



Универзитет у Београду – Грађевински факултет
www.grf.bg.ac.rs

Студијски програм: **ГРАЂЕВИНАРСТВО ОСНОВНЕ АКАДЕМСКЕ СТУДИЈЕ**

Modul: **ПУТЕВИ, ЖЕЛЕЗНИЦЕ И АЕРОДРОМИ**

Година/Семестар: **III година / VI семестар**

Назив предмета (шифра): **МОСТОВИ (Б2С3М)**

Наставник : **В. Проф. Др Снежана Машовић**

Наслов предавања: **Одржавање мостова**

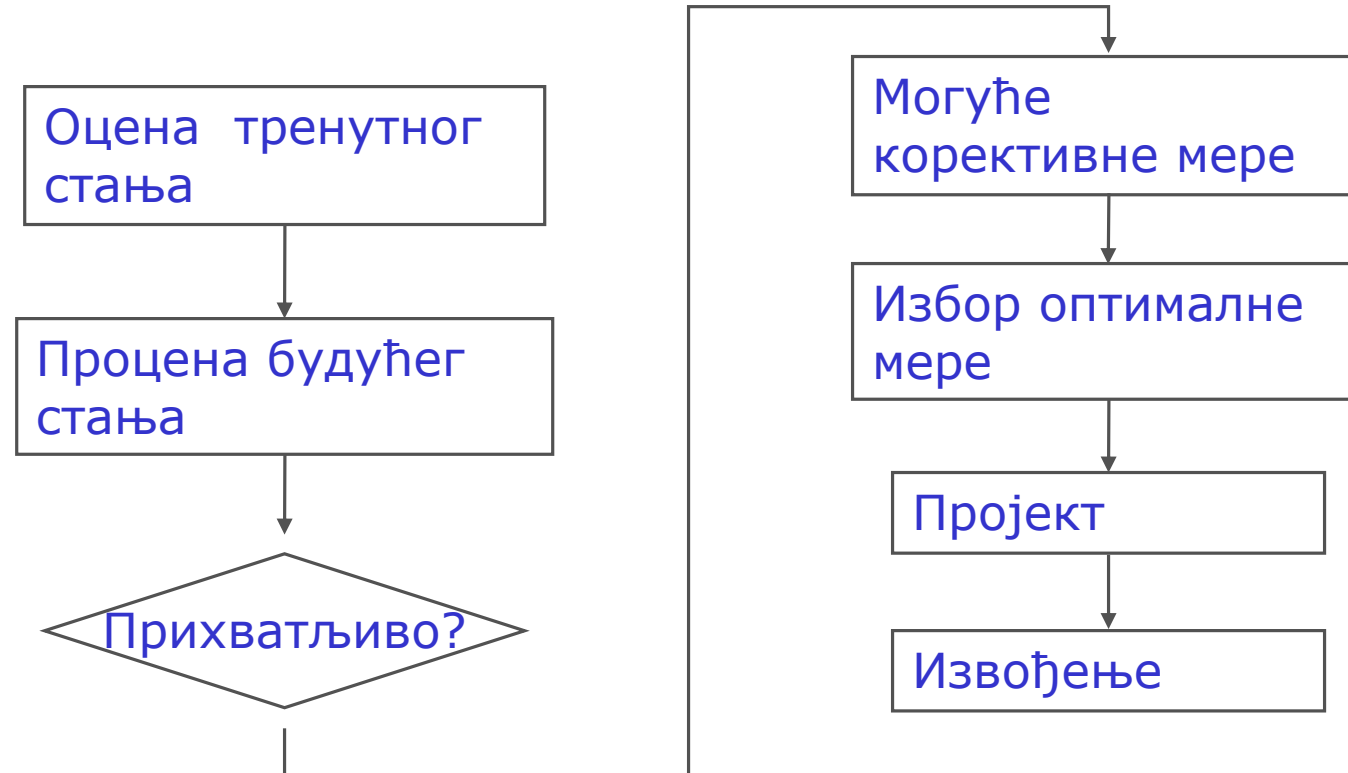
Датум : 24.05.2023.

Процес управљања

- Скуп мера и активности са циљем да обезбеди адекватна услуга уз минимум власничких трошкова
- Адекватна услуга
 - Саобраћај без застоја
 - Ниска стопа саобраћајних несрећа
 - Висока отпорност на природне непогоде
 - Заштита околине
- Чињенице:
 - Старење и пропадање води ка високим корисничким трошковима тако да су **корективне мере неопходне**
 - Ове мере, поред **власничких тошкова**, такође проузрокују и **корисничке трошкове** за време спровођења
 - Неадекватно финансирање (ограничени фондови) → **распоредити расположива средства како би се постига оптимална стратегија одржавања**



Основни процес управљања одржавањем



Пасивне и активне мере

- Праћење
 - Посматрање
 - Инспекције
 - Детаљно испитивање
- Одржавање
 - Текуће одржавање
 - Санација
 - Репаратурне - поправке (отклањање последица старења – или превентивне ради повећања трајности)
 - Конструкцијске: ојачање, надградња, доградња, проширење итд.

1. Корак Прогноза стања

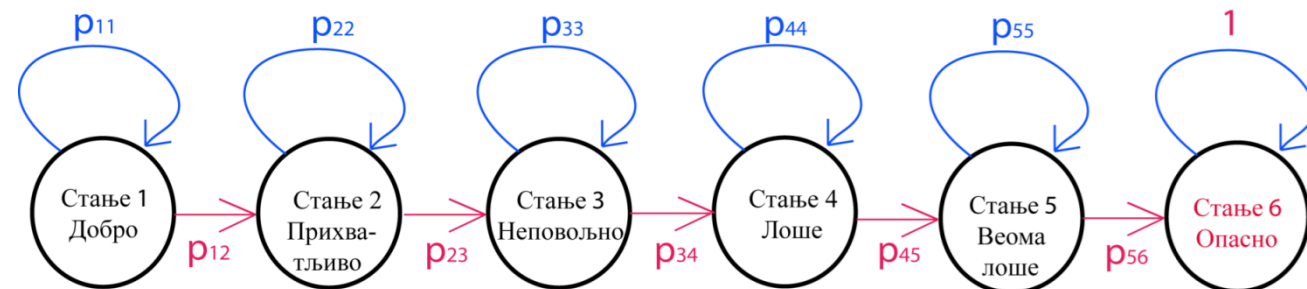
- Прогноза
 - Феноменолошки - Математички модели физичко-хемијски процеса пропадања
 - Статистички на бази већ изведених инспекција
- Детерминистички
 - Функционална веза пропадања током времена - крива пропадања
- Пробабилитички
 - Марковљеви ланци

Марковљев ланац пропадања елемената моста

- Дискретни Марковљев процес
- Статистичке обраде постојећих података \Rightarrow вероватноћа преласка.

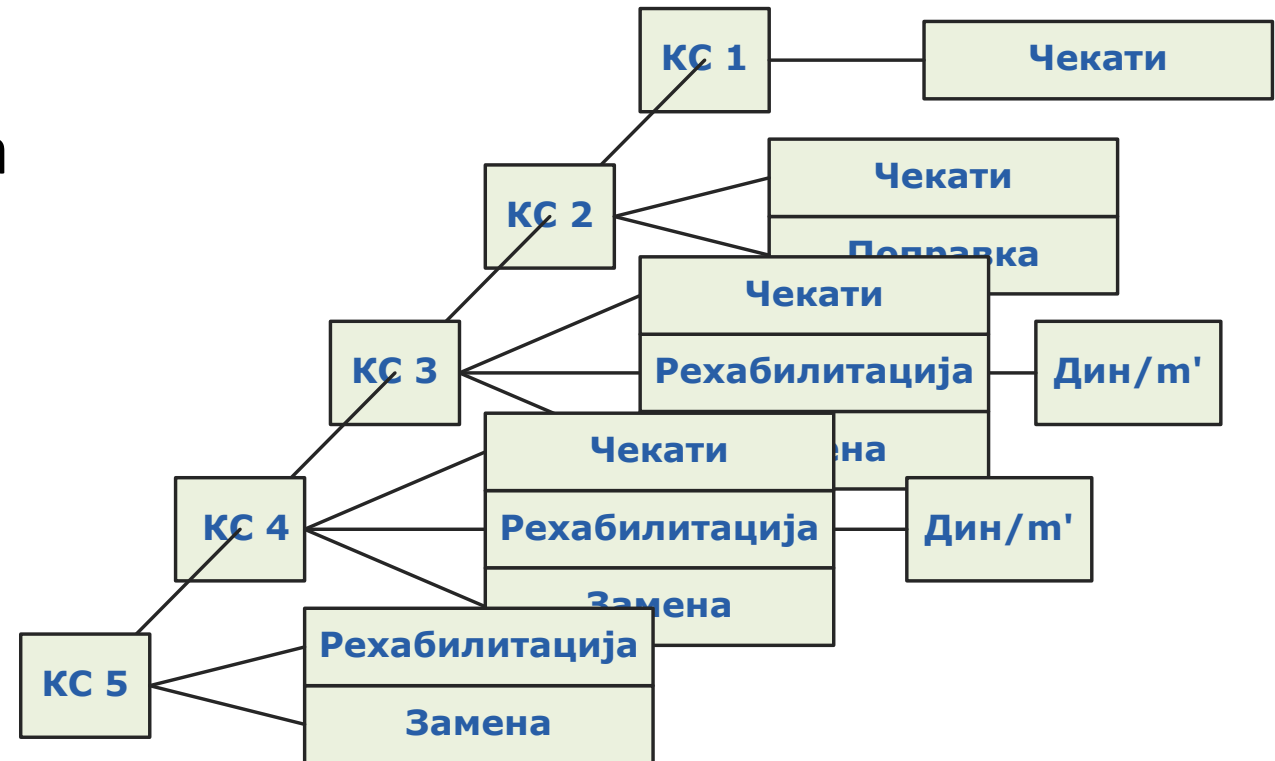
Елемент	Опис у БПМ	Класа стања
Носећи елементи	Добро	1
	Прихватљиво	2
	Неповољно	3
	Лоше	4
	Веома лоше	5
	Опасно	6

$$\begin{bmatrix}
 p_{11} & p_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & p_{22} & p_{23} & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & p_{33} & p_{34} & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & p_{44} & p_{45} & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & p_{55} & p_{56} \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1
 \end{bmatrix}$$



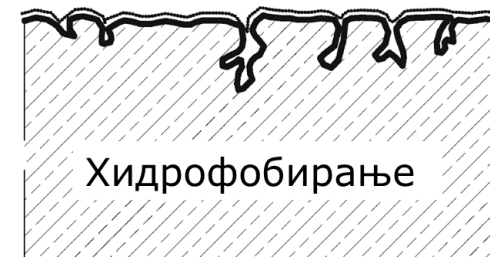
2. Корак – Могуће мере

- Корективне мере на елементима
- Једна или више корективних мера су дефинисане за сваку комбинацију
 - Процеса пропадања и
 - Класе стања
- Коштање мера зависи од типа елемента
- Ефикасност мера



Површинска заштита бетона (Бет. Мостови)

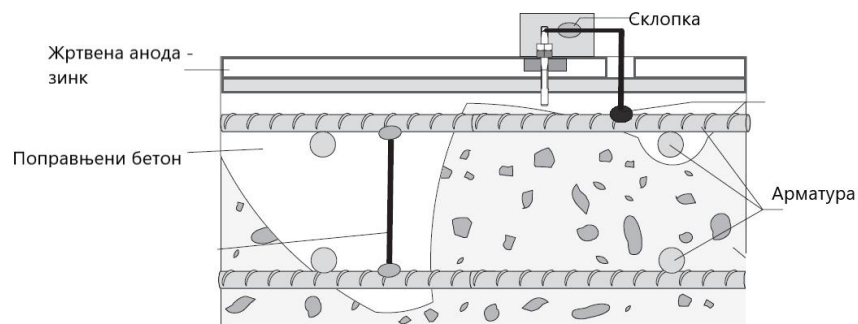
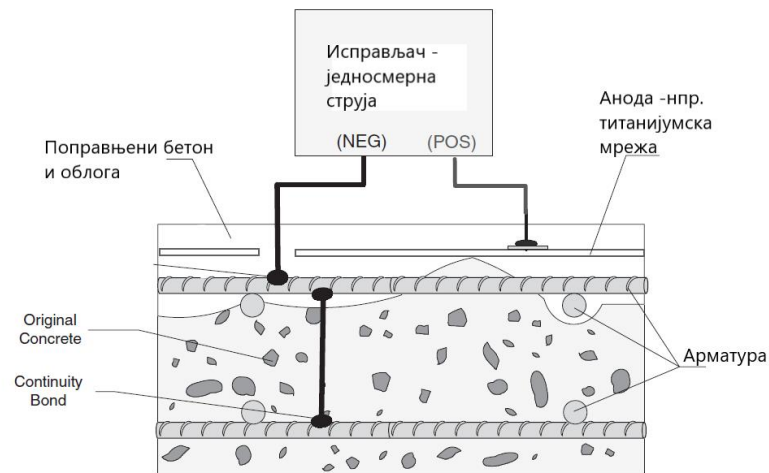
- Импрегнација
 - Епоксид, полиуретан и акрилне смоле
 - Дебљина 10 до 100 μm
- Хидрофобирање
 - Силан, силоксан и силикон
- Премази
 - Епоксид, полиуретан, акрил
 - Дебљина од 0.1 до 0.5 mm



Катодна заштита

Катодна поларизација арматуре помоћу спољњег извора једносмерне струје (скупља варијанта и потенцијално опасна код претходно напрегнутих конструкција)

Употреба жртвене аноде – мање племенит метал, обично цинк (јефтинија варијанта али потребана замена потрошене аноде)



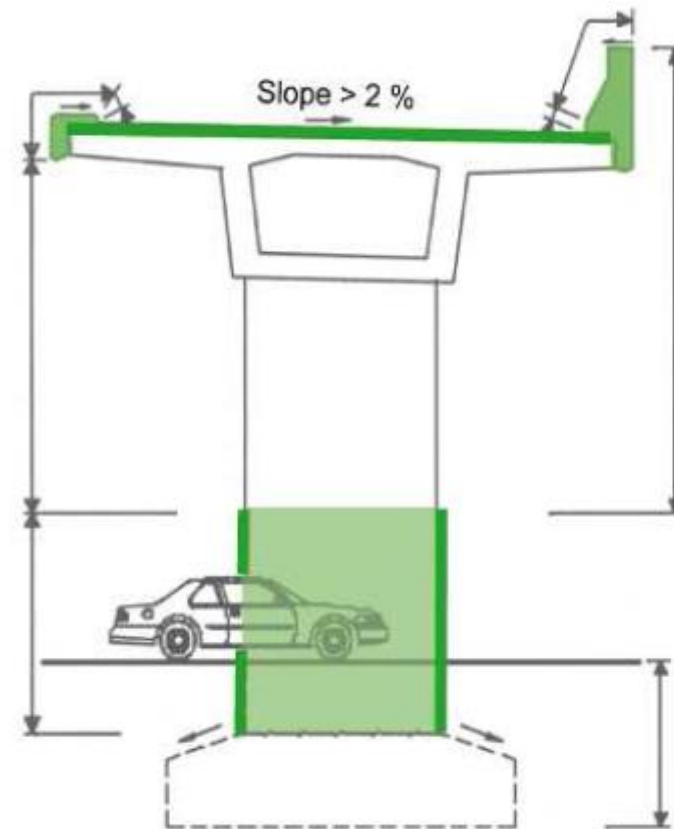
Санације и обнове Бетонски мостови

- Припремни радови
 - Одстрањивање оштећеног бетона
 - Хидроразарање
 - Глодање (“фрезање”)
 - Штемовање
 - Резање
 - Одстрањивање оштећене арматуре
 - Откривање арматуре
 - Чишћење корозије



Санације и обнове - бетонски мостови

- Замена арматуре
 - Варењем
 - Преклапањем
 - Механички спојеви
- Замена бетона
 - Нормалан бетон
 - Малтер (епокси)
 - Бетон ултра високих перформанси - БУВП
- Испуњавање прслина



Санације и обнове челични мостови

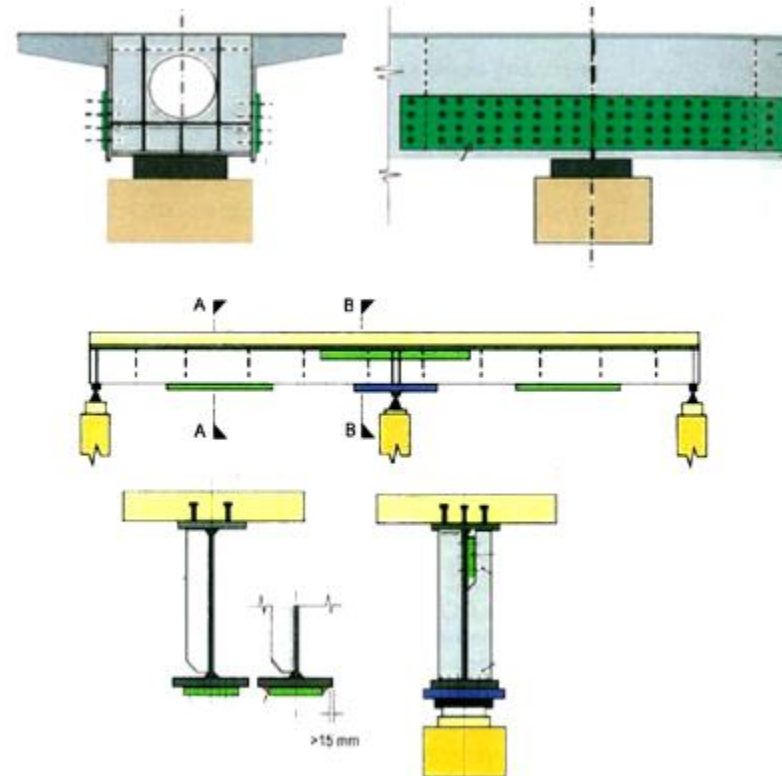
- Припремни радови
 - Одстрањивање корозивне заштите
 - Одстрањивање зарђалог челика
- Обнова
 - Корозивне заштите
 - Замена завртња и закивака
 - Санација прслина услед замора



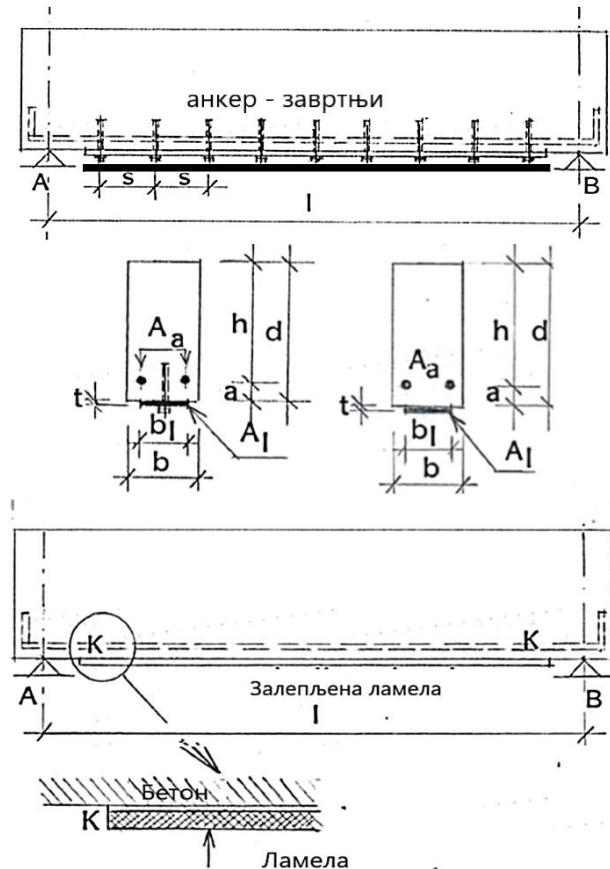
Реконструкција / Ојачање

- Олакшавање
- Проширење (нови носећи елементи)
- Ојачање
 - Повећањем димензија елемената
 - Ламеле од угљених влакана
 - Екстерно преднапрезање
- Промена статичког система, на пример монолитизовање серије простих греди у континуални носач

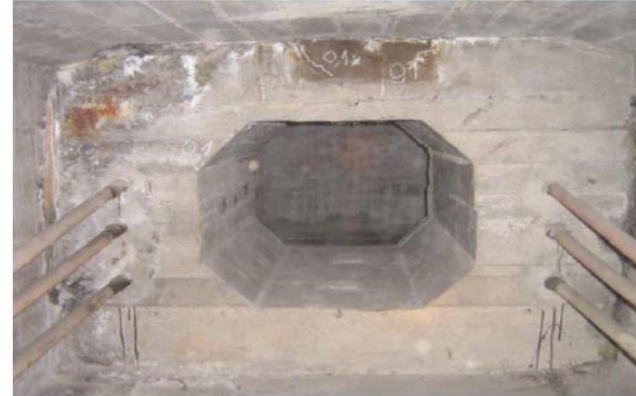
Ојачање повећањем димензија



Ојачање бетонских конструкција челичним ламемама

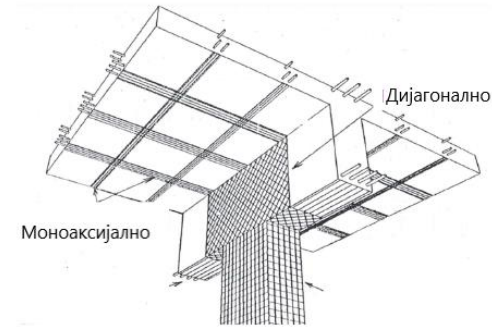


Екстерно претходно напрезање



Ојачање употребом тканина са FRP влакнима

- FRP материјал садржи велики број финих влакана, изражених механичких карактеристика, унутар матрице од епокси смоле. У зависности од врсте влакана, постоје: AFRP (арамидна), CFRP(карбонска) или GFRP (стаклена).

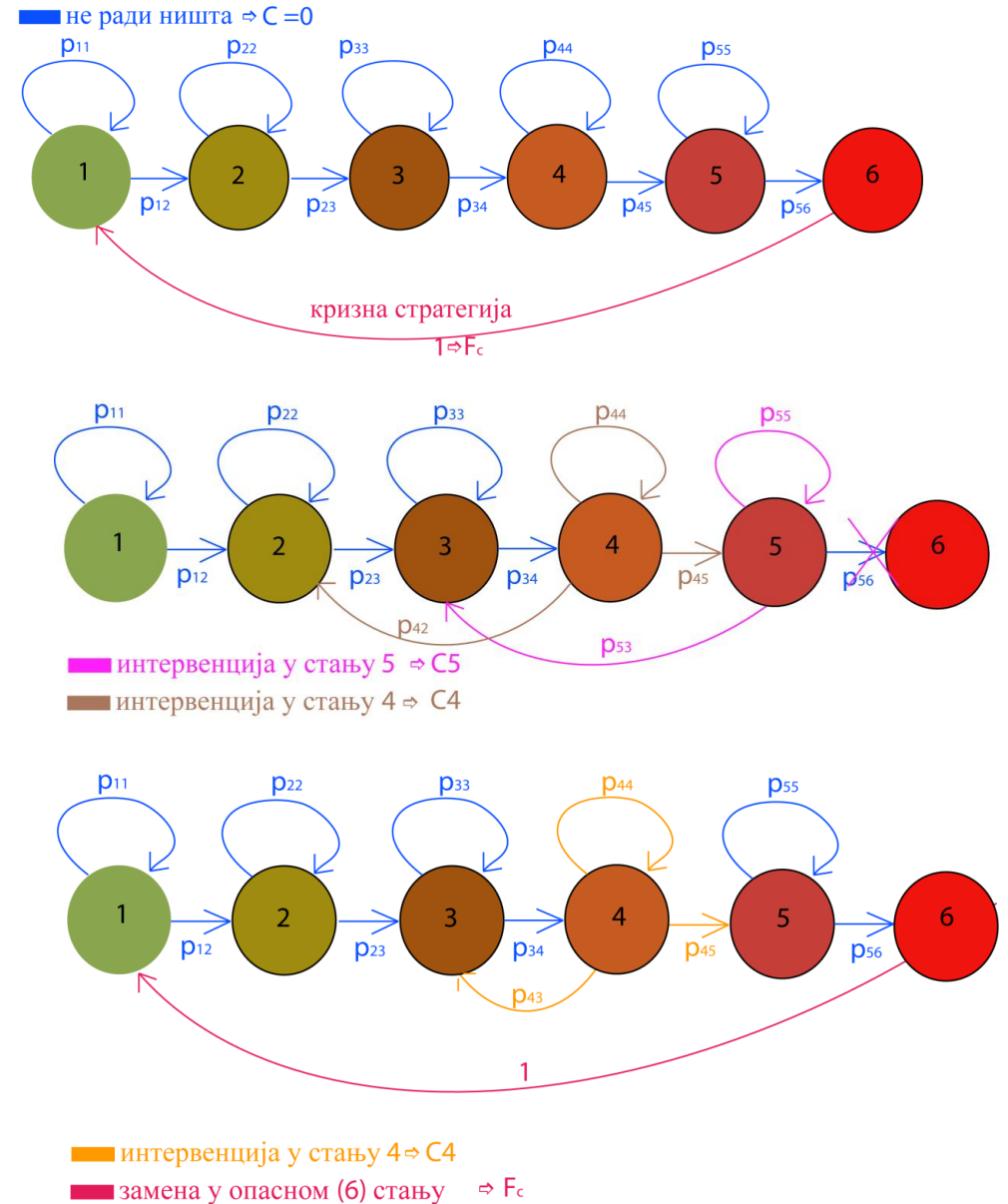


Поређење

Челичне траке	Повећање преска	FRP траке/тканине
Могућност корозије	Одређена отпорност на корозију	Велика отпорност на корозију
Мала цена	Средња цена	Велика цена
Компликовано постављање	Захтевно извођење	Једноставно извођење
Потребно одржавање	Потребно одржавање	Мало одржавање
Тежак материјал	Тежак материјал	Лак материјал

3. Корак - Оптимизација

- Која је најбоља стратегија?
- Марковљев процес одлучивања:
 - Кад се мост нађе у неком (неповољном) стању управљач предузима одређену интервенцију, чиме се стање моста поправља са одређеном вероватноћом (ефикасношћу)
 - Предузета интервенција производи трошкове
 - Циљ је одредити у ком стању се предузима која интервенција како би се дугорочни трошкови свели на минимум
- Оптимизација



Управљање – зависно од типа угрожавања

Очекивано дејство

- Проблем у конструкцији
 - Грешке у пројектовању
 - Грешке у извођењу
 - Неадекватна употреба
 - Неадекватно одржавање

Пратљиви процеси угрожавања:

- Корозија
- Замор
- Мржњење и крављење
- Алакто агрегатна реакција
- Сулфатна реакција
- Корисно оптерећење

Управљање одржавањем

Непредвидљиво дејство

- Стихијски процеси

Брзи:

Земљотрес;

Поплава;

Ветар;

Пожар;

Удар ;...

Спори:

Замор;

Загађење

- Дејство није ни разматрано
- Интензитет дејства изнад очекивања
- Исправност прописа
- Прихватање могућих инцидентних али мало вероватних ситуација

Управљање ризиком

Ризик

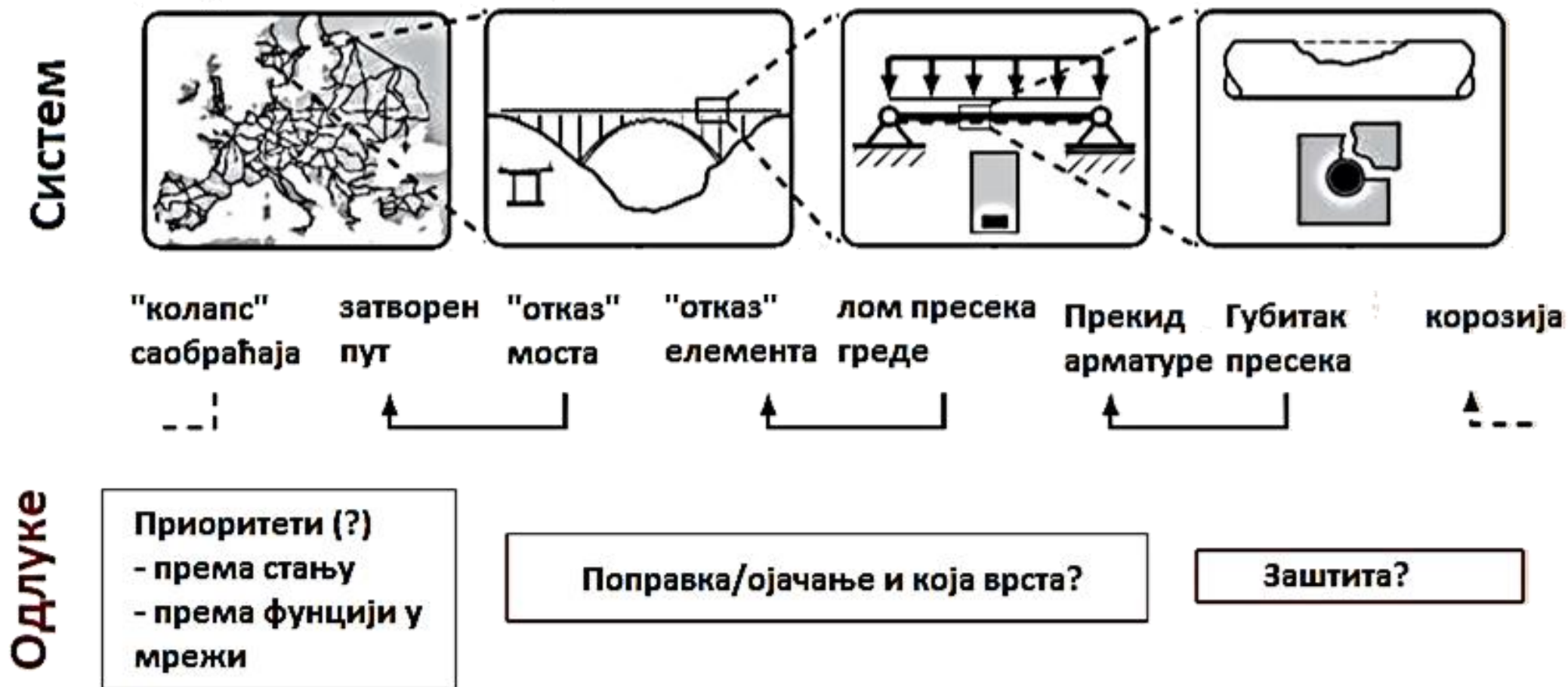
- Дефинише се као производ вероватноће отказа и монетарне вредности последица отказа
- Отказ = надилажење граничног стања
- Процена вероватноће отказа
- Процена последица
 - Губитак живота или повреде
 - Губитак конструкције
 - Директне трошкове
 - Индиректне трошкове



Процес одлучивања на бази ризика

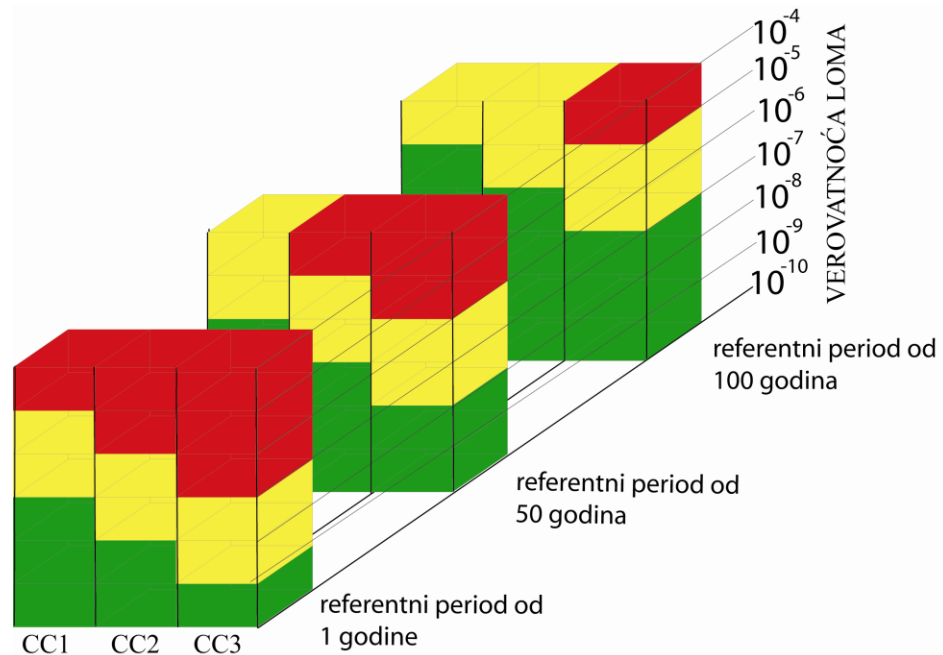
- Дефиниција система
- Сценарио угрожавања
- Анализа вероватноће сценарија
- Анализа последица
- Оцена ризика
- Мере за смањење ризика

Системи и одлуке



Процена ризика

- Квалитативна



- Квантитативна

- Прорачунски модели за одређивање вероватноће:

- Хазарда $p(H)$
- Поузданости

$$\sum_{j=1}^{N_D} \sum_{k=1}^{N_S} p(D_j | H_i) p(S_k | D_j)$$

- Последица

- Монетарна вредност отказа (поправка, немогућност коришћења конструкције, жртве...)

$$C(S_k)$$

Управљање ризиком - мере

- Ограничавањем употребе конструкције (изложеност),
- Ојачање критичних елеменат конструкције (рањивости)
- Повећањем резерве конструктивног система (робусности).
- Планирање мера одржавања је имплицитно базирано на оцени ризика
- Најгора класа стања означава неприхватљиви ризик
- Мере одржавања се сматрају сврсисходним уколико су њихиви укупни трошкови мањи од са њима оствареном редукцију ризика.