FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA - UNIVERZITET U NOVOM SADU
Departman za građevinarstvo i geodeziju - Katedra za konstrukcije

Primena AI-ja

Deo III - Dva primera toka rada

Prosta greda i uticajna linija: kako student vodi rad, šta pita AI i kako proverava odgovor.

Ekvivalent videu „Primena AI-ja“. Primeri su u režimu B - AI kao podrška.

Prof. dr Andrija Rašeta
Doc. dr Vladimir Živaljević

Predavanja, vežbe, rad kod kuće i učenje

Sadržaj je generisan uz pomoć AI-ja.

Kako čitamo primere

Oba primera prate **usvojeni tok od šest koraka** iz dela II. Donja traka na svakom slajdu pokazuje u kom smo koraku.

STUDENT

Zeleno: model, pokušaj, upit, provera i zaključak - **student vodi rad**.

AI

Crveno: objašnjenje, komentar ili predlog - **pomoć, ne dokaz**.

REŽIM B

AI kao podrška: proverava i objašnjava, ali **ne rešava zadatak umesto studenta**.

Upiti i odgovori AI-ja su **ilustrativni** - stvaran odgovor može biti drugačiji i uvek se proverava.

1 - MODEL → 2 - MOJ POKUŠAJ → 3 - MOJ UPIT → 4 - AI ODGOVOR → 5 - MOJA PROVERA → 6 - ZAKLJUČAK

Model i upit: šta tačno rešavam

KONTEKST

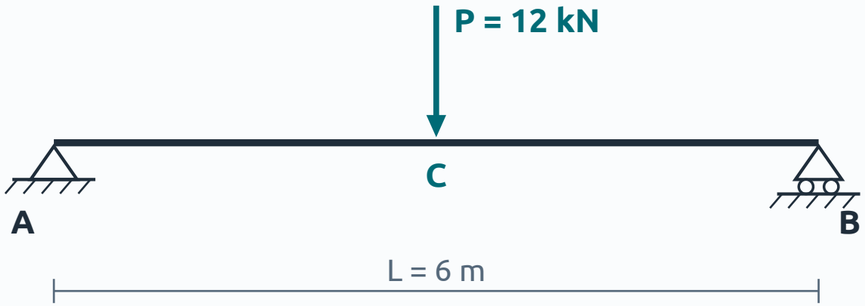
Prosta greda, L = 6 m. A nepokretno, B pokretno ležište. P = 12 kN naniže u sredini. Bez sopstvene težine.

ZADATAK

Odrediću reakcije, dijagrame V i M i ugib. Od AI-ja tražim samo **proveru mog postupka**.

FORMAT

Skica, jednačine sa jedinicama, ključni koraci i provere. M na zategnutoj strani.



Ravanska analiza; C u sredini raspona, na mestu sile.

Prvo model - tek onda brojevi. Ako skica i tekst nisu saglasni, **prvo razjasnim model**.

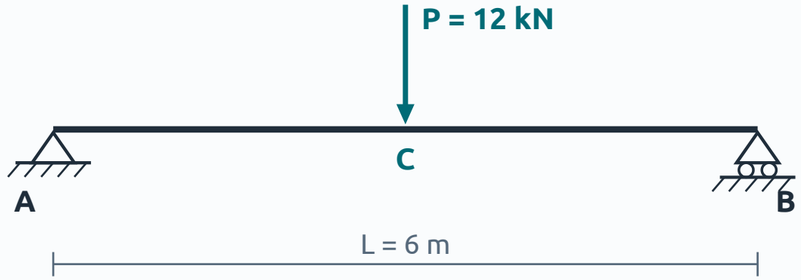
Prvo moj pokušaj, zatim pripremam upit

STUDENT - MOJ POKUŠAJ

$\sum M_A = 0: R_B \cdot 6 - 12 \cdot 3 = 0 \Rightarrow R_B = 6$ kN

$\sum Y = 0: R_A + R_B - 12 = 0 \Rightarrow R_A = 6$ kN

$M_C = R_A \cdot 3 =$ **18 kN·m**



STUDENT - PRIPREMAM UPIT

„Proveri moj model, reakcije i moment u C. Ako ima greške, označi **prvi sporni korak**. Predloži nezavisnu kontrolu.“

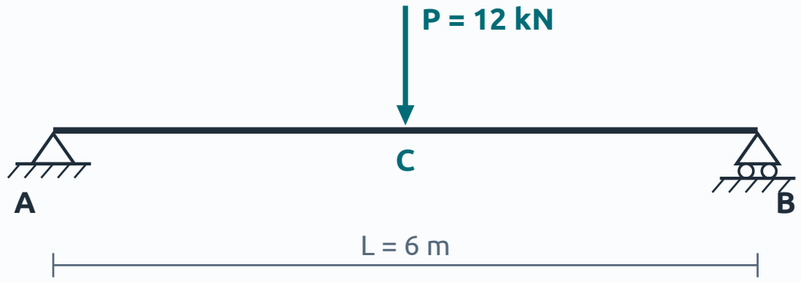
Važno

Odgovor AI-ja dolazi **tek posle** slanja upita sa mojim pokušajem.

AI odgovor: komentar, ne gotov rezultat

AI - ODGOVOR (ilustrativno)

Model je jasan. Reakcije $R_A = R_B = 6$ kN deluju naviše; horizontalna reakcija u A je nula jer nema horizontalnog opterećenja. Moment $M_C = 18$ kN·m odgovara modelu. **Predlog kontrole:** uslov ravnoteže momenata oko B.



STUDENT - KAKO ČITAM ODGOVOR

Svaku tvrdnju povezujem sa svojom skicom. Predloženu kontrolu **izvršavam sam**.

Upiti i odgovori AI-ja su **ilustrativni** - stvaran odgovor može biti drugačiji i uvek se proverava.

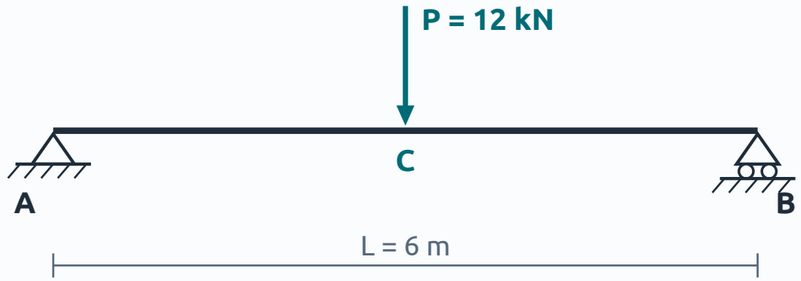
Provera mora biti nezavisna

STUDENT - MOJA PROVERA

$\sum M_B = 0$: $-R_A \cdot 6 + 12 \cdot 3 = 0 \Rightarrow R_A = 6$ kN ✓

$\sum Y = 0$: $6 + 6 - 12 = 0$ ✓

Simetrija sistema $\Rightarrow R_A = R_B$ ✓



ZAPAMTI

Saglasnost dva AI odgovora **nije** nezavisna provera. Proveru čine moje jednačine, drugi postupak i literatura.

Student izvodi dijagram transverzalne sile

STUDENT - MOJ POKUŠAJ

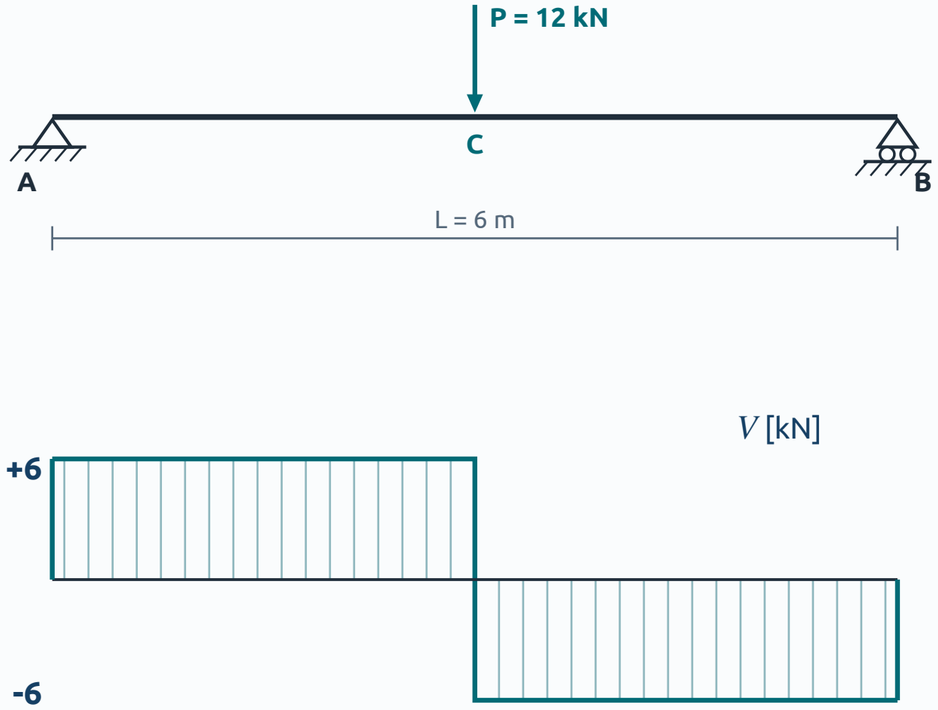
0 < x < 3 m: V = +6 kN

3 m < x < 6 m: V = -6 kN

Skok u C: -12 kN = -P

NAPOMENA

x je koordinata preseka od A. Tek kad završim dijagram, šaljem ga na proveru.



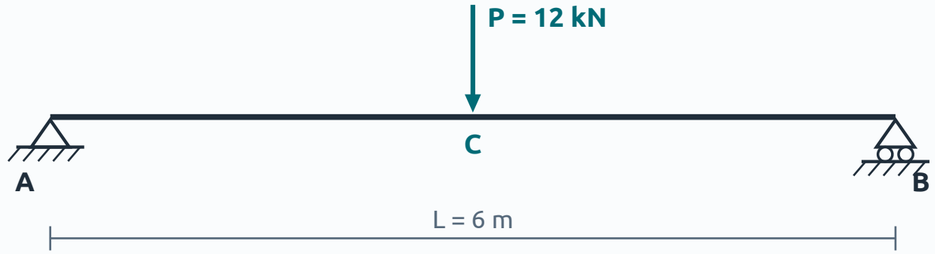
Student skicira M na zategnutoj strani

STUDENT - MOJ POKUŠAJ

$0 \le x \le 3$ m: $M = 6x$ [kN·m; x u m]

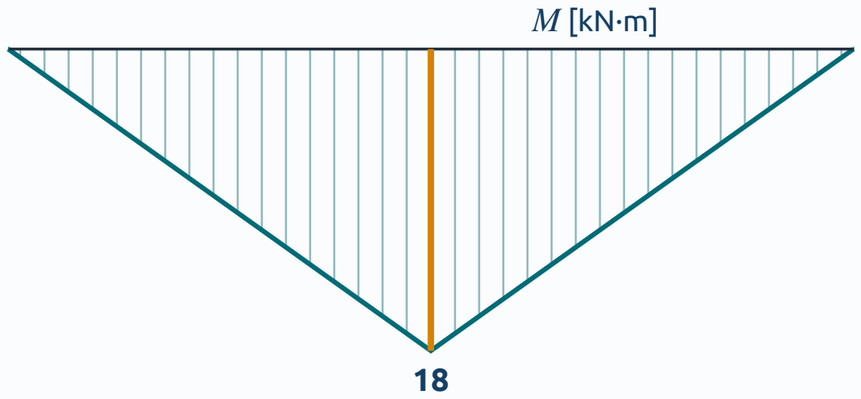
$3\ \text{m} \le x \le 6$ m: $M = 6(6 - x)$

$M_C = 18$ kN·m



KONVENCIJA

Donja vlakna su zategnuta ⇒ M crtam **ispod grede**, bez predznaka uz ordinatu. Na mestu sile: **lom bez skoka**.



AI proverava studentove dijagrame

STUDENT - UPIT

„Uz moj model, izraze i skice proveri dijagrame V i M: vrednosti, jedinice i stranu crtanja. Označi prvi sporni korak.“

AI - ODGOVOR (ilustrativno)

Izrazi i skice odgovaraju modelu. V ima skok -12 kN u C. M je nula na ležištima, 18 kN·m u C, na zategnutoj strani. Predlažem kontrolu ravnoteže oko B.

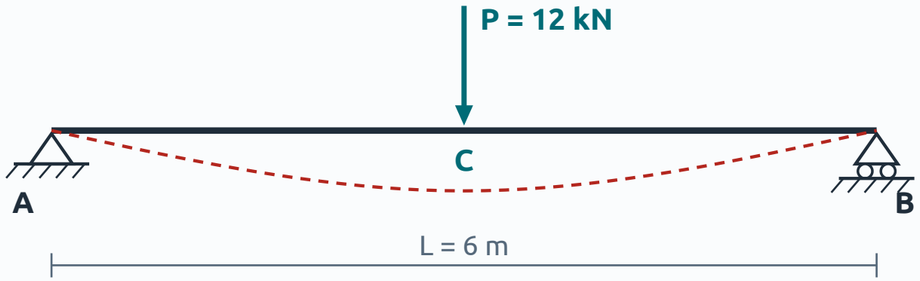
STUDENT - PROVERA

Sam proveravam: promena M = površina ispod V: 6 kN · 3 m = 18 kN·m; M(1 m) = 6 · 1 = 6 kN·m iz ravnoteže levog dela. Objašnjenje je **moje**.

AI komentar je **pomoć**. Konačnu proveru i objašnjenje daje student.

Ugib: dopunjujem model i jedinice

VELIČINA	DOSLEDNE JEDINICE
P; L	12 000 N; 6 000 mm
E	200 GPa = 200 000 N/mm²
I	10^8 mm⁴



Skica ugiba je uvećana; ugib je naniže.

STUDENT - PRORAČUN

$\delta = PL^3 / (48\,EI)$

$$\delta = \frac{12\,000\ \text{N} \cdot (6\,000\ \text{mm})^3}{48 \cdot 200\,000\ \text{N/mm}^2 \cdot 10^8\ \text{mm}^4}$$

$= \mathbf{2{,}70\ mm}$

Model: Ojler-Bernulijeva greda, linearna elastičnost, mali ugibi, konstantno EI, bez uticaja smicanja.

Namernu grešku otkrivam proverom jedinica

NAMERNA GREŠKA - KONVERZIJA E

E = 200 N/mm² (pogrešno)
δ = **2 700 mm** - izlazi iz pretpostavke malih ugiba!

STUDENT - UPIT

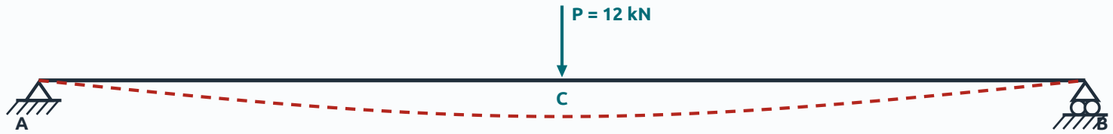
„Proveri moj postupak za ugib i označeni rezultat. Pronađi grešku u jedinicama i predloži kontrolu.“

AI - ODGOVOR (ilustrativno)

200 GPa = 200 000 N/mm². Pogrešno E = 200 N/mm² daje 2 700 mm. Ispravno je **2,70 mm**.

STUDENT - NEZAVISNA PROVERA

$P = 0 \Rightarrow \delta = 0$; dvostruko $P \Rightarrow$ 5,40 mm; dvostruko $I \Rightarrow$ 1,35 mm. Ponovim zamenu sam.

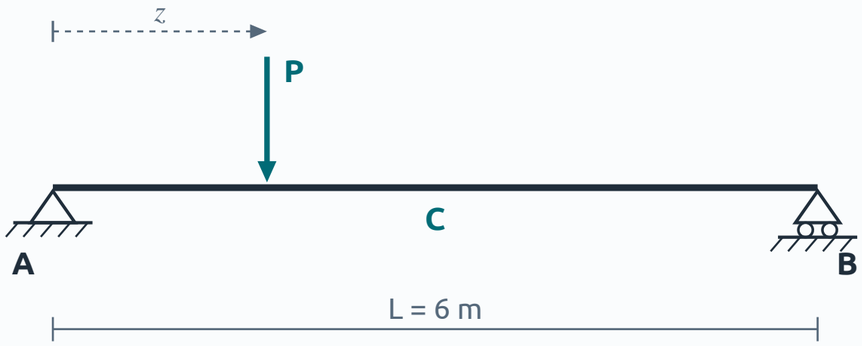


Red veličine je prva odbrana: 2 700 mm izlazi iz pretpostavke malih ugiba i **ukazuje na grešku**.

Model: presek C je fiksan, sila menja položaj

KONTEKST

Ista prosta greda, L = 6 m; A nepokretno, B pokretno ležište. Presek C na 3 m. Jedna sila naniže na položaju z.



ZADATAK

Izvešću i skiciraću uticajnu liniju $\eta_C(z)$. Od AI-ja tražim proveru grana i skice.

FORMAT

Dve grane sa jedinicama, skica i kontrolne tačke: krajevi, simetrija, najveća ordinata u C (spoj grana).

Razlikujem **fiksni presek C** od **promenljivog položaja sile z**.

Pre upita: izvodim obe grane

STUDENT - MOJ POKUŠAJ

$R_B = Pz/6$, $R_A = P(6 - z)/6$

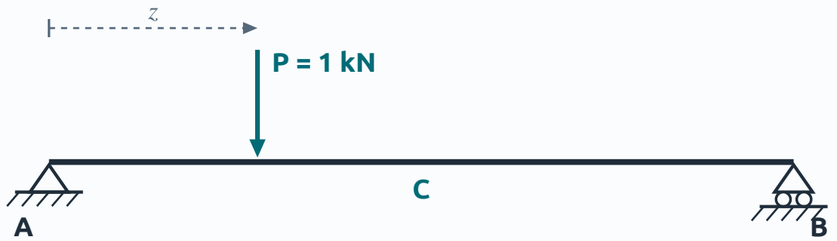
Sila levo od C ($0 \leq z \leq 3$ m):

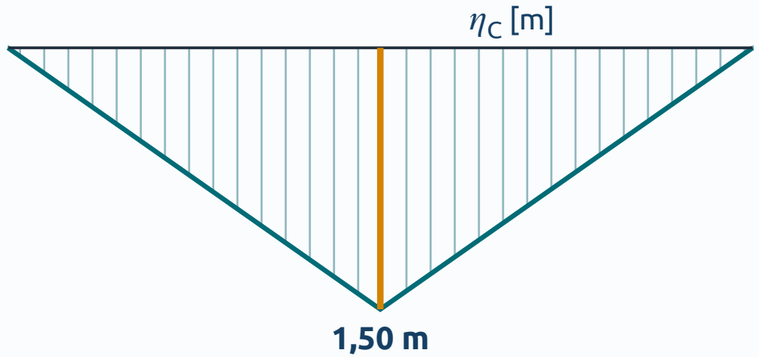
$M_C = R_A \cdot 3 - P(3 - z) = Pz/2$

Sila desno od C ($3 \leq z \leq 6$ m):

$M_C = R_A \cdot 3 = P(6 - z)/2$

$\eta_C = M_C/P$ [kN·m/kN = m]: $z/2$ i $(6 - z)/2$





Upit za proveru i odgovor AI-ja

STUDENT - UPIT

„Proveri moje grane $z/2$ i $(6 - z)/2$ i skicu. Objasni jedinicu ordinate i spoj u C. Ne menjaj presek C. Ako postoji greška, objasni prvi sporni korak.“

AI - ODGOVOR (ilustrativno)

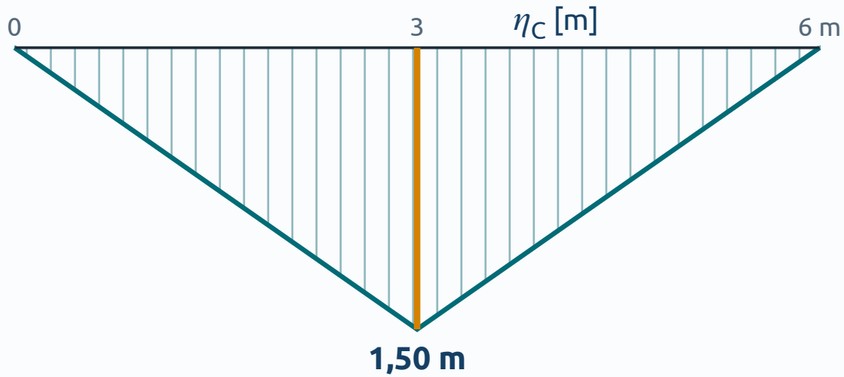
Grane su ispravne i imaju jedinicu **m**, jer je $\eta_C = M_C/P$ (kN·m / kN). Obe grane u C daju istu, najveću ordinatu 1,50 m; linija je simetrična. Za silu na osloncu ordinata je nula.



Upiti i odgovori AI-ja su **ilustrativni** - stvaran odgovor može biti drugačiji i uvek se proverava.

Provera: krajevi, maksimum u C, simetrija, jedinica

KONTROLA	REZULTAT
z = 0 i z = 6 m	ordinata 0 ✓
z = 3 m	obe grane: $\eta_{C,max}$ = 1,50 m ✓
simetrija	$\eta_C(z) = \eta_C(6 - z)$ ✓
jedinica	kN·m / kN = m ✓



Liniju crtam naniže: sila naniže u ovom primeru zateže donja vlakna. **Ordinata 1,50 m nije moment 1,50 kN·m.**

Očitavanje ordinate i kontrola drugim putem

z [m]	η_C [m]	M_C [kN·m]
0	0	0
1	0,50	6
3	1,50	18
4	1,00	12
6	0	0

$M_C(z) = P \cdot \eta_C(z)$, P = 12 kN



STUDENT - KONTROLA RAVNOTEŽOM (z = 1 m)

$R_A = 12 \cdot 5/6 = 10$ kN

$M_C = 10 \cdot 3 - 12 \cdot 2 =$ **6 kN·m** ✓

ZAKLJUČAK KONTROLE

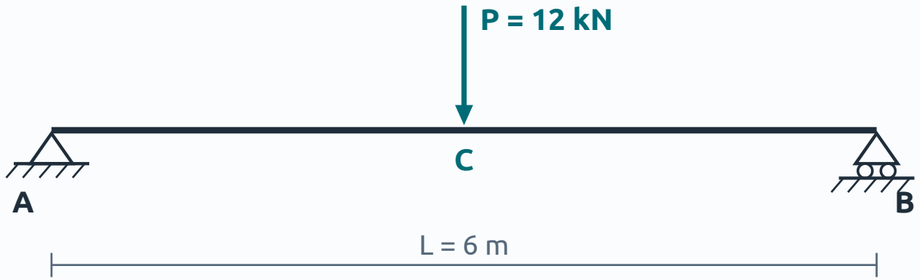
Ravnoteža i uticajna ordinata daju isti moment. Kreće se sila; presek C ostaje isti.

Jedna sila daje najveći moment u C kada je u C

STUDENT - ZAKLJUČUJEM

$M_{C,max} = P \cdot \eta_{C,max} = 12 \cdot 1{,}50 =$ **18 kN·m**

Sila na bilo kom osloncu $\Rightarrow M_C = 0$



POVEZUJEM

Isti rezultat kao u primeru 1, gde je sila stajala u C - **dva postupka daju istu vrednost**.

Prelaz na dijagram ekstremnih vrednosti (anvelopu)

STUDENT - PREDLAŽEM

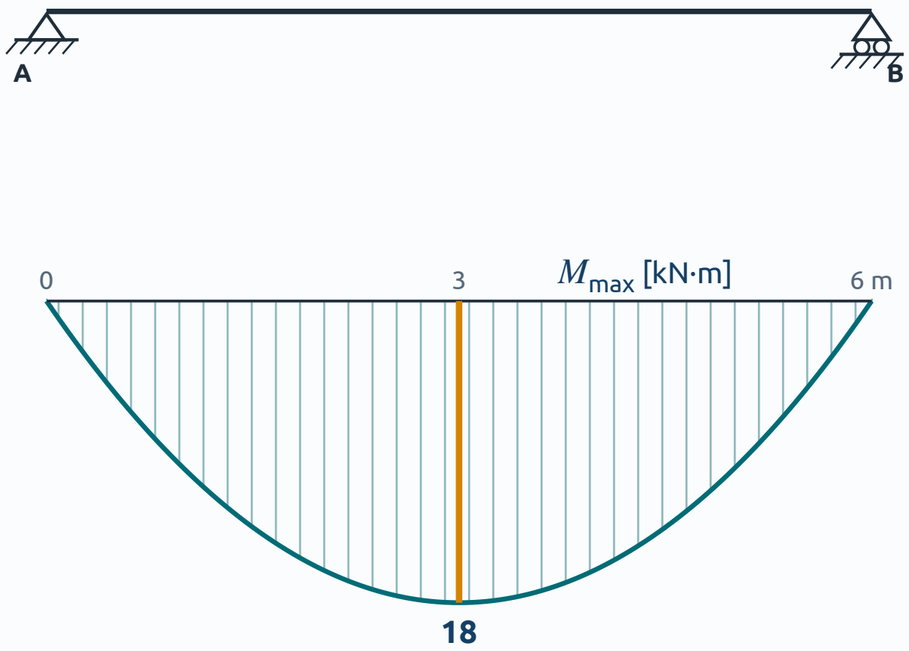
Za svaki presek x menjam položaj sile z ($0 \le z \le L$): za $z < x$ M raste, za $z > x$ opada - najveći je za $z = x$:
$M_{max}(x) = Px(L - x)/L$; $M_{min}(x) = 0$ (sila na osloncu)

STUDENT - MOJ UPIT

„Za P = 12 kN koja se kreće duž raspona proveri moj izraz $M_{max}(x)$, kritični položaj $z = x$ i jedinice.“

AI - PROVERA (ilustrativno)

Izraz i jedinice su ispravni; maksimum 18 kN·m u sredini. To **nije** dijagram M za jedan položaj sile.



STUDENT - MOJA KONTROLA

$x = z$ = 2 m: R_A = 8 kN, M = 8 · 2 = 16 kN·m = 12 · 2 · 4/6 ✓

Uticajna linija i anvelopa odgovaraju na različita pitanja

	Uticajna linija η_C	Anvelopa M_{max}
Šta je fiksno	Presek C	Svaki presek x posebno
Šta se menja	Položaj sile z	Za svaki x menja se z i traži maksimum; maksimumi se crtaju duž x
Jedinica ordinate	m (kN·m po kN sile)	kN·m
Oblik (ovaj primer)	Trougao, maksimum 1,50 m u C	Parabola, maksimum 18 kN·m u sredini



C - fiksni presek uticajne linije
z - položaj sile
x - presek anvelope

Ako AI pomeša ova dva pojma, to otkrivam pitanjem: **šta je fiksno, a šta se menja?**

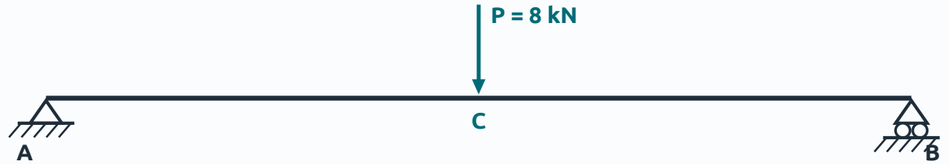
Sada pokaži da postupak razumeš

STUDENT - BEZ POMOĆI

Promeni silu na P = 8 kN. Sam odredi reakcije za silu u C i anvelopu.
Provera: za silu u C $R_A = R_B$ = 4 kN; $M_{max}(x) = 8x(6 - x)/6$, maksimum **12 kN·m**.

ŠTA PREDAJEM

Model i prvi pokušaj, ključne upite i odgovore, moje ispravke i provere, deklaraciju.



DEKLARACIJA (primer)

„Koristio/la sam [alat; model] dana [datum] za proveru pokušaja i dijagrama u primerima 1 i 2. Model i odluke su moji; rezultate sam proverio/la ravnotežom, jedinicama i simetrijom. Mogu da objasnim konačan rad.“

Dobar rezultat rada: **razumem problem, umem da ponovim postupak i pošteno navodim pomoć**.