и др. (сл.5.16.)



Сл. 5.16. Заштитни слоеви

Најмалиот заштитен слој до арматурата вклучувајќи ги и узенгиите, зависи од видот на елементот, односно конструкцијата, степенот на агресивност на околната средина, марката на бетонот, пречникот на арматурата и начинот на изведувањето, односно вградувањето на бетонот. Најмали заштитни слоеви од бетонот до арматурата, за елементите и конструкциите во слабо агресивни средини, изведени со бетонирање на лице место изнесуваат:

$a_0$ -1,5 *cm* -за плочи, лушпи, сидови и олеснети меѓукатни конструкции;

$a_0$ -2,0 *cm* -за греди, столбови и други елементи што не се опфатени со првата алинеја.

Доколку елементот, односно конструкцијата се наоѓаат во умерено агресивна средина, тогаш заштитните слоеви се зголемуваат најмалку за 0,5 *cm* , односно најмалку 1,5 *cm* , доколку елементот се наоѓа во многу агресивна средина. Наведените заштитни слоеви треба да се корегираат и тоа:

а) +0,5 *cm* , ако елементот од конструкцијата е тешко достапен за перманентна контрола;

б) +0,5 *cm* - за бетон со квалитет МБ<25;

в) +1,0 *cm* ако површината на бетонот дополнително се обработува со постапки кои предизвикуваат оштетување на заштитниот слој на бетонот;

г) +1,0 *cm* , за конструкции што се изведуваат со лизгачка оплата;

д) - 0,5 *cm* , монтажни елементи произведени во фабрички услови.

При определување на дебелината на заштитниот слој горе сите наведени елементи се собираат (табела 17).

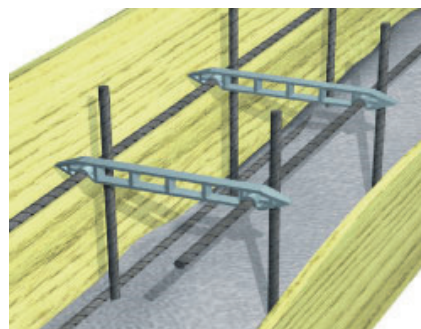
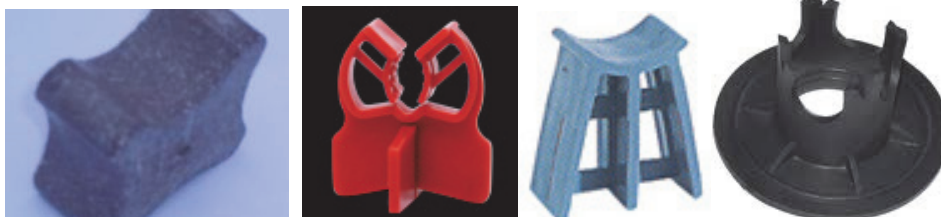
Табела 17 - Определување на заштитниот слој на арматурата [*cm*]

Марка на бетон	<МБ25	<МБ25	>МБ25	>МБ25
Агресивност на средината	плочи лушпи сидови	греди и столбови	плочи лушпи сидови	греди и столбови
Слаба	2,0	2,5	1,5	2,0
Средна	2,5	3,0	2,0	2,5
Многу	3,5	4,0	3,0	3,5

Најмалите заштитни слоеви може да бидат условени и од барањето за отпорност при дејство на пожар или други посебни барања, во случај конструкциите да се наоѓаат во специјални средини со невообичаен степен на агресивност (хемиска, кожарска и слична индустрија).

Во такви услови заштитниот слој од бетон може да достигне дебелина  $a \geq 5 \text{ cm}$ , заради што мора да се армира со рабиц-плетиво кое, пак, не се зема под внимание при докажување на состојбата на напрегање и деформации на елементот. Растојанието на рабиц-плетивото од надворешната површина не смее да биде помало од  $2 \text{ cm}$ .

На слика 5.17 се прикажани некои можности за правилно изведување на заштитните слоеви со помош на бетонски, пластични и челични подметнувачи.

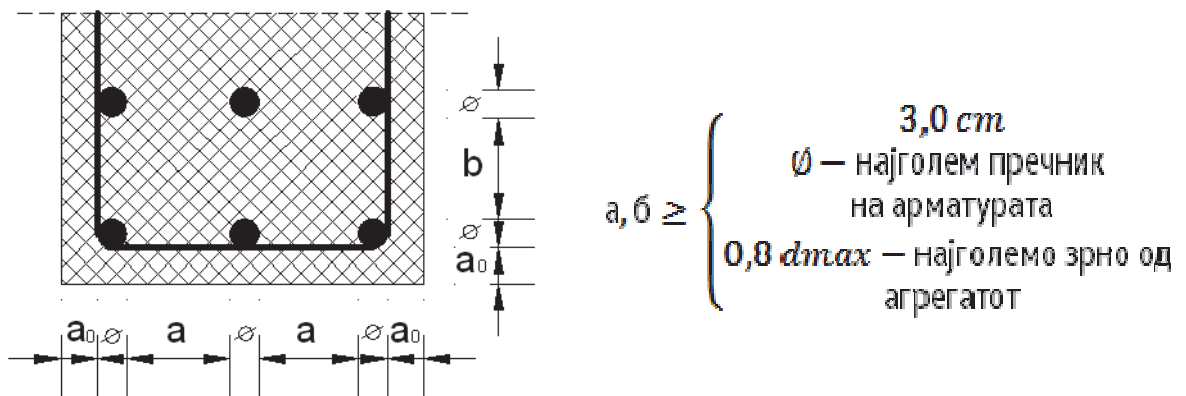


Сл. 5.17. Разни видови подметнувачи за изведување заштитни слоеви

### 5.4.3. РАСПОРЕД НА АРМАТУРАТА ВО НАПРЕЧНИТЕ ПРЕСЕЦИ

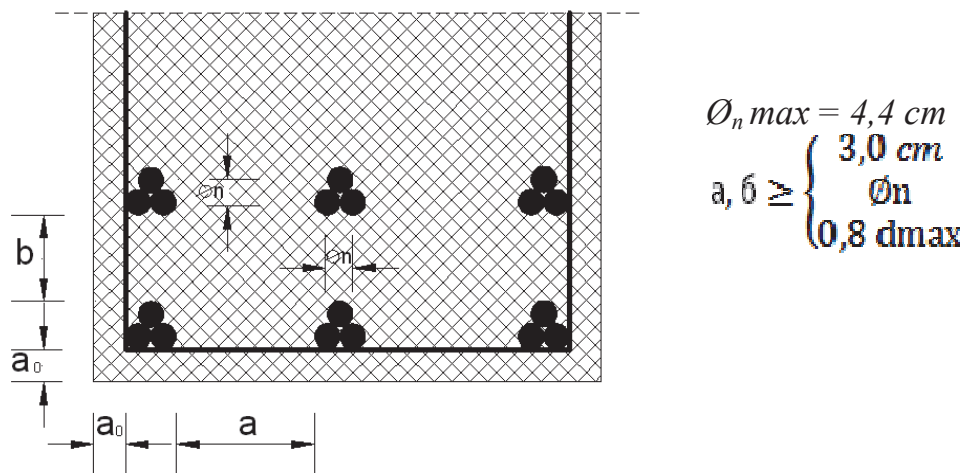
Арматурата во напречните пресеци треба да биде распределена така што ќе овозможи нормално вградување на бетонот, а со тоа и ефикасно прилепување на бетонот и арматурата.

Чистото хоризонтално и чистото вертикално растојание меѓу паралелните поединечни профили на арматурата, не смее да биде помало од 3 cm. Тоа растојание мора да биде најмалку еднакво на пречникот на арматурата (доколку соседните профили од арматурата се различни, меродавен е поголемиот) и не помал од 0,8d<sub>max</sub> од дијаметарот на најголемото зрно на агрегатот. Исто така, хоризонталното растојание меѓу профилите треба да овозможи минување на иглата од перфибраторот заради добро збивање на бетонот (сл. 5.18)



Сл. 5.18. Распоред на арматурата во напречните пресеци

По исклучок во пресеците со повеќе арматура заради сместување, поединечните профили може да се групираат еден до друг, или еден над друг во снопчиња без меѓусебно растојание. Бројот на така групирани профили на арматурата може да биде најмногу 4 (сл. 5.19). Притоа најмногу два профила може да се постават еден до друг во иста рамнина.



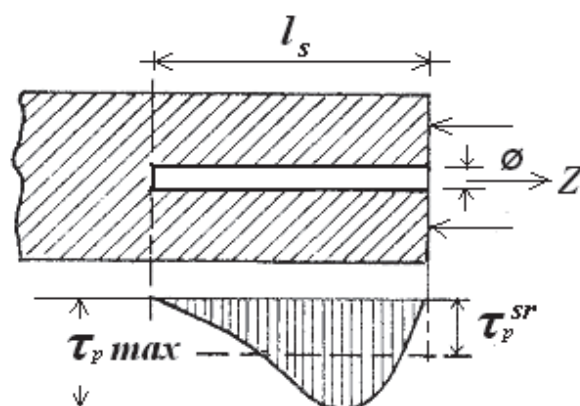
Сл. 5.19. Групирање на прачките во попречните пресеци

#### 5.4.4. АНКЕРУВАЊЕ НА АРМАТУРАТА ВО БЕТОНОТ

За да може да ја изврши својата улога, арматурата на краевите мора да биде анкерисувана во бетонот. На должината на анкерисувањето, силата од арматурата постепено се пренесува на бетонот преку напрегањата на прилепување меѓу арматурата и бетонот  $\tau_p$ .

Анкерисувањето на арматурата наједноставно се остварува со нејзино продолжување. Прачките од ребраста арматура на краевите најчесто завршуваат со куки, а заварените мрежи завршуваат без куки. Анкерисувањето може да се изврши и на друг начин ако се докаже сигурноста со испитување.

Должината на анкерисување зависи од повеќе фактори како што се: положбата на профилот во елементот, од видот и дијаметарот на арматурата, од марката на бетонот и др. Во принцип, тоа се определува од условот, сигурноста од извлекување на арматурата да биде најмалку еднаква со сигурноста од нејзиното кинење. Под претпоставка дека напрегањата на прилепување по должината на анкерисување се константни (сл. 5.20), може да се напише:



Сл. 5.20. Анкерување на арматурата во бетонот

$$A \alpha \sigma_v = \varnothing \pi \cdot l_s \tau_p \cdot \gamma_u$$

$$l_s = \frac{\varnothing \cdot \sigma_v}{4 \cdot \tau_p \cdot \gamma_u} \quad \text{каде е:}$$

$l_s$  - должина на анкерување на првиот дел без куки за MA и RA

$\varnothing$  - дијаметар на прачката од арматурата

$\tau_p$  - дозволени напрегања на прилепување за услови на добра атхезија (табела 18)

$\gamma_u$  - однос помеѓу граничните и дозволениите напрегања на прилепување;  $\gamma_u = 1,8$

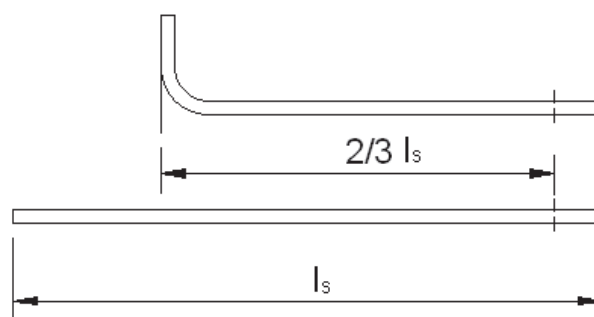
$\sigma_v$  - граница на развлекување на арматурата



Табела 18 - Дозволени напрегања на прилепување за услови на добра атхезија [ $MPa$ ]

Вид челик	Марка бетон					
	15	20	30	40	50	60
Ребраста арматура	1,20	1,40	1,75	2,10	2,45	2,80

Според ПБАБ/87 затегнатата ребраста арматура може да се анкерисува со или без кука, која е правоаголна. На сл. 5.21 прикажана е должината на анкерисување на затегната ребраста арматура со или без кука на краевите.



Сл. 5.21. Кука кај ребраста арматура

Во случаевите кога се изработува кука на краевите на затегнатата арматура, ефективната должина на анкерисување  $l_s(ef)$  е помала од  $1/3$  од должината на анкерисување  $l_s$ .

Во зависност од видот на челикот, дали прачките се изведени со куки или без нив местоположбата на прачките, марката на бетонот и профилот на арматурата која се анкерува пресметани се должините на анкерување и се дадени во табела 19.

Табела 19 - Должина на анкерување на ребраста арматура

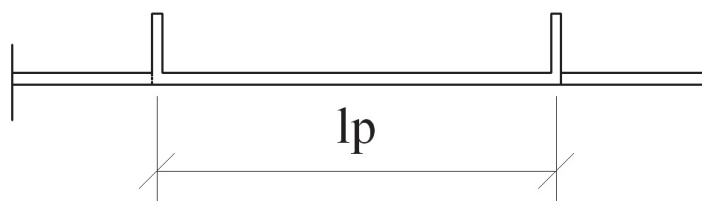
Вид арматура	Затегната арматура	Атхезија	Должина на анкерување за МБ ( $\emptyset$ )					
			15	20	30	40	50	60
Ребраста арматура	Без куки	Добра	46	40	32	26	23	20
		Лоша	69	60	48	40	34	30
	Со правоаголни куки	Добра	31	27	21	17	15	13
		Лоша	46	40	32	26	23	20

### 5.4.5. ПРОДОЛЖУВАЊЕ НА АРМАТУРАТА

Во голем број случаи при армирањето на елементите од армиранобетонските конструкции се јавува потреба од продолжување на арматурата. Должината на поединечните арматурни жици или прачки често е ограничена од условите на производство и испорака, односно транспортните услови. **Продолжување на арматурата се врши на повеќе начини: со преклопување, заварување, со формирање петелки, анкерни глави и др.**

Затегнатата арматура по правило не се продолжува со преклопување. Ако таквото продолжување не може да се изведе во пресеците со најмали моменти и тоа со или без куки, должината на преклопување на затегнатата **GA** и **RA** изнесува:

$$l_p = \alpha_1 \cdot l_{s(ef)} \geq \begin{cases} 0,5l_s \\ 15\varnothing \\ 20sm \end{cases}$$



Сл. 5.22. Должина на преклопување на ребраста арматура

Вредностите на коефициентот  $\alpha_1$  се дадени во табела 20.

Табела 20 - Вредности на коефициентот  $\alpha_1$

Чисто растојание помеѓу два соседни преклопи во еден пресек	Чисто растојание од најблиската површина на бетонот	Процент на продолжување на прачки во еден пресек				
		20%	25%	33%	50%	>50%
$a \leq 10\varnothing$	$b \leq 5\varnothing$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
$a > 10\varnothing$	$b > 5\varnothing$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Најголемиот дозволен процент на продолжување на затегнатата арматура со преклопување во еден пресек изнесува 100% за ребраста арматура, доколку арматурата е со  $\varnothing < 16$ , односно 50% за профили  $\varnothing > 16$ ;

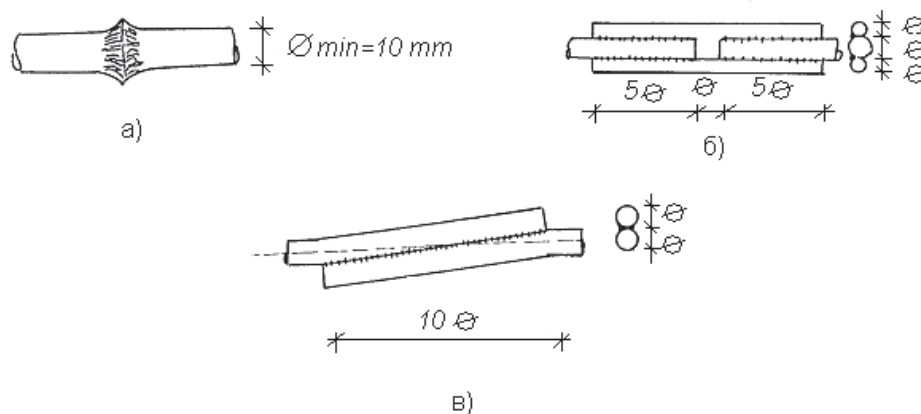
Процентот на преклопување на притиснатата арматура на преклоп може да изнесува до 100% од вкупната арматура во пресекот, со должина на преклопување мин  $l_s(ef)$ .

Должината на преклопот на носечките жици на ребрастата арматура зависи од пречникот на арматурата  $\varnothing$ , условите на атхезија и друго, дадени во табела 21.

Табела 21- Должина на преклопување на носечката ребраста арматура [cm]

Надолжни жици во носечкиот правец	Пречник $\varnothing$ (mm)	Услови на атхезија	Должина на преклоп	Најмал број напречни жици (јазли)
			MAR	MAR
Единечни жици	$\varnothing \leq 12$	добри лоши	35	3
			35	3
Двојни жици	$\varnothing \leq 8,5$	добри лоши	35	3
			35	4
Двојни жици	$8,5 \varnothing \leq 12$	добри лоши	45	4
			45	5

Продолжувањето на арматурата може да се изврши и со заварување, но врз основа на претходни испитувања. Заварувањето може да биде челно (сл .5.23 а), продолжување со помош на подврска од бетонски челик(сл .5.23 б), и со преклопување (сл .5.23 в).



Сл. 5.23. Продолжување на арматурата со заварување

При продолжување на вертикалната арматура (анкери на столбови) за сеизмички подрачја, се предвидуваат продолжетоци без куки. На должината на преклопот се поставуваат погусте узенгии во согласност со прописите за изградба на објекти во сеизмички подрачја.

#### 5.4.6. МОНТАЖА НА АРМАТУРАТА

Распоредот на арматурата во напречните пресеци и по должината на елементите е дефинирана во арматурните планови и детали, дадени во главниот изведбен проект на конструкцијата. Должноста на изведувачот на работите е при монтажата да ја осигура проектираната положба, за во текот на вградувањето на бетонот не дојде до нејзино поместување. За таа цел прачките од арматурата меѓусебно се поврзуваат со тенка жица или точкасто се заваруваат (пунктираат), а предвидените заштитни слоеви се обезбедуваат со доволен број подметнувачи. Како подметнувачи (граничници) не смеат да се користат кратки парчиња железа заради можноста од нивна корозија и оштетување на заштитниот слој од бетон.

---

**Арматурата во темелите и другите слични конструктивни елементи не смее да биде поставена директно на земја. Потребно е нејпрвин да се изведе слој за израмнување и заштита со дебелина од  $\min 5\text{ cm}$ , а потоа да се постави арматурата.**

---

Пред почетокот на бетонирањето во присуство на надзорниот орган, записнички мора да се констатира дали монтираната арматура одговара на одредбите дадени со проектот. Треба да се провери:

- видот, пречникот, бројот на прачките и нивниот облик;
- меѓусебното поврзување, прицврстување и обезбедување на предвидените заштитни слоеви;
- чистотата на арматурата (прага, малтер, бетон, маснотии и сл.).

Дури по вака извршениот преглед може да се даде дозвола за бетонирање.

#### Запомни!

- ➡ Арматурата прима напрегања на затегнување, што значи се поставува во затегнатата зона од пресекот. Најголема примена наоѓа RA 400/500-2.
- ➡ Продолжување на арматурата се врши на повеќе начини: со преклопување, заварување, со формирање петелки, анкерни глави.
- ➡ Арматурата во темелите и другите слични конструктивни елементи не смее да биде поставена директно на земја. Потребно е нејпрвин да се изведе слој за израмнување и заштита со дебелина од  $\min 5\text{ cm}$ , а потоа да се постави арматурата.

Тест за самооценување

I - група

Дел А

1. Денес најмногу се применува ребраста арматура.

Да

Не

2	
---	--

2. За армирање на сидови се применува мрежаста арматура Rх.

Да

Не

2	
---	--

3. Кај заварените арматурни мрежи не се дозволува свиткување на арматурата.

Да

Не

2	
---	--

4. Надолжните прави и свиткани прачки изработени од ребраста арматура на краевите завршуваат со правоаголни куки (куки свиткани под агол од 90°).

Да

Не

2	
---	--

Дел Б

Одговори на прашањата

1. Која е улогата на арматурата во армирано-бетонските елементи?

.....  
.....

5	
---	--

2. Каде е сместена арматурата кај слободно потпрена греда, а каде кај конзола?

.....  
.....

3	
---	--

3. Која арматура денес најмногу се применува?

.....  
.....

3	
---	--

4. Наброј ги условите за заедничка работа на бетонот и арматурата.

.....  
.....

3	
---	--

5. Од што зависи дебелината на заштитниот слој?

.....  
.....

3	
---	--

6. Колку изнесува најмалата дебелина на заштитниот слој за греди и столбови?

.....  
.....

3	
---	--

7. Од што зависи должината на анкерување на арматурата во бетонот?

.....  
.....

3	
---	--

8. Како може да се изврши продолжувањето на арматурата со заварување?

.....  
.....

3	
---	--

Дел В

1. Објасни кој вид арматура ќе се примени за армирање на крстасто армирана плоча  $6/6\text{ m}$  и зошто, а кој вид арматура ќе се примени за армирање армиранобетонски сидови  $10/3\text{ m}$  и зошто?

8	
---	--

2. Објасни и нацртај кои видови на подметнувачи познаваш и кој ќе го примениш за формирање заштитен слој кај армиранобетонски сидови?

8	
---	--

Оценка	Потребни поени	Освоени поени
Одличен (5)	41 - 50	
Мн. добар (4)	31 - 40	
Добар (3)	21 - 30	
Доволен (2)	11 - 20	
Недоволен (1)	1 - 10	





**КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА**

1. М. Miravljov Osnovi teorije i tehnologije betona 1991 god. Beograd.
2. I. Tomič Betonske Konstrukcije, 1984 god. Zagreb.
3. Beton i armiran beton I i II prema BAB 87 1991 god. Beograd.
4. А.Спасов Бетон и армиран бетон за архитекти I дел , Скопје, 1995 год.
5. Т. Грчев Т. Состав на бетонската мешавина и контрола на производството на бетонот, Советување на ДГКМ, Скопје 1990 година.
6. П. Бабамов Производство, вградување и нега на бетонот во конструкциите во нормални и посебни услови и завршна оценка на квалитетот на бетонот, Советување на ДГКМ, Скопје 1992.
7. Санде Атанасовски - пробно товарање и одржување на објектите од армиран бетон, Советување на ДГКМ, 1991 год.
8. Санде Атанасовски - Армирано бетонски конструкции I, Градежен факултет, 1989, Скопје.
9. Санде Атанасовски - Технологија на бетон и армиран бетон, 1992 год. Скопје.
10. Дел од фотографиите се преземени од [WWW.google.com](http://WWW.google.com), а дел се направени во Институтот за и Завод за испитување на градежни материјали „Кирил и методиј“ Скопје.

