

---

AMSES Frame2D

# **Ravninski okvir**

## **Navodila za uporabo**

aiNet

AMSES®

Frame 2D

Različica programa: 1.50

Različica navodil: 1.50

Copyright © 1999 aiNet

Vse pravice so pridržane. Noben del tega dokumenta ni dovoljeno reproducirati ali razmnoževati v katerikoli obliki brez pisnega dovoljenja podjetja aiNet.

DPP, Tidak, Sectana so blagovne znamke podjetja aiNet. Microsoft, Windows 95, Windows NT, Windows 98 so registrirane blagovne znamke podjetja Microsoft Corporation. Imena ostalih produktov in podjetij, ki so omenjena v besedilu, so lahko blagovne znamke njihovih spoštovanih lastnikov.

---

# Vsebina

<b>Uvod</b>	<b>5</b>
Kratka zgodovina (predgovor) .....	5
<b>Kaj je novega?</b>	<b>7</b>
Za nove uporabnike .....	7
Novo v različici 1.50 .....	7
<b>Začetni koraki</b>	<b>9</b>
Instalacija programa AMSES Frame2D .....	9
Zahteve strojne in programske opreme .....	9
Instalacija .....	9
Razporeditev map (direktorijev) .....	9
Nastavitev slovenskega nabora znakov .....	10
Končnice delovnih datotek .....	10
Kratek izlet skozi program .....	10
Definicija problema .....	10
Rešitev s programom AMSES Frame2D .....	11
Odprtje novega dokumenta .....	11
Podajanje oblike konstrukcije .....	12
Določitev zunanjih vplivov in obtežnih primerov .....	15
Podajanje obtežbe zunanjih vplivov .....	16
Izračun rezultatov .....	17
Pregled rezultatov .....	17
Izpis rezultatov .....	18
Kratek sklep .....	19
<b>Osnove dela s programom</b>	<b>20</b>
Koordinatni sistem .....	20
Pretvorbe med enotami (Dimenzijski vnos) .....	21
Kako uporabljati dimenzijski vnos .....	21
Lastnosti .....	22
Razveljavi / uveljavi .....	22
Princip risanja črt in pravokotnikov .....	23
Ukazi za upravljanje z vsebino slike .....	24
Zoom ukazi .....	24
Ostali ukazi .....	24
Izbiranje objektov konstrukcije .....	25
Brisanje objektov konstrukcije .....	25
Plavajoči meni .....	26
Sistem pomoči .....	26
<b>Tri glavna delovna okolja</b>	<b>27</b>
Zgradba tipičnega okolja .....	27
Drevesno okno .....	27
Delovno okno .....	28

Sporočilno okno.....	28
Orodjarne .....	28
Meniji.....	28
Preklopi med okolji.....	28

## **Podajanje geometrije 30**

Velikost konstrukcije .....	30
Prečni prerezi konstrukcije.....	31
Urejevalnik prečnih prerezov.....	31
Materiali konstrukcije .....	32
Urejevalnik materialov .....	32
Vozlišča.....	33
Podajanje vozlišč .....	34
Lastnosti vozlišč .....	34
Podpiranje vozlišč.....	36
Odstranitev podpore vozlišča.....	36
Premikanje vozlišč.....	36
Plavajoči meni vozlišča .....	37
Elementi .....	37
Usmerjenost elementa.....	38
Podajanje elementov .....	38
Presečišča elementov .....	39
Lastnosti elementov .....	39
Kako se sproščajo prostostne stopnje elementa .....	42
Simuliranje členkastega vozlišča .....	43
Povezava elementov z materiali in prečnimi prerezi .....	43

## **Obtežba konstrukcije 45**

Osnovni pojmi.....	45
Obtežba.....	45
Zunanji vpliv.....	45
Obtežni primer .....	46
Geometrijska začetna nepopolnost.....	47
Kako modeliramo začetno nepopolnost? .....	48
Upoštevanje vpliva tečenja betona .....	49
Obtežni primer tečenja.....	51
Primer uporabe vseh tipov obtežnih primerov .....	51
Podajanje obtežbe .....	52
Določitev zunanjih vplivov in obtežnih primerov .....	52
Izbira vrste obtežnega primera.....	53
Izbira zunanjega vpliva.....	53
Koncentrirana sila .....	53
Dialogno okno koncentrirane obtežbe .....	54
Koordinatni sistem in koncentrirana sila .....	54
Enakomerna linijska obtežba .....	55
Dialogno okno linearne obtežbe .....	55
Koordinatni sistem in enakomerna linijska obtežba .....	56
Primeri določitve smeri in položaja obtežbe.....	57
Enakomerna linijska obtežba po delu elementa .....	58
Temperaturna obtežba.....	59
Predpisani pomiki vozlišč .....	59
Odstranjevanje in urejanje že podane obtežbe .....	60
Lastnosti obtežbe .....	60

## **Izračun rezultatov 62**

Izračunajmo .....	62
Log datoteka .....	62

<b>Pregled rezultatov</b>	<b>63</b>
Vklop pregleda rezultatov .....	63
Izbira obtežnega primera .....	63
Določitev vsebine okna .....	63
Opomba o lokalnih pomkih .....	64
Spreminjanje velikosti diagramov .....	64
Ovojnice .....	64
Urejevalnik ovojnic .....	64
<b>Izpis rezultatov</b>	<b>67</b>
Izpišimo rezultate .....	67
Prenos slik v druge programe .....	67
Nastavitve oblike in vsebine izpisa .....	67
Splošno (General) .....	68
Robovi (Margins) .....	69
Glava/Noga (Header/Footer) .....	69
Naslovnica (Front Page) .....	70
Geometrija/Obtežba (Geometry/Load) .....	70
Rezultati (Results) .....	71
Opis konstrukcije (Description) .....	72
<b>Splošne nastavitve programa</b>	<b>73</b>
Nastavitve programa .....	73
Enote (Units) .....	73
Natančnost (Precision) .....	73
Enote mreže in koraka (Grid & Snap Units) .....	74
Domača stran (Home Page) .....	75
Osebnе nastavitve in registracija (Personalize & Register) .....	75
Nastavitve simbolov (Symbol Settings) .....	75
Analiza (Analysis) .....	76
<b>Registracija programa</b>	<b>78</b>
Splošno o registraciji .....	78
Vrste registracije .....	78
Prednosti registracije .....	78
Kako registrirati program? .....	79
Omejeni garancijski pogoji .....	79
Pravica do uporabe .....	80
<b>Element na elastični podlagi</b>	<b>81</b>
Uvod .....	81
Malo teorije .....	81
Napaka v pomikih .....	82
Ne-linearnost rešitve .....	82
Vozliščne podpore in element na elastični podlagi .....	82
Približne vrednosti za modul reakcije tal .....	83
<b>Linearni/Nelinearni elementi</b>	<b>85</b>
Splošno .....	85
Osnovni pojmi nelinearnosti .....	85
Tri vrste nelinearnosti .....	85
Geometrijska nelinearnost .....	86
Standardi Eurocode in nelinearnost .....	86
Nekaj ilustrativnih primerov .....	87
Vertikalna Konzola .....	87
Konzola in upogibni moment .....	88

Vpliv napačno izbranih vrednosti .....	89
Obtežba nelinearnega elementa.....	91
Sklep .....	92
<b>Nadaljnji razvoj programa AMSES Frame2D</b>	<b>93</b>
Kaj še manjka? .....	93
<b>Prilagoditev izpisa</b>	<b>94</b>
Prilagodimo si izpis.....	94
Nov jezik izpisa .....	94
<b>Dodatne informacije</b>	<b>95</b>
Obrnite se na ... ..	95
<b>Besednjak</b>	<b>97</b>
<b>Stvarno kazalo</b>	<b>99</b>

---

# Uvod

## Kratka zgodovina (predgovor)

Korenine programa AMSES Frame2D segajo v leto 1994. Takrat je namreč začela nastajati ideja o izdelavi celovitega paketa programske opreme za področje gradbene statike. Okolje Microsoft Windows se je v tistem času že močno razširilo in želeli smo napisati nekaj računalniških programov, ki bi izkoriščali sodobno grafično okolje. V naslednjih dveh letih je dejansko nastalo nekaj programov, ki so se ukvarjali predvsem z dimenzioniranjem armiranobetonskih prerezov (DPP in SECTANA), dimenzioniranjem jeklenih elementov (DJK in DJK-EC3) in termično analizo (TIDAK). Programi so bili v splošnem lepo sprejeti, vendar niso dosegli tistega, kar smo si v osnovi želeli. V celovit sklop smo namreč želeli združiti analizo konstrukcije in dimenzioniranje posameznih konstrukcijskih elementov. Danes vemo, da je bila v času nastanka omenjenih programov taka programska združitev praktično nemogoča. Vzroka za to sta pravzaprav dva:

- programska oprema na nivoju operacijskih sistemov še ni bila dovolj dobro razvita in
- pomanjkanje izkušenj za izdelavo projekta takega obsega.

V letih 1994-1996 smo se tudi zavedli, da je večina obstoječe programske opreme zastarela in da jo bo zelo težko nadgraditi v sodobno – grafično obliko. Na koncu se je izkazalo, da bo potrebno večino programov napisati na novo, če želimo izkoristiti sodobne tehnološke možnosti in doseči povezanost posameznih programov.

Jasno je, da je izjemno težko, če ne kar nemogoče, na novo napisati vse računalniške programe za potrebe gradbene statike. To pravzaprav tudi ne bi bilo smiselno, saj je na tržišču na voljo kar nekaj dobrih programskih paketov, ki skoraj v celoti pokrivajo analizo konstrukcij. Je pa tudi res, da so ti paketi običajno zelo obsežni, dragi in precej nerodni za uporabo.

Eden izmed Murphyjevih zakonov pravi: "20% nalog se opravi v 80% časa." Če ta zakon obrnemo sebi v prid, ga lahko tolmačimo nekako takole: "Če uspemo na novo napisati 20% programske opreme, bomo s tem pokrili 80% vsakodnevnih projektantskih potreb."

V sredini leta 1997 smo ustanovili skupino imenovano AMSES in si zadali nalogo, da na novo napišemo del programske opreme. Pri tem smo se osredotočili predvsem na del, ki se pri projektiranju največkrat uporablja. Kot začetni projekt je bil izbran projekt ravninskega okvirja, saj se z ravninskim okvirjem pokrije največji del običajnih projektantskih nalog.

Prva verzija ravninskega okvirja AMSES Frame2D je torej končana. V njej je že mnogo zametkov in nastavkov namenjenim kasnejšim razširitvam in možnostim avtomatičnega prenašanja podatkov med programi, ki bodo sledili. Tako se je npr. že začelo delo na programu, namenjenemu

dimenzioniranju betonskih elementov, ki naj bi ugledal luč sveta v začetku leta 2000.

Kot zanimivost velja omeniti, da so uporabniki, ki so program AMSES Frame2D testirali, program tudi takoj začeli uporabljati za praktične naloge. To so storili kljub temu, da je bil program še globoko v razvojni fazi. Izkazalo se je namreč, da je bilo delo z njim mnogo enostavnejše in hitrejše, kot s programi, ki so jih uporabljali dotlej.

Upamo, da vam bo program zadovoljil vaše potrebe in da ga boste z veseljem uporabljali pri vašem delu.



---

# Kaj je novega?

## Za nove uporabnike

Če ste nov uporabnik programa AMSES Frame2D, potem lahko ta del dokumenta mirno preskočite in nadaljujete s poglavjem “Začetni koraki” na strani 9. Če pa program AMSES Frame2D že poznate, potem boste v tem poglavju izvedeli, kaj vse se je spremenilo glede na prejšnjo različico.

## Novo v različici 1.50

V različico 1.50 smo vgradili veliko novosti in izboljšav, ki vam bodo dodatno olajšale delo in naredile program uporabnejši. Novosti so:

**Element na elastični podlagi:** Geometrijsko linearnemu končnemu elementu smo dodali možnost povezave z elastično podlago. Elastična podlaga je modelirana z neskončnim številom vzporednih in med sabo neodvisnih vzmeti (Winklerjev pol-prostor). Ta novost vam omogoča neposredno povezavo zgornjega dela konstrukcije s temeljno gredo in sočasno upoštevanje njune interakcije. Omeniti velja, da se natezno področje med temeljem in podlago samodejno izloča iz računa. Glejte še “Element na elastični podlagi” na strani 81.

**Nov kinematično točen končni element:** Prejšnji geometrijsko nelinearni element je temeljil na teoriji drugega reda. Sedaj je bil zamenjan z novim, ki je kinematično povsem točen in s kinematičnega vidika nima omejitev. To pomeni, da lahko rešuje probleme s področja velikih pomikov in velikih deformacij. Glejte še “Linearni/Nelinearni elementi” na strani 85.

**Samodejni zamik konstrukcije:** Dodan je poseben obtežni primer, ki konstrukcije sicer ne analizira, zato pa jo zamakne za predpisan kot. Na ta način zelo elegantno upoštevamo začetne geometrijske nepopolnosti, brez da bi bilo potrebno računati nadomestne horizontalne sile. Glejte še “Geometrijska začetna nepopolnost” na strani 47.

**Vpliv tečenja betona** na notranje sile pomičnih okvirjev je zajet s približno metodo, ki je bila predlagana v CEB-FIB. Gre za metodo, ki okvir obremeni s trajno obtežbo pri reduciranem elastičnem modulu betona in dobljene premike prišteje k začetni geometrijski nepopolnosti. Glejte še “Upoštevanje vpliva tečenja betona” na strani 49.

**Ovojnice** so uporabljene, da iz predpisane skupine rezultatov obtežnih primerov poiščejo največje in najmanjše notranje sile. Poleg obtežnih primerov ovojnico definira še vodilna količina, ki je lahko notranja sila, pomik ali kontaktni tlak. Glejte še “Ovojnice” na strani 64.

**Linearna obtežba** je zamenjala dosedanje konstantno obtežbo. Z linearno obtežbo lahko obravnavamo širši krog problemov.

**Izboljšan sistem reševanja enačb:** Odpravljeno je bilo precej hroščev v zavezi z analizo. Tako lahko sedaj rešite tudi primer polno-vpetega nosilca z enim samim končnim elementom. Na drugi strani, lahko v primeru konstrukcije na elastični podlagi, ki je pravilno podprta, opustimo vse klasične točkovne podpore.

**Knjižnica valjanih profilov** je sedaj bistveno večja in bolj "gosta". Dodanih je bilo precej "evropskih", "kanadskih" in "ameriških" vroče valjanih profilov.

**Sproščanje rotacij na robovih elementa:** V okolju podajanja geometrije je bil dodan nov gumb, ki sproži ukaz za neposredno sproščanje/fiksiranje rotacij na robovih končnih elementov.

**Obtežba in absolutne koordinate:** V prejšnji različici lege obtežbe ni bilo mogoče podati z absolutnimi koordinatami. Ta pomanjkljivost je sedaj v celoti odpravljena.

**Desni gumb miške** je dobil podporo v okolju geometrije, kjer omogoča bližnjico do mnogih koristnih ukazov nad elementov ali vozliščem.

**Ukaz za razdelitev elementa:** Ta ukaz element razdeli na predpisano število manjših elementov enakih dolžin. Ukaz je zelo primeren za konstruiranje paličnih konstrukcij.

**Prenos slik v druge programe** preko odložišča (clipboard). Celotna slika, ki pripada trenutnemu pogledu se prenese na odložišče v "enhanced windows metafile" formatu. Sliko lahko nato iz odložišča prenesete v skoraj vse sodobne Windows programe.

**Več kot 40 ostalih drobnih izboljšav**, ki obsegajo vse od popravkov pravopisnih napak, sprememb izgledov nekaterih gumbov, pa vse do odprave hroščev in vsebinskih sprememb pri nekaterih pogovornih (dialognih) oknih.

---

# Začetni koraki

V začetnih korakih vam bomo najprej pokazali način instalacije programa. Takoj za tem bomo skupaj rešili prvi preprosti primer.

## Instalacija programa AMSES Frame2D

Če ste izkušen računalniški maček, potem ste program verjetno že instalirali in pognali. Tedaj lahko preskočite na poglavje "Kratek izlet skozi program".

### Zahteve strojne in programske opreme

Program AMSES Frame2D zahteva naslednjo minimalno programsko in strojno opremo:

- Računalnik družine PC s procesorjem 486, ki teče pri 100 MHz. (priporočamo Pentium pri 150 MHz),
- 32 MB hitrega pomnilnika - RAM (priporočamo 64 MB),
- približno 10 MB prostega pomnilnika na trdem disku,
- Windows 95 - Service Release 1 (SR1) ali Windows NT - Service Pack 3 (SP3) ali Windows 98.

### Instalacija

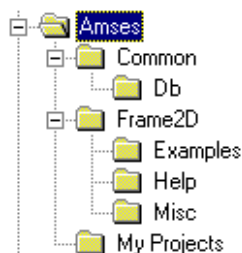
Instalacija programa AMSES Frame2D je preprosta. Disketo označeno kot DISK 1 vstavimo v pogon A: in poženemo program SETUP.EXE. To storimo tako da:

1. Pritisnemo gumb Start,
2. izberemo ukaz Zaženi (Run),
3. v okno za vpis ukaza vpišemo: **a:setup**,
4. pritisnemo gumb V redu (OK) ali pritisnemo tipko Enter.

Zagnal se bo instalacijski čarovnik, ki vas bo vodil skozi instalacijo.

### Razporeditev map (direktorijev)

Pri instalaciji izberemo osnovno mapo, na katero se naložijo programi. V nadaljevanju predpostavljamo uporabo privzete možnosti: **Program Files\AMSES**. V tej osnovni mapi so se ustvarile še različne pomožne mape, razdeljene v dve skupini. V mapi **Frame2D** so datoteke, ki se tičejo samo istoimenskega programa. V mapi **Common** so skupne datoteke, ki jih bodo uporabljali tudi drugi programi iz skupine AMSES. Vsebina posameznih map je približno taka:



## Nastavitev slovenskega nabora znakov

## Končnice delovnih datotek

*Program AMSES Frame2D najprej odpre projektno datoteko, ki ima končnico AMP*

*Imen delovnih datotek (končnica AMS) ne smemo spreminjati.*

## Definicija problema

**Frame2D** vsebuje programske datoteke tipa EXE in DLL in nekaj dodatnih podmap.

**Frame2D\Misc** vsebuje razne datoteke, kot so sporočila o napakah, nasveti dneva in nekatere delovne datoteke.

**Frame2D\Help** vsebuje datoteke pomoči.

**Frame2D\Examples** vsebuje nekaj primerov konstrukcij.

**Common** bo pravi pomen dobil v prihodnosti. Trenutno vsebuje samo eno podmapo.

**Common\DB** vsebuje podatkovne baze, na katere se programi sklicujejo.

**My Projects** je privzeta mapa, v katero program spravlja vaše datoteke. Za hranjenje vaših rezultatov lahko seveda izberemo tudi kako drugo mapo.

Privzeta nastavitev programa AMSES Frame2D uporablja ameriško kodno tabelo in zato se v nekaterih primerih slovenski znaki ne bodo pravilno izpisovali na zaslon ali na tiskalnik. Dobro je, če že kar na začetku pravilno nastavimo kodno tabelo:

1. zaženemo program in
2. izdamo ukaz **Tools\Character Set\Central European**.

Kodna tabela je sedaj nastavljena in slovenski znaki se bodo pravilno izpisovali. Ko je kodna tabela enkrat nastavljena, je ni potrebno več nastavljati, razen, če želimo uporabljati kako drugo kodno tabelo, kar pa je malo verjetno.

Ko rezultate dela shranimo na disk, program AMSES Frame2D ustvari dve vrsti datotek, ki se razlikujeta po končnici. Uporabljeni sta končnici AMP in AMS:

- Končnica AMP se nanaša na projektno datoteko, ki vsebuje naslove ene ali več delovnih datotek. Projektna datoteka je običajno precej kratka.
- Končnica AMS se nanaša na delovno datoteko - konkretno konstrukcijo, ki se analizira. Vanjo se zapišejo vsi bistveni podatki o konstrukciji in rezultati analize (če so na voljo).

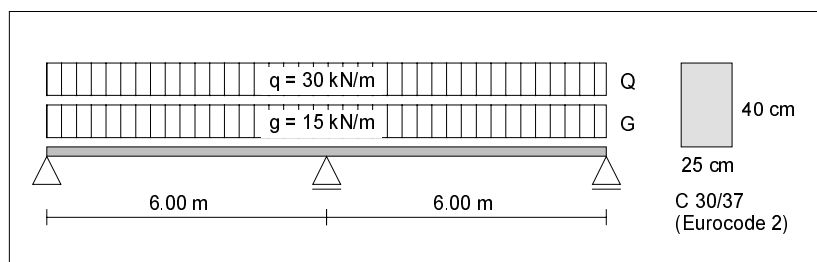
Med odpiranjem projekta, program AMSES Frame2D vedno najprej prebere projektno datoteko (datoteko s končnico AMP). V njej so zapisana imena delovnih datotek. V naslednjem koraku program naloži in odpre še vse delovne datoteke, ki so zapisane v projektni datoteki. (Trenutna različica programa AMSES Frame2D v projektno datoteko zapiše ime samo ene delovne datoteke).

Pomembno je, da datotekam s končnico AMS ne spreminjamo imen. Če spremenimo ime delovne datoteke (npr. v Raziskovalcu/Explorerrju), se zapis v projektni datoteki ne bo več ujemal z resničnim imenom datoteke in program bo sporočil napako.

## Kratek izlet skozi program

V kratkem izletu bomo rešili prvi sorazmerno preprost problem. Pri tem se bodo na hitro pokazale osnovne značilnosti programa AMSES Frame2D. Po končanem izletu se boste preprostih nalog lahko lotili tudi sami.

Analizirali bomo kontinuirni nosilec preko dveh polj. Geometrija nosilca je prikazana na sliki spodaj.



Slika: Dispozicija in obtežba kontinuirnega nosilca.

Nosilec ima dve polji - vsako polje ima 6 metrov razpona. Podpora skrajno levo je fiksna, ostali dve podpori sta pomični. Nosilec ima konstanten potek prečnega prereza vzdolž osi. Prečni prerez je pravokotne oblike višine 40 cm in širine 25 cm. Nosilec je iz betona marke C30/37 (po Eurocode 2).

Nosilec je obremenjen z dvema enakomernima obtežbama: stalno obtežbo (15 kN/m) in prometno obtežbo (30 kN/m). Pri tem stalna obtežba spada v 'stalni vpliv (G)' in prometna obtežba v 'spremenljivi vpliv (Q)'.

Iz zunanjih vplivov (Action) bomo sestavili dva obtežna primera. Prvi se bo nanašal na mejno stanje nosilnosti, drugi na mejno stanje uporabnosti. Pri tem bomo uporabili naslednje varnostne faktorje:

Tabela: Obtežni faktorji

Obtežni primer	Stalni vpliv G	Spremenljivi vpliv Q
G + Q (nosilnost)	1.35	1.50
G + Q (pomiki)	1.00	1.00

V nadaljevanju bomo za prikazan kontinuirni nosilec in obtežne primere izračunali notranje statične količine in pomike nosilca.

## Rešitev s programom AMSES Frame2D

Kontinuirni nosilec in njegova obtežba sta dovolj natančno opisana in začnemo lahko s praktičnim delom. Zadani problem bomo rešili v naslednjih korakih:

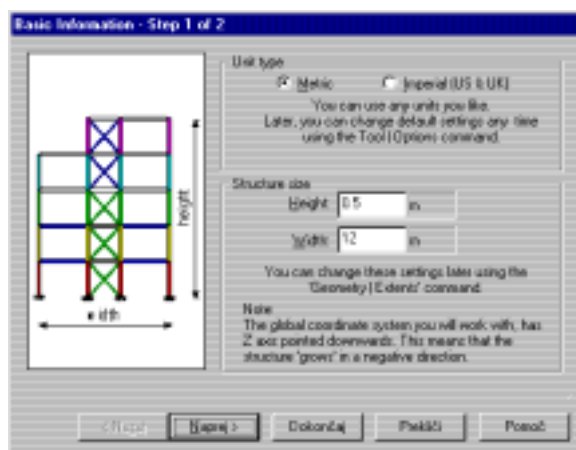
1. Odprtje novega dokumenta
2. Podajanje oblike konstrukcije
3. Določitev zunanjih vplivov in obtežnih primerov
4. Podajanje obtežbe zunanjih vplivov
5. Izračun rezultatov
6. Pregled rezultatov
7. Izpis rezultatov

## Odprtje novega dokumenta

Najprej poženemo program AMSES Frame2D. Ob zagonu programa se običajno pojavi okno z nasvetom. Tega preberemo in zapremo. Preden začnemo z definiranjem geometrije moramo odpreti nov dokument - konstrukcijo.

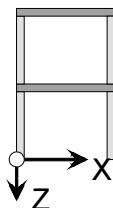
1. Izberemo ukaz **File|New**. Ukaz odpre okno v katerem podamo ime datoteke (konstrukcije) in mapo v katero jo bomo shranili. V polje structure name vpišemo: **Kontinuirni nosilec**. V polju Location pa zaenkrat pustimo privzeto vrednost. Okno zapremo z gumbom V redu (OK).
2. Prikaže se preprost čarovnik, ki nas vpraša po nekaj osnovnih podatkih o konstrukciji. Prva stran čarovnika sprašuje po enotah v katerih bo konstrukcija podana. Privzete so metrične enote (SI). Podati moramo širino in višino konstrukcije. V našem primeru znaša širina **12 m** in višina približno **0,5 m**. Slika spodaj prikazuje

prvo stran čarovnika. Po vnosu podatkov kliknemo na gumb Naprej (Next).



Slika: Prva stran čarovnika, ki zahteva podatke o razsežnosti konstrukcije.

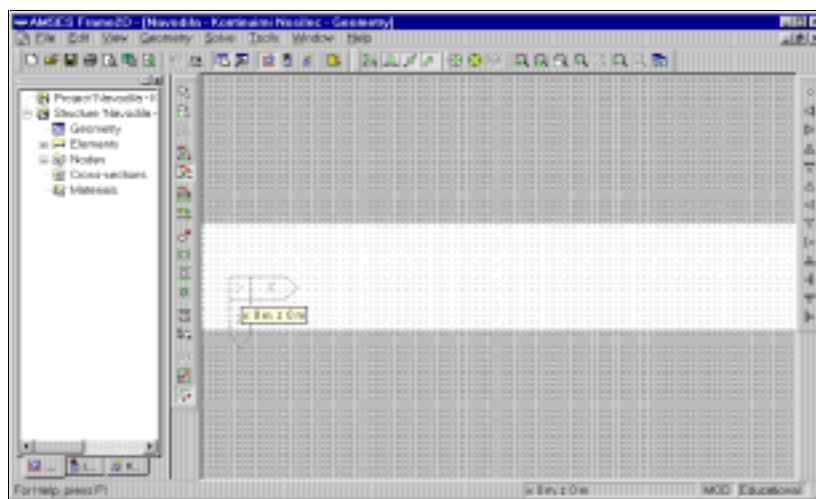
3. Prišli smo do druge strani čarovnika, kjer lahko vpišemo nekatere podatke o konstrukciji. Vnos teh podatkov ni obvezen in jih lahko tudi izpustimo. Pri realnih projektih so ti podatki koristni in zato jih je pametno vpisati. Ko smo podatke vpisali, kliknemo na gumb Končaj (Finish) in na ekranu se prikaže okno za vnos geometrije.



## Podajanje oblike konstrukcije

Opomba: Program AMSES Frame2D iz podane višine in širine konstrukcije izračuna ustrezen delovni prostor. Spodnji levi vogal konstrukcije postavi v koordinatno izhodišče. To pomeni, da se zgornji desni vogal konstrukcije nahaja v pozitivni X smeri in negativni Z smeri globalnega koordinatnega sistema.

Nasvet: Okno programa je koristno razširiti na celotno površino. Zaslon po taki razširitvi izgleda kot je prikazano na naslednji sliki:



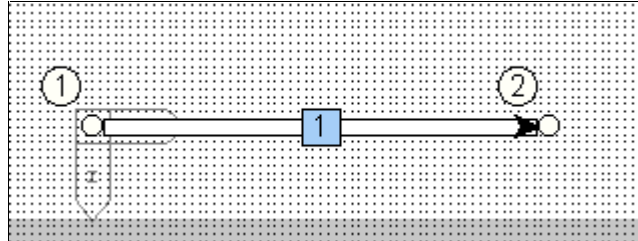
Slika: Okno pripravljeno za vnos geometrije.

## Risanje elementov

Kontinuirni nosilec bomo sestavili iz dveh šest metrskih elementov. Prvi element začnemo v izhodišču (0,0).

1. Z miško se postavimo v koordinatno izhodišče, kliknemo in začnemo z risanjem prvega elementa.

2. Kazalec miške premaknemo v desno in pri tem vidimo, da se za njim riše tanka črta, ki ponazarja nosilec. Kazalec miške prestavimo na koordinato (6,0).
3. Kliknemo in dobimo prvi element. Slika spodaj prikazuje rezultat, ki ga vidimo na zaslonu - dve nepodprti vozlišči in element.

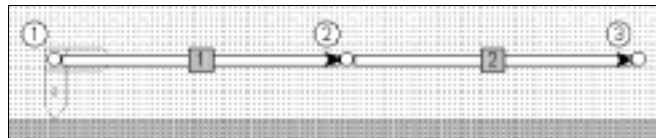


Slika: Narisan je prvi element.

Opomba: Če miška za hip obstane v polju, se prikaže trenutna koordinata miške. Trenutna koordinata se izpisuje tudi v statusni vrstici v spodnjem delu zaslona.

Narisati moramo še drug element:



1. Kazalec miške premaknemo nad vozlišče 2. Kazalec se v legi nad vozliščem malce spremeni, tako da se pokaže še črna pika, ki označuje, da se ob kliku ne bo ustvarilo novo vozlišče, temveč se bo uporabilo obstoječe. Kliknemo z miško.
2. Miško premaknemo na desno nad koordinato (12, 0).
3. Ko je kazalec na mestu, ponovno pritisnemo na levo tipko miške in tudi drug element je na svojem mestu.

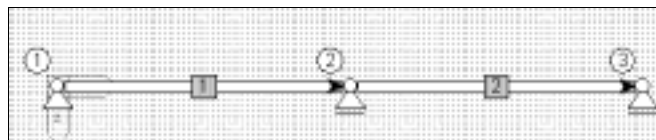


Slika: Oba elementa sta narisana.

## Določanje podpor

Kontinuirni nosilec je potrebno še podpreti. Najprej podpremo vozlišče 1:

1. na desnem robu zaslona poiščemo ikone s podporami in izberemo ikono ,
2. kliknemo na vozlišče 1 in takoj po kliku se vozlišče spremeni v skladu z izbrano ikono,
3. v orodjarni na desni izberemo pomično vozlišče – ikona ,
4. kliknemo na vozlišči 2 in 3. Na zaslonu se prikaže spodnja slika.



Slika: Kontinuirni nosilec je povsem podprt.

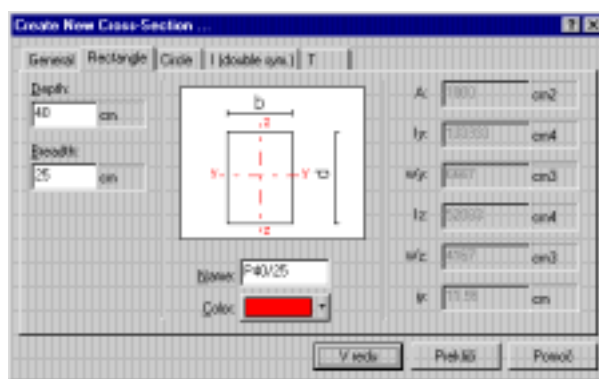
Pomembno: Ko premikamo miško, ne smemo držati leve tipke miške pritisnjene. Črta, pravokotnik, ipd. se narišejo tako, da kliknemo levi gumb miške, gumb izpustimo in miška se premakne na želeno mesto. Ponovno kliknemo na levi gumb miške, kar zaključi operacijo. Ta pristop je sicer

malce drugačen od pristopa, ki ga uporabljajo običajni Windows programi, zato pa omogoča sprotno prikazovanje tekoče koordinate in drugih koristnih informacij na mestu prikazovalnika miške. Podoben pristop uporablja npr. program AUTOCAD.

## Definicija prečnega prereza

Nosilcema je potrebno določiti prečni prerez. Ob nastanku novega elementa se element bodisi poveže s prečnim prereзом, ki ima indeks 1, bodisi se naveže na privzeti prečni prerez, če le-ta obstaja. Do sedaj še nismo definirali nobenega prereza. Zato elementi, ki kažejo na prerez 1, kažejo na neobstoječi prerez. Naša naloga je torej definirati prečni prerez obeh nosilcev.

1. Izberemo ukaz **Geometry|Cross-section**. Na ekranu se prikaže okno za urejanje prečnih prereзов. Ker trenutno ni definiran noben prečni prerez, pritisnemo na gumb New ...
2. Odpre se novo okno s tabulatorji na vrhu. Izberemo tabulator Rectangle (pravokotnik) in vpišemo višino (**40 cm**) in širino (**25 cm**), kot to prikazuje naslednja slika.



Slika: Vpis podatkov za pravokotni prečni prerez.

3. Pravokotnik moramo še poimenovati. Ime je poljubno; dobro pa je, če izberemo ime, ki bo opisovalo obliko prereza, npr.: **P 40/25**. Prečnemu prerezu določimo tudi poljubno barvo.
4. Ko je prečni prerez opisan, okno zapremo z gumbom V redu (OK).
5. Vrnemo se v okno za urejanje prereзов. Vidimo, da se je v spisku pojavil prerez P 40/25. Opazimo lahko, da je prečni prerez avtomatično dobil indeks 1. Na tem mestu lahko prerezu spremenimo ime in barvo, indeksa ne moremo spremeniti.
6. Ko smo končali, zapremo okno z gumbom OK, sicer bo definicija novega prereza izgubljena.

*Elementi se na zaslonu obarvajo v barve pripadajočih prečnih prereзов.*

## Definicija materiala

Po ukazu OK okno za urejanje prereзов izgine in elementa se obarvata z barvo, ki ste jo izbrali za prečni prerez. Kot je bilo že rečeno, elementa kažeta na prerez 1. Ko smo definirali prvi prerez, je le-ta avtomatično dobil indeks 1 in elementa sedaj kažeta nanj.

Določitev materiala poteka podobno kot določitev prečnega prereza:

1. Izberemo ukaz **Geometry|Material ...** in prikaže se okno, na las podobno oknu za urejanje prereзов.
2. Izberemo ukaz New ..., ki odpre novo okno s tabulatorji v zgornji vrstici.
3. Izberemo tabulator Concrete (beton). Prikaže se okno, ki ga prikazuje naslednja slika.



- Podatkov za betone iz nekaterih standardov nam ni potrebno vpisovati, ampak jih lahko kar izberemo. Tako najprej izberemo standard **“Eurocode 2”** in nato beton **“C 30/37”**.
- Material je s tem definiran in okno zapremo z gumbom V redu (OK).
- Vrnemo se v okno za urejanje materialov. Vidimo, da se je v seznamu pojavil material C 30/37, ki je avtomatično dobil indeks 1. Tukaj lahko materialu spremenimo ime in barvo, indeksa ne moremo spremeniti.
- Ko smo končali, zapremo okno z gumbom OK, sicer bo definicija novega materiala izgubljena.



Slika: Vpis podatkov za beton. V našem primeru beton kar izberemo.

Prikaz materialov  
uporabljenih v konstrukciji  
dosežete z gumbom

Po izvršenem ukaz OK se vrnemo k podajanju geometrije. Tokrat se elementa ne odeneta v barvo materiala. Če želimo videti elemente v barvi materiala, pritisnemo na gumb , ki se nahaja v orodjarni pod meniji. Takoj po pritisku na gumb se elementi obarvajo v skladu z barvami materialov, na katere kažejo. Isto dosežemo tudi z ukazom **View|Show|Material**.

Sedaj, ko imamo definiran prečni prerez in material, je geometrija popolna in preidemo na podajanje obtežbe elementov.

## Določitev zunanjih vplivov in obtežnih primerov

Program AMSES Frame2D moramo najprej preklopiti v način za podajanje obtežbe. To storimo tako:

- da z miško kliknemo na tabulator , ki se nahaja pod drevesom ali
- na orodjarni pod meniji kliknemo na gumb
- ali izberemo ukaz **View|Workspace|Loads**.

Opazimo precejšnjo spremembo na zaslonu. Slika nosilcev izgine, meniji se zamenjajo, prav tako orodjarne in drevo na desni strani. To se zgodi zato, ker smo preklopili v drugo okolje. V tem okolju moramo najprej definirati zunanje vplive (actions) in obtežne primere (load cases).

Zunanje vplive in obtežne primere definiramo v posebnem oknu s celičasto strukturo. Okno moramo najprej priklicati.

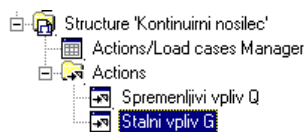
- V drevesu na desni strani dvakrat kliknemo na vrstico **Actions/Load Cases Manager** ali najprej izberemo vrstico z enojnim klikom in nato pritisnemo tipki Alt+Enter. Na zaslonu se pojavijo celice, kot je prikazano na naslednji sliki.

2. V ustrezne celice vpišemo imena zunanjih vplivov, imena obtežnih primerov in obtežne faktorje. Na koncu okno izgleda tako, kot prikazuje naslednja slika.
3. Celic v stolpcu *Fi creep/Skew* v tem primeru ne potrebujemo in jih zato pustimo prazne. Njihov pomen bo podrobno razložen kasneje.

	Limit state	Fi creep/Skew	Stalni vpliv G	Spremenljivi vpliv Q
G + Q (nosilnost)	Ultimate		1.350	1.500
G + Q (pomik)	Serviceability		1.000	1.000

Slika: Okno obtežnih parametrov po končanem vnosu.

## Podajanje obtežbe zunanjih vplivov

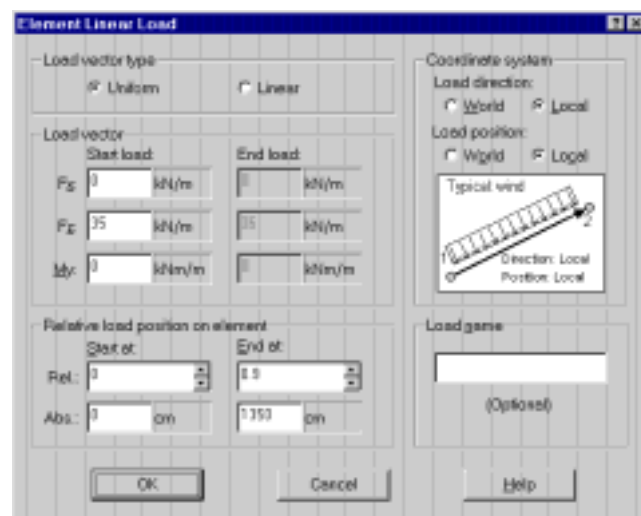


Vsak zunanji vpliv ima svoje okno v katerega vpisujemo obtežbo. Najprej bomo podali obtežbo za stalen vpliv:

1. v drevesu na desni strani odpremo mapo z imenom Actions. Prikazati se morajo vsi zunanji vplivi, ki smo jih definirali,
2. izberemo želen vpliv in pritisnemo Alt+Enter ali dvakrat kliknemo na ime izbranega vpliva.
3. Odpre se okno z narisano konstrukcijo in sedaj lahko podamo obtežbo na izbrani vpliv.

Izbrali smo stalni vpliv. Vanj vpišemo enakomerno zvezno obtežbo po obeh elementih. Najprej izberemo tip obtežbe, ki jo želimo podati. Podati želimo enakomerno zvezno obtežbo, ki jo ilustrira gumb

1. Pritisnimo torej gumb ali izdamo ukaz **Add|Uniform Force**,
2. izberemo element na katerega želimo podati obtežbo. To storimo tako, da kliknemo na izbrani element. V našem primeru na element 1,
3. pojavi se dialogno okno, ki nas vpraša za intenziteto obtežbe. Okno z že vpisano obtežbo je prikazano na naslednji sliki.
4. v skladu s sliko vpišemo velikosti zvezne obtežbe. Opazimo lahko, da se intenziteta podaja za tri količine. Pod Fz vpišemo **15 kN/m**, v Fx in My pa **0**. Obtežbi podamo še ime – **lastna teža**.
5. Ko je obtežba podana, pritisnemo gumb OK in na zaslonu se pojavi shema obtežbe.



Slika: Okno za intenziteto obtežbe. Ker se v našem primeru globalni koordinatni sistem ujema z lokalnim koordinatnim sistemom elementa, je vseeno v katerem sistemu podamo smer in lego obtežbe.


Tudi drug element je obremenjen z enako obtežbo. Postopek podajanja obtežbe za drug element je v principu enak. Ker pa je obtežba po intenziteti enaka, lahko postopek skrajšamo:

1. na tipkovnici držimo tipko SHIFT ter z miško kliknemo na drugi element. Drugi element takoj prevzame zadnjo podano intenziteto – prihranili smo vpis v dialogno okno.



Slika: Nosilec z obtežbo stalnega vpliva.

Obtežba stalnega vpliva je s tem definirana. V nadaljevanju bomo podali še obtežbo spremenljivega vpliva. Postopek je podoben že opisanemu:


1. odpremo okno spremenljivega vpliva: dvojni klik na “Spremenljivi vpliv” v drevesu. Prikaže se okno, ki še nima definirane nobene obtežbe,
2. izberemo gumb  za vnos enakomerne zvezne obtežbe in pokažemo na element 1,
3. odpre se okno v katerega pod Fz vpišemo **35kN/m**, pod ime pa **prometna obtežba**,
4. pritisnemo tipko OK in obtežba se vpiše v element,
5. na tipkovnici držimo tipko SHIFT in z miško pokažemo še na element 2. Tudi ta dobi ustrezno obtežbo. Zaslona mora biti podoben spodnji sliki.



Slika: Nosilec z obtežbo spremenljivega vpliva



Podajanje obtežbe je s tem zaključeno.

## Izračun rezultatov

Postopek izračuna je nadvse enostaven. Sprožimo ga tako, da izberemo ukaz **Solve|Solve** ali pritisnemo gumb  na orodjarni. Izračun lahko zahtevamo kadarkoli. Če gre pri izračunu kaj narobe, se sporočilo o napaki izpiše v posebno okno.

## Pregled rezultatov

Iz okolja za podajanje obtežbe moramo preklopiti v okolje za pregled rezultatov. To storimo na naslednji način:










- z miško kliknemo na tabulator  pod drevesom na desni strani ali
- kliknemo na gumb  v orodjarni pod meniji ali
- izberemo ukaz **View|Workspace|Results**.

Takoj ko to storimo, se vsebina zaslona spremeni. Zamenja se vsebina drevesa na levi, izgine delovno okno in spremenijo se orodjarne. Da lahko rezultate prikažemo na zaslonu, moramo na drevesu najprej odpreti mapo **Load cases**, ki vsebuje imena vseh obtežnih primerov.

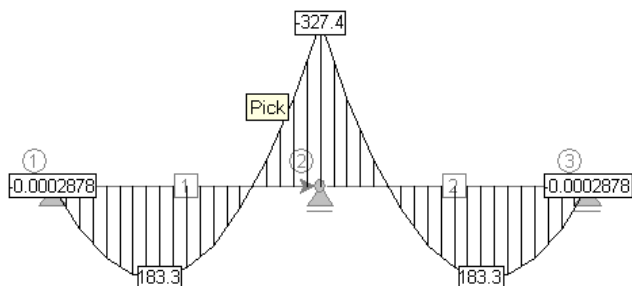


Ko se prikažejo imena obtežnih primerov, dvakrat kliknemo na vrstico z imenom **G + Q (nosilnost)** in prikažejo se rezultati za izbrani obtežni

primer. Vsebino prikaza izbiramo s pomočjo orodjarne v sredini. Gumbi v tej orodjarni pomenijo naslednje:

-  prikaži upogibne momente,
-  prikaži osne sile,
-  prikaži prečne sile,
-  prikaži pomike vozlišč in velikost reakcij,
-  prikaži lokalne upogibke elementov,
-  prikaži zasuke elementov,
-  povečaj (napihni) diagrame,
-  zmanjšaj (sprazni) diagrame,
-  prikaži/skrij številčne oznake na diagramih.

Do vseh teh ukazov pridemo tudi preko menija **Diagram**.




Slika: Rezultati prvega obtežnega primera.

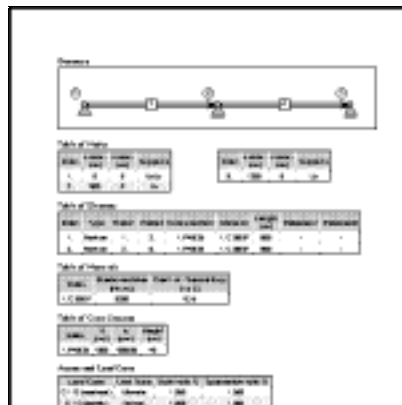
Rezultate drugega obtežnega primera **G + Q (deformacije)** dobimo tako, da dvakrat kliknemo na ustrezno vrstico v drevesu in nato v orodjarni izberemo prikaz količine, ki nas zanima.

Opomba: Priprava tabel in slik zahteva veliko pomnilnika. Nič nenavadnega ni, da izpis konstrukcije s stotimi elementi zahteva 15 MB hitrega pomnilnika (RAM).

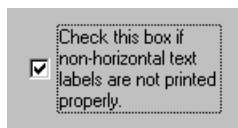
## Izpis rezultatov


Preostane nam le še izpis rezultatov. Preden rezultate izpišemo, si jih lahko ogledamo na zaslonu. To storimo tako, da sprožimo ukaz **File|Print**

**Preview** ali da pritisnemo gumb  v orodjarni. Na zaslonu zagledamo naslednjo sliko, ki je prikazana spodaj. Skozi posamezne strani izpisa se lahko sprehajamo s tipkami PgDn in PgUp.



Slika: Predogled rezultatov na zaslonu



Rezultate izpišemo s pritiskom na gumb  ali z ukazom **File|Print**. Program nas vpraša katere strani želimo izpisati in najbolje je, da prvič izpišemo kar vse. Ko pritisnemo gumb OK, se izpis začne.

---

Opomba: Na nekaterih tiskalnikih se izpis vertikalnih reakcij ne izpisuje pravilno. Napako odpravimo tako, da izberemo ukaz **Tools|Output Settings** in nato izberete stran **General**. V spodnjem desnem kotu boste našli kvadrata z besedilom **Check this ....** Označimo ta kvadrata in zaprimo okno s pritiskom na OK (V redu). Izpis na tiskalniku bo deloval pravilno, medtem ko se bo v predogledu na zaslonu prikazal napačno. Vzrok za to je napaka v gonilniku tiskalnika. Priporočamo, da si priskrbite najnovejšo verzijo gonilnika.

---

## Kratek sklep

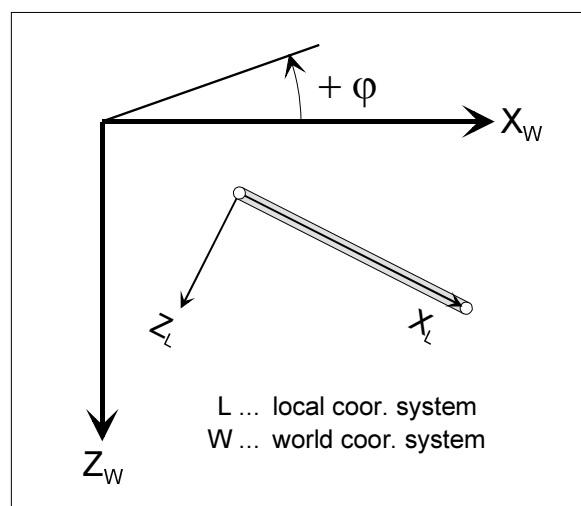
Kontinuirni nosilec smo sedaj uspeli analizirati in rezultate analize izpisati na papir. Delo na ostalih tipih konstrukcij je zelo podobno in preprostejših konstrukcij bi se lahko lotili tudi sami. Preden začnete program AMSES Frame2D uporabljati za izračun resničnih konstrukcij, vam svetujemo, da si preberete še preostali del navodil. V njih boste izvedeli mnoge podrobnosti, ki smo jih do sedaj izpustili. Poznavanje podrobnosti vam bo v realnih primerih prihranilo mnogo časa in truda.

# Osnove dela s programom

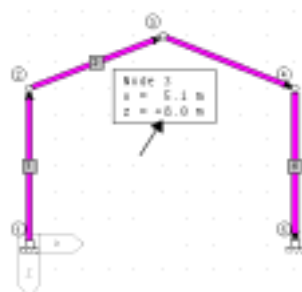
V poglavju Osnove dela s programom si bomo podrobneje ogledali nekatere lastnosti programa AMSES Frame2D. Prav podrobnosti so tiste, ki programu AMSES Frame2D dajejo moč in eleganco ter ga naredijo resnično uporabnega.

## Koordinatni sistem

Program AMSES Frame2D uporablja malce nenavaden koordinatni sistem. Njegovi glavni osi sta X in Z, kot to prikazuje slika.



Slika: Globalni koordinatni sistem programa AMSES Frame2D



Taka izbira koordinatnih osi ima nekaj prednosti in nekaj slabosti. Prednosti sta predvsem dve: prvič, vsa gravitacijska obtežba je skoraj vedno pozitivna in drugič, koordinatne osi so usklajene s koordinatnimi osmi, ki jih uporablja standard Eurocode. Slabost se kaže predvsem v tem, da konstrukcija 'raste' v negativno smer. Če npr. za koordinatno izhodišče vzamemo temelj, potem ima streha negativno koordinato Z. Slika na levi ilustrira tipičen primer take konstrukcije.

Opomba: Naslednje verzije programa bodo omogočale definiranje lokalnega koordinatnega sistema, ki se bo nanašal samo na podajanje geometrije. Na ta način bo nerodnost s koordinato Z odpravljena.

## Pretvorbe med enotami (Dimenzijski vnos)



*Najprej izberemo enoto in nato v polje vpišemo vrednost.*

### Kako uporabljati dimenzijski vnos

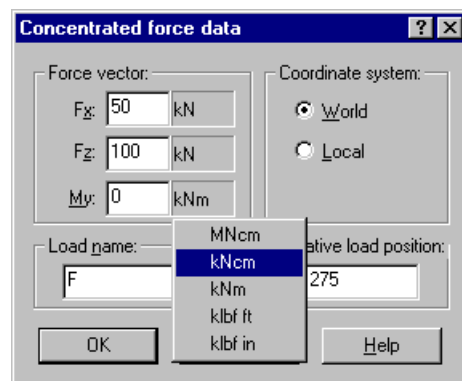
Program AMSES Frame2D prinaša novost, ki je ne boste našli v nobenem drugem programu. Avtomatično namreč pretvarja med fizikalnimi enotami, ki se uporabljajo v gradbeništvu. To uporabniku omogoča, da podatke vnaša v enotah, ki so mu najbolj domače. Program podane enote avtomatično pretvori v enoto, ki jo pri izračunu potrebuje. Ko je izračun gotov, program pretvori rezultat nazaj v enote, ki jih želi uporabljati projektant.

Primer: Projektant za dolžinske enote uporablja cm in za sile kN. Če želi podati linijsko obtežbo na element, potem skoraj vsi računalniški programi od njega zahtevajo, da jo poda v kN/cm. To je zoprno, ker so števila pri tej enoti običajno zelo majhna in nepredstavljljiva. Programu AMSES Frame2D je vseeno, v katerih enotah bo linijska obtežba podana. Tako je lahko podana v kN/m, kN/cm ali celo v klbf/in. Vse, kar mora uporabnik storiti, je da poleg intenzitete pove še enoto, v kateri jo želi podati.

Dimenzijski vnos, tako smo poimenovali vnos intenzitete skupaj z njeno enoto, se v programu AMSES Frame2D pojavlja praktično povsod. Uporaba dimenzijskega vnosa vsebuje samo eno pravilo, ki se glasi: **“Najprej moramo izbrati enoto, v kateri bomo vpisovali in šele nato vpisati vrednost.”** Največkrat bo enota že pravilno izbrana, zato bo dovolj le vpisati število. V tem primeru se dimenzijski vnos ne razlikuje od navadnega vnosa.

Poglejmo to še na primeru podajanja koncentrirane sile. Predpostavimo naslednji scenarij:

Privzeta enota za silo je kN in kNm za moment. Mi smo si dobili podatke v kN za sile ( $F_x = 50$  kN,  $F_z = 10$  kN) in kNcm za momente (30000 kNcm).



Slika: Okno za vpis podatkov o koncentrirani sili.

1. Pri silah ni težav. Pod  $F_x$  vpišemo **50** in pod  $F_z$  **10**.  
Enote momentov se ne ujemajo, zato jih moramo spremeniti.
2. Najprej izberemo nove enote - z miško kliknemo desno od okna za vpis momenta – na siv kvadratega z napisom **kNm**.
3. Prikaže se izbira enot. Izberemo **kNcm**.
4. Sedaj v okno za vpis momenta vpišemo število **30000**.


S tem je vnos končan.


*Sprememba ene enote  
avtomatično spremeni ostale  
enote iz iste skupine.*



S silami in momenti se lahko tudi malce poigramo, ne da bi pri tem kakorkoli vplivali na njihovo dejansko vrednost. Kliknimo na oznako **kN** desno od števila 50 ali 10 in izberimo neko drugo enoto. Opazimo lahko, da program sam pretvori prej podane vrednosti v novo izbrane enote. Če sedaj za sile zopet izberemo kN, se bosta v okencih znova pojavili števili 50 in 10. Opazimo lahko še naslednje. V večini primerov so enote iste fizikalne količine znotraj enega okna povezane. Če spremenimo enote sile  $F_x$ , se spremeni tudi enota pri  $F_z$  in obratno, sprememba enote  $F_z$  se pozna tudi pri  $F_x$ . Enota pri  $M_y$  pri tem ostane nespremenjena, ker je to druga fizikalna količina.

## Lastnosti

Vse v programu AMSES Frame2D se vrti okoli nekaj bistvenih objektov: vozlišča, elementa, obtežbe vozlišča, obtežbe elementa in rezultatov elementa. Vsak objekt vsebuje pomembne attribute, ki se na zaslonu ne morejo v celoti prikazati. Prikažejo pa se v posebnem oknu, če na simbol dvakrat kliknemo. V tem primeru se bo odprlo posebno okno za prikaz lastnosti (Properties), ki navadno vsebuje več strani, v katerih lahko nastavljamo lastnosti izbranega objekta. Pri tem velja nekaj preprostih pravil.


*Če želimo uveljaviti  
spremembe, moramo pritisniti  
Gumb *

*Gumb  pripne okno  
lastnosti na zaslon.*

- Dvojni klik na objekt odpre okno z lastnostmi objekta.
- Vse spremembe, ki smo jih vpisali v posamezne strani okna z lastnostmi, se bodo dejansko izvršile samo, če pritisnete gumb  Apply (Uporabi).
- Gumb  bo 'pripel' okno na zaslon. Sedaj lahko z miško kliknemo na nek drug objekt in lastnosti objekta se bodo takoj prikazale v oknu lastnosti.
- Če je okno z lastnostmi 'pripeto', lahko izberemo več objektov istega tipa, npr. elementov, in vsem hkrati spreminjamo lastnosti.  
  
Primer: Izberemo elemente 1,5 in 7 in vsem naenkrat spremenimo material, prečni prerez, sprostitev, ipd. Pri tem program AMSES Frame2D ne dovoli spreminjati nekaterih lastnosti, ki se nanašajo izključno na posamezen element, npr. imena elementov.
- Nekateri objekti (obtežbe in rezultati) ne dopuščajo izbire več elementov.
- Če okno z lastnostmi ni pripeto in kliknemo kjerkoli izven njega, se avtomatično zapre.

## Razveljavi / uveljavi

Program AMSES Frame2D ima vgrajen zelo kompleksen sistem za razveljavitev in ponovno uveljavitev ukazov (Undo/Redo). Pri tem sistem beleži ukaze, ki se nanašajo na konstrukcijo, ne pa npr. ukazov za povečavo slike, preklop v drug pogled ...


*Gumb  na orodjarni  
predstavlja ukaz Undo.*


Primer: V obstoječi konstrukciji na spodnji sliki pomotoma dodamo nov element, ki prečka steber in prečko in s tem konstrukcijo razkosa. Če želimo vrniti konstrukcijo v prvotno stanje, je potrebno pritisniti kombinacijo tipk Alt + Backspace ali izbrati ukaz **Edit|Undo**.





Slika: Prvotna konstrukcija, neželena sprememba in vrnitev v prvotno konstrukcijo.

Gumb  na orodjarni predstavlja ukaz Redo.

Gumb  shrani trenutno stanje konstrukcije na disk.

Če se nam zdi, da je bil ukaz vendarle dober in smo ga polomili, ker smo ga razveljavili, ga lahko ponovno uveljavimo s kombinacijo tipk Ctrl+Y ali z ukazom **Edit|Redo**. V prejšnjem primeru ukaz Redo ponovno nariše podani element in razkosa konstrukcijo.

Pri tem sta ukaza Undo/Redo neomejena. To pomeni, da si program zapomni vse pomembne ukaze. Te ukaze lahko razveljavljamo v obratnem vrstnem redu, kot so bili uveljavljeni ali jih ponovno uveljavljamo, če se smo jih pomotoma razveljavili.

Ukaz shrani (**File|Save**) ne vpliva na delovanje ukazov Undo/Redo. Če med delom konstrukcijo shranimo, lahko posamezne ukaze še vedno razveljavimo (ukaza shrani ne moremo razveljaviti).

Ko konstrukcijo zapremo (odstranimo iz delovnega okolja), se odstrani tudi vsa informacija zapisana v sistemu Undo/Redo.

---

Opomba: Ukazi se razveljavljajo in uveljavljajo tudi, če smo vmes prekopili v drugo okolje. Program si preklopa v novo okolje ne zapomni. Primer: Smo v okolju za podajanje obtežbe in na vozlišče 1 smo dodali neko silo. Sedaj prekopimo v okolje geometrije, kjer obtežbe ne vidimo. Če sedaj razveljavimo zadnji ukaz, ki se je nanašal na konstrukcijo, bomo umaknili obtežbo iz vozlišča 1, vendar tega ne bomo zaznali, dokler ne bomo prekopili nazaj v pogled obtežb.

---

## Princip risanja črt in pravokotnikov

Potek risanja črt in pravokotnikov se v programu AMSES Frame2D razlikuje od poteka risanja pri večini programov za okolje Windows. V okolju Windows poteka risanje tako, da se miškin levi gumb pritisne samo enkrat:

1. Začetek: ob pritisku na gumb se risanje začne.
2. Premik: gumb je pritisnjen in uporabnik premakne miško v želeno točko.
3. Konec: ko je gumb na miški spuščen, se risanje zaključi.

Risanje v programu AMSES Frame2D se odvija nekoliko drugače. Enak način risanja uporablja tudi program AUTOCAD. Za črto ali pravokotnik je potrebno na miškin gumb pritisniti dvakrat:

1. Začetek: risanje se začne, ko uporabnik klikne z levim gumbom miške.
2. Premik: gumb na miški je spuščen in uporabnik prosto premika miško, ki za sabo pušča ustrezno sled.
3. Konec: risanje se zaključi, ko uporabnik ponovno klikne na levi gumb miške.

V naslednji verziji programa bomo vgradili možnost izbire med obema načinoma risanja.

# Ukazi za upravljanje z vsebino slike










Vsi ukazi za upravljanje z vsebino slike so na voljo v View meniju ali v orodjarni pod menijem.



Slika: Orodjarna za upravljanje s sliko.

## Zoom ukazi

Marsikdaj je konstrukcija, ki jo analiziramo, tako velika, da so njeni posamezni elementi na zaslonu premajhni. Zato smo v program AMSES Frame2D vgradili ukaze, ki omogočajo povečavo dela slike. Načinov povečave je več. Izberemo jih lahko v meniju **View|Zoom**, ki nam da na voljo naslednje ukaze:

-  Zoom in je ukaz, ki vsebino okna poveča za 150%.
-  Zoom out je ukaz, ki vsebino okna pomanjša za 150%.
-  Zoom window je ukaz, ki poveča poljubni del vsebine. Povečani del moramo izbrati s pravokotnikom.
-  Zoom previous vrne prejšnjo velikost okna (razveljavi zadnji zoom ukaz).
-  Zoom next ponovno uveljavi zoom ukaz, če smo ga predhodno razveljavili. Ukaza  in  delujeta večnivojsko.
-  Zoom all na zaslon prikliče celotno konstrukcijo.
-  Zoom extents na zaslon prikliče prostor, ki je rezerviran za vnos konstrukcije.


Ukaz zoom je transparenten. Izvedemo ga lahko kadarkoli, npr. tudi med risanjem elementa ali pri premikanju vozlišč.


---


Opomba: Transparentnost ne bi bila mogoča, če bi uporabljali standardni pristop k risanju objektov na zaslon.

---


## Ostali ukazi

Gumb  vklopi/izklopi prikaz oznak vozlišč.



Gumb  vklopi/izklopi prikaz oznak elementov.

Gumb  zmanjša velikost vozlišč in oznak.

Gumb  poveča velikost vozlišč in oznak.

Prikaz oznake vozlišč: Če želimo, da program ne izrisuje oznak vozlišč, pritisnemo na gumb  ali izberimo ukaz **View|Show|Node index** in oznake vozlišč bodo izginile. Oznake vozlišč lahko prikličemo nazaj tako, da ponovno vklopimo gumb ali še enkrat izvedemo ukaz **View|Show|Node Index**.

**View|Show|Element Index** se nanaša na oznake elementov. V vseh drugih elementih se obnaša enako kot vklop/izklop oznak vozlišč.

Gumba  in  na orodjarni spreminjata velikost oznake simbolov vozlišč, debelino elementov in velikosti pisave za oznako vozlišč in elementov. Ukaza sta zelo uporabna v primerih, ko so vozlišča neprimerne velikosti glede na velikost konstrukcije. To se največkrat zgodi, če imamo opravka z zelo majhno konstrukcijo (npr. satasti nosilci) ali z zelo dolgo konstrukcijo (npr. most velikih razpetin). V primeru majhne konstrukcije bo privzeta velikost vozlišča prevelika glede na velikost konstrukcije. Zato bo potrebno večkrat uporabiti ukaz **Geometry|Shrink Node**. V primeru velike konstrukcije bo privzeta velikost vozlišča in oznak verjetno premajhna. Povečamo jo lahko z ukazom **Geometry|Expand Node**, ki ga lahko uporabimo večkrat zapored.

Ukaza Shrink node in Expand node se medsebojno izničujeta. Če npr. 3x izberemo en ukaz in nato 3x izberemo drugega, bodo vozlišča in oznake enake velikosti kot na začetku.

Gumb  obnovi sliko.


Ukaza vplivata tudi na izgled slike pri izpisu. Če so razmerja na zaslonu dobra, bodo taka tudi pri izpisu na tiskalnik.


Ukaz **View|Redraw** je namenjen obnovitvi slike, če je to zaradi kakršnegakoli razloga potrebno.

## Izbiranje objektov konstrukcije

Vidni objekti konstrukcije so trije: vozlišče, element in obtežba. Mnogokrat je potrebno izbrati samo en objekt ali neko posebno skupino objektov in nad njimi opraviti neko operacijo.


En objekt izberemo tako, da:

Gumb  preklopi v način posamičnega izbiranja.

1. Program preklapimo v način izbiranja. To storimo s pritiskom na gumb  v orodjarni na sredini zaslona (med drevesom in delovnim oknom) ali z ukazom **Edit|Select**.
2. Z miško pokažemo na zeleni objekt in kliknemo nanj. Objekt v tem trenutku zamenja barvo in s tem pokaže, da je izbran.


Če želimo izbrati več objektov, postopamo podobno (prvi dve točki sta enaki):

Če med izbiranjem novega objekta držimo tipko **SHIFT**, se bo novoizbrani objekt dodal že prej izbranim objektom.

1. Program preklapimo v način izbiranja. To storimo s pritiskom na gumb  v orodjarni na sredini zaslona (med drevesom in delovnim oknom) ali z ukazom **Edit|Select**.
2. Z miško pokažemo na zeleni objekt in kliknemo nanj. Objekt v tem trenutku zamenja barvo in s tem pokaže, da je izbran.
3. Na tipkovnici držimo tipko **SHIFT** in kliknemo še na vse ostale objekte, ki jih želimo izbrati.

Več objektov na enkrat lahko izberemo tudi s pravokotnikom:

Gumb  preklopi v izbiranje s pravokotnikom.

1. Program preklapimo v način izbire s pravokotnikom. Temu je namenjen gumb  na sredinski orodjarni. Isto lahko dosežemo z ukazom **Edit|Select window**.
2. Kliknemo na prvi vogal pravokotnika. (Levo tipko miške moramo spustiti).
3. Miško premaknemo v zeleno lego. Pri tem se izrisuje pravokotnik izbire.
4. Še enkrat kliknemo z miško. Vsi objekti, ki se nahajajo znotraj pravokotnika, se izberejo - spremeni se njihova barva.

---

Opomba: Tudi v tem primeru deluje tipka **SHIFT**. Če imamo nekatere objekte izbrane že od prej in če med izbiranjem s pravokotnikom držimo pritisnjeno tipko **SHIFT**, se novoizbrani objekti dodajo k predhodno izbranim.

---

## Brisanje objektov konstrukcije

Brisanje objektov konstrukcije je enostavno. Objekt (vozlišče ali element) najprej izberemo in nato pritisnemo tipko **DELETE** (ali ukaz **Edit|Delete**). Če se zbriše vozlišče, se zbrišejo tudi vsi elementi, ki so pripeti na izbrano vozlišče. Skupaj z vozlišči in elementi se zbrišejo tudi vse obtežbe, ki delujejo na izbrana vozlišča in elemente.

Ukaz **DELETE** je mogoče razveljaviti z ukazom **Undo**.

V okolju podajanja obtežbe opisani način brisanja ne deluje. Če želimo odstraniti samo neko obtežbo elementa ali neko obtežbo vozlišča, moramo to storiti v oknu "Lastnosti obtežbe" (glej stran 60).

## Plavajoči meni

Desna tipka na miški je aktivna v okolju geometrije. Pritisk nanjo odpre plavajoči meni, ki nam ponudi v izbiro običajne ukaze za delo z objektom nad katerim je bila desna tipka pritisnjena.

## Sistem pomoči

V program AMSES Frame2D je vgrajen celovit sistem pomoči, ki nam je v vsakem trenutku na voljo. Do pomoči dostopamo na klasičen način: s pritiskom na gumb Help ali s pritiskom na tipko F1.

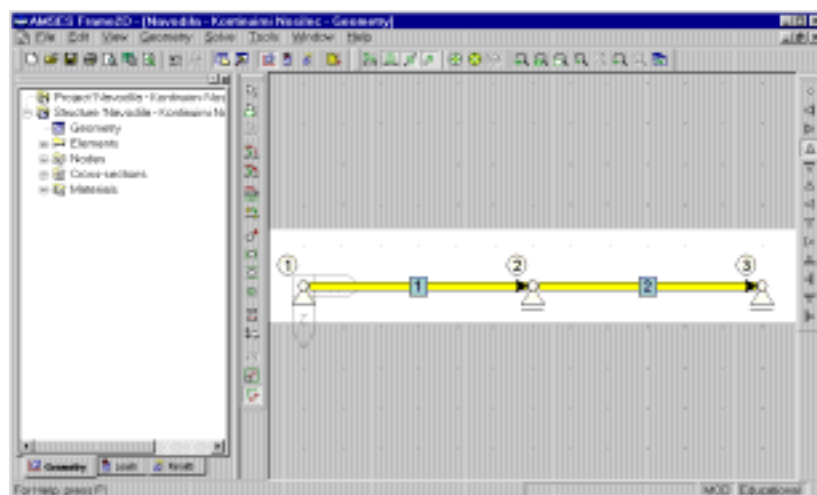
Ob klicu program ugotovi kje v programu se nahajamo in na zaslonu prikaže ustrezno pomoč. Pomoč je pripravljena za vsa dialogna okna, za vsa okna z lastnostmi, vanjo pa smo vključili tudi navodila za uporabo.

# Tri glavna delovna okolja

Program AMSES Frame2D ima tri različna delovna okolja: okolje za geometrijo, okolje za obtežbo in okolje za rezultate. Vsako okolje je sestavljeno iz več oken, menijev in orodjarn, ki se spreminjajo skupaj z okolji. Poglejmo si, kako izgleda tipično okolje.

## Zgradba tipičnega okolja

Tipično okolje je zgrajeno iz menija, več orodjarn, drevesnega okna, delovnih oken in okna za sporočila. Spodnja slika prikazuje razporeditev za primer okolja geometrije.




Slika: Privzeta razporeditev oken okolja geometrije

## Drevesno okno


Gumb  vklopi/izklopi drevesno okno.


Vloga drevesa v tem oknu je zaenkrat omejena zgolj na vklop posameznih delovnih oken. V kasnejših verzijah programa bo drevo dobilo dodaten, bolj aktiven pomen. Privzeta lega okna je na levi strani zaslona. Lego in velikost okna lahko spremenimo.

Drevesno okno vklopimo ali izklopimo z gumbom  na orodjarni ali z ukazom **View|Project Window**. Če je okno izklopljeno, nam ostane več prostora za delovno okno, kar je koristno, če ima računalniški zaslon majhno resolucijo ali če je konstrukcija, ki jo obravnavamo, zelo velika.



Delo z drevesom poteka enako kot v drugih programih. Opozoriti velja na naslednje osnovne simbole:



 ponazarja mapo. Mapa navadno vsebuje neke druge elemente. Mapo lahko zapremo (kliknemo na -, če je odprta) ali odpremo (kliknemo na +, če je zaprta).

 ponazarja okno. Če dvakrat kliknemo na vrstico, ki ima na začetku ikono v obliki okna, potem se bo v delovnem oknu odprlo pripadajoče okno.

---

Opomba: Slik mape  in okna  pravzaprav nikoli ne srečamo v prikazani obliki. V polju slik je vedno nek dodaten simbol, ki ponazarja vrsto okna, ki ga odpira.

---


Zelo pomemben je spodnji del drevesnega okna. Le-ta vsebuje tri tabulatorje, ki omogočajo preklon programa v drugo okolje. Več o tem kasneje.


## Delovno okno

Delovno okno je namenjeno grafičnemu vnosu podatkov in prikazu rezultatov. V nekaterih okoljih je eno samo delovno okno - npr. pri geometriji, v nekaterih okoljih jih je lahko več - npr. pri obtežbi in rezultatih. Vloga in pomen delovnega okna se spreminjata skupaj z okoljem.

## Sporočilno okno

V sporočilnem oknu se prikazujejo pomembnejša sporočila, npr. sporočila o napakah, pomanjkljivostih, sporočila o stanju ipd. Okno je enako za vsa okolja. V spodnjem delu ima vrstico, ki vsebuje dva tabulatorja, s katerima preklapljam med različnimi vsebinami sporočilnega okna.

Gumb  vklopi/izklopi prikaz sporočilnega okna.

Sporočilno okno lahko v vsakem trenutku izklopimo in s tem povečamo delovno okno in ga nato nazaj vklopimo. Vkllop/izklop dosežemo z ukazom **View|Output Window** ali z gumbom  v orodjarni. V nekaterih primerih, npr. po izračunu, se sporočilno okno vklopi kar samo.

- **Tabulator Messages** prikazuje pomembnejša sporočila programa uporabniku. Gre za pomembnejši tabulator in priporočljivo je, da je vedno vklopljen.
- **Tabulator LOG** prikazuje tekstovno datoteko rezultatov in komentarjev, ki je nastala pri zadnjem izračunu. Prikaz je namenjen predvsem zahtevnejšim uporabnikom, ki želijo prebirati rezultate v klasični obliki.

## Orodjarne

Obstajata dva tipa orodjarn: standardne in specializirane.

- **Standardne orodjarne** se nahajajo pod menijem in se s spremembo delovnih okolij le malo spreminjajo. Vsebujejo klasične gumba, ki ponazarjajo standardne ukaze za delo z datotekami in ukaze za delo s pogledi.
- **Specializirane orodjarne** so navezane na okolje. Pojavljajo se samo z okoljem in z zamenjavo okolja se zamenjajo tudi orodjarne. Specializirane orodjarne zato vsebujejo le ukaze, ki so odvisni od njim pripadajočega okolja. Tipična lega teh orodjarn je na sredini med drevesom in delovnim oknom, v nekaterih primerih na skrajnem desnem robu.

## Meniji

Meniji so navezani na delovna okolja. Če se spremeni okolje, se spremeni tudi meni. Posebnost pri menijih v programu AMSES Frame2D je, da določeni ukazi vsebujejo sličice, ki se ujemajo s slikami pripadajočih ukazov v orodjarni.

## Preklopi med okolji

Preklop med okolji se lahko izvede na tri načine: z izbiro ustreznega tabulatorja pod drevesom, ustreznega gumba v orodjarni in z ukazom iz menija.

### Tabulator pod drevesnim oknom



Slika na levi prikazuje tabulatorje pod drevesnim oknom. Ikone pomenijo naslednje:



je namenjen okolju geometrije,






je namenjen okolju obtežbe in



je namenjen okolju rezultatov.

Klik z miško na ustrezni tabulator bo preklupil program v pripadajoče okolje.

### Orodjarna

Tudi gumbi ,  in  v orodjarni, podobno kot tabulatorji, preklaplajo med posameznimi okolji.

### Preklop z menijem

Ukazi za preklop v izbrano okolje se nahajajo v meniju **View|Workspace**. Imenujejo se:


- Geometry - za preklop v okolje geometrije,
- Loads - za preklop v okolje obtežbe in
- Results - za preklop v okolje rezultatov.


# Podajanje geometrije

Geometrija konstrukcije se sestoji iz štirih ločenih delov: vozlišč, elementov, prečnih prerezov in materialov. Ogledali si bomo, kako se jih podaja in kako so med sabo povezani. Preden lahko geometrijo konstrukcije sploh podamo, ji moramo narediti prostor.

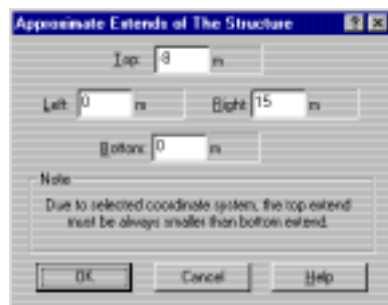
## Velikost konstrukcije

Preden začnemo s podajanjem elementov in vozlišč, moramo rezervirati nek navidezen prostor, v katerem bomo konstrukcijo definirali. Navidezen prostor je potreben zaradi prikaza konstrukcije na zaslonu. Idealno je, če se velikost tega prostora ujema z velikostjo konstrukcije ali če je navidezni prostor le za malenkost večji od velikosti konstrukcije.

Gumb  priključuje okno za vnos velikosti konstrukcije.

Velikost konstrukcije podamo v dialognem oknu, ki ga priključimo z ukazom **Geometry|Extents** ali s pritiskom na gumb .

Velikost konstrukcije podamo v globalnem koordinatnem sistemu, zato je zgornja koordinata vedno manjša od spodnje koordinate konstrukcije. Ne pozabimo, globalna Z os je obrnjena navzdol.



Slika: Vpis velikosti konstrukcije.


Določiti moramo levo, desno, zgornjo in spodnjo skrajno koordinato konstrukcije.


- Left: Leva skrajna X koordinata konstrukcije.
- Right: Desna skrajna X koordinata konstrukcije.
- Top: Zgornja skrajna Z koordinata konstrukcije (vedno manjša od spodnje koordinate).
- Bottom: Spodnja skrajna Z koordinata konstrukcije (vedno večja od zgornja koordinate).



## Prečni prerezi konstrukcije


V splošnem ima vsaka konstrukcija poljubno število elementov in vsak izmed elementov poljuben prečni prerez. Zaradi praktičnih razlogov ima mnogo elementov v konstrukciji enake prečne prereze. Zato prečne prereze podajamo ločeno od elementov in elementi se nanje sklicujejo le preko indeksa. Glej: "Povezava elementov z materiali in prečnimi prerezi".

Gumb  pobarva elemente z barvami prečnih prerezov.

Gumb  odpre okno za urejanje prečnih prerezov.

### Urejevalnik prečnih prerezov

V okolju geometrije lahko zahtevamo, da se polja elementov pobarvajo v barvah njihovih prečnih prerezov – ukaz **View|Show|Cross-section**.

Urejanje prečnih prerezov sprožimo z ukazom **Geometry|Cross-section** ali z gumbom . To odpre dialogno okno, v katerem urejamo prečne prereze.



Slika: Okno za urejanje prečnih prerezov

Urejevalnik prečnih prerezov se uporablja za delo s prečnimi prerezi, ki se pojavljajo v konstrukciji. V osnovi prečne prereze ustvarjamo, popravljamo in tudi odstranjujemo (brišemo). Prečnemu prerezu lahko spremenimo barvo ali ime in ga naredimo za privzetega.

V tej kontroli je spisek vseh obtežnih prerezov, ki so trenutno definirani na konstrukciji. Da lahko izvedemo določene operacije, moramo v spisku izbrati prečni prerez nad katerim želimo izvršiti operacijo. Takoj, ko izberemo nek prečni prerez, se ime prečnega prereza izpiše v polje Name in njegova barva pojavi na gumbu Color.

### Spisek prečnih prerezov

### Gumbi za manipulacijo s prečnimi prerezi

- Gumb **New ...** odpre okno z več stranmi. Vsaka stran definira svoj tip prečnega prereza. Po uspešnem vnosu podatkov o prečnem prerezu se ustvari prečni prerez iz podatkov na trenutno odprti strani.
- Gumb **Edit ...** za izbrani prečni prerez odpre okno natančno na tisti strani, ki ji pripada izbrani prečni prerez. Prečnemu prerezu lahko spremenimo dimenzije, lahko pa se odločimo za povsem drugo obliko prečnega prereza. Če okno zapremo s tipko OK, bo izbrani prečni prerez dobil podatke in obliko zadnje izbrane strani.
- Gumb **Delete** bo izbrani prečni prerez odstranil iz spiska prečnih prerezov.
- Ukaz **Change id** v tej različici programa še ni razvit.

### Podajanje imena (Name) in določitev barve (Color)

Kontroli **Name** in **Color** sta namenjeni urejanju imen in barv prečnih prerezov, ne da bi bilo za to potrebno odpirati ustrezna okna obstoječih prerezov.

Polje **Name** vsebuje ime prečnega prereza. Če besedilo v polju spremenimo, se takoj spremeni tudi ime prečnega prereza v spisku.

Svetujemo vam, da uporabite ime, ki bo prečni prerez natančno opisalo. Elementi se namreč sklicujejo na prečni prerez preko indeksa. Če elementu določamo prerez v lastnostih, se poleg indeksa pojavi tudi ime prereza. Primerno ime vam bo nedvoumno povedalo, kateri prerez se skriva pod indeksom.

Gumb **Color** je namenjen izbiri barve prečnega prereza. Barva je pomembna predvsem pri prikazu konstrukcije, v kateri nastopajo elementi iz različnih prečnih prereзов. V okolju geometrije lahko zahtevate, da se elementi odenejo v barve prečnih prereзов in razporeditev prečnih prereзов po konstrukciji postane popolnoma transparentna.

### **Določitev privzetega prereza**

Gumb **Make default** bo izbrani prečni prerez naredil za privzetega. Vsak nov element, ki bo dodan h konstrukciji, bo avtomatično dobil indeks privzetega prečnega prereza.


### **Oblike prečnih prereзов**


Trenutno je v program AMSES Frame2D vgrajenih pet različnih prečnih prereзов:

- splošni prerez,
- pravokotni prerez,
- krožni prerez,
- dvojno simetrični I prerez,
- prerez v obliki črke T.

## **Materiali konstrukcije**


V splošnem ima vsaka konstrukcija poljubno število elementov in vsak izmed elementov poljuben material. Zaradi praktičnih razlogov je mnogo elementov v konstrukciji iz enakega materiala. Različnih materialov znotraj enega okvirja je običajno zelo malo. Zato materiale podajamo ločeno od elementov in elementi se nanje sklicujejo le preko indeksa. Glej: “Povezava elementov z materiali in prečnimi prerezi”.

Gumb  pobarva elemente z barvami materialov.

Gumb  odpre okno za urejanje materialov.

### **Urejevalnik materialov**

V okolju geometrije lahko zahtevamo, da se polja elementov obarvajo v barvah njihovih materialov – ukaz **View|Show|Material**.

Urejanje materialov sprožimo z ukazom **Geometry|Material** ali z gumbom , ki odpre dialogno okno, v katerem urejamo materiale.



Slika: Okno za urejanje materialov.

Urejevalnik materialov se uporablja za delo z materiali, ki se v konstrukciji pojavljajo. Material ustvarjamo, popravljamo in odstranjujemo. Materialu lahko spremimo barvo ali ime in ga naredimo za privzetega

### **Spisek materialov**

V tej kontroli je spisek vseh materialov, ki so trenutno definirani za konstrukcijo. Da lahko nekatere operacije izvedemo, moramo v spisku izbrati material, s katerim želimo operacijo izvršiti. Takoj, ko izberemo nek material, se ime materiala izpiše v polje Name in njegova barva se pojavi na gumbu Color.

### **Gumbi za manipulacijo z materiali**

- Gumb **New ...** odpre okno z več stranmi. Vsaka stran definira svoj tip materiala. Po uspešnem vnosu podatkov o materialu se bo ustvaril material iz podatkov na trenutno odprti strani.
- Gumb **Edit ...** bo za izbrani material odprl okno natančno na tisti stani, ki pripada izbranemu materialu. Materialu lahko spremenimo lastnosti, lahko se tudi odločimo za povsem drug material. Če okno zapremo z gumbom OK, bo izbrani material dobil podatke iz zadnje izbrane strani.
- Gumb **Delete** bo izbrani material odstranil iz spiska materialov.
- Ukaz **Change id** v tej različici programa še ni razvit.

### **Podajanje imena (Name) in določitev barve (Color)**

Kontroli **Name in Color** sta namenjeni urejanju imen in barv materialov, ne da bi bilo za to potrebno odpirati ustrezna okna obstoječih materialov.

Polje **Name** vsebuje ime materiala. Če besedilo v polju spremenimo, se takoj spremeni tudi ime materiala v spisku. Svetujemo vam, da uporabite ime, ki bo material natančno opisalo. Elementi se namreč sklicujejo na indeks materiala. Če elementu določamo material v lastnostih, se poleg indeksa pojavi tudi ime materiala. Ustrezno ime vam bo nedvoumno povedalo, kateri material se skriva pod indeksom.

Gumb **Color** je namenjen izbiri barve materiala. Barva je pomembna predvsem pri prikazu konstrukcije, v kateri nastopajo elementi iz različnih materialov. V okolju geometrije lahko zahtevate, naj se elementi odenejo v barve materialov in razporeditev materialov po konstrukciji postane s tem popolnoma transparentna.

### **Določitev privzetega prereza**

Gumb **Make default** izbrani material določi za privzetega. Vsak nov element, ki se doda h konstrukciji, avtomatično dobi indeks privzetega materiala.

### **Vrste materialov**

Program AMSES Frame2D pozna trenutno 3 vrste materialov:

- beton,
- jeklo,
- splošni material.


## **Vozlišča**

Vozlišča so deli konstrukcije, v katerih se stikajo elementi. Vsako vozlišče ima naslednje lastnosti:

- Koordinati, izraženi v globalnem koordinatnem sistemu.
- Unikaten indeks daje vozlišču prepoznavnost.
- Poljubno ime, ki je neobvezno in vozlišče dodatno označuje.
- Način podpiranja vozlišča - vozlišče je lahko prosto (nepodprto), delno podprto ali povsem podprto.


Vsa vozlišča, uporabljena v programu AMSES Frame2D, imajo tri prostostne stopnje: pomik v smeri globalne osi X, pomik v smeri globalne osi Z in zasuk okoli globalne osi Y.

## Podajanje vozlišč

Gumb  preklopi v način podajanja vozlišč.

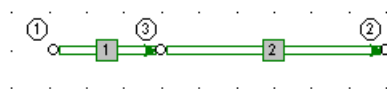
V programu AMSES Frame2D boste vozlišča neposredno podajali le redko. Pri risanju elementov program manjkajoča vozlišča avtomatično doda in oštevilči. Ne glede na to pa neposredno podajanje vozlišč včasih le pride v poštev.

Vozlišče lahko podamo le, če se nahajamo v okolju geometrije. Postopek je naslednji:

1. Vključimo podajanje vozlišč. To storimo s pritiskom na gumb , ki se nahaja v orodjarni med drevesom in delovnim oknom. Isti ukaz lahko sprožimo preko menija - **Geometry|Nodes**.
2. Kazalec miške premaknemo na mesto, kjer bi radi imeli vozlišče.
3. Kliknemo z levim gumbom na miški. Na mestu pod miškinim kazalcem se mora pojaviti vozlišče skupaj z njegovim indeksom. (Če se indeks ne pojavi, potem imamo risanje indeksa izklopljeno.)

Med iskanjem prave koordinate za vozlišče si lahko pomagamo tudi z ukazi ZOOM. Točki 2 in 3 ponavljamo, dokler ne podamo vseh vozlišč, ki jih želimo.

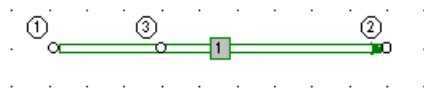
V nekaterih primerih želimo podati vozlišče na že obstoječ element. V tem primeru bo novo vozlišče element razdelilo na dva nova elementa.



Slika: Novo vozlišče na obstoječem elementu – vozlišče element razdeli.

Tipka **SHIFT** povzroči, da se ob podajanju vozlišča element ne razdeli.

Razdelitvi elementa na dva dela se lahko izognemo, če ob podajanju vozlišča na tipkovnici držimo tipko **SHIFT**. Vozlišče se bo pojavilo na istem mestu, vendar ne bo povezano z elementom na katerem leži.




Slika: Novo vozlišče na obstoječem elementu – element in vozlišče nista povezana.

## Lastnosti vozlišč

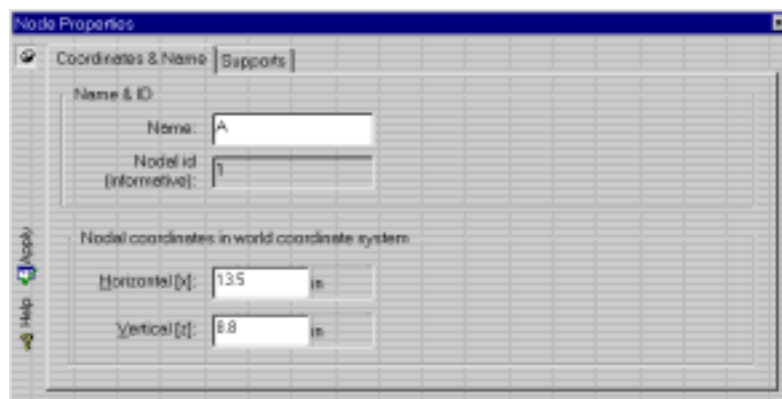
Pri podajanju vozlišč z miško in klikanjem smo marsikdaj precej omejeni. Podamo lahko le koordinati, ostalih lastnosti pa ne. Včasih tudi koordinat ne moremo podati dovolj natančno, saj nas omejuje koordinatna mreža. V takih primerih lahko obstoječim vozliščem spremenimo in dodamo lastnosti v posebnem oknu.

Okno za lastnosti vozlišča prikličemo tako, da:

1. Program preklopimo v način izbiranja - gumb  v orodjarni v sredini ali ukaz **Edit|Select**.
2. S kazalcem miške poiščemo zeleno vozlišče in nanj dvakrat kliknemo. Prikazalo se bo okno z lastnostmi, ki ima dve strani - splošno (general) in podpore (supports).

### Splošna stran (general)

Na splošni strani lahko vozlišču določimo ime in spremenimo njegovo koordinato.



Slika: Splošna stran lastnosti vozlišča.

**Name:** Ime je poljubno in služi le kot opomba pri izpisu. Vozlišče poimenujte, če ima v konstrukciji kak poseben pomen. Npr.: skrajno levo vozlišče kontinuirnega nosilca ima lahko ime “**Leva podpora**”, “**A**”, ipd.

**Node id:** Indeks vozlišča predstavlja njegovo identiteto. Zato mora biti unikatni. Za številčenje vozlišč skrbi program sam in nam zato ne dopušča spreminjati indeksov vozlišč.

**Koordinati** vozlišča uporabljata kontrolo za dimenzijski vnos. Na tem mestu lahko vozlišču določite poljubne koordinate - s poljubno natančnostjo. To je koristno, če vozlišče ne leži na eni izmed točk koordinatne mreže.

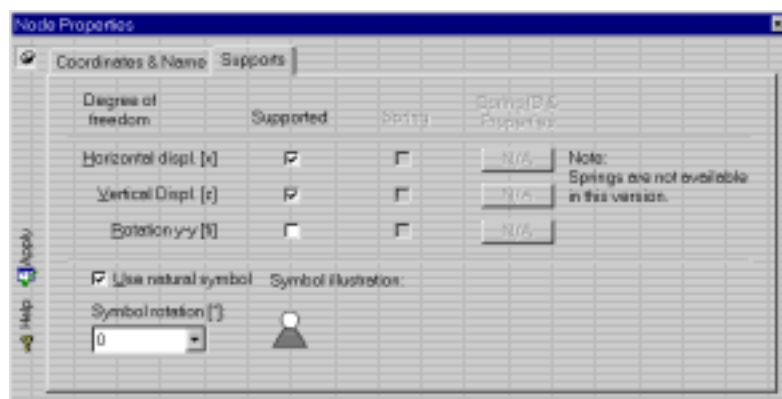
Položaj vozlišča je določen z dvema koordinatama:

- **Horizontal [x]:** - koordinata na X osi globalnega koordinatnega sistema,
- **Vertical [z]:** - koordinata na Z osi globalnega koordinatnega sistema.

Program AMSES Frame2D nudi možnost hkratnega spreminjanja lastnosti več izbranim vozliščem. V tem primeru so polja za vpis koordinat in imen blokirana, saj različna vozlišča ne morejo imeti enakih koordinat in imen.

Vsaki prostostni stopnji vozlišča lahko predpišemo ali je podprta ali ne. Pri nekaterih kombinacijah podpor je možno izbrati tudi sliko vozlišča.

### Stran za podpore (Support)



Slika: Stran za podprtost vozlišča

Opomba: Nekatere kontrole na tej strani so blokirane (lastnosti povezane z vzmetmi) in bodo uporabljene šele v naslednjih verzijah programa.

Kvadratki ob imenih prostostnih stopenj omogočajo izbiro podprtosti vozlišča za vsako prostostno stopnjo posebej:

- **Horizontal displ. [x]** – podpora, ki preprečuje pomik v X smeri globalnega koordinatnega sistema,
- **Vertical displ. [z]** – podpora, ki preprečuje pomik v Z smeri globalnega koordinatnega sistema,
- **Rotation y-y [fi]** – podpora, ki preprečuje zasuk vozlišča okoli Y osi globalnega koordinatnega sistema.

### Uporaba standardnih oznak




*Polje “Use natural symbol” mora biti označeno, če želimo podpore prikazati s klasičnimi simboli.*

Če želimo vozlišču predpisati sliko, ki pripada izbranemu načinu podpiranja, mora biti polje **“Use natural symbol”** označeno. Slika je prikazana v obliki ikone. Ikoni izberemo tudi kot, pod katerim se bo pokazala. Izberite kot, ki bo najboljše ustrežal situaciji vozlišča v konstrukciji.

Vozlišča najhitreje in najenostavneje podpremo, če uporabimo enega izmed ukazov v orodjarni s slikami podpor. Orodjarna se nahaja na desni strani delovnega okna. Postopek je enostaven in z njim ubijemo dve muhi na en mah - podpremo vozlišče in mu hkrati določimo obliko in lego simbola:





1. Izberemo enega izmed simbolov na orodjarni vozlišč in
2. poklikamo vsa vozlišča, ki jim želimo določiti izbrani simbol in podpore.

Obstaja še alternativni postopek, ki pride v poštev takrat, ko želimo nekemu vozlišču podpreti/sprostiti želeno prostostno stopnjo. Postopek je sledeč:

1. na orodjarni v sredini izberemo prostostno stopnjo, ki jo želimo podpreti/sprostiti. Slika  prikazuje podporo v smeri X, slika  podporo v smeri Z in slika  podporo okoli osi Y.
2. kliknemo na vozlišča, ki jih želimo podpreti/sprostiti. Če je vozlišče v tej smeri že podprto, potem se bo sprostilo in obratno, če je sproščeno, se bo podprlo.

### Odstranitev podpore vozlišča


Kadar želimo nekemu podprtemu vozlišču odvzeti podpore, lahko to storimo na tri načine:

- Izberemo ikono  iz orodjarne podpor in kliknemo na izbrano vozlišče.
- Vozlišču sproščamo prostostno stopnjo za prostostno stopnjo. Najprej izberemo simbol prostostne stopnje:  za smer X,  za smer Z in  za zasuk. Nato pokažemo na izbrano vozlišče in podprtost vozlišča se bo nemudoma spremenila.
- Program preklapimo v način izbire (**Edit|Select**) in dvokliknemo na izbrano vozlišče. Prikaže se okno z lastnostmi vozlišča. Izberemo tabulator Supports in spraznimo vse kvadratke, ki označujejo posamezne prostostne stopnje. Na koncu pritisnemo gumb Apply, ki spremembe zapiše v vozlišče.

### Premikanje vozlišč


Vozlišča imajo še eno posebnost – lahko jih namreč premikamo. Premaknemo lahko eno samo vozlišče, izbrano skupino vozlišč ali kar celo konstrukcijo. Postopek premikanja je sorazmerno preprost:



Gumb  sproži premikanje vozlišč. Vozlišča morajo biti prej izbrana.

## Plavajoči meni vozlišča

V programu nastopata z vidika geometrijske nelinearnosti dva tipa elementov: linearen in nelinearen.

1. Izbira vozlišč: Izberemo vsa vozlišča, ki jih želimo premakniti.
2. Izberemo ukaz **Edit|Move** oziroma pritisnemo gumb  v orodjarni. S tem program preklopimo v način premikanja.
3. Kliknemo na začetno referenčno točko premikanja.
4. Premaknemo vse izbrane količine na izbrano mesto.
5. Ponovno kliknemo z miško. V tem trenutku se premik tudi dejansko izvrši.

Program je v različici 1.50 uvedel še alternativni način premikanja vozlišča:

1. Postavite kazalec miške nad vozlišče, ki ga želite premakniti,
2. pritisnite desno tipko in iz menija izberite ukaz **Move**,
3. in nadaljujete s točkami 3, 4 in 5 iz prejšnjega opisa.

Kadar pritisnete desno tipko miške in je njen kazalec nad območjem vozlišča, se pojavi plavajoči meni in omogoča izbiro nekaterih ukazov:

- Ukaz **Move** izbere vozlišče in postavi nato sproži še začetek premika. Po izdanem ukazu morate izbrati referenčno točko za začetek premika in nato vozlišče premakniti v zeleno lego.
- Ukaz **Select** izbere vozlišče. Če je pritisnjena še tipka SHIFT, se izbira doda k že obstoječi izbiri.
- Ukaz **Delete** odstrani vozlišče skupaj z vsemi elementi, ki so pripeti nanj.
- Ukaz **Toggle Support** omogoča še en način sproščanja in fiksiranja prostostnih stopenj posameznih vozlišč.
- Ukaz **Properties** odpre okno z lastnostmi vozlišča.

## Elementi

Elementi ponazarjajo nosilne dele konstrukcije. Program AMSES Frame2D pozna dva tipa elementov: geometrijsko linearen tip elementa in geometrijsko nelinearen tip elementa. Oba elementa se uporabljata na enak način in sta “na zunaj” popolnoma enaka. Dejanska razlika se pokaže samo v natančnosti izračuna, kjer daje nelinearen element bolj realne rezultate – posebej še v primerih vitkih pomičnih konstrukcij.

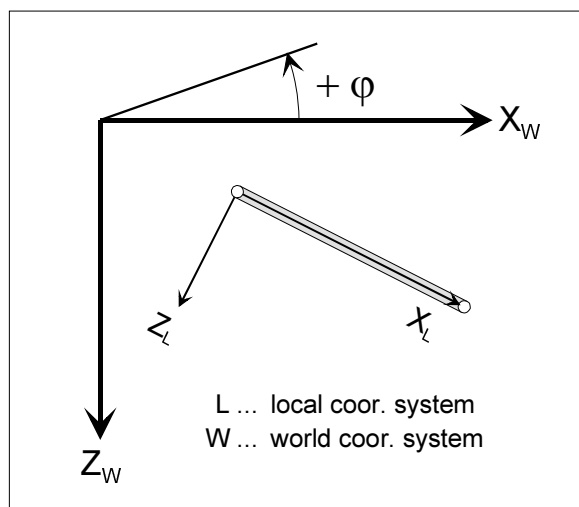
Če želite izvedeti več o mehanskih posebnostih linearnega in nelinearnega elementa, si oglejte razdelek: “Linearni/Nelinearni elementi”. Kot je že rečeno, je delo z obema elementoma enako in zato v nadaljevanju med njima ne delamo razlike.

Element ima naslednje lastnosti:

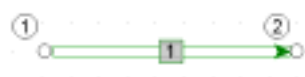
- Unikaten indeks, ki daje elementu prepoznavnost.
- Poljubno ime elementa, ki ni obvezno.
- Indeks začetnega in končnega vozlišča, ki element napenjata.
- Indeks materiala iz katerega je element narejen.
- Indeks prečnega prereza elementa.
- Sprostitve prostostnih stopenj na začetku oz. na koncu elementa.
- Lastnosti elastične podlage, če je element položen nanjo. Te lastnosti se lahko podajajo samo geometrijsko linearnim elementom.

## Usmerjenost elementa

Vsak element ima svoj lokalni koordinatni sistem. Usmerjen je tako, da ima izhodišče v začetnem vozlišču (včasih označenem tudi z oznako 1). Lokalna x os teče v smeri končnega vozlišča (včasih označenega z oznako 2). Z os je definirana tako, da je Y os vedno vzporedna z Y osjo globalnega koordinatnega sistema. (Obe Y osi sta pravokotni na ravnino konstrukcije).




Slika: Skica lokalnega koordinatnega sistema elementa




## Podajanje elementov


V programu AMSES Frame2D je usmerjenost elementa prikazana s puščico, ki se pojavi ob končnem vozlišču in kaže pozitivno smer lokalne x osi. (Slika levo.)

Elemente lahko podajamo, čeprav predhodno nismo definirali nobenega vozlišča. Program AMSES Frame2D bo ob nastanku novega elementa sam ustvaril ustrezna vozlišča. Elemente podajamo le v okolju geometrije, zato moramo program najprej preklopiti v to okolje. Postopek podajanja elementa je naslednji:

1. Kazalec miške prestavimo na mesto, kjer bomo začeli risati element. Če pustimo kazalec za hip mirovati, se bo ob kazalcu izpisala trenutna koordinata.
2. Ko je kazalec na mestu, kliknemo z miško. Če je na mestu klika že obstoječe vozlišče, se bo nov element priključil nanj. Če vozlišča še ni, bo program avtomatično ustvaril novo vozlišče. Vozlišče se ustvari šele, ko se celotna operacija zaključi.
3. Miško premaknemo v zeleno lego – v končno vozlišče elementa. Pri tem vlečemo sled, ki ponazarja os elementa. Če je vklopljen gumb , potem se sled riše samo v vodoravni ali navpični smeri.
4. Ko je kazalec v končni legi, zopet kliknemo z miško. V tem trenutku bo program AMSES Frame2D ustvaril morebitni manjkajoči vozlišči in nanju pripel nov element. S tem je operacija končana.

Gumb  vklopi/izklopi ortogonalen način risanja elementa.

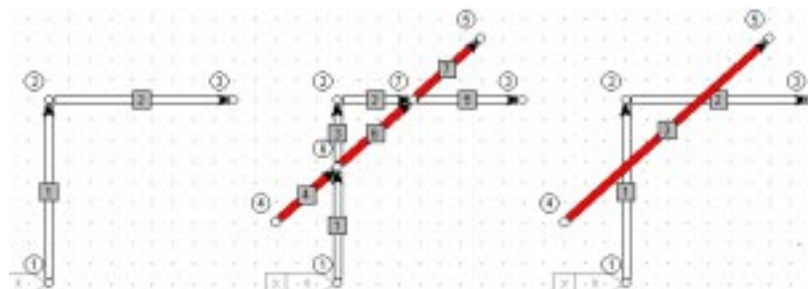
Med podajanjem elementa in med iskanjem prave koordinate si lahko pomagamo z ukazi ZOOM. Ukazi ZOOM so transparentni in ne prekinajo procesa podajanja.

Kadar je vklopljen ukaz **Geometry|Orto Mode**, se novi elementi rišejo samo v vertikalni in horizontalni smeri. To je ugodno v primerih, ko je konstrukcija ortogonalne zasnove. Kadar želimo podajati elemente v poljubni smeri, moramo ukaz **Geometry|Orto Mode** najprej izklopiti. Vkllop/izklop najlažje kontroliramo z gumbom , ki se nahaja v orodjarni geometrije na sredini.



## Presečišča elementov


Kadar element, ki ga dodajamo, seka enega ali več obstoječih elementov, se na vseh presečiščih ustvarijo nova vozlišča in nekaj novih elementov. V večini primerov je tako obnašanje programa zaželeno. Včasih pa želimo, da se na mestih presečišč ne ustvarijo nova vozlišča in elementi (npr. če podajamo zatege). V tem primeru moramo pri risanju novega elementa držati pritisnjeno tipko SHIFT in element se bo narisal preko obstoječih elementov, ne da bi se ti kakorkoli spremenili. To dogajanje prikazuje tudi spodnja slika.



Slika: Obstoječa elementa (levo). Nov element preseka obstoječa elementa in nastanejo dve novi vozlišči in štirje novi elementi (sredina). Pri risanju novega elementa smo držali tipko SHIFT, zato se nov element nariše preko obstoječih elementov (desno).

## Lastnosti elementov

Vsak element ima precej lastnosti, ki jih z neposrednim podajanjem ne moremo določiti. Spremenimo in podajamo jih lahko le v oknu, ki prikazuje lastnosti elementa. Okno lastnosti prikličemo na zaslon tako, da:

1. program preklopimo v način izbiranja – gumb  ali izdamo ukaz **Edit|Select**,
2. s kazalcem miške poiščemo element, ki mu želimo spremeniti lastnosti in dvakrat kliknemo nanj.

Izberemo lahko tudi več elementov in vsem naenkrat spremenimo lastnosti. Kako to storimo, je razloženo v poglavju: “Izbiranje objektov konstrukcije”.

Okno za lastnosti elementov je razdeljeno v štiri strani:

- Stran **General** prikazuje splošne podatke o elementu.
- Stran **Releases** omogoča sprostitev določenih prostostnih stopenj glede na začetno in končno vozlišče.
- Stran **Cross-section** omogoča izbor prečnega prereza elementa. V tej verziji programa smo omejeni s konstantnim potekom prečnega prereza.
- Stran **Material** omogoča izbor materiala nosilca. V tej verziji programa lahko uporabljamo samo homogene prečne prereze. V naslednjih verzijah bomo vgradili možnost uporabe kompozitnih prečnih prerezov, ki bodo dovoljevali uporabo več materialov v posameznem elementu.
- Stran **Elastic Ground Support** se nanaša na elastično podlago, na kateri element leži. Podati moramo položaj podlage in velikost modula stisljivosti tal.

### Splošna stran (General)

Splošna stran omogoča spreminjanje naslednjih lastnosti elementa:

**Name:** ime prečnega prereza. Ime je poljubno in se uporablja informativno.

**Element id:** identifikacijsko število elementa. Določa ga program in ga ne moremo spreminjati.

**Start node:** Prikazuje indeks (id) začetnega vozlišča elementa. Indeks vozlišča lahko spremenimo in element navežemo na neko drugo vozlišče.

**End node:** Indeks končnega vozlišča. Velja isto kot za začetno vozlišče.

Razumljivo je, da začetno in končno vozlišče ne moreta imeti enakega indeksa.

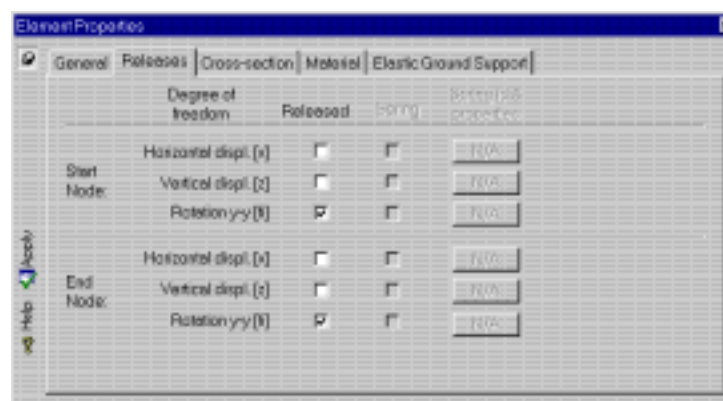


Slika: Splošna stran lastnosti elementa

## Sprostitev (Releases)

Stran Releases omogoča sproščanje posameznih prostostnih stopenj elementa. Pri tem nekatere kombinacije sprostitvev niso mogoče, saj bi lahko element postal kinematično nestabilen. Program AMSES Frame2D ne dopusti prepovedanih kombinacij in avtomatično spremeni sprostitve tako, da je element vedno kinematično stabilen.

- **Horizontal displ. [x]:** Sprosti pomik izbranega konca elementa v X smeri globalnega koordinatnega sistema. To možnost smete uporabljati samo, če element leži vodoravno.
- **Vertical displ. [z]:** Sprosti pomik izbranega konca elementa v Z smeri globalnega koordinatnega sistema. To možnost smete uporabljati samo, če element leži vodoravno.
- **Rotation y-y [fi]:** Sprosti zasuk izbranega konca elementa okoli osi Y. Ta možnost je vedno v veljavi.



Slika: Stran za sprostitve elementa

*Sprostitev osne in prečne sile so možne le, če element leži horizontalno.*

Sprostitev osne in prečne sile so možne le, če element leži horizontalno, ali povedano drugače, če je lokalna X os elementa vzporedna globalni X osi. Upogibni moment lahko sproščamo ne glede na lego elementa. Zakaj nastopijo omejitve pri prečni in osni sili? Odgovor je v načinu sproščanja prostostnih stopenj z vezanimi vozlišči.

Pri tem si velja zastaviti še vprašanje: Kako sproščati elemente, ki se srečujejo v členkastem vozlišču?

Po predpisu sprostitvev se bodo obravnavanim elementom na zaslonu prikazali simboli, ki ponazarjajo posamezne sprostitve. Ti simboli so:



sprostitev upogibnega momenta,

⇒ sprostitev osne sile,

⊥ sprostitev prečne sile.

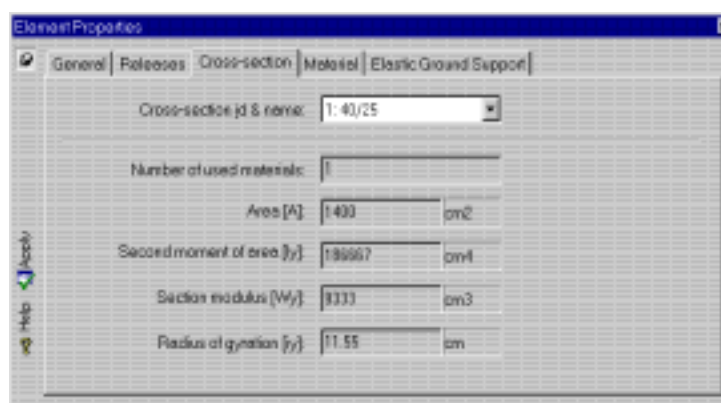
Če v nekem krajišču elementa sprostimo vse tri količine (element je na drugem krajišču polno vpet in deluje kot konzola), se element od sproščenega krajišča loči s kratkim presledkom.

Kasnejše verzije programov bodo omogočale uporabo vzmeti. V oknu so nastavki za izbor in definicijo vzmeti že vidni.

### **Prečni prerez (Cross-section)**

Na tej strani definiramo prečni prerez, ki bo pripadal elementu. Vsi definirani prečni prerezi konstrukcije so v spisku. Prečni prerez izberemo tako, da izberemo indeks in ime prereza iz spiska. Tod vidimo, da ustrezno ime prečnega prereza dejansko pripomore k lažjemu izbiranju prereza.

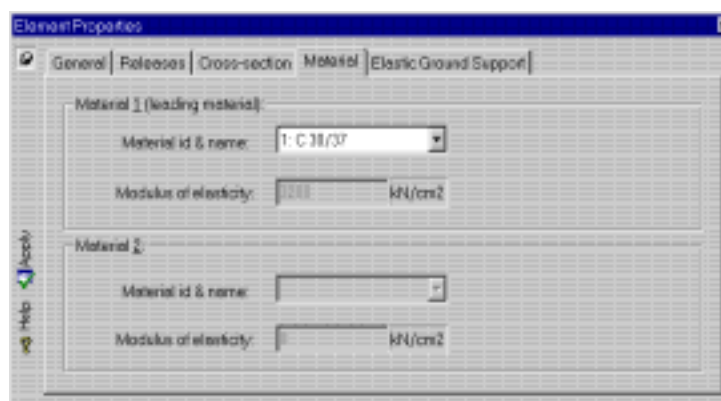
Na tem mestu ne moremo definirati novega prečnega prereza, ampak lahko uporabimo samo enega izmed obstoječih. Če želite definirati nov prečni prerez, potem morate to okno najprej zapreti in poklicati urejevalnik prečnih prereзов. Ko je nov prerez definiran, se ponovno vrnete v okno z lastnostmi in izberete nov prečni prerez iz spiska.



Slika: Stran za izbiro prečnega prereza

### **Material**

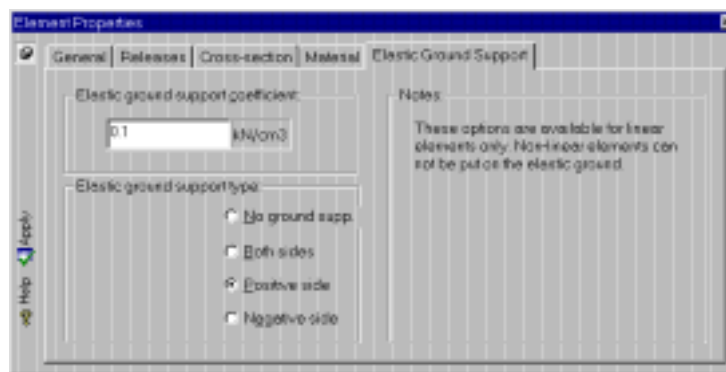
Izberemo material elementa. Vsi materiali, ki so na voljo, so v spisku. Material izberemo tako, da izberemo indeks in ime materiala iz spiska. Na tem mestu ne moremo definirati novega materiala, ampak lahko uporabimo samo enega izmed obstoječih – velja isto kot za prečne prereze.



Slika: Stran za izbiro materiala

### **Elastična podlaga**

Na tej strani lahko geometrijsko linearnemu elementu (nelinearnemu elementu elastične podlage ne moremo predpisati) predpišemo lego elastične podlage in velikost modula reakcije tal ( $k$ ). Več podrobnosti o modulu reakcije tal najdemo v razdelku “Element na elastični podlagi” na strani 81. Naslednja slika prikazuje okno za opis podlage.



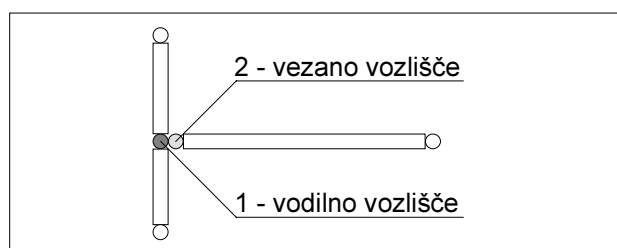
Slika: Stran za opis elastične podlage

## Kako se sproščajo prostostne stopnje elementa

*Program za sproščanje uporablja vezana vozlišča, ki pa so pred uporabnikom skrita.*

Posamezne notranje statične količine na robovih elementa lahko sproščamo na dva načina: s postopkom kondenzacije in z vpeljavo pojma vezanega vozlišča. Odločili smo se uporabiti vezana vozlišča, ker jih je bilo enostavneje vgraditi v program in ker uspešno rešujejo še nekaj dodatnih posebnih primerov povezav elementov. Slabosti uporabe vezanih vozlišč pa se kažejo v dejstvu, da ne moremo sprostiti osne in/ali prečne sile na elementih, ki niso vzporedni z globalno X osjo.

Kako delujejo vezana vozlišča? To si je najbolje ogledati na primeru. Vzemimo, da želimo prečki s spodnje slike sprostiti upogibni moment. V ta namen vpeljemo dodatno vozlišče 2, ki ima nekatere prostostne stopnje vezane na vozlišče 1. Vozlišče 1 je v tem primeru vodilno vozlišče, vozlišče 2 pa vezano vozlišče.



Slika: Ilustracija vodilnega in vezanega vozlišča.

Povezave vozlišč se nanašajo na povezave posameznih prostostnih stopenj. Prostostna stopnja je vezana, če se vsak premik izbrane prostostne stopnje vodilnega vozlišča vedno ujema s premikom vezanega vozlišča. V tem primeru imata obe vozlišči za neko vezano prostostno stopnjo isto (eno samo) enačbo v togostni matriki sistema.


Če je element polnovpet v vozlišče 1, potem so vse prostostne stopnje vozlišča 2 vezane na vozlišče 1 in v togostni matriki sistema zasedata obe vozlišči skupaj samo tri enačbe. V tem primeru je vozlišče 2 pravzaprav odveč.

Če pa želimo sprostiti eno prostostno stopnjo – npr. zasuk ( $M_y = 0$ ), potem sta prostostni stopnji  $U_x$  in  $U_z$  še vedno vezani na vozlišče 2, medtem ko povezave med vozliščema za zasuk ( $F_i$ ) ni. V tem primeru bodo v togostni matriki štiri enačbe – tri za vozlišče 1 in ena dodatna enačba za sproščeno prostostno stopnjo  $F_i$ . Četrta enačba v tem primeru pravi, da mora biti zasuk v vozlišču 2 tak, da bo pripadajoči moment enak 0.

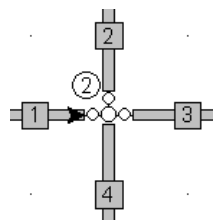
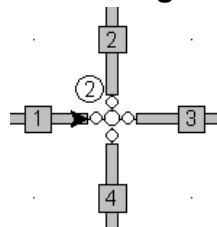
Vse tri prostostne stopnje lahko tudi sprostim. (To sicer nima pravega smisla.) V tem primeru vozlišče 2 ni z ničemer vezano na vozlišče 1 in deluje kot prosto vozlišče.

Zasuke lahko sproščamo vedno, premike pa le, če je element vzporeden globalni X osi.

## Sprostitev zasukov na robovih elementov

Gumb  nas prestavi v način sproščanja zasukov elementa.

## Simuliranje členkastega vozlišča



## Povezava elementov z materiali in prečnimi prerezi

Element je z materialom in prečnim prerezom povezan preko indeksa.

Imena za povezavo niso pomembna.

Prostostne stopnje vozlišč so vedno izražene v globalnem koordinatnem sistemu. Zato lahko sproščamo pomike koncev elementov samo, če je lokalni sistem elementa vzporeden globalnemu sistemu. V primeru na prejšnji sliki bi lahko sprostili tudi katerega od pomikov  $U_x$  ali  $U_z$ . Če bi bil element poševen, tega ne bi smeli storiti. Sprostitev pomika  $U_x$  med vozliščema 1 in 2 pomeni, da se vozlišče 2 lahko prosto giblje v smeri X osi globalnega koordinatnega sistema, medtem ko bi mi v resnici želeli sprostiti pomik X v smeri lokalnega koordinatnega sistema. Rezultat take sprostitve bi bil, da bi bila osna sila v elementu še vedno različna od nič.

Zasuke na koncih elementov lahko vedno sproščamo, ker je os y globalnega koordinatnega sistema vedno vzporedna osi y lokalnega koordinatnega sistema. Najpogosteje želimo sproščati prav zasuke ( $M_y = 0$ ).

Ker se robovi elementov sproščajo pogosto, smo v program vgradili gumb, ki omogoča, da zasuke sproščamo kar z miško. Kazalec miške pripeljemo nad izbrani konec elementa, pritisnemo gumb in sprostimo zasuk. Če pritisnemo gumb še enkrat, zasuk ni več sproščen.

V nekaterih primerih moramo vse elemente na vozlišče priključiti členkasto. Za tak primer sta na voljo dve varianti:

V prvi varianti so na vozlišče 2 vsi elementi priključeni preko členkastih vozlišč, ki imajo z vodilnim vozliščem sproščen zasuk  $F_i$ . V tem primeru je v vozlišču 2 prostostna stopnja  $F_i$  (označena tudi kot  $R_y$ ) neuporabljena (odveč). To program pri sestavljanju togostne matrike ugotovi in prikaže ustrezno opozorilo:

```
Solving ...  
Warning 1017: No equation was assigned for degree of freedom  
( $R_y$ ) in node (2).  
Summary: 0 error(s), 1 warning(s)
```

Če na vozlišče 2 postavimo še obtežbo z upogibnim momentom, dobimo še več podobnih opozoril.

V drugi varianti so trije elementi priključeni preko vezanega vozlišča, četrti element pa je z vozliščem 2 povezan neposredno. Ker je na zasuk vozlišča 2 neposredno vezan samo en element, se zasuk vozlišča 2 ne more prenesti na noben drug element – in obratno, zato je tudi četrti element na vozlišče pritrjen členkasto. Ta varianta je v popolnosti enaka prvi varianti. Razlika je le v tem, da je zasuk vozlišča 2 povezan z elementom 4, zato opozorila za neuporabljen zasuk vozlišča 2 ne bo.

Če bi v drugi varianti na vozlišče 2 postavili obtežbo z upogibnim momentom, bi se celotna obtežba prenesla na četrti element, ker je ta z vozliščem neposredno povezan.

Katera varianta je boljša? Obe varianti sta praktično enakovredni. Če se v vozlišču stikata samo dva nosilca, je bolje uporabiti drugo varianto. V ostalih primerih pa je to prepuščeno vaši izbiri.

Kot ste že opazili, so elementi povezani s prečnimi prerezi in materiali preko indeksov. Pri tem velja poudariti, da se povezave vedno nanašajo samo na indekse in ne na imena materialov ali prerezov.

Primer: Nek element je povezan z materialom 1:S 235. Indeks materiala je 1 in to je edino, kar si element zapomni. Kasneje, v oknu za urejanje materialov, material 1 spremenimo iz jekla S 235 v beton C30/37. Material je popolnoma drugačen, vendar ima isti indeks kot prej. To pomeni, da s tem spremenimo lastnosti vsem elementom, ki kažejo na material s številko 1. Podobno se zgodi, če material z indeksom 1 zberišemo. Elementi, ki kažejo nanj, kažejo na neobstoječ material in pri izračunu bo program AMSES Frame2D javil napako. Isto velja za prečne prereze.

*Elementi z enakimi prečnimi prerezi (in materialom) tvorijo skupine, ki se upoštevajo pri dimenzioniranju.*

Uporaba indeksov po eni strani delo s programom malce zaplete, po drugi strani pa odpre cel spekter imenitnih možnosti. V konstrukcijah se redno pojavljajo konstrukcijski elementi, ki imajo enake dimenzije, ne glede na njihovo dejansko obremenitev. Tak primer so npr. zunanji stebri spodnje etaže, ki so vsi enaki, prav tako so po pravilu vse prečke iste etaže enakih dimenzij. Torej zadostuje popraviti le prečni prerez stebrov in vsi stebri, ki kažejo na skupni prečni prerez, se bodo uskladili.

Okoli prečnih prerezov in v manjši meri okoli materialov se tvorijo skupine enakosti posameznih elementov. V nadaljnjih različicah programa in programih za dimenzioniranje elementov (ki so v fazi nastajanja) se bodo te enakosti s pridom izkoriščale – omogočale bodo eleganten pristop k dimenzioniranju z avtomatičnim prenašanjem podatkov med posameznimi programi.

---

# Obtežba konstrukcije

## Osnovni pojmi

Pri opisovanju pojmov, povezanih z obtežbo konstrukcije, moramo ločiti med naslednjimi pomembnimi pojmi, ki se v navodilih pogosto uporabljajo: zunanji vpliv, obtežni primer in obtežba. Pojmi so vzeti iz standardov Eurocode.

### Obtežba

Obtežba (load) je splošno ime za vse možne vplive na konstrukcijo: lastna teža, zunanja sila, temperaturni vplivi, posedanje podpor, vsiljeni pomiki, eksplozije, potres, ipd. Kadar govorimo o obtežbi, imamo v mislih eno samo obtežbo, npr. eno silo, en pomik.

### Zunanji vpliv

Zunanji vpliv (action) predstavlja skupino različnih obtežb konstrukcije, ki imajo neke skupne lastnosti. Zunanje vplive lahko po različnih kriterijih razvrstimo v različne skupine. Najobičajnejša delitev, ki pride v praksi največkrat v upoštevanje, je delitev glede na časovno spremenljivost.

*Zunanji vpliv (Action) je nov pojem, ki bi ga lahko opisali kot skupino obtežb.*

Zunanji vpliv bi lahko poimenovali tudi obtežna skupina, saj predstavlja logično skupino obtežb, ki delujejo na konstrukcijo.

Delitev glede na časovno spremenljivost, povzeta po standardu Eurocode 1:

- Stalni vpliv (G). Tipični predstavniki so: lastna teža konstrukcije vgrajenih oblog, instalacij in opreme, prednapetje, posedanje podpor, ...
- Spremenljivi vpliv (Q). Tipični predstavniki so: koristna obtežba, prometna obtežba, obtežba vetra, snega, ledu, obtežba s temperaturo, ...
- Nezgodni vpliv (A). Tipični predstavniki so: eksplozija, požar, trk vozila, ...
- Potresni vpliv (AE).

Kako bomo razdelili obtežbe v različne vrste zunanjih vplivov, je odvisno predvsem od narave problema, ki ga obravnavamo.

### Standardi Eurocode

Zgodba o zunanjih vplivih v standardih Eurocode zahteva posebno obravnavo, ki v tem trenutku presega namen in obseg teh navodil. Podrobnosti so razložene v ENV 1991 (Eurocode 1). V prihodnosti nameravamo standard Eurocode 1 podrobneje opisati.

### Standardi na splošno

Vsak standard zunanje vplive definira nekoliko drugače, nekateri pa tega pojma sploh ne poznajo. Nekateri standardi za celoten obtežni primer uporabljajo enojne faktorje in v teh primerih pojem zunanji vpliv resnično ni potreben.

*V večini praktičnih primerov lahko uporabljate:  $G$  – stalni vpliv,  $Q$  – spremenljivi vpliv,  $AE$  – potresni vpliv in  $A$  – nezgodni vpliv.*

## Obtežni primer

Ne glede na to, ali standard, ki ga uporabljate, definira zunanje vplive ali ne, vam svetujemo, da zunanje vplive definirate sami. Najbolje je, da izhajate iz osnovnih vplivov standarda Eurocode (stalni vpliv, spremenljivi vpliv, nezgodni vpliv in potresni vpliv). Pri tem velja, da so posamezni vplivi lahko razdeljeni v logične podskupine. Spremenljivi vpliv je npr. lahko razdeljen na: spremenljive vplive, ki delujejo ugodno in spremenljive vplive, ki delujejo neugodno ...

V vsakem primeru boste zunanje vplive lahko sestavili v obtežne primere tako, da boste zadovoljili zahteve kateregakoli standarda.

Obtežni primer (load case) združuje različne zunanje vplive v računsko obtežno kombinacijo. Združitev se opravi tako, da se vsakemu vplivu predpiše nek obtežni faktor. Velikosti obtežnih faktorjev so določene v ustreznih standardih za projektiranje. Obtežni primer zapišemo simbolično na naslednji način:

$$\text{Obtežni primer} = \text{zunanji vpliv } 1 * \text{faktor } 1 + \text{zunanji vpliv } 2 * \text{faktor } 2 + \dots + \text{zunanji vpliv } n * \text{faktor } n$$

Program upošteva obtežne faktorje na nivoju sestavljanja obtežnega vektorja. Najprej se vsakemu zunanjemu vplivu določi obtežni faktor za tekoči obtežni primer. V obtežni vektor se zapiše vpliv vsake obtežbe posebej. Intenziteta obtežbe se predhodno pomnoži s pripadajočim obtežnim faktorjem.

Program AMSES Frame2D vsakemu obtežnemu primeru priredi še vrsto mejnega stanja, ki lahko zavzame dve vrednosti:

- **Ultimate** - mejno stanje nosilnosti (ultimate limit state) in
- **Serviceability** - mejno stanje uporabnosti (serviceability limit state).

Vrsta mejnega stanja se uporablja zgolj kot komentar in nima vpliva na rezultate izračuna. V nadaljnjih verzijah programa bo igrala pomembno vlogo pri prenašanju podatkov v programe za dimenzioniranje.

Poleg omenjenih osnovnih mejnih stanj, program AMSES Frame2D uporablja še dve posebni vrsti obtežnih primerov:

- **Skewness** je namenjen definiranju začetne geometrijske nepopolnosti konstrukcije in deluje tako, da konstrukcijo zamakne za predpisan kot.
- **Creep** je namenjen vitkim betonskim okvirjem in omogoča približno obravnavanje vpliva obtežbe na tečenje betona.

## Standardi Eurocode

Podrobnosti o obtežnih faktorjih in obtežnih kombinacijah boste našli v ENV 1991 (Eurocode 1).

## Standardi na splošno

Vsak standard ima svoj nabor in princip določanja obtežnih faktorjev. V principu ločimo dva pristopa:

- z globalnimi varnostnimi faktorji,
- s parcialnimi varnostnimi faktorji.

Zgodba za vsakim pristopom je zapletena in njena razlaga presega namen teh navodil. V njih bomo podali samo 'recept', ki bo povedal kako obravnavati vsakega od primerov.

## Globalni varnostni faktorji

Globalni varnostni faktor pomeni, da se vsa obtežba v nekem obtežnem primeru pomnoži z istim faktorjem. Primer za to so npr. jugoslovanski standardi za jeklene konstrukcije iz skupine JUS U.E7.. Ti predvidevajo en sam faktor 1.50 za osnovno obtežbo in faktor 1.33 za dopolnilno obtežbo. Podobno velja še za mnoge druge standarde po svetu.



Program AMSES Frame2D uporablja več različnih zunanjih vplivov. Vzemimo, da imamo tri zunanje vplive: stalni vpliv (G) in dva spremenljiva vpliva (S in W). Pri tem kot primer določimo naslednje obtežne primere (primerov je seveda lahko tudi več):

1. Obtežni primer = 1.50 G + 1.50 S + 0.00 W
2. Obtežni primer = 1.50 G + 0.00 S + 1.50 W
3. Obtežni primer = 1.33 G + 1.33 S + 1.33 W
4. Obtežni primer = 1.00 G + 1.00 S + 1.00 W

Matrika obtežnih faktorjev v programu AMSES Frame2D izgleda takole:

*Tabela: Primer uporabe globalnih varnostnih faktorjev*

Obtežni primer	Type	Skew/ Creep	G	S	W
Obtežni primer 1	Ultimate		1.50	1.50	0.00
Obtežni primer 2	Ultimate		1.50	0.00	1.50
Obtežni primer 3	Ultimate		1.33	1.33	1.33
Obtežni primer 4	Seviceability		1.00	1.00	1.00

### **Parcialni varnostni faktorji**

Parcialni varnostni faktorji so močno navezani na nek standard. Vsak standard jih določa in utemeljuje po svoje. Njihov skupni imenovalec je, da ima znotraj enega obtežnega primera vsak zunanji vpliv svoj faktor.

Poglejmo si njihovo uporabo na preprostem primeru. Vzemimo, da imamo tri zunanje vplive: stalni vpliv (G) in dva spremenljiva vpliva (S in W). S temi zunanjimi vplivi lahko določimo naslednje obtežne primere (primerov je seveda lahko tudi več):

1. Obtežni primer = 1.35 G + 1.50 S + 0.9 W
2. Obtežni primer = 1.35 G + 0.90 S + 1.50 W
3. Obtežni primer = 1.00 G + 1.0 S + 0.5 W
4. Obtežni primer = 1.00 G + 0.2 S + 1.0 W

Matrika obtežnih faktorjev v programu AMSES Frame2D bi izgledala takole:

*Tabela: Primer uporabe parcialnih varnostnih faktorjev*

Obtežni primer	Limit state	Skew/ Creep	G	S	W
Obtežni primer 1	Ultimate		1.35	1.50	0.90
Obtežni primer 2	Ultimate		1.35	0.90	1.50
Obtežni primer 3	Seviceability		1.00	1.00	0.50
Obtežni primer 4	Seviceability		1.00	0.20	1.00

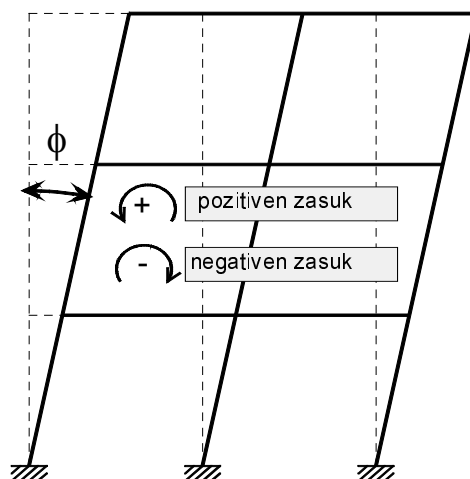
Pozor: Varnostni faktorji uporabljeni v primeru niso ustrezni za uporabo v vaših primerih. Varnostne faktorje morate določiti za vsako konstrukcijo posebej.

## **Geometrijska začetna nepopolnost**

Ta razdelek bi po svoji naravi bolj spadal k poglavju o geometriji okvirja, toda izkaže se, da je bolj praktično, če ga obravnavamo kot poseben obtežni primer. Zato je tudi razvrščen v poglavje o obtežbi.

*Natančen način določitve začetne geometrijske nepopolnosti boste našli v ustreznih standardih, kot so npr. EC2, EC3, ipd.*

Nadomestna začetna geometrijska nepopolnost zajema več pomembnih nepopolnosti in netočnosti, ki se jih pri analizi konstrukcije mora upoštevati. Take tipične nepopolnosti so: geometrijske netočnosti, ki se pojavijo pri izdelavi in montaži, neravnost elementov, odstopanja od vertikale, netočno naleganje, manjše ekscentričnosti v stikih, itd. Pri okvirjih se vsa ta odstopanja upoštevajo kot nagib okvirja za predpisan kot  $\phi$ . Zaradi tega povzroča vertikalna obtežba dodatne horizontalne vplive, kot je prikazano na naslednji sliki.



Slika: Ilustracija principa začetne nepopolnosti, kot predpisan zamik okvirja.

*Pozitivna smer vrtenja je v protiurni smeri.*

Kot  $\phi$ , je običajno definiran v obliki ulomka, ki predstavlja njegov tangens:  $1/X$ , kjer je  $X$  neka dolžina. Kot je definiran v ustreznih standardih. Pozitivni kot zamakne konstrukcijo v protiurni smeri glede na izhodišče, negativni kot pa zamakne konstrukcijo v sourni smeri.

## Kako modeliramo začetno nepopolnost?

Z modeliranjem geometrijske začetne nepopolnosti se pri običajnih programih spoprimemo na dva načina:

Konstrukciji v vsaki horizontalni etaži predpišemo ekvivalentno horizontalno silo, ki ustreza zamiku konstrukcije. Ob tem se konstrukcija obravnava kot idealno ravna. Ta način predlagajo tudi standardi EC2 in EC3. Slabost tega načina je v tem, da je potrebno nadomestne horizontalne sile izračunati iz vertikalnih sil. In če se vertikalne sile spremenijo, moramo tudi nadomestne horizontalne sile ustrezno spremeniti.

*Začetno geometrijsko nepopolnost lahko podamo na dva načina.*

Geometrijo konstrukcije zamaknemo za predpisan kot. Ta način je sicer korekten in ne potrebuje nadomestnih horizontalnih sil, zato pa je podajanje geometrije (še posebej v grafični obliki) zamudno. Posebej zoprna situacija nastopi, če se spremeni zahtevan kot zasuka.

*AMSES Frame2D uporablja avtomatično zamikanje, ki je definirano v sklopu posebnega obtežnega primera.*

Program AMSES Frame2D uporablja avtomatično zamikanje. V bistvu je to enako kot drugi pristop – zamik konstrukcije, vendar je zamik definiran na poseben način – v obliki obtežnega primera. Prednost tega pristopa je v tem, da lahko konstrukcijo podamo idealno ravno, nadomestne horizontalne sile niso potrebne in tudi sprememba začetne geometrijske nepopolnosti za sabo ne potegne dodatnega dela. Zamik konstrukcije je rešeno s posebno obliko obtežnega primera.

## Obtežni primer zamika

Kot je bilo že rečeno, smo zamik definirali kot posebno obliko obtežnega primera. Čeprav se to na prvi pogled zdi nenavadno, je tako definicija zelo koristna. Program AMSES Frame2D obtežne primere izvaja zaporedno in to lahko v primeru zamika s pridom izkoristimo. Ko program naleti na obtežni primer zamika, ne izračuna notranjih sil, pač pa zamakne konstrukcijo za predpisan kot. Vsi obtežni primeri, ki sledijo, se nato izračunajo na

zamaknjeni konstrukciji. To velja vse dokler se ne definira nov zamik. Število obtežnih primerov zamika ni omejeno.

*Tabela: Primer uporabe posebnega obtežnega primera za zamik konstrukcije.*

Obtežni primer	Vrsta	Skew/ Creep	S	W
Zamik 1	Skewness	1/400		
Obtežni primer 1	Ultimate		1.50	1.50
Obtežni primer 2	Serviceability		1.00	1.00
Zamik 2	Skewness	-1/400		
Obtežni primer 3	Ultimate		1.50	1.50
Obtežni primer 4	Serviceability		0.20	1.00

Primer: Če definirate obtežne primere po zgornji tabeli, jih bo program AMSES Frame2D razumel nekako takole:

1. **Zamik 1:** Zamakni konstrukcijo v protiurni smeri za 1/400. Pri tem ignoriraj vse morebitne obtežne faktorje.
2. **Obtežni primer 1:** Izračunaj obtežni primer na zamaknjeni geometriji in pri predpisanih obtežnih faktorjih.
3. **Obtežni primer 2:** Izračunaj obtežni primer na zamaknjeni geometriji in pri predpisanih obtežnih faktorjih. Tako bi šlo naprej za vse morebitne nadaljnje obtežne faktorje, razen če naletimo na naslednji ukaz za zamik.
4. **Zamik 2:** Odpravi prvotni zamik in definiraj novega – tokrat v sourni smeri. Konstrukcijo zamakni za -1/400. Vsi obtežni faktorji bodo ignorirani.
5. **Obtežni primer 3:** Izračunaj obtežni primer na na novo zamaknjeni konstrukciji pod predpisanimi faktorji varnosti.
6. **Obtežni primer 4:** Izračunaj obtežni primer na na novo zamaknjeni konstrukciji pod predpisanimi faktorji varnosti, kar je natanko isto kot zgoraj.

**Opomba:** Če želite odpraviti zamik konstrukcije, definirajte nov obtežni primer za zamik in vpišite 0 v polje za vnos kota. Program to razume kot poseben primer in vrne konstrukcijo v idealno ravno stanje.

## Upoštevanje vpliva tečenja betona

Ta razdelek se nanaša samo na betonske konstrukcije in če projektirate konstrukcije iz jekla ali česa drugega, potem ga lahko v celoti preskočite.

*Beton ima zelo težaven materialni model.*

Beton je danes eden najpogostejše uporabljenih gradbenih materialov. Na žalost, pa je z vidika opisa materialnega modela tudi eden najbolj problematičnih materialov. Pod obremenitvijo se ima viskozno-elastično-plastično obnašanje, ki je poleg betona samega izrazito odvisno še od časa in okolja v katerem se odvija. Poleg vsega tega se pojavlja še krčenje betona.

*Standardi običajno pravijo: “Tečenje, lezenje in krčenje v betonu se upošteva samo pri tistih konstrukcijah, kjer bi lahko imeli znatne vplive na konstrukcijo.”*

### **Pomni!**

*Koeficient tečenja  $\varphi$ , ki ga predpišemo v programu AMSES Frame2D, se nanaša izključno na betonske materiale. Vsak drug material, ga bo preprosto ignoriral.*

Posledica vsega je, da danes še ni materialnega modela za beton, ki bi bil širše priznan kot splošno sprejemljiv. In tudi če bi ga imeli, bi bil izračun po njem precej zamotan. Večina standardov, ki se nanašajo na beton, se tega dejstva zaveda in zato običajno zahtevajo da se “tečenje, lezenje in krčenje v betonu upošteva samo pri tistih konstrukcijah, kjer bi lahko imeli znatne vplive na konstrukcijo”. Standard EC2 še dodaja, “tečenje in krčenje se običajno upoštevata samo pri mejnem stanju uporabnosti, pri mejnem stanju nosilnosti pa samo takrat, kjer bi bil njun vpliv pomemben.” Resnici na ljubo, si s tem ne moremo kaj prida pomagati, saj jasnih kriterijev, kdaj je “vpliv pomemben” ne dajo.

V programu AMSES Frame2D smo se omejili samo na vpliv tečenja in smo vanj vgradili postopek v skladu s priporočili CEB-FIB (Manual for buckling and stability). Postopek temelji na reduciranem modulu elastičnosti betona  $E_{\varphi}$ .

$$E_{\varphi} = \frac{E_c}{1 + \varphi}$$

V prejšnji enačbi predstavlja  $\varphi \geq 0$  koeficient, ki reducira nominalno vrednost elastičnega modula betona ( $E_c$ ). Vrednosti za koeficient  $\varphi$  boste našli v literaturi, standardih in učbenikih. Če je  $\varphi = 0$ , potem beton ni izpostavljen vplivu tečenja in če je  $\varphi > 0$ , potem imamo opravka z reduciranim modulom elastičnosti. Vrednosti za  $\varphi$  se običajno nahajajo v intervalu  $[0,3]$ .

Velikost tečenja in s tem posledično velikost koeficienta  $\varphi$  je odvisna predvsem od dolgotrajnosti delovanja obtežbe. Kadar je neka obtežba stalno prisotna, potem je njen vpliv na tečenje konstrukcije precej večji od obtežbe, ki deluje le kratkotrajno. Ali, povedano drugače, vsaka obtežba ima v splošnem drugačno trajanje in s tem tudi drugačen koeficient tečenja ter s tem tudi drugačen pripadajoč elastični modul. V primeru programa AMSES Frame2D moramo module v izračunu kombinirati v en sam ekvivalenten reduciran modul. Celoten vpliv tečenja s tem zajamemo le približno, kljub temu pa je to še vedno bolje, kot če tečenja sploh ne upoštevamo.

Če želimo upoštevati tečenje, moramo definirati najmanj dva obtežna primera: zamik zaradi tečenja, ki mu sledijo običajni obtežni primeri. Predpostavimo še, da na konstrukcijo delujeta (v grobem) dva tipa obtežbe: dolgotrajna (lastna teža, stalna obtežba, teža opreme, ipd ...) in kratkotrajna oz. taka, ki ne traja dovolj dolgo, da bi povzročila znatno tečenje.

### **Obtežni primer tečenja**

Pred vplivom tečenja, konstrukciji predpišemo začetno geometrijsko nepopolnost – kar predstavlja svoj obtežni primer. Nato v obtežnem primeru tečenja konstrukcijo obremenimo samo z obtežbo, ki deluje dolgotrajno in pri tem elastični modul betona reduciramo s predpisanim koeficientom  $\varphi$ . Kot rezultat dobimo pomike, ki so posledica dolgotrajne obtežbe. Te pomike uporabimo kot dodatno nepopolnost zaradi tečenja, ki jo dodamo k geometrijski nepopolnosti. Obe nepopolnosti tako predstavljata izhodiščno geometrijo konstrukcije, ki se upošteva pri izračunu nadaljnjih obtežnih primerov.

### **Ostali obtežni primeri**

Posledica obtežnega primera tečenja je dodatna nepopolnost konstrukcije. V obtežnih primerih, ki sledijo nadaljujemo normalno, kot da tečenja sploh ni. Povsod upoštevamo nominalni elastični modul  $E_c$  in običajne koeficiente za obtežne kombinacije. Ker je začetna geometrija zamaknjena zaradi začetne nepopolnosti in zaradi vpliva tečenja, praviloma dobimo malce večje pomike.

## Obtežni primer tečenja

*Pomembno!*

*AMSES Frame2D upošteva koeficient tečenja samo pri betonskih materialih.*

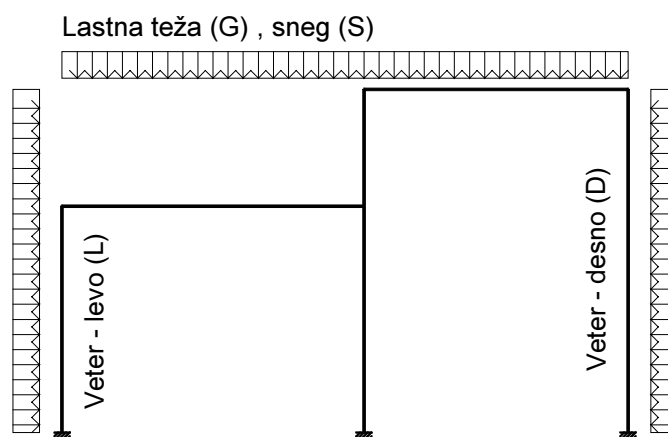
Obtežni primer tečenja je pravzaprav opisan že v prejšnjem razdelku. Definiramo ga v oknu Action/LoadCase Manager. V ustrezni celici stolpca Type izberemo **Creep** in v desno celico vpišemo koeficient tečenja  $\phi$ .

Za obtežne faktorje navedemo vrednosti, ki ustrezajo stalnemu delu obtežbe. Praviloma so faktorji 1.00 za lastno in stalno težo, 1.00 za obtežbo opreme, ki je stalna in faktorji manjši od 1.00 za ostale obtežbe. Za izrazito kratkotrajne obtežbe se vzame faktor 0.00.

Naslednji primer opisuje uporabo vseh obtežnih primerov.

## Primer uporabe vseh tipov obtežnih primerov

Na malce poenostavljenem zgledu bomo prikazali princip uporabe vseh vrst obtežnih primerov. Idealno stanje konstrukcije prikazuje naslednja slika.



Slika: Ilustracija konstrukcije, na kateri bomo prikazali uporabo obtežnih primerov.

Konstrukcija je obremenjena s štirimi obtežbami: lastno težo (G), snegom (S), vetrom iz leve (L) in vetrom iz desne (D). Pri tem obtežbo G upoštevamo kot dolgotrajno, S kot delno-dolgotrajno, L in D pa kot kratkotrajni obtežbi. Predpostavimo, da je tečenje pomembno in ga ne smemo zanemariti. Začetna geometrijska nepopolnost naj bo  $1/300$ . Ker obtežba vetra deluje v obe smeri, konstrukcija pa je nesimetrična, bomo začetno nepopolnost upoštevali v obeh smereh. Ob takem scenariju, lahko sestavimo obtežne primere prikazane v naslednji tabeli:

Tabela: Obtežni primeri

Load case	Limit state	Creep/Skew	G	S	L	D
1	Skewness	$-1/300$				
2	Creep	$\phi=2.2$	1.00	0.40	0.00	0.00
3	Ultimate		1.35	1.50	0.90	0.00
4	Ultimate		1.35	0.90	1.50	0.00
5	Service.		1.00	1.00	0.70	0.00
6	Skewness	$1/300$				
7	Creep	$\phi=2.2$	1.00	0.40	0.00	0.00
8	Ultimate		1.35	1.50	0.00	0.90
9	Ultimate		1.35	0.90	0.00	1.50
10	Service.		1.00	1.00	0.00	0.70

Reduciran elastični modul se izračuna po izrazu:

$$E_{\phi} = \frac{E_c}{1 + \phi}$$

## Določitev zunanjih vplivov in obtežnih primerov


Pravilna izbira obtežnih primerov, zunanjih vplivov in obtežnih faktorjev je ključnega pomena!



Program AMSES Frame2D bi obtežne primere interpretiral takole:

- V prvem primeru zamakne konstrukcijo za 1/300 v desno (smer urinega kazalca).
- V drugem primeru (na zamaknjeni konstrukciji) vsem betonskim elementom reducira elastični modul s koeficientom  $\phi = 2.2$  in nato izračuna pomike ob predpisanih obtežnih faktorjih. Dobljeni pomiki konstrukcije se "prištejejo" k zamaknjeni konstrukciji in to predstavlja izhodiščno stanje za nadaljnje izračune.
- V tretjem, četrtem in petem obtežnem primeru se izračunajo notranje sile in pomiki po običajni poti. Elastični modul betona, tokrat ni reduciran.
- V šestem obtežnem primeru se zamik konstrukcije najprej izniči, nato pa se zamakne za 1/300 v levo smer (protiurna smer).
- Ker je bil v drugem obtežnem primeru vpliv tečenja izračunan za desni zamik, ga moramo sedaj izračunati še za levi zamik. Obtežni faktorji in koeficient tečenja so enaki kot prej.
- Osmi, deveti in deseti obtežni primer se sedaj izračunajo normalno, le da je bila v vseh treh primerih konstrukcija v izhodiščnem stanju zamaknjena v levo zaradi geometrijske nepopolnosti in tečenja.

## Podajanje obtežbe

Podajanje obtežbe se začne z določitvijo zunanjih vplivov (action) in obtežnih primerov.

Zunanje vplive in obtežne primere definiramo v preglednici. Da lahko do nje pridemo, moramo najprej preklopiti v okolje za obtežbo. Ko smo v pravilnem okolju, v drevesu dvakrat kliknemo na vrstico . Actions/Load cases Manager (ali vrstico izberemo in pritisnemo Alt + Enter). Prikaže se preglednica. Privzeta vsebina okna je prikazana na naslednji sliki.




	Limite state	Fi creep/Skew	Action 1	Action 2
 Load case 1	Ultimate		1.500	1.500
 Load case 2	Serviceability		1.000	1.000

Slika: Privzeta vsebina okna za definiranje zunanjih vplivov in obtežnih primerov.

V zgornji vrstici okna vpisujemo imena posameznim zunanjim vplivom. V skrajno levem stolpcu vpisujemo imena obtežnim primerom. Drugi stolpec z leve je namenjen izbiri mejnega stanja. V preostale celice vpisujemo obtežne faktorje.

Opomba: Pravilna izbira obtežnih primerov, zunanjih vplivov in obtežnih faktorjev je ključnega pomena v celotnem procesu statičnega računa, saj neposredno vpliva velikost dobljenih rezultatov. Zato ji moramo posvetiti posebno skrb.

Program AMSES Frame2D ponudi dva zunanja vpliva in dva obtežna primera. Mnogokrat to ni dovolj in je potrebno dodati bodisi nove zunanje vplive, bodisi nove obtežne primere. V ta namen se v zgornjem delu okna nahaja orodjarna, ki omogoča naslednje ukaze:

-  Doda nov zunanji vpliv, kar povzroči povečanje števila stolpcev.
-  Odstrani tisti zunanji vpliv, v katerem se trenutno nahaja izbrana celica in odstrani pripadajoči stolpec.
-  Doda nov obtežni primer, kar povzroči povečanje števila vrstic.



Odstrani tisti obtežni primer v katerem se trenutno nahaja izbrana celica in odstrani pripadajočo vrstico.

Nad vsako operacijo, nad vpisom števila v celico ali nad spremembo imena je možno izvesti ukaza Undo/Redo.

## Izbira vrste obtežnega primera

Vrsta (tip) obtežnega primera se izbere tako, da se izvede dvojni-klik na ustrezno celico v drugem stolpcu. Trenutno so na voljo štirje različni tipi obtežnih primerov:

- **Ultimate** – mejno stanje nosilnosti. To je običajni obtežni tip. Oznako “ultimate” program uporablja pri filtriranju in razvrščanju rezultatov in pri izračunu ovojnic.
- **Serviceability** – mejno stanje uporabnosti. To je prav tako običajni obtežni tip. Oznako “serviceability” program uporablja pri filtriranju in razvrščanju rezultatov in pri izračunu ovojnic.
- **Skewness** – je poseben tip obtežnega primera, ki je namenjen začetni geometrijski nepopolnosti. Dvojni klik na celico tretjega stolpca (celica je obarvana v sivo) opre dialogno okno v katerem podamo velikost začetne nepopolnosti.
- **Creep** – je poseben tip obtežnega primera, ki je namenjen upoštevanju tečenja. Običajno (ni pa nujno) sledi obtežnemu primeru “skewness”. V tretjem stolpcu vpišemo koeficient tečenja. Ta obtežni primer je smiselno uporabiti le, če imamo opravka z betonsko konstrukcijo. Poleg koeficienta tečenja moramo vpisati tudi obtežne faktorje za dolgotrajne obtežbe (običajno 1.0), dolgotrajnejše (običajno < 1,0) in kratkotrajne obtežbe (praviloma 0.0).

---


Opozorilo: Obtežni primeri morajo biti definirani v pravilnem vrstnem redu. Praviloma je prvi obtežni primer zamik konstrukcije. V primeru betonskih okvirjev mu sledi primer tečenja. Za tem sledijo običajni primeri, katerih glavna smer obtežbe deluje v smeri zamika. Nekje v sredini se nato zamik obrne z novim obtežnim primerom za zamik konstrukcije. Takoj zatem (samo pri betonu) sledi primer tečenja in temu do konca sledijo obtežni primeri, katerih večji del obtežbe deluje v smeri zamika.

---


## Izbira zunanjega vpliva

Vsaka obtežba pripada nekemu zunanjemu vplivu. Zunanji vpliv v programu AMSES Frame2D predstavlja delovno okno, v katerega polagamo obtežbo. Okno prikličemo tako, da v drevesu na levi dvakrat kliknemo na ime izbranega zunanjega vpliva. Če imen zunanjih vplivov na vidimo, moramo na drevesu najprej odpreti mapo Actions.

## Koncentrirana sila

Gumb  preklopi v način podajanja koncentrirane sile.

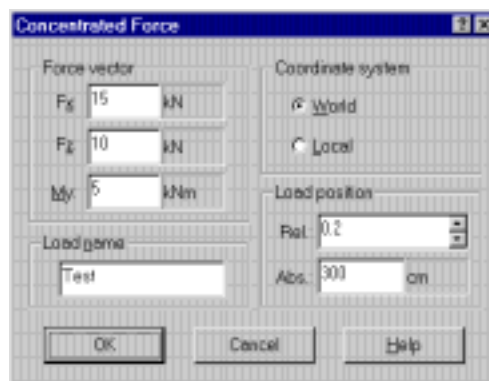
Koncentrirano silo lahko podamo le, če je odprto delovno okno nekega zunanjega vpliva (action). Če je ta pogoj izpolnjen, sledi naslednji postopek:

1. V orodjarni obtežbe (na sredini) izberemo gumb  ali izdamo ukaz **Add|Concentrated Force**.
2. Kliknemo na tisto mesto konstrukcije, na katero sila deluje. (Silo lahko položimo na vozlišče ali na element.) Prikaže se dialogno okno.
3. Vpišemo intenziteto sil  $F_x$ ,  $F_z$  in momenta  $M_y$ . Obtežbo lahko tudi poimenujemo. Če smo silo položili na vozlišče, je operacija zaključena in okno zapremo z gumbom OK.

Program položaj prijemališča sile vedno shrani v relativnih koordinatah – tudi v primeru, ko je bila podana absolutna koordinata.

## Dialogno okno koncentrirane obtežbe

4. Če je sila položena na element, je potrebno definirati še: koordinatni sistem v katerem je sila podana in točno mesto prijemališča sile. To mesto lahko podamo v relativnih ali absolutnih koordinatah. Pomembno je vedeti, da program položaj prijemališča vedno shrani v relativnih koordinatah. Na koncu okno zapremo z gumbom OK.



Slika: Dialogno okno za vnos koncentrirane sile

To dialogno okno se uporablja za vnos podatkov o koncentrirani sili: velikosti njenih komponent, prijemališču in orientaciji.

### Komponente sile

Koncentrirana (posplošena) sila je pravzaprav vektor, ki se sestoji iz treh komponent:

- **Fx:** komponente v X smeri,
- **Fz:** komponente v Z smeri,
- **My:** upogibni moment okoli Y osi.

### Ime koncentrirane obtežbe

Vsaki obtežbi lahko vpišete poljubno ime. Ime se uporablja predvsem kot komentar. Tipična imena so npr. "P", "Oprema Z", "Potres zgoraj", itd.

### Koordinatni sistem

Kadar koncentrirana obtežba deluje v vozlišču, potem se njene komponente vedno nanašajo na globalni koordinatni sistem. V primerih, ko pa sila leži na elementu, potem pa lahko izbiramo med globalnim in lokalnim koordinatnim sistemom.

### Prijemališče obtežbe

V primerih, ko koncentrirana obtežba deluje v polju elementa, lahko natančno predpišemo njeno prijemališče. Prijemališče lahko predpišemo z relativno ali absolutno x-koordinato elementa. Pri relativni koordinati, moramo podati vrednost med 0 in 1, ki ponazarjata začetek in konec elementa. Pri absolutni koordinati pa se podaja razdalja od začetne točke elementa do delovanja sile v izbranih enotah. Ne glede na to, ali je bilo prijemališče podano z absolutno ali z relativno koordinato, se točka prijemališča vedno zapiše v relativni koordinati.

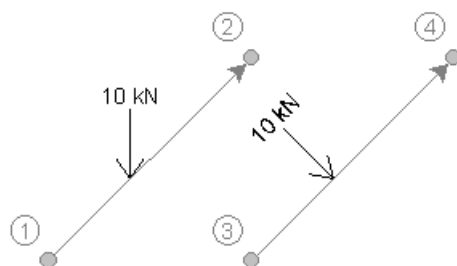
Opomba: Na isto točko elementa lahko podate več koncentriranih obtežb. Element bo obtežbe sicer pravilno upošteval, ne bo jih pa pravilno prikazal na zaslonu, kjer se bodo sile izpisale druga preko druge.

Če sila deluje na vozlišču, potem jo moramo vedno podati v globalnem koordinatnem sistemu. Pri podajanju sile na element smemo izbirati med globalnim koordinatnim sistemom in lokalnim koordinatnim sistemom elementa, na katerega podajamo silo. Slika prikazuje silo  $F_z = 10$  kN, ki je v

## Koordinatni sistem in koncentrirana sila




prvem primeru podana v globalnem, v drugem primeru pa v lokalnem koordinatnem sistemu.




Slika: Sila  $F_z = 10 \text{ kN}$  v globalnem koordinatnem sistemu (levo) in v lokalnem koordinatnem sistemu elementa (desno).

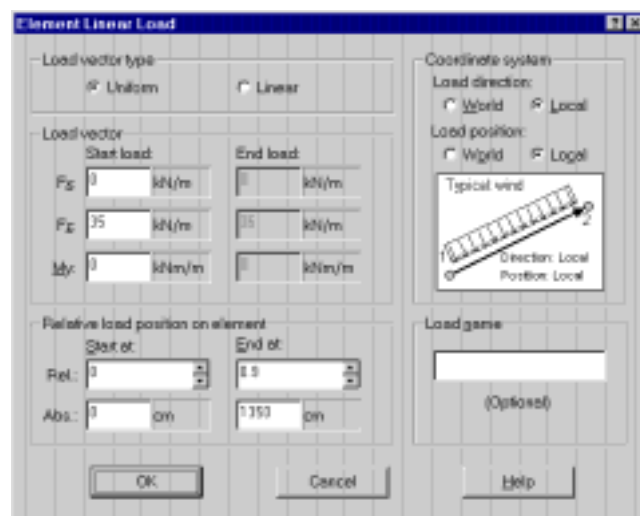
## Enakomerna linijska obtežba

Gumb  preklopi v način podajanja enakomerne linijske obtežbe.

Enakomerno linijsko obtežbo lahko podamo le, če je odprto delovno okno nekega zunanje vpliva (action). Če je ta pogoj izpolnjen, sledi naslednji postopek:

1. Na orodjarni obtežbe (na sredini) izberemo gumb  ali izdamo ukaz **Add|Linear Force**.
2. Kliknemo na tisti element konstrukcije na katerega deluje obtežba. Prikaže se dialogno okno.
3. Izberemo vrsto obtežbe: konstantno (uniform) ali linearno (linear).
4. Vpišemo intenziteto obtežbe  $F_x$ ,  $F_z$  in momenta  $M_y$  na začetku in na koncu delovanja obtežbe. Če gre za konstantno obtežbo, potem se je obtežba na koncu avtomatično enaka obtežbi na začetku. Obtežbo lahko tudi poimenujete.
5. Obtežbi določimo začetek (Start at:) in konec (End at:) njenega delovanja. Položaj vpišemo v relativnih ali absolutnih koordinatah lokalne x osi. Koordinati se vedno shranita v relativni obliki.
6. Izberemo še koordinatna sistema za smer delovanja sile in smer na katero se razporeja obtežba. Vse možne kombinacije bomo obdelali v nadaljevanju.
7. Z gumbom OK okno zapremo in podana obtežba se nariše ob izbranem elementu. S tem je vnos končan.

### Dialogno okno linearne obtežbe



Slika: Dialogno okno za vnos enakomerne linijske obtežbe

V tem dialognem oknu podamo attribute linearne porazdeljene obtežbe, ki deluje na izbrani element. Obtežba lahko deluje na celotni element ali le na njegov izbrani del.

### Vrsta porazdeljene obtežbe

Obtežba lahko poteka po elementu bodisi s konstantno (uniform) ali linearno (linear) intenziteto. Če izberete konstantno intenziteto, potem program avtomatično privzame na koncu enake vrednosti kot so podane na začetku.

### Komponente obtežbe

Obtežba se sestoji iz treh komponent, ki se vse nanašajo na dolžinsko enoto. Obtežba se poda za začetno in za končno točko njenega delovanja.

- **F<sub>x</sub>**: komponenta sile v X smeri na enoto dolžine,
- **F<sub>z</sub>**: komponente sile v Z smeri na enoto dolžine,
- **My**: upogibni moment okoli Y osi na enoto dolžine.

### Koordinatni sistem

Način izbire in pomen izbire koordinatnih sistemov, ki se nanašajo na smer obtežbe in njen položaj je natančno razložen v nadaljevanju. Podana je tudi praktična razlaga.

#### Ime

Vpišite kakršnokoli ime, polje lahko pustite tudi prazno.

#### Lega obtežbe na elementu

Obtežba se lahko nahaja na celotnem elementu ali le na njegovem izbranem delu. Njen natančen položaj določamo v relativnih ali absolutnih koordinatah lokalne x-osi. Relativne koordinate so veljavne v območju [0,1]. Ne glede na to ali so bile podane relativne ali absolutne koordinate, se lega vedno shrani v relativnih koordinatah.

## Koordinatni sistem in enakomerna linijska obtežba

### Smer obtežbe (load direction)

*Smer obtežbe se na zaslonu odraža s smerjo puščic.*

Ena izmed vrlin programa AMSES Frame2D je prav možnost natančne določitve položaja in smeri zvezne obtežbe. To nam omogoča, da podajamo obtežbo v 'naravni' obliki, pri čemer program sam poskrbi za ustrezne transformacije. Poglejmo si, kaj pravzaprav pomenijo posamezne možnosti.

Smer obtežbe pove v katerih smereh delujejo podane intenzitete obtežbe. Na voljo imamo dve možnosti: globalni koordinatni sistem (world) in lokalni koordinatni sistem elementa (local).

#### Globalni koordinatni sistem

Če izberemo globalni sistem (world), se smer podanih intenzitet ujema z glavnimi osmi globalnega koordinatnega sistema. Tipične obtežbe, ki se nanašajo na globalni koordinatni sistem so gravitacijske obtežbe: lastna teža, obtežba snega in ledu, prometna obtežba, ...

#### Lokalni koordinatni sistem

Če izberemo lokalni koordinatni sistem (local), se smer podanih intenzitet ujema z lokalnim koordinatnim sistemom elementa. Tipična obtežba lokalnega koordinatnega sistema je obtežba vetra.

---

Pozor: Določitev smeri delovanja obtežbe še ni dovolj. Pravilno moramo določiti tudi v katerem koordinatnem sistemu se obtežba razporeja – položaj obtežbe.

---

### Položaj obtežbe (load position)

Položaj obtežbe pove, kako je obtežba položena na element. Obtežba lahko leži v globalnem ali lokalnem koordinatnem sistemu.

#### Globalni koordinatni sistem

*Lega - položaj obtežbe se na zaslonu odraža s položajem pravokotnika, ki ponazarja obtežbo.*

Kadar obtežba leži v globalnem koordinatnem sistemu, pomeni, da se intenziteta obtežbe meri na pripadajočo enoto globalnega koordinatnega sistema. Tipična oblika take obtežbe je obtežba snega, ki se podaja na enoto globalne X osi, ne glede na to, kolikšen naklon ima streha.

#### *Lokalni koordinatni sistem*

Če obtežba leži v lokalnem koordinatnem sistemu, potem se intenziteta obtežbe meri na enoto X smeri lokalnega koordinatnega sistema elementa. Tipična primera take obtežbe sta lastna teža in obtežba vetra.

---

Pozor: Določitev položaja obtežbe še ni dovolj. Pravilno moramo določiti tudi smer, v katero je obtežba obrnjena – smer obtežbe.

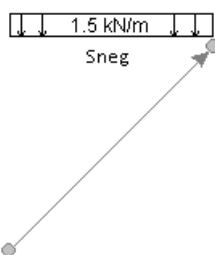
---

### **Primeri določitve smeri in položaja obtežbe**

#### **Smer globalno, položaj globalno**

Smer obtežbe in položaj obtežbe nam dasta skupaj štiri kombinacije. Izkaže se, da se tri kombinacije uporabljajo vsakodnevno, za četrto pa nismo našli ilustrativnega primera uporabe. Ustrezne kombinacije bomo ponazorili s slikami.

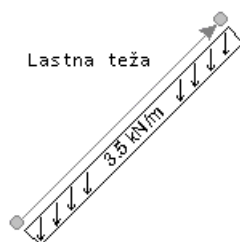
Tipična obtežba te kombinacije je obtežba snega. Obtežba snega je gravitacijska obtežba in zato je njena smer globalna. Podaja se na enoto X osi globalnega koordinatnega sistema in ni odvisna od naklona elementa na katerega deluje. Naslednja slika ilustrira tak primer.



Slika: Ilustracija obtežbe, ki ima globalno smer in globalno lego. Primer: sneg.

#### **Smer globalno, položaj lokalno**

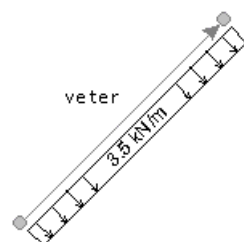
Ta kombinacija je najpogostejše rabljena pri podajanju lastne in stalne teže elementov. Lastna teža je gravitacijska obtežba in zato njena smer pripada globalnemu koordinatnemu sistemu. Intenziteta obtežbe se nanaša na enoto dolžine v lokalnem koordinatnem sistemu elementa, zato je njen položaj izražen v lokalnem sistemu. Tak primer ilustrira naslednja slika.



Slika: Ilustracija obtežbe, ki ima globalno smer in lokalno lego. Primer: lastna teža.

#### **Smer lokalno, položaj lokalno**

Predstavnik tovrstne obtežbe je veter, ki deluje vedno pravokotno na element. Njegova smer je zato zapisana v lokalnem koordinatnem sistemu. Tudi intenziteta se nanaša na dolžino elementa in zato spada v lokalni sistem. Spodnja slika ilustrira primer obtežbe vetra.



Slika: Ilustracija obtežbe, ki ima lokalno smer in lokalno lego. Primer: veter.


### Smer lokalno, položaj globalno

To je četrta varianta za katero nismo našli ustreznega praktičnega primera. (Če veste zanj, nam to prosim sporočite). Smer obtežbe se nanaša na lokalni koordinatni sistem, medtem ko je intenziteta umerjena na globalni koordinatni sistem.




Slika: Ilustracija obtežbe, ki ima lokalno smer in globalno lego.


## Enakomerna linijska obtežba po delu elementa

Gumb  preklopi v način podajanja enakomerne obtežbe po delu elementa.


Za enakomerno linijsko obtežbo po delu elementa velja praktično vse, kar je bilo povedano za enakomerno linijsko obtežbo. Edina razlika nastopi v načinu podajanja obtežbe. Postopek je sledeč:

1. Na orodjarni obtežbe (na sredini) izberemo gumb  ali izdamo ukaz **Add|Linear Force 2 Pts**.
2. Kliknemo na točko elementa, v kateri bo obtežba začela delovati.
3. Kazalec miške premaknemo v končno točko elementa – v točko, kjer bo obtežba prenehala delovati. Med premikanjem se nad elementom riše pravokotnik, ki prikazuje del elementa na katerega se obtežba nanaša.
4. Ponovno kliknemo z miško. Prikazalo se bo enako dialogno okno kot pri podajanju enakomerne linijske obtežbe.
5. Vpišemo intenziteto linijske obtežbe  $F_x$ ,  $F_z$  in momenta  $M_y$ . Obtežbi lahko damo tudi ime. Obtežbi lahko popravimo vrednosti za začetek njenega delovanja (Start at) in konec njenega delovanja (End at). Položaj vpišemo v relativnih ali absolutnih koordinatah lokalne x osi. Izberemo še koordinatna sistema za smer delovanja sile in smer na katero se razporeja obtežba. Vse možne kombinacije smo obdelali v razdelku: “Primeri določitve smeri in položaja obtežbe”.
6. Ko je vse definirano, pritisnemo gumb OK in okno se zapre. S tem je vnos končan.

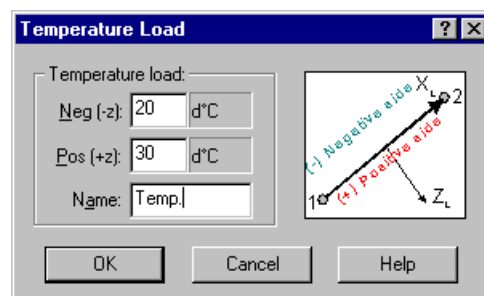
## Temperaturna obtežba

Gumb  preklopi v način podajanja temperaturne obtežbe.

Temperaturno obtežbo lahko podamo samo v okolju za vnos obtežbe, pri čemer mora biti odprto okno nekega zunanje vpliva. Če je ta pogoj izpolnjen, sledi naslednji postopek:


1. Na orodjarni obtežbe (na sredini) izberemo gumb  ali izdamo ukaz **Add|Temperature Load**.
2. Kliknemo na element, ki ga želimo obremeniti s temperaturno obtežbo. Prikaže se dialogno okno za vpis podatkov o temperaturni obtežbi.
3. V okno vpišemo podatke o temperaturni razliki, s katero obremenjujemo element. Podati moramo temperaturne razlike na pozitivni in negativni strani elementa. Pri tem se pozitivna stran elementa ujema s pozitivno Z smerjo lokalnega koordinatnega sistema elementa. To ilustrira preprosta skica, ki jo vidimo v oknu. Temperaturno obtežbo lahko tudi poimenujemo. Na koncu okno zapremo z gumbom OK.

Skica v oknu pomaga pri določitvi 'pozitivne' in 'negativne' strani elementa. Pozor: pomembna je usmerjenost elementa.




Slika: Okno za vnos podatkov o temperaturni obtežbi

## Predpisani pomiki vozlišč

Gumb  preklopi v način podajanja predpisanih pomikov podprtih vozlišč.

Predpisane pomike vozlišč lahko podamo samo v okolju za vnos obtežbe, pri čemer mora biti odprto okno nekega zunanje vpliva. Če je ta pogoj izpolnjen, sledi naslednji postopek:

1. Na orodjarni obtežbe (na sredini) izberemo gumb  ali izdamo ukaz **Add|Prescribed Displacement**.
2. Kliknemo na vozlišče, ki mu želimo predpisati pomik. Pomik lahko predpišemo samo podprtemu vozlišču in to le v smeri, ki je podprta. Če ima vozlišče vsaj eno podprto prostostno stopnjo, se bo prikazalo dialogno okno.
3. Vpišemo velikost pomikov  $U_x$ ,  $U_z$  in zasuka  $F_{\theta}$ . (Dostopne so samo podprte prostostne stopnje). Pomik lahko poimenujemo in nato okno zapremo z gumbom OK.



Slika: Dialogno okno za vnos predpisanih pomikov.

#### Opombe:

Na isto vozlišče lahko podamo koncentrirano silo, kot tudi predpisane pomike. V tem primeru se bosta obe obtežbi sicer pravilno upoštevali, njuna kombinacija pa se ne bo pravilno prikazala na zaslonu. Na zaslonu se bo pojavilo sporočilo **Mix: U + F** za vse prostostne stopnje vozlišča.

Program AMSES Frame2D poskuša preprečiti, da bi predpisane pomike podali v nepodprtih smereh, vendar se ga da prelistati in pomik predpisati tudi nepodprti smeri.

Primer: Vozlišče najprej podpremo, predpišemo pomik in nato podporo odstranimo. V tem primeru bo program AMSES Frame2D v fazi izračuna vse predpisane pomike v nepodprtih smereh ignoriral in sporočil ustrezno opozorilo.


## Odstranjevanje in urejanje že podane obtežbe

Glej naslednje poglavje: "Lastnosti obtežbe".

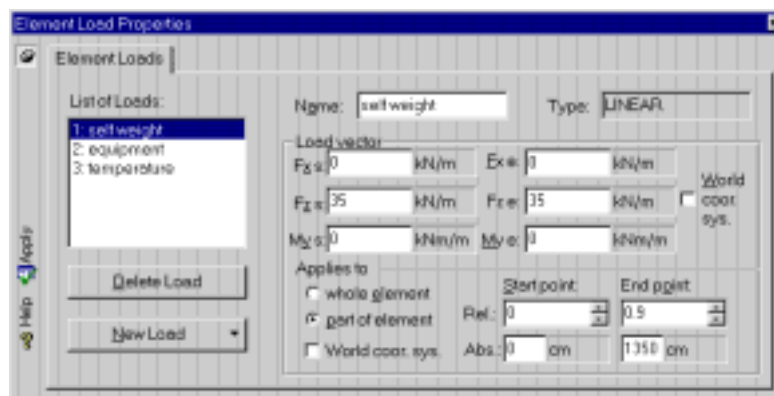
### Lastnosti obtežbe

Podobno kot elementom in vozliščem lahko tudi obtežbam urejamo lastnosti. Okno za lastnosti obtežb prikličemo tako, da:

*Za prikaz lastnosti obtežbe moramo vedno klikniti na element in ne na skico obtežbe.*

1. Program preklopimo v način izbiranja – gumb  ali izdamo ukaz **Edit|Select**,
2. S kazalcem miške poiščemo element ali vozlišče, ki vsebujeta obtežbo in dvakrat kliknemo nanj. Pomembno: Pokazati moramo na element/vozlišče in ne na skico obtežbe.

Prikaže se okno za lastnosti obtežbe vozlišča ali elementa. V njem imamo možnosti urejanja, odstranjevanja in dodajanja posameznih obtežb.



Slika: Primer okna lastnosti obtežbe elementa

V oknu so nameščene naslednje kontrole:


**Spisek obtežb:** V spisku izberemo obtežbo, ki jo želimo urediti. Ko je obtežba izbrana, se v desnem delu okna prikažejo obtežbi pripadajoče kontrole. Hkrati se spremeni tudi slika na zaslonu, kjer se izbrana obtežba izriše.


**Gumb Delete Load** bo odstranil obtežbo iz spiska. V tem trenutku je to edini način za odstranitev obtežbe.

**Gumb New Load** bo prikazal meni, iz katerega nato izberemo vrsto nove obtežbe, ki jo želimo dodati na element ali na vozlišče.

**Okno Name** omogoča vpis novega imena obtežbe. Sprememba imena se takoj prikaže tako v spisku obtežb, kot na sliki elementa.

Preostale kontrole so odvisne od tipa trenutno izbrane obtežbe. Kontrole so podobne kontrolam v ustreznih dialognih oknih, ki so se odprla pri prvotnem podajanju obtežbe.

*Spremembe bodo upoštevane samo, če pred zaprtjem okna pritisnete gumb .*

Če želimo obdržati spremembe, ki smo jih vnesli, moramo obvezno pritisniti gumb  (Apply). V nasprotnem primeru bodo vse spremembe izgubljene, čeprav so na zaslonu v tem trenutku pravilno prikazane.


---

Opomba: Zaradi pomanjkanja prostora v oknu je pri definiciji za smeri obtežbe in položaja obtežbe namesto radijskih gumbov uporabljen kvadrater za izbiro. Če je kvadrater označen, se smer/položaj nanaša na globalni koordinatni sistem, če pa je kvadrater prazen, se smer/položaj nanaša na lokalni koordinatni sistem elementa.

---

---


# Izračun rezultatov

*Izračun sprožimo z gumbom , ki je dostopen iz vseh okolij.*

## Log datoteka

*V log datoteki se npr. pojavijo tudi vezana vozlišča, ki jih drugače ni opaziti.*

## Izračunajmo ...

Izračun rezultatov sprožimo z gumbom  ali z ukazom **Solve|Solve**. Izračun je sicer dostopen v vsakem trenutku, vprašanje pa je, ali se bo pravilno izvršil. Po izračunu se v sporočilnem oknu prikaže spisek morebitnih opozoril in napak ter povzetek izračuna. V primeru uspešnega izračuna se v sporočilnem oknu izpiše:

```
Solving ...  
Summary: 0 error(s), 0 warning(s)
```

Kadar podatki niso popolni in program ni uspel končati izračuna, nas namesto sporočila o uspešnem izračunu čakajo sporočila o napakah.



Ob uspešnem izračunu se ustvari tudi t.i. LOG datoteka. V njej so zapisani podatki o konstrukciji, o obtežbi in rezultati izračuna v obliki tekstovne datoteke. Log datoteko smo uporabljali predvsem za kontrolo rezultatov pri razvijanju programa. V upošteev pride tudi za uporabnike, zato ostaja v programu.



# Pregled rezultatov

## Vklop pregleda rezultatov


Preklop v okolje rezultatov se po končanem izračunu **NE** izvede avtomatično. V okolje rezultatov preklopimo z ukazom

**View|Workspace|Results**, s pritiskom na tabulator  pod drevesom ali z gumbom  na orodjarni. Rezultati so urejeni po obtežnih primerih.

## Izbira obtežnega primera

Rezultati so urejeni po obtežnih primerih - vsak obtežni primer ima svoje okno. Okno obtežnega primera odpremo s pomočjo drevesa na levi strani.










1. Najprej odpremo mapo  Load Cases, ki prikaže spisek vseh obtežnih primerov.
2. Izberemo zelen obtežni primer in dvakrat kliknemo nanj ali pritisnemo tipko Alt+Enter.

Odpre se delovno okno, v katerem se prikaže geometrija skupaj z rezultati za izbrani obtežni primer.

## Določitev vsebine okna


Za vsak obtežni primer se izračuna več različnih količin. Na zaslonu se lahko naenkrat prikaže le ena količina.

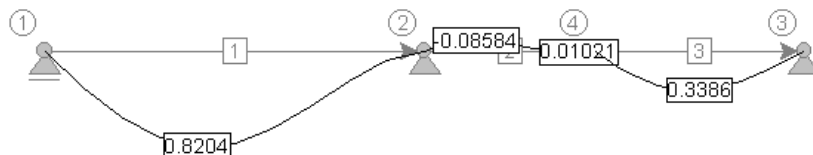
Željeno količino izberemo tako, da v orodjarni na sredini pritisnemo gumb, ki količino ponazarja, ali sprožimo ustrezen ukaz v meniju **Diagram**. Na voljo so naslednje količine:

-  Moments: upogibni momenti po elementu.
-  Axial Forces: osne sile po elementu.
-  Shear Forces: prečne sile po elementu.
-  Displacements: pomiki konstrukcije in reakcije.
-  Local Uz: lokalni pomiki v smeri lokalne z osi po elementu.  
Lokalne pomike dobimo tako, da od globalnih pomikov odštejemo premike elementa kot togega telesa.
-  Rotations: zasuki elementov.
-  prikaži/skrij številčne oznake na diagramih.

## Opomba o lokalnih pomikih



*Uporaba prikaza lokalnih pomikov je smiselna le, če ima element logični podpori na obeh straneh.*

Opomniti velja, da je uporaba prikaza  smiselna le, če končni element poteka od podpore do podpore. V nasprotnem primeru je bolje opazovati globalne premike konstrukcije. Slika spodaj predstavlja simetričen kontinuirni nosilec obremenjen s simetrično obtežbo. Nosilec ima en sam element v levem polju in dva elementa v desnem polju. Vidimo, da so lokalni pomiki levega polja (element 1) pravilni, medtem ko so pomiki desnega polja (elementa 2 in 3) povsem nelogični in napačni. Pomiki desnega polja so napačni zato, ker je bilo polje modelirano z dvema elementoma. Upogibki v desnem polju so v resnici enaki upogibkom v levem polju, kar bi pokazala slika globalnih pomikov.





Slika: Smiselna in nesmiselna uporaba prikaza lokalnih pomikov elementa.

## Spreminjanje velikosti diagramov

*Gumba  in  povečujeta in zmanjšujeta velikosti diagramov.*

Včasih se zgodi, da velikost diagramov ne ustreza. V tem primeru lahko velikost ordinate diagramov povečamo ali zmanjšamo glede na velikost konstrukcije.

- Diagrame napihnemo (povečamo) z gumbom  ali z ukazom **Diagram|Expand**.
- Diagrame pomanjšamo (spustimo) z gumbom  ali z ukazom **Diagram|Shrink**.

Pri tem velja, da se diagrami spremenijo relativno glede na velikost konstrukcije. Sprememba hkrati vpliva tudi na velikost vplivnega dela okna, ki pripada konstrukciji. V nekaterih primerih se zato malce spremeni velikost konstrukcije prikazane na zaslonu.

## Ovojnice

Kadar v analizi nastopa veliko število obtežnih primerov, se pojavi problem preobilja rezultatov. Ovojnice pomagajo to “preobilje” spraviti na lažje obvladljivo raven. Program AMSES Frame2D dovoljuje uporabo neomejenega števila ovojníc, pri čemer ima lahko vsaka ovojница svoje nastavitve.

*Ovojnica potrebuje: spisek obtežnih primerov in vodilno količino.*

Ob odprtju nove ovojnice morate vedeti, katere obtežne primere želite vključiti vanjo in za katero vodilno količino jo pripravljate. Da bi vam pri tem vsaj malce olajšali delo, smo v “urejevalnik ovojníc – **Envelope Manager**” vgradili filtre obtežnih primerov.

## Urejevalnik ovojníc

Ovojnice urejamo v posebnem oknu, ki se v programu imenuje “Envelope Manager”. To okno je dostopno le v okolju rezultatov. Za odprtje tega okna, vključite okolje rezultatov, v drevesnem oknu (praviloma na levi) poiščite vrstico z napisom “Envelope Manager” in dvakrat kliknite nanjo (ali pa jo izberite in pritisnite Alt+Enter). Okno za urejanje ovojníc je sedaj odprto in ga prikazuje naslednja slika.



Slika: Okno za urejanje ovojnic

V oknu je več okvirjev, ki med sabo sodelujejo in vam pomagajo določiti parametre ovojnice.

### Okvir “Envelope”

V tem okvirju ustvarite novo ovojnico, ovojnici spremenite ime ali ovojnico odstranite. Na vrhu se nahaja **spisek vseh ovojnic**. Takoj ko izberete neko ovojnico, se njeno ime pojavi v polju **Name**. V polju Name smete spremeniti ime ovojnice.

Gumb **Add New** ustvari novo ovojnico, ki pa je prazna in brez imena.

Gumb **Delete** odstrani trenutno izbrano ovojnico.

### Izbira vodilne količine

Vsaka ovojnica mora imeti svojo vodilno količino. Vodilna količina je lahko komponenta notranje sile, komponenta splošenega premika ali kontaktni tlak. Ovojnica bo preiskala vse obtežne primere, ki ji pripadajo in iskala minimume in maksimume v vseh izračunanih točkah. Ko ovojnica najde minimum ali maksimum izbrane vodilne količine v neki točki, se vsi rezultati te točke prenesejo v ovojnico. To pomeni, da bo ovojnica za izbrano količino resnično vsebovala samo minimume in maksimume, ostale količine pa vsebujejo vodilni količini “pripadajoče” vrednosti in te običajno niso ekstremne.

Da bi podrobneje pojasnili pomen vodilen količine in “pripadajoče” količine smo sestavili preprost primer: Vzemimo, da imamo dva obtežna primera - A in B. Za ta dva primera poznamo tudi obremenitve (N in M) v štirih točkah, ki so del elementa.

*Tabela: Rezultati obtežnih primerov A and B. Momenti in osne sile so predstavljeni v parih (M,N).*

	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
LC A (M,N)	(15, 20)	(-20, 15)	(-10, 10)	(20, 5)
LC B (M,N)	(-10, -15)	(15, -10)	(5, 0)	(-10, 10)

Sedaj, ko to poznamo, lahko tvorimo ovojnico za momente in ovojnico za osno silo.

*Tabela: Ovojnica za momente – M je vodilna količina*

Ovojnica M	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Max M	( <b>15</b> , 20)	( <b>15</b> , -10)	( <b>5</b> , 0)	( <b>20</b> , 5)
Min M	(-10, -15)	(-20, 15)	(-10, 10)	(-10, 10)

Iz prejšnje tabele je razvidno, da par (M,N) ostane vedno skupaj. Par je izbran glede na velikost vodilne količine. V naslednji tabeli najdete točke ovojnice za primer, ko je N vodilna količina. To zaključuje primer.

Tabela: Ovojnica za osne sile –  $N$  je vodilna količina

Ovojnica $N$	Točka 1	Točka 2	Točka 3	Točka 4
Max $N$	(15, <b>20</b> )	(-20, <b>15</b> )	(-10, <b>10</b> )	(-10, <b>10</b> )
Min $N$	(-10, <b>-15</b> )	(15, <b>-10</b> )	(5, <b>0</b> )	(20, <b>5</b> )

### Filtriranje obtežnih primerov

Filtri obtežnih primerov so namenjeni njihovem enostavnejšemu razvrščanju in izbiranju v ovojnico. Filtri se nanašajo na tip obtežnega primera:

**Ultimate:** vklop omogoča izbiro vseh obtežnih primerov, ki se nanašajo na mejno stanje nosilnosti.

**Serviceability:** vklop omogoča izbiro vseh obtežnih primerov, ki se nanašajo na mejno stanje uporabnosti.

**Creep:** vklop omogoča izbiro vseh obtežnih primerov, ki se nanašajo na tečenje betona.

**Skewness:** ta izbira je vedno izklopljena.

### Vrsta izbire obtežnih primerov

Obtežne primere lahko izbirate na dva načina:



**Automatic:** Ta način izbire opravi vse – izbere vse možne obtežne primere, glede na vključene filtre. Slabost tega pristopa je, da posameznih obtežnih primerov ne morete odstraniti iz izbire.

**Manual:** Ročni način izbire se uporablja takrat, ko želite v ovojnico izbrati samo nekatere izmed obtežnih primerov. Še vedno velja, da so prikazani samo tisti obtežni primeri, ki imajo filter vklopljen. Med temi nato uporabnik pove, kateri naj se vključijo v ovojnico.

### Obtežni primeri vključeni v ovojnico



Vsi obtežni primeri, katerih ustrezni filtri so vklopljeni, so razvrščeni v dva spiska: med izbrane obtežne primere (selected) in med neizbrane obtežne primere (not selected).

V primeru avtomatične izbire, so vsi razpoložljivi obtežni primeri med “izbranimi” in nad ne-izbiro posameznih obtežnih primerov nimamo vpliva.

V primeru ročne izbire, obtežne primere med obema spiskoma premikamo z gumboma  and .


---

# Izpis rezultatov

Gumb  sproži izpis rezultatov, gumb  pa predogled izpisa na zaslonu.

Izpis porabi precej pomnilnika in 'sistemskih sredstev', zato naj ima vaš računalnik vsaj 32 MB hitrega pomnilnika.

Pred izpisom shranite konstrukcijo na disk!

Gumb , ki se nahaja v orodjarni, je ustrezna bližnjica.

## Izpišimo rezultate

Izpis rezultatov zahtevamo z ukazom **File|Print**. Takoj po izdanem ukazu program iz trenutnega stanja konstrukcije najprej ustvari vse tabele in slike, ki jih zatem še uredi in prerazporedi tako, da se pri izpisu porabi kar najmanj papirja. Vse to je precej zahtevna operacija, ki v primeru velikih konstrukcij in malce počasnejših računalnikov traja kar precej časa.

Operacija izpisa je zahtevna tudi z vidika porabe pomnilnika, saj se hitro zgodi, da program samo za pripravo izpisa porabi tudi do 20 MB hitrega pomnilnika (RAM). Zato priporočamo, da imate računalnik z vsaj 32 MB pomnilnika in približno 30 MB navideznega pomnilnika (na disku).

Svetujemo, da se konstrukcija zapiše na disk (ukaz **File|Save**) vsakič preden jo damo izpisati. To je pomembno predvsem, če uporabljate šibkejši računalnik in okolje Windows 95.

Pri razvoju programa AMSES Frame2D smo posebno pozornost posvetili prav izpisu rezultatov. Program zmore rezultate izpisati tako v grafični kot v tabelarni obliki. Pri tem lahko precej natančno nastavimo, kaj naj se izpiše in kakšna naj bo oblika izpisa.

## Prenos slik v druge programe

Program AMSES Frame2D omogoča prenos slik med programi. Vsebine slike trenutnega pogleda lahko zajamete v vektorski "enhanced windows metafile" obliki in jo prenesete na odložišče. Ta vektorski format razume večina sodobnih 32 bitnih programov, kot so npr. Word, Excel, itd.

Vsebine trenutnega pogleda prenesete na odložišče z ukazom **File|View to Clipboard**. Ukaz se izvrši skoraj hipoma. Ko je slika na odložišču, jo v nek drug program prekopirate z ukazom **Paste**.

Opozorilo: Ta ukaz deluje samo v registrirani različici programa.

## Nastavitve oblike in vsebine izpisa

Vsebine izpisa nastavimo v posebnem oknu, ki ima šest strani:

- Splošno (General)
- Robovi (Margins)
- Glava/Noga (Header/Footer)
- Prva stran (Front Page)
- Geometrija/Obtežba (Geometry/Load)

- Rezultati (Results)
- Opis konstrukcije (Description)

Poglejmo si vsako izmed njih.

## Splošno (General)

Na tej strani določamo splošen izgled izpisa in nimamo opravka z vsebino izpisa.

### Pisave (Fonts)

Vsaki pisavi izberemo tipografijo (obliko) in velikost.

- Caption font: Je pisava, ki bo uporabljena za izpis naslovov posameznih razdelkov.
- Table head font: Je pisava, ki bo uporabljena za izpis naslovne vrstice v tabelah.
- Normal font: Je običajna pisava, ki bo uporabljena za izpis vseh preostalih besedil.

### Jezik izpisa (Output language)

Izbiramo lahko med izpisi v različnih jezikih. Pomembno je vedeti, da si lahko sami spremenite spremna besedila v izpisu ali izpis prilagodite za nek drug jezik.

*Na voljo so: Slovenščina, Angleščina, Nemščina, Italijanščina, Španščina, Češčina in Hrvaščina.*

### Table (Tabele)

Table style: Omogoča izbiro oblike tabele. Na voljo so štiri različne oblike:

- Columns 1 – tabela s poudarjenimi stolpci.
- Grid 1 – tabela v obliki mreže.
- Rows 1 – tabela s poudarjenimi vrsticami.
- Rows 2 – tabela s poudarjenimi vrsticami.

### Slike (Pictures)

Okvir Velikost in lega (Size & orientation) nam ponuja štiri možnosti:

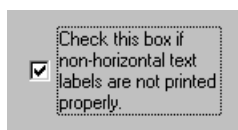
1. Možnost, ki pravi "Kar največja (dovoli zasuk) - As big as possible (allow rotation)" še ni razvita, zato je ne moremo izbrati. Zasuk za 90° bi se uporabil avtomatično, če bi se tako zasukana slika pri izpisu bolj prilegala izbranemu papirju.
2. Možnost "Kar največja - zasuka ne dovoli" bo vsako sliko poskušala čimbolj raztegniti. Slika bo zato kar se le da velika. Zasuk slike za 90° pri tem ni dovoljen.
3. Možnost "Najmanj dve sliki na stran (At least 2 pictures per page)" bo določila tako velikost slik, da sta ne eni strani razporejeni najmanj dve sliki. Slike pri tem poveča kar se le da. Ta možnost zagotavlja, da se v primeru izpisa več zaporednih slik zapišeta na eno stran najmanj po dve sliki.
4. Možnost "Najmanj tri slike na stran (At least 3 pictures per page)" je enaka prejšnji možnosti, le da zagotavlja najmanj tri slike na eni strani. (Ta možnost je privzeta).

**Draw border:** vsaki sliki nariše okvir.

**Center caption:** naslov slike izpiše natančno na sredino strani.

**Barve (Colors):** Opcije v tej verziji še niso razvite. Izpis je vselej črnobel.

### Posebnosti (Specials)



Večina posebnosti še ni razvita. Razvita je samo ena, ki odpravlja napako pri izpisu, ki se pojavi pri nekaterih tiskalnikih.

---

Kvadrateg z imenom "Check this box if non-horizontal text labels are not printed properly" je namenjen odpravi gornje napake. Nekateri gonilniki namreč napačno razumejo ukaze, ki se nanašajo na izpis besedil pod kotom, ki je različen od nič. Če boste pri izpisu opazili, da se vertikalne reakcije ne izpišejo na pravilno mesto, potem obkljukajte kvadrateg. Naslednji izpis bi moral biti brez napak.

---

Opomba: Če boste izbrali popravek izpisa, se bo izpis vertikalnih reakcij v predogledu (Print Preview) prikazal napačno – izpis na papir pa bi moral biti brez napak.

---

## Robovi (Margins)

Stran je namenjena določitvi velikosti prostih robov na papirju. Vpisati moramo odmik od roba na levi strani (Left), desni strani (Right), zgoraj (Top) in spodaj (Bottom). Določimo lahko še položaj odmika zgornjega roba glave (Header top) in odmik spodnjega roba noge (Footer bottom).

Program bo v prihodnosti omogočal še posebne nastavitve za sekundarni tiskalnik (risalnik).

## Glava/Noga (Header/Footer)

Na tej strani definiramo vsebino glave in noge. Glava in noga sta razdeljeni na tri dele - okna. V vsako okno lahko vpišemo poljubno besedilo, ki se bo nato pojavilo na vsaki strani izpisa. Pri tem lahko besedilo kombiniramo s posebnimi ukazi, ki se bodo pri izpisu zamenjali z ustreznimi besedami.

Okna lahko pustimo tudi prazna.

---

Opozorilo: Posamezni deli pri izpisu niso omejeni na eno tretjino. To pomeni, da bo dolgo besedilo v levem delu segalo tudi v prostor srednjega dela.

---

Na voljo je nekaj posebnih ukazov, katerih besedilo se bo pri izpisu zamenjalo. Tako velja:

- &[PAGE] se zamenja s trenutno stranjo izpisa.
- &[DATE] se zamenja z datumom izpisa.
- &[AUTHOR] se zamenja z avtorjem zapisa. Kdo je avtor, mora biti prej definirano.
- &[TITLE] se zamenja z naslovom konstrukcije, ki mora biti prej definirana.
- &[FILE] se zamenja z imenom datoteke.
- &[PATH] se zamenja s polnim imenom datoteke, ki vključuje celotno pot.
- &[PROJECT] se zamenja s projektno številko. Številka ali ime projekta morata biti predhodno definirana.
- &[INVESTOR] se zamenja z imenom investitorja. Investitor mora biti predhodno definiran.

Kratek primer uporabe:

"Stran -&[PAGE]-" se bo pri izpisu prikazalo kot: "Stran -1-". Drug primer: "Datoteka: &[PATH]" bo v izpisu videti nekako kot: "Datoteka: c:\Program Files\AMSES\My Projects\Test.asp".

Uporaba nekaterih ukazov je smiselna le, če so prej podani ustrezni podatki. (Če podatki niso podani, jih bo nadomestil prazen niz.) Polja smo imeli

## Naslovnica (Front Page)

priložnost definirati pri odprtju novega dokumenta, lahko pa jih definiramo tudi na strani Front Page.

Program AMSES Frame2D omogoča izpis naslovne strani. Naslovnico izdelava iz različnih podatkov. V nastavitvah izbiramo, kateri podatki naj se prikažejo na naslovnici, spremenimo ali dopišemo podatke ter navedemo ali želimo naslovnico imeti ali ne. Privzeta možnost izključuje izpis naslovnice.

Vse to podajamo preko naslednjih kontrol:

- Print Front Page vklopi in izklopi izpis naslovnice.
- Title, Subtitle, Your Logo, Project, Investor, Author, File, Keywords, Comment vklopljajo in izklapljajo pripadajoča polja. Če je kvadrata vklopljen, se bo polje uvrstilo na naslovnico, sicer ne.
- Front Page Font je namenjen izbiri pisave naslovnice. Naslovnica ima lahko namreč povsem svojo pisavo.

## Geometrija/Obtežba (Geometry/Load)

Na tej strani nastavljam, kaj od geometrije in kaj od obtežbe se bo izpisalo na tiskalnik. Okno je razdeljeno na del za geometrijo in del za obtežbo.

### Geometrija

*Slika (Picture)*

Print picture vklopi/izklopi izris slike z geometrijo konstrukcije.

*Tabela (Table)*

Za vsako izmed tabel lahko izberemo, kako jo želimo izpisati. Na voljo so tri možnosti:

- ne izpiši (None),
- normalna tabela (Normal) in
- podrobna tabela (Detailed).

Tretja možnost - Detailed - v tej verziji še ni razvita.

Izbiramo lahko med štirimi tabelami:

- Tabela vozlišč prikaže indekse vozlišč, koordinate vozlišč in podprtost prostostnih stopenj.
- Tabela elementov prikaže indekse elementov, indekse začetnega in končnega vozlišča, material, prečni prerez, dolžino elementa in sprostitev elementa.
- Tabela prečnih prerezov prikaže indeks prečnega prereza in glavne geometrijske karakteristike.
- Tabela materialov prikaže indeks materiala in glavne materialne karakteristike.

### Obtežba

*Izpiši (Print)*



V tem kvadratu določamo vsebino izpisa obtežbe:



- Load case table vklopi in izklaplja izpis tabele zunanjih vplivov, obtežnih primerov in pripadajočih varnostnih faktorjev. Tabela je nadvse pomembna in priporočamo, da jo pustite vedno vklopljeno.
- Pictures izklopi in izklaplja grafični prikaz obtežb posameznih zunanjih vplivov.
- Tables vklopi in izklaplja tabelaričen prikaz obtežb posameznih zunanjih vplivov.

*Izbira zunanjih vplivov (Action selection)*



V kvadratu Action selection izbiramo med zunanjimi vplivi, ki jih želimo izpisati. Vplivi, ki so navedeni na levi strani, bodo izpisani, vplivi navedeni na desni ostanejo neizpisani. Vplive prenašamo z ene na drugo stran na naslednji način:

1. izberemo zunanji vpliv ali več vplivov,
2. pritisnemo gumb  za prenos na desno oziroma gumb  za prenos na levo.

Gumb  prenese vse vplive na desno in gumb  prenese vse vplive na levo, ne glede na trenutno izbiro.

## Rezultati (Results)

Na tej strani bomo določili vsebino izpisa rezultatov. Nastavimo lahko izpis tabel, izpis slik in izberemo obtežne primere.

### Tabele (Tables)

V tem kvadratu vklopimo ali izklopimo izpis naslednjih tabel:

- Displacements (pomiki),
- Reactions (reakcije) in
- Internal forces (notranje sile).
- Ovojnice

Notranje sile se izpišejo po elementih - v vseh izračunanih točkah. Število točk nastavimo v **Tools|Options|Analysis**. Opozoriti velja, da izpis tabel notranjih sil in ovojnic znatno poveča obseg izpisa.



### Slike (Pictures)



Izpis slik določamo glede na mejno stanje obtežnih primerov in glede na ovojnice. V levem stolpcu nastavimo slike, ki so bodo izpisale za mejna stanja nosilnosti (ultimate), v srednjem stolpcu nastavljamo slike za mejna stanja uporabnosti (serviceability) in v desnem slike za ovojnice. Običajno velja, da pri mejnih stanjih uporabnosti izpisujemo notranje sile, pri mejnih stanjih uporabnosti pa pomike. Odločite se lahko seveda tudi drugače. Na voljo so naslednje slike:

- My (upogibni momenti),
- Fx (osne sile),
- Fz (prečne sile),
- Displ & reactions (pomiki in reakcije),
- Local displ. (lokalni pomiki),
- Rotation (zasuki).
- Kontaktni tlaki

### Izbira obtežnih primerov (Load cases & combinations)

Na tem mestu izberemo obtežne primere, ki jih želimo izpisati. Obtežni primeri, ki so navedeni na levi strani, bodo izpisani, obtežni primeri na desni ostanejo neizpisani. Da obtežne primere ločimo od ovojnic, ima vsak obtežni primer pred imenom oznako "[LC]" in vsaka ovojnica oznako "[EN]". Obtežne primere prenašamo z ene na drugo stran na naslednji način:

1. izberemo enega ali več obtežnih primerov,
2. pritisnemo gumb  za prenos na desno oziroma gumb  za prenos na levo.

Gumb  prenese vse obtežne primere na desno, gumb pa  prenese vse obtežne primere na levo stran, ne glede na trenutno izbiro.

## Opis konstrukcije (Description)

Opomba: Vse nastavitve, razen izbire obtežnih primerov in ovojnic, se zapišejo na disk. Te nastavitve bodo uporabljene v vseh nadaljnjih zagonih programa. Izbire obtežnih primerov in ovojnic se zapišejo v datoteko konstrukcije.

Včasih komentarji in slike v izpisu ne zadostujejo in je potrebno konstrukcijo podrobneje opisati. V teh primerih lahko v izpis dodamo obširnejši opis konstrukcije. Dolžina ni omejena – obsega lahko nekaj vrstic ali nekaj strani.

Besedilo pišemo, kot ga pišemo v urejevalniku besedil. Tipko enter pritisnemo le, če želimo preiti v nov odstavek ali želimo vrniti eno vrstico.

Besedilo se bo v izpisu pojavilo, če boste označili kvadratega **“Use structure description in the output”**.

Besedilo se pojavi takoj za naslovom primera, ki ga obravnavamo in tik pred shemo konstrukcije.

---

# Splošne nastavitve programa

## Nastavitve programa

Splošne nastavitve programa AMSES Frame2D določamo v posebnem oknu. Okno prikličemo z ukazom **Tools|Options**. Nastavitve so razdeljene na več strani:

- Enot (Units),
- Natančnost (Precision),
- Enote mreže in koraka (Grid & Snap Units),
- Domača stran (Home Page),
- Osebne nastavitve in registracija (Personalize & Register),
- Nastavitve simbolov (Symbol Settings),
- Analiza (Analysis).

Poglejmo si pomen posameznih strani.

### Enote (Units)

Na tej strani nastavimo enote, ki jih želimo uporabljati kot privzete. Pri tem ni pomembno, da so enote kompatibilne (skladne). Izberemo si lahko katerokoli enoto iz skupine. Program AMSES Frame2D sam poskrbi za ustrezno pretvorbo med enotami. Izbrane enote si program zapomni in jih privzame za vse nadaljnje konstrukcije, ki jih bomo obdelovali.

Pri vnašanju podatkov se kontrole dimenzijskega vnosa postavijo v skladu z izbranimi enotami. Če nam to ne ustreza, lahko enote seveda spremenimo.

---

Opomba: Izpis rezultatov se izvrši v izbranih enotah, ne glede na to, v katerih enotah ste podali vhodne vrednosti.

---

Enote so ločene po fizikalnih skupinah.

Gumb **Metric Default** nastavi enote, ki so najbolj praktične za delo v metričnem sistemu (SI).

Gumb **Royal Default** nastavi enote, ki se uporabljajo v anglosaških deželah.

### Natančnost (Precision)

Na strani za določitev natančnosti povemo, koliko decimalnih mest želimo v izpisu rezultatov in v kakšni obliki naj se števila izpisujejo. Nastavimo lahko delovno natančnost in natančnost pri izpisu.

- Delovna natančnost se uporablja pri izpisovanju enot na zaslonu in dialognih oknih.
- Natančnost pri izpisu se uporablja pri izpisu števil na tiskalnik.

V obeh primerih nastavljam o enake količine: tip izpisa, minimalno število pomembnih cifer, možnost odstranjevanja odvečnih ničel.

- Število pomembnih cifer (Number of significant digits): Poskrbi, da se v izpisu pojavi najmanj predpisano število pomembnih cifer.
- Tip izpisa določi obliko, v kateri se števila izpišejo:
  - Smart: izpis števila v človeku čimbolj razumljivi obliki.
  - Fixed: izpis števila v navadni obliki, s predpisanim številom decimalnih mest.
  - Scientific: izpis števila v eksponentni obliki.
- Odstrani odvečne ničle (Delete redundant zeroes) poskrbi za to, da se ničle, ki pri izpisu nimajo pomena, odstranijo. Izpis je zato bolj kompakten in berljiv.

### Filtracija majhnih vrednosti

Pri izračunu rezultatov pride večkrat do t.i. numerične napake. Ta napaka je običajno majhnega reda in nima vpliva na pravilnost rezultatov. Nerodnost te napake pa se prikaže pri izpisu programa.

Primer: Moment na prostem koncu konzole je 0, računalnik pa izračuna vrednost 1.2432E-14. To je praktično nič, vendar nas vseeno moti, če se to število prikaže v izpisu. Da se izognemo omenjenim težavam, smo vgradili možnost filtracije majhnih števil.

Če je polje "Treat values smaller than 1.E-X as zeroes" označeno, bo program AMSES Frame2D vsa števila, ki so po absolutni vrednosti manjša od 1.E-X, obravnaval kot ničle. Izpis bo v tem primeru precej lepši.

---

Opozorilo: Pri običajnih konstrukcijah je lahko polje označeno brez zadržkov. Pozornost je potrebna pri konstrukcijah, ki imajo rezultate zelo majhnega reda. V tem primeru moramo filtracijo izklopiti ali nastaviti ustreznejšo – manjšo mejo.

---

Filtracijo je potrebno nastaviti za vsako konstrukcijo posebej.

Enota mreže in koraka se nanaša predvsem na okolje geometrije. V tem okolju z miško podajamo elemente in vozlišča. Da je vnos enostavnejši, si lahko nastavimo natančnost koraka in prikaz mrežnih točk.

Nastavimo: tip enot, gostoto mreže in prikaz mrežnih točk.

### Tip enot (Units type)

Izbiramo lahko med metričnimi in kraljevimi (Imperial) enotami.

### Mreža in korak (Grid & Snap)

Nastavimo glavni (major) in pomožni (minor) korak. Izberemo lahko enote koraka, dolžino koraka v izbranih enotah in barvo pike izbranega koraka, kadar se korak prikaže v obliki mreže.

Nastavitve se razlikujejo glede na izbrani tip enot:

- Metrični sistem: za glavne enote imamo na voljo metre in centimetre. Korak je lahko dolg 100, 50, 10, 5, 4, 2, 1, 1/2, 1/4, 1/5 in 1/10 izbranih enot. Isto velja za pomožne enote.
- Kraljevski sistem: za glavne enote imamo na voljo čevlje (ft) in palce (in). Korak je lahko dolg 12, 6, 4, 3, 2, 1, 1/2, 1/3, 1/4, 1/6, 1/12 izbranih enot. Isto velja za pomožne enote.

Ne glede na vrsto sistema velja: Dolžina pomožnega koraka naj bo manjša od dolžine glavnega koraka in hkrati taka, da bo dolžina glavne enote

celoštevilčni večkratnik dolžine pomožne enote. Program ne preverja skladnosti glavnih in pomožnih enot.

### Prikaz mrežnih točk

Nastavimo lahko tudi, katere točke želimo prikazati v delovnem oknu okolja geometrije. Pri tem imamo naslednje možnosti:

- Show major only (pokaži samo glavne točke mreže): na zaslonu prikaže samo mrežo, sestavljeno iz njenih glavnih točk.
- Show major & minor (pokaži glavne in pomožne točke): na zaslonu prikaže celotno mrežo – sestavljeno tako iz glavnih, kot tudi pomožnih točk.
- Hide both (skrij glavne in pomožne točke): mreže ne prikaže na zaslonu.

Pomembno: Ne glede na to ali je mreža na zaslonu ali ne, se bo korak vedno usklajeval z mrežo pomožnih točk.

---

Opomba: Če je gostota mreže prevelika, se točke ne prikažejo, čeprav je prikaz mreže izbran. To se lahko zgodi pri pomožnih točkah, ki so pri velikih konstrukcijah blizu druga drugi. Korak mreže se še vedno upošteva, čeprav mreža ni prikazana.

---

## Domača stran (Home Page)

Nekatere točke v programu AMSES Frame2D so povezane z našim strežnikom. Ker bomo strežnik v prihodnosti najverjetneje prestavili na drug naslov, smo vgradili možnost, da naslov strežnika vpišete sami.

Naslov vpišite v standardni URL obliki npr.: [www.ainet-sp.si](http://www.ainet-sp.si). Pravilnost povezave preverite z gumbom **“Click here and try the URL now!”**

Pozor: Povezave bodo delovale le, če je vaš računalnik priključen na Internet.

## Osebne nastavitve in registracija (Personalize & Register)

Stran omogoča določitev nekaterih osebnih lastnosti, lastnosti podjetja in registracijo programa.

- Author name (your name): Sem vpišite vaše ime. Vsakič, ko boste odprli nov dokument – konstrukcijo, se bo pri opisu konstrukcije pod ime avtorja vpisalo vaše ime – ime, ki ga boste določili tukaj.
- Company name: V to polje vpišite ime podjetja za katerega delate. Polje lahko pustite tudi prazno.
- Določitev vaših logotipov v tej verziji programa še ni mogoča.

### Registracija

Registracijo programa AMSES Frame2D sestavljata dva niza znakov: uporabniško ime in uporabniška šifra.

- User name: V to polje morate vpisati vaše uporabniško ime. Uporabniško ime si izberete sami ob naročilu programa.
- User code: Vpišete šifro, ki spremlja vaše uporabniško ime. Šifra je vedno navezana na ime. Če spremenite ime, potrebujete novo šifro.

Program AMSES Frame2D iz uporabniškega imena in šifre avtomatično ugotovi tip vaše registracije.

Več o registraciji izveste v poglavju: “Splošno o registraciji”.

## Nastavitve simbolov (Symbol Settings)

Nastavitve simbolov se nanašajo na razne pomožne simbole in količine, ki se pojavljajo pri izpisu na zaslon in v manjši meri tudi na tiskalnik.

### Splošno (General)

Med splošne nastavitve spadata:

- Tipografija pisave (Font): Izberemo lahko katerokoli pisavo. Priporočamo, da izbrana pisava nima serifov, ker bo ta na zaslonu bolj berljiva. Primer pisave brez serifov: ARIAL, TAHOMA, VERDANA, TREBUSHET, HELVETICA, SWISS ...
- Barva izbranih objektov (Selection color): Barva, v katero se bodo objekti odeli, če bodo izbrani.

### Vozlišča (Node)

Nastavimo lahko:

- Line: barvo črte – krožnice vozlišča.
- Label text: barvo besedila oznake vozlišča.
- Label area: barvo polnila (ozadja) oznake in notranjosti vozlišča.

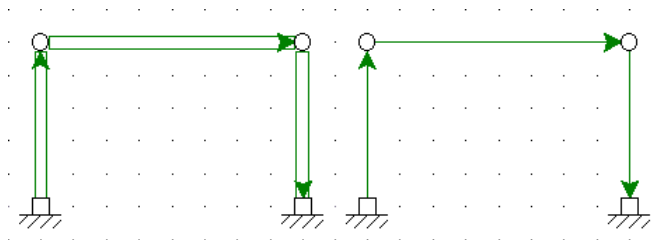
### Element

Nastavimo lahko različne barve za:

- Linear element: barva črte linearnega elementa.
- Non-linear element: barva črte nelinearnega elementa.
- Label text: barva besedila oznake elementa.
- Label area: barva polnila (ozadja) oznake elementa.

### Nariši element v obliki pravokotnika (Draw element as rectangle)

Pri prikazu elementov v okolju geometrije se elementi prikažejo v obliki pravokotnika (privzeto). Pri tem barva notranjosti pravokotnika ponazarja material ali prečni prerez elementa. Če risanje elementa v obliki pravokotnika ni vključeno, potem se bo element prikazal kot tanka črta. To možnost velja vključiti, če ima vaš zaslon majhno resolucijo. Spodnja slika prikazuje obe možnosti.



Slika: Element kot pravokotnik in element kot črta (v okolju geometrije)

## Analiza (Analysis)

Stran je namenjena določevanju računskih parametrov.

### Nastavitve nelinearne analize

Nelinearno analizo krmilimo z dvema parametroma:

- Število dovoljenih iteracij preprečuje, da bi program konstrukcijo računal v nedogled. Pri običajnih konstrukcijah velja mejo postaviti pri desetih iteracijah, kar je tudi privzeta vrednost.
- Relativna natančnost pomikov je parameter, ki služi kot kriterij za uspešen zaključek izračuna nekega obtežnega primera. Program bo izračun obtežnega primera zaključil, ko bo relativna razlika pomikov dveh zaporednih iteracij znašala manj od predpisane vrednosti. Za običajne konstrukcije zadostuje vrednost 0.0001.

*Element na elastični podlagi nima zelo hitre konvergence, zato včasih potrebuje kako iteracijo več ...*

*Ne igrajte se z nastavitvami stopnje, če ne veste dobro, kaj počnete.*

- Stopnja interpolacijskega polinoma. Privzeta stopnja je polinom četrtega reda. Če želite, lahko uporabite polinome višje stopnje in s tem pridobite na natančnosti (in daljši računski čas). Stopnje nižje od štiri ne priporočamo.

### **Gostota izračuna**

Definirati moramo število notranjih točk elementa, v katerih se bodo rezultati izračunali. Rezultati se vedno izračunajo v začetni in končni točki elementa. Za določitev pravilnega poteka notranjih sil po elementu pa je to premalo. Privzeta izbira je devet notranjih – ekvidistančnih točk.

*Priporočamo izračun v devetih notranjih točkah, kar nam da 10 intervalov.*

Ne glede na izbrano število notranjih točk se rezultati avtomatično izračunajo še v nekaterih posebnih točkah, ki so navezane na obtežbo. Tako dobimo rezultate izračunane še na mestu nastopa koncentrirane sile, na mestu začetka delovanja zvezne obtežbe in na mestu prenehanja delovanja zvezne obtežbe.

---

# Registracija programa

## Splošno o registraciji

*Preizkusni programi niso nikoli zastonj.*

Program AMSES Frame2D je program preizkusnega tipa. Gre za vrsto programa, ki omogoča uporabniku brezplačno preskušanje. V kolikor program uporabniku odgovarja in bi ga želel pri svojem delu uporabljati, ga mora kupiti oz. registrirati. Programi preizkusnega tipa niso nikoli zastonj.

Po instalaciji programa AMSES Frame2D se le-ta obnaša popolnoma neokrnjeno - nič ni odvzeto in programa ne spremljajo nobene posebne datoteke. Sčasoma pravice testiranja programa ugašajo in s tem tudi možnosti programa – program prehaja v t.i. neregistrirano stanje.

*Rezultati uporabe programa v preizkusnem obdobju ne smejo biti uporabljeni v komercialne namene.*

Pravica preizkušanja programa AMSES Frame2D je dodatno omejena. Uporabnik lahko program brezplačno preizkuša omejen čas – največ 30 dni, pri tem rezultati preizkušanja ne smejo biti uporabljeni v kakršnekoli komercialne namene.

V primeru, da želi uporabnik program AMSES Frame2D uporabiti v komercialne namene, ga mora kupiti. Pri tem je potrebno program uradno registrirati in pridobiti uporabniško ime in uporabniško šifro. Oboje se vpiše v program – glej **Tools|Options** stran Personalize & Register. Takoj po vpisu se bo program začel obnašati v skladu s tipom registracije.

## Vrste registracije

Program AMSES Frame2D je lahko registriran v dveh različicah: v standardni različici in izobraževalni različici z omejitvami.

**Standardna različica (Standard)** je namenjena uporabnikom, ki pogosto rešujejo in analizirajo ravninske okvirje različnih oblik. Standardna različica nima omejitev.

**Izobraževalna različica** je namenjena predvsem študentom, raziskovalcem in ostalim, ki ne bodo uporabljali programa v komercialne namene. Ta različica je zastonj, zaprositi morate le za svoje geslo. Ta različica ima dve omejitvi:

- število prostostnih stopenj sistema je omejeno na 60,
- uporabljeno je lahko največ dvajset nelinearnih elementov.

## Prednosti registracije

Registracija programa prinaša precej prednosti. Naj naštejemo nekaj izmed njih:

- Vsi popravki in manjše nadgradnje so brezplačni. Če ste se odločili za nakup programske različice 1.00, za katero so bili izdelani



popravki z označbo 1.01, 1.02, ... vam popravljene verzije ne bo potrebno plačati.

- V roku šestih mesecev od dneva nakupa programa so vam nadgradnje programa na voljo brezplačno. Primer: Kupili ste različico 1.02, kmalu za tem pa je bila izdana nadgradnja označena z 1.50 ali z 2.00, itd. Nadgradnjo in vse nadgradnji pripadajoče popravke (2.01, ...) lahko prejmete brezplačno.
- Ugodni popusti pri nakupu programov iz iste družine. Npr. programov za dimenzioniranje betonskih, jeklenih, lesenih elementov, plošče, ipd.

Vsi registrirani uporabniki bodo imeli možnost so-oblikovanja programov v nastanku in možnost vplivanja na vsebino različic novih programov.

## Kako registrirati program?

Program kupite (registrirate) tako, da izpolnite priloženo naročilnico in jo pošljete na naslov:

**AINET**  
**Trubarjeva 42**  
**3000 Celje**

ali pošljete naročilnico po telefaksu na številko **(063) 490 06 81**.

Program lahko plačate na dva načina:

- Z nakazilom na žiro račun. Po prejeti naročilnici vam bomo poslali predračun. Ko bo znesek naveden v predračunu poravnan, boste prejeli registracijsko kodo in program na disketah ali CD-ju.
- Z eno izmed kreditnih kartic: Eurocard, Visa, American Express in Diners Club. (Domačih kartic kot so Activa, Karanta, Magna ipd. ne sprejemamo). Registracijsko kodo vam bomo poslali skupaj z disketami (CD-ji) najkasneje dva delovna dneva po naročilu. (V večini primerov bo pošiljka na poti že na dan naročila.)

## Omejeni garancijski pogoji

Zaradi posebnih značilnosti, ki se pojavljajo pri razvoju programske opreme, vam lahko ponudimo le omejene garancijske pogoje.

AINET zagotavlja, (a) da bodo bistvene značilnosti izdelka delovale v skladu s pripadajočimi pisnimi navodili najmanj 60 dni od datuma prevzema izdelka in (b) da bo organiziral tehnično podporo izdelkom v ekonomsko opravičljivem obsegu, pri čemer bo reševal izključno tehnične probleme v zvezi z izdelkom.

Če uporabnik zahteva popravek izdelka v roku največ 60 dni od dneva nakupa, potem si AINET pridržuje pravico do tega, da se sam odloči ali bo a) v celoti poravnal plačano kupnino in pri tem popravek ne izvršil, ali b) popravil in zamenjal okvarjeni izdelek. Pri tem velja navedeno le v primeru, če bo uporabnik predložil potrdilo o plačilu, natančno opisal okvaro izdelka in bo v primeru vrnitve kupnine v popolnosti prenehal uporabljati izdelek in podpisal pisno izjavo o tem, da svojega registracijskega imena in gesla ne bo več uporabljal ali v katerikoli obliki prenesel na tretjo osebo. To omejeno jamstvo je nično, če je napaka v izdelku nastala zaradi nesreče, zlorabe ali napačne uporabe. Če uporabnik zahteva popravek izdelka po roku 60 dni od dneva nakupa, AINET ni dolžan vrniti kupnine, popraviti ali zamenjati okvarjenega izdelka.

Izdelek, ki ste ga kupili, uporabljate na vašo lastno odgovornost. AINET ne odgovarja za kakršnokoli škodo (kar vključuje, vendar ne omejuje škode zaradi zmanjšanja dobička, prekinitve poslovanja, izgube poslovnih

informacij ali druge gmotne posredne ali neposredne škode), ki bo nastala zaradi uporabe ali zaradi nezmožnosti uporabe tega izdelka. To velja tudi v primeru, če smo bili na tovrstno nevarnost vnaprej opozorjeni.

V primeru, da so navedeni pogoji za vas nesprejemljivi, morate takoj trajno odstraniti vse dele izdelka iz računalnikov na katere ste jih naložili in nas poklicati, da se dogovorimo o povračilu kupnine.

## Pravica do uporabe

Pravico uporabe izdelka (programa AMSES Frame2D) ima vsakdo, ki je izdelek registriral. Pri tem velja poudariti, da vse avtorske pravice izdelka, vključno z vso spremljajočo dokumentacijo, pripadajo firmi AINET. Avtorske pravice do datotek, ustvarjenih s strani registriranih uporabnikov in s pomočjo izdelka, pripadajo registriranim uporabnikom. Prepovedano je nepooblaščen kopiranje delov ali celotnega izdelka. To velja tudi za vse morebitne tiskane medije, ki spremljajo izdelek.

Registracijskega imena in registracijske kode ne smete prenesti na tretjo osebo brez dovoljenja AINETa. Ta vam bo tak prenos dovolil, če boste predhodno podpisali izjavo v kateri se obvezujete, da boste v celoti prenehali uporabljati izdelek in da svojega registracijskega imena in gesla ne boste v kakršnikoli obliki prenesli na tretjo osebo, ki ne bo zapisana v izjavi. S podpisom take izjave, tretja oseba, zapisana v izjavi, pridobi vse vaše pravice, ki zadevajo izdelek.

Namestiti in uporabljati smete eno kopijo izdelka na enem računalniku. Če je izdelek nadgradnja, morate odstraniti prejšnjo različico izdelka ali izdelek, ki ga zamenjuje. Lastnik izdelka lahko naredi drugo kopijo izdelka izključno za lastno uporabo na prenosnem računalniku.

Izdelek lahko shranjujete v računalniškem omrežju, vendar le, če ga uporabljate zgolj za nameščanje ali zagon programskega izdelka v drugih računalnikih v internem računalniškem omrežju. Pri tem morate predhodno pridobiti licenco za vsak posamezen računalnik, v katerega boste izdelek namestili ali ga zaganjali iz omrežnega strežnika. Licence za uporabo izdelka ni dovoljeno deliti ali sočasno uporabljati v različnih računalnikih.

Kakršnikoli posegi v izdelek so prepovedani. Izjema so le tekstovne podatkovne baze – datoteke s končnico DB. Ta lahko spreminjate na lastno odgovornost.

Pravica do uporabe izdelka se nanaša le na celoten izdelek. Sestavnih delov ni dovoljeno ločiti in jih uporabljati v več kot enem računalniku.

Izdelka ni dovoljeno dajati v najem, posojati ali dajati v zakup.

Kadar izdelek predstavlja nadgradnjo nekega drugega izdelka, morate imeti ustrezno licenco za uporabo prvotnega izdelka.

---

# Element na elastični podlagi

## Uvod

Pri analizi konstrukcije zgradimo matematični model, ki posnema realno stanje konstrukcije. Razumljivo je, da želimo narediti model kar najboljši in to velja za vse dele konstrukcije, tudi za temeljenje. V konstrukcijskih modelih največkrat predpostavimo fiksne, pomične ali polnovpete podpore. Običajno je to dober približek realnemu stanju, včasih pa tudi ne. V takih primerih je idealno če "zgornji del" konstrukcije povežemo s spodnjim, "temeljnim" delom, pri čemer poskušamo slednjega obravnavati čim bolj natančno. V primeru okvirnih konstrukcij, naredimo korak naprej, če konstrukcijo povežemo s temeljem na elastični podlagi.

## Malo teorije

Element na elastični podlagi je v resnici navaden končni element, ki smo mu dodali člene, ki zajemajo vpliv temeljnih tal nanj. S pomočjo takega elementa lahko obnašanje zgornjega dela konstrukcije povežemo s temeljenjem, kjer analizo obojega opravimo naenkrat.

Če želimo element na elastični podlagi uporabiti moramo poznati modul elastičnosti tal ( $k$ ). Ta modul pove kolikšen je kontaktni tlak ( $p$ ) med gredo in tlemi, če se temelj premakne proti tlorisu za enoto dolžine ( $w$ ).

$$p(x) = \begin{cases} -k \cdot w(x) & w(x) \geq 0.0 \\ 0.0 & w(x) < 0.0 \end{cases}$$

*Kontaktni tlak ima bilinearno obnašanje.*

Kot vidimo se kontaktni tlak obnaša bilinearno. Tlak linearno narašča s premikom nosilca proti tlorisu in je nič, če se nosilec odmakne proč od tal (dvig nosilca).

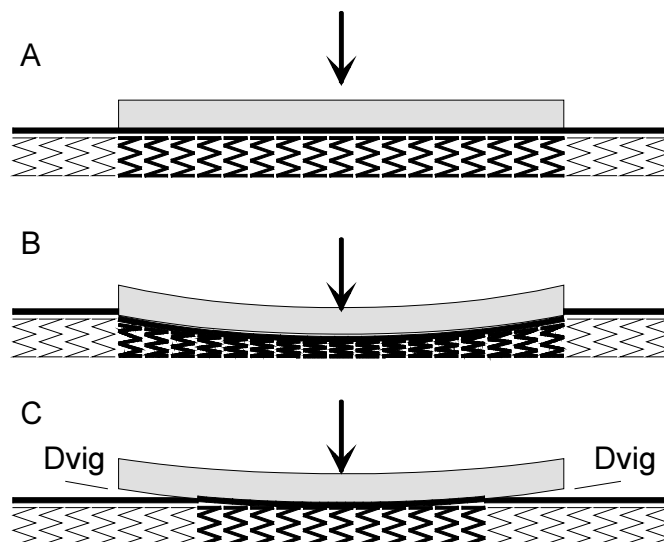
Če predpostavimo geometrijsko linearen nosilec, dobi diferencialna enačba za opis nosilca na elastični podlagi naslednjo obliko:

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} = p(x) \cdot b = -k \cdot w \cdot b$$

*Širina prereza ( $b$ ) igra pri temelju na elastični podlagi pomembno vlogo.*

V tem zapisu ( $b$ ) predstavlja širino kontakta med tlemi in nosilcem. To je razlog, zakaj morate pri podajanju splošne geometrije prereza (general) podati tudi širino kontakta.

Na videz se zdi, da je diferencialna enačba elementa na elastični podlagi podobna diferencialni enačbi geometrijsko in materialno linearne elementa. Žal to ni res, saj si rešitvi nista preveč podobni. Pravzaprav je rešitev mogoče dobiti le za primere, ko do dviga nosilca od tal ne pride, medtem ko analitične rešitve bilinearnega problema ni. Zato smo uporabili končne elemente.



Slika: Ilustracija mehanizma elementa na elastični podlagi

*Posamezni deli nosilca se lahko dvignejo od podlage.*

*Vpliv elastične podlage smo vgradili v geometrijsko in materialno linearen element.*

## Napaka v pomikih

*Element na elastični podlagi, se v notranjosti razdeli na pet enakih delov. S tem se rešitev izboljša.*

## Ne-linearnost rešitve

*Hitrost konvergence je žal samo linearna.*

## Vozliščne podpore in element na elastični podlagi

Prejšnja slika prikazuje dva tipična rezultata. Na sliki (A) je neobremenjen nosilec – izhodiščno stanje. Slika (B) prikazuje nosilec, ki je dovolj tog, oziroma so tla dovolj mehka, da se celoten nosilec pogrezne v tla. Na sliki (C) pa je primer nosilca, ki je precej gibek, tla pa sorazmerno toga. Zato se pod obremenitvijo prosti konci nosilca dvignejo od podlage, medtem ko se del nosilca pod obremenitvijo pogrezne.

Če želimo obravnavati tako primere tipa (B), kot primere tipa (C), moramo biti sposobni določiti točke ničtih pomikov  $w = 0$  in nato izključiti dvignjene dele nosilca. V primeru geometrijsko nelinearnih končnih elementov, je določitev ničtih pomikov problematično. Ti končni elementi vsebujejo nastavke za pomike (ali zasuke), ki so polinomi višjih redov in določitev njihovih ničel je precej zamudna naloga. Zato smo se odločili vpliv elastične podlage vgraditi v navaden geometrijsko in materialno linearen element. Ta temelji na polinomu tretje stopnje, za čigar določitev ničel obstaja analitičen obrazec.

Povedali smo že, da se rešitvi diferencialnih enačb za običajen element in za element na elastični podlagi, precej razlikujeta. Ker oba problema rešujemo z istimi nastavki, vsebujejo rezultati, ki se nanašajo na elastično podlago manjšo napako v pomikih.

Zato linearen element, ki se uporablja tudi za elastično podlago skrivaj, v ozadju razdelimo na pet delov. Na ta način omogočimo, da se element, ki ga vidi uporabnik, bolje približa točni rešitvi. Uporabnik delitve elementov ne zazna drugače, kot pri povečani porabi prostostnih stopenj in s tem računskega časa.

Čeprav je element geometrijsko in materialno linearen, se po tem, ko mu dodamo člene elastične podlage, začne obnašati nelinearno. To se zgodi v primerih dviga delov elementa – primer C. V primeru (B), ko je ves element pogreznjen v tla, imamo opravka z linearnim problemom, ker izključitev posameznih delov ni potrebna.

V primeru dviga elementa je celoten problem nelinearen in ga je potrebno obravnavati iteracijsko. Uporabimo isti princip reševanja kot pri geometrijsko nelinearnih elementih. Testni primeri kažejo na to, da je hitrost konvergence samo linearna.

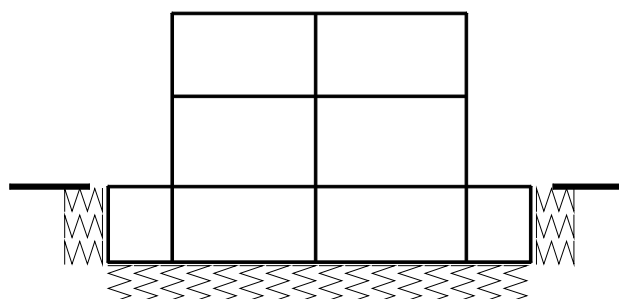
Elastična podlaga se upira gibanju proti njej, ali povedano drugače, podlaga se upira gibanju pravokotno na os nosilca v smeri proti tlom. To pomeni, da je potrebno nekatere konstrukcije še vedno podpreti s točkovnimi podporami. Tipičen primer je prikazan na naslednji sliki. Če element ne bi

bil podprt na desni strani s fiksno podporo, potem bi se konstrukcija ne zmogla upirati horizontalni obtežbi.



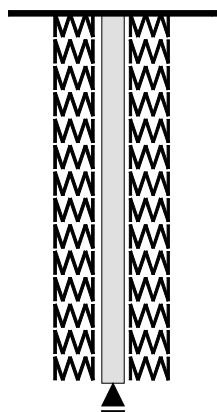
Slika: Primer konstrukcije, ki poleg elastičnih podpor potrebuje še točkovno podporo.

Na drugi strani pa lahko sestavimo konstrukcije, ki klasičnih točkovnih podpor sploh ne potrebujejo. Tak primer prikazuje naslednje slika. Konstrukcija je v ravnotežnem stanju vse dokler je obtežba, ki deluje navzdol večja, od obtežbe, ki deluje navzgor. V večini primerov je to izpolnjeno.



Slika: Primer konstrukcije, ki nima točkovnih podpor

Kot zadnji shematski primer naj pokažemo pilotni nosilec, ki je elastično podprt na obeh straneh in ki ima točkovno podporo ob vznožju. V primeru, ko je nosilec z zemljino podprt na obeh straneh, do dviga nosilca ne more priti, in zato je celoten problem linearen.



Slika: Primer nosilca, ki ima elastično podlago na obeh straneh.

## Približne vrednosti za modul reakcije tal

Za podatek o ustreznem modulu reakcije tal je najbolj povprašati geomehanike. Ti bodo pregledali vzorce zemljine in na podlagi teh dali ustrezno vrednost modula reakcije tal. Mnogokrat pa taka pot ni mogoča in v teh primerih si lahko pomagamo s tabelo, ki daje *približne* vrednosti modula.

*Tabela: Približne vrednosti modula reakcije tal v odvisnosti od stisljivosti podlage in vrste materiala.*

Stisljivost	Vrsta materiala	K [kN/cm <sup>3</sup> ]
zelo stisljiv	pesek, glina	0.001 – 0.005
srednje stisljiv	pesek, glina	0.005 – 0.05
slabo stisljiv	pesek, grušč, glina majhne stisljivosti	0.05 – 0.1
srednje trd	kompaktni pesek, nestisljiva glina	0.1 – 0.2
trd	konglomerat	0.1 – 1
skala	monolitna skala	1 – 5

Pri tem velja znova poudariti, da so te vrednosti približne vrednosti modula reakcije tal.

O določitvi modula reakcije tak je bilo napisanih nekaj člankov, ki navajajo, da modul ni odvisen le od zemljine, ampak tudi od geometrije in togosti nosilca (Terzaghi, 1959).

Vesić, je leta 1961 predlagal naslednji empirični obrazec za določitev modula reakcije tal.

$$k = \frac{0.65}{B} \sqrt[12]{\frac{E_g \cdot B^4}{E_e \cdot I_y}} \cdot \frac{E_g}{1 - \nu_g^2}$$

V tem izrazi pomenijo:

- B – kontaktna širina med tlemi in temeljno grede,
- E<sub>g</sub> – modul elastičnosti tal,
- E<sub>e</sub> – modul elastičnosti temeljne grede,
- I<sub>y</sub> – vztrajnostni moment temeljne grede,
- ν<sub>g</sub> – Poissonov koeficient temeljnih tal.

Prednost tega izraza je v tem, da se lahko modul reakcije tal izračuna iz parametrov E<sub>g</sub> in ν<sub>g</sub>, ki se lahko pridobita v laboratoriju.

---

# Linearni/Nelinearni elementi

## Splošno

*Nelinearni elementi dajejo bolj točne rezultate.*

Program AMSES Frame2D omogoča uporabo geometrijsko linearnih in nelinearnih elementov. Princip uporabe v smislu definiranja konstrukcije je enak za oba elementa. Bistvena razlika med elementoma se pokaže pri analizi konstrukcije, posebej pri analizi vitkih in analizi pomičnih konstrukcij. Ker nelinearni elementi upoštevajo obtežbo konstrukcije v deformirani legi konstrukcije, dajejo bolj točne rezultate tako pri notranjih silah, kot pri pomikih.

*Geometrijsko nelinearen element temelji na točnih kinematičnih enačbah.*

Nelinearen element, uporabljen v programu AMSES Frame2D, je izjemno preizkušen in analiza tako učinkovita, da ni nobenega bistvenega razloga, da bi še uporabljali linearne elemente in linearno analizo. To velja za vse tipe konstrukcij.

*Nelinearen element temelji na točni teoriji drugega reda.*

Prvo obliko geometrijsko nelinearnega elementa, ki je danes uporabljen v programu AMSES Frame2D, je razvil dr. Jure Banovec in uporabil v programu NONFRAN (Fakulteta za gradbeništvo v Ljubljani). Element se je s časom izkazal za odličnega. Kasneje je dr. Miran Saje razvil element, ki točno zadosti kinematične enačbe in s tega naslova nima nobenih omejitev.

## Osnovni pojmi nelinearnosti

Večkrat lahko slišimo, da je nek element linearen ali nelinearen, da je bila uporabljena teorija prvega, drugega ali tretjega reda, včasih se govori tudi o teoriji majhnih/velikih pomikov in/ali majhnih in velikih deformacij. Pri tem se velikokrat pojavijo še izrazi kot so: elastična, elasto-plastična, hiper-elastična, plastična analiza, itd. Vsi ti izrazi povzročajo kar nekaj zmede, ki jo bova poskušala v nadaljevanju na kratko razjasniti.

### Tri vrste nelinearnosti

Kadar govorimo o analizi konstrukcij po metodi končnih elementov, se srečamo s tremi vrstami nelinearnosti:

**Geometrijska nelinearnost** se nanaša na kinematične enačbe, ki so bile uporabljene pri izpeljavi končnega elementa.

**Materialna nelinearnost** se nanaša na konstitucijske zveze uporabljene pri analizi. V primeru linijskih nosilcev so te zveze običajno podane v obliki  $\sigma$ - $\epsilon$  diagramov. Pri tem predstavlja  $\epsilon$  - osni raztezek vzdolžnega vlakna nosilca in  $\sigma$  - napetost v obravnavanem vlaknu. Primer: Idealno elastična zveza  $\sigma = E \epsilon$  je pri tem najpreprostejša možna konstitucijska zveza, ki je linearna. Idealiziran bi-linearni diagram jekla pa je že primer nelinearne konstitucijske zveze.

**Ostale nelinearnosti.** Pod ostalimi nelinearnostmi se misli na nelinearnosti zaradi nelinearnih robnih pogojev. V to kategorijo ponavadi

## Geometrijska nelinearnost

vključimo kontaktne probleme in eden izmed teh je tudi primer temeljenja na elastični podlagi z izključitvijo nateznih napetosti.

Točni kinematični enačbi brez upoštevanja strižne deformacije povzamemo po Reissnerju:

$$1 + u' - (1 + \varepsilon) \cos \varphi = 0$$

$$w' + (1 + \varepsilon) \sin \varphi = 0$$

Pri tem je  $w$  - premik težiščne osi v prečni smeri,  $u$  - premik težiščne osi v vzdolžni smeri,  $\varepsilon$  - vzdolžni raztezek težiščne osi in  $\varphi$  - zasuk težiščne osi. S poenostavitvijo točnih kinematičnih enačb dobimo različne nelinearne teorije.

### Teorija prvega reda

*Ko v besedilu omenjamo linearni element, mislimo na element po teoriji prvega reda.*

Teorijo prvega reda (TPR) dobimo, če predpostavimo, da so pomiki, zasuki in deformacije elementa tako majhni, da ne napravimo velike napake, če zapišemo  $\cos \varphi \approx 1$  in  $\sin \varphi \approx \varphi$ . Upoštevamo še, da je  $\varepsilon$  količina, ki je istega velikostnega reda kot  $\varphi$ . Zato velja  $\varepsilon \cdot \varphi \approx 0$ . Ob teh predpostavkah dobimo poenostavljeni kinematični enačbi:

$$u' - \varepsilon = 0$$

$$w' + \varphi = 0$$

Vidimo, da sta enačbi enostavni, linearni in v primeru linearnega materialnega modela tudi medsebojno neodvisni. Njuna rešitev je preprosta. Danes še vedno velika večina programov temelji na teoriji prvega reda.

### Teorija drugega reda

*Teorijo drugega reda je uporabljal nelinearni element v verzijah 1.00 in 1.01.*

Teorijo drugega reda (TDR) dobimo, kadar predpostavimo *zmerne* zasuke in premike ter majhne deformacije. Kotne funkcije razvijemo v Taylorjevo vrsto in zanemarimo člene, ki vsebujejo tretjo ali višjo potenco;  $\sin \varphi \approx \varphi$  je enak kot prej, spremeni pa se  $\cos \varphi \approx 1 - \varphi^2/2$ . Odločimo se še, da zanemarimo tudi izraza ( $\varepsilon \cdot \varphi$  and  $\varepsilon \cdot \varphi^2/2$ ) in dobimo kinematični enačbi:

$$u' - \varepsilon - 1 + \frac{\varphi^2}{2} = 0$$

$$w' + \varphi = 0$$

Zaradi *zmernih* zasukov je veljavnost te teorije omejena. Enačbi sta odvisni in se npr. v primeru čistega upogiba pojavijo tudi vzdolžni premiki nosilca.

### Ko-rotacijska teorija

Na Slovenskem dobro poznani, če ne kar znameniti program Nonfran (J. Banovec) vsebuje končni element, ki temelji na še boljši aproksimaciji kinematičnih enačb. K izrazom teorije drugega reda prišteje še rotacijo togega telesa  $\Psi$ , ki jo izračuna iz premikov vozlišč. Pri praktični rabi ta teorija skoraj nima več omejitev. Kinematični enačbi sta:

$$u' - \varepsilon - 1 + \frac{\varphi^2}{2} + \cos \Psi = 0$$

$$w' + \varphi + \sin \Psi = 0$$

### Točne kinematične enačbe

*Program AMSES Frame2D ima nelinearen element, ki temelji na točnih kinematičnih enačbah.*

Čeprav je ko-rotacijska teorija precej natančna, še vedno ni povsem točna in pred nekaj leti je M. Saje razvil končni element, ki točno zadosti kinematični enačbi. Izpeljava elementa je natančno opisana v publikaciji [M. Saje, et al., A kinematically exact finite element formulation of planar elastic-plastic frames, University of Ljubljana, FGG, Chair of Mechanics, Internal Report 96/1, May 1996], na čigar podlagi je bil programiran končni element v programu AMSES Frame2D. Ta končni element z vidika kinematike nima nobenih omejitev.

### Standardi Eurocode in nelinearnost

Standardi Eurocode uporabljajo podobno terminologijo, kot je bila predstavljena tukaj, vendar ji pripisujejo malce drugačen pomen.



- Teorija drugega reda se v EC nanaša na geometrijsko nelinearnost.
- Nelinearno teorijo EC razume kot materialno nelinearnost in
- Nelinearno teorijo drugega reda kot geometrijsko in materialno nelinearnost.

Čudno!

## Nekaj ilustrativnih primerov

V tem razdelku si bomo ogledali tri enostavne toda poučne primere:

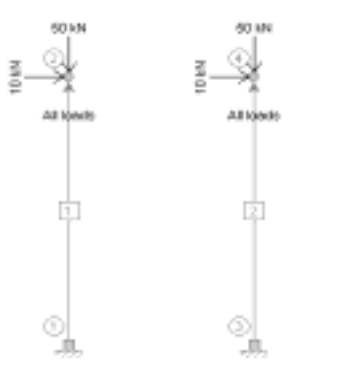
- Prvi primer se nanaša na vertikalno konzolo. Njen prosti konec je obremenjen z vertikalno in horizontalno silo. Na njej bomo prikazali vpliv nelinearnosti na notranje sile.
- V drugem primeru zopet nastopa konzola, ki je tokrat obremenjena samo z upogibnim momentom. Videli bomo, kako natančen je geometrijsko nelinearni element v programu AMSES Frame2D.
- Tretji primer prikazuje vpliv napačno podanih materialnih ali geometrijskih karakteristik na rezultate, v primeru kinematično točnega elementa.

### Vertikalna Konzola

*Program pravilno analizira obe konstrukciji naenkrat, čeprav nista z ničemer povezani.*

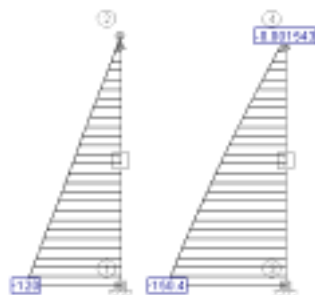
Vertikalno konzolo bomo izračunali z geometrijsko linearnim in nelinearnim elementom in primerjali rezultata.

Dve konzoli dolžine 8 metrov, jeklenega I prereza (IPE 240) in iz materiala S235 smo obremenili s horizontalno in vertikalno silo na njunem prostem delu. Horizontalna sila znaša 10 kN, vertikalna sila 50 kN. Spodnja slika prikazuje dispozicijo konstrukcije. Leva konzola je iz linearnega, desna konzola pa iz nelinearnega elementa.



Slika: Dispozicija in obtežba konzole.

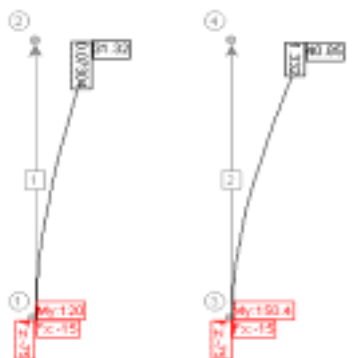
Rezultat izračuna – upogibni momenti (pri varnostnem faktorju 1.5) so prikazani na sliki spodaj. Pri linearnem elementu (levi diagram) znaša maksimalna vrednost 120 kNm. To lahko izračunamo tudi na naslednji način:  $10 \text{ kN} \cdot 8 \text{ m} \cdot 1.5 \text{ (faktor)} = 120 \text{ kNm}$ . Maksimalni moment na desnem diagramu je precej večji – 150.4 kNm. Ker nelinearen element pri izračunu upošteva obtežbo v deformiranem stanju, se upošteva tudi vpliv vertikalne obtežbe. Tako se momenti v tem primeru povečajo kar za 25.6%.



Slika: Upogibni momenti obeh konzol. Leva konzola je bila izračunana z linearnim elementom, desna konzola pa z nelinearnim elementom.

Rezultate izračuna najdete na datoteki "Navodila-Vertikalna Konzola.amp"

Podobno je s pomiki. Leva konzola se na prostem robu pomakne za 31.34 cm v smeri osi X, medtem, ko je pomik desne konzole večji in znaša 40.85 cm v smeri osi X. Večji pomik nastane zaradi večjega upogibnega momenta v konzoli. Pomik desne konzole (nelinearen element) je kar za 30.3% večji od pomika leve konzole (linearen element).



Slika: Upogibni momenti obeh konzol. Leva konzola je bila izračunana z linearnim elementom, desna pa z nelinearnim elementom.

Priporočamo, da vedno uporabljate nelinearen element.

Sklep: Ne glede na tip in vrsto konstrukcije velja vedno uporabljati nelinearne elemente in nelinearno analizo. Uporaba nelinearnosti ne prinese nobenega dodatnega dela, prinese pa bolj natančne rezultate.

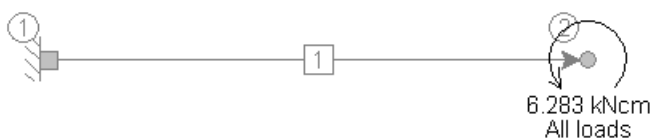
Na koncu lahko rezultate izračuna nelinearne analize tudi preverimo. Upogibni moment ob vpetju, če upoštevamo deformirano konstrukcijo, znaša:  $(10 \text{ kN} \cdot 8 \text{ m} + 50 \text{ kN} \cdot 0.4085 \text{ m}) \cdot 1.5$  (faktor) = 150.4 kNm, kar natančno ustreza rezultatu, ki ga je izračunal program AMSES Frame2D.

## Konzola in upogibni moment

Namen tega primera je prikazati natančnost Sajetovega končnega elementa. Naslednja slika prikazuje dispozicijo nosilca in obtežbe. Upogibni moment je izračunan po izrazu, ki moment določi tako, da nosilec opiše popolni krog:

$$M = \frac{2\pi \cdot E \cdot I_y}{L}$$

Če izberemo  $E=100 \text{ kN/cm}^2$ ,  $L=100 \text{ cm}$ ,  $I_y = 1 \text{ cm}^4$  in  $A=1 \text{ cm}^2$ , za upogibni moment dobimo  $M=2\pi$ .



Slika: Dispozicija nosilca in obtežbe.

Spodnja tabela prikazuje rezultate, ki jih dobimo, če uporabimo le en končni element in različne stopnje interpolacijskih polinomov.

Tabela: Natančnost rezultatov v povezavi s stopnjo interpolacijskega polinoma

Stopnja polinoma	Vozl. 2 (Ux) [cm]	Vozl. 2 (Uz) [cm]	Rel. napaka [%]
Analitična rešitev	-100.0	0.0	0.0
2	-102.24542	0.0	2.24542%
3	-99.893216	0.0	0.0010679%
4 (privzeto)	-100.00308	0.0	0.0000308%
5	-99.99994	0.0	0.00000006%
6	-100.0	0.0	0.0

Na koncu podajmo še sliko pomikov, ki jo v tem primeru da primer s privzeto (četrto) stopnjo polinoma.



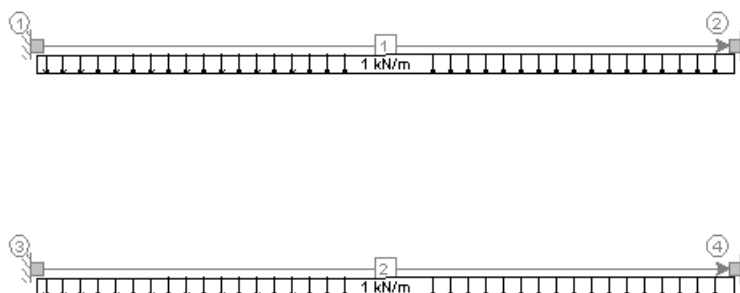
Slika: Nosilec opiše popoln krog kot rezultat obremenitve z upogibnim momentom na koncu konzole.

Če uporabljate kakšen drug program za izračun ravninskih okvirjev, poskusite izračunati omenjeni primer. Presenečeni boste.

Geometrijsko nelinearni elementi so zelo občutljivi na napačno podane geometrijske in materialne karakteristike, medtem ko linearni elementi takih težav nimajo. Da bi to nazorno prikazali, smo pripravili naslednji primer.

## Vpliv napačno izbranih vrednosti

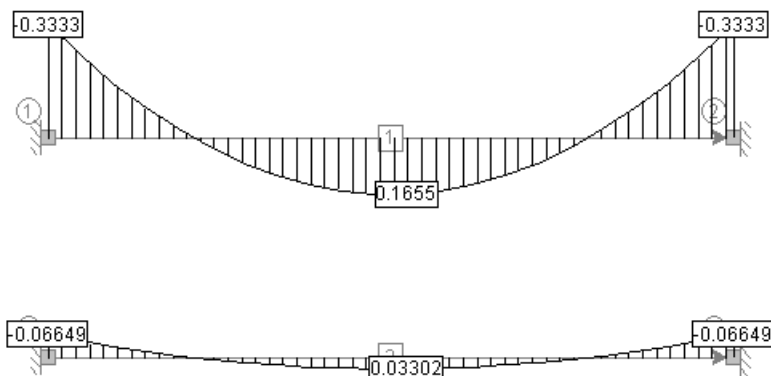
Primer boste našli na datoteki "Navodila – Napačne Vrednosti.amp".



Slika: Dispozicija primera. Zgornji element je geometrijsko linearen, spodnji pa ne.

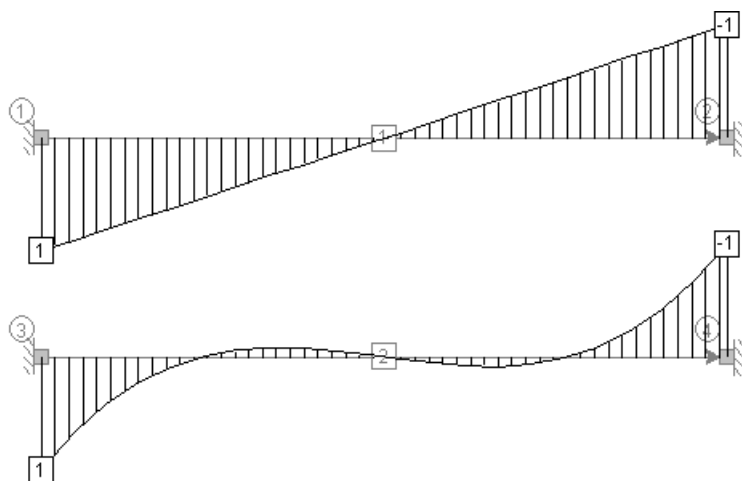
Zgornji element je obojestransko vpet geometrijsko linearen končni element. Spodnji element je natančno enak, le da ima geometrijsko nelinearen (kinematično točen) končni element. Dolžina elementov znaša 200 cm, elastični modul  $E = 1000 \text{ kN/cm}^2$  in geometrijske karakteristike  $A = 1 \text{ cm}^2$  in  $I_y = 1 \text{ cm}^4$ . Oba elementa sta obremenjena z zvezno obtežbo  $1 \text{ kN/m}$ . Kot vidite, sta količini  $A$  in  $I_y$  neobičajni.

Po izračunu dobimo naslednje rezultate. Najprej upogibni momenti.



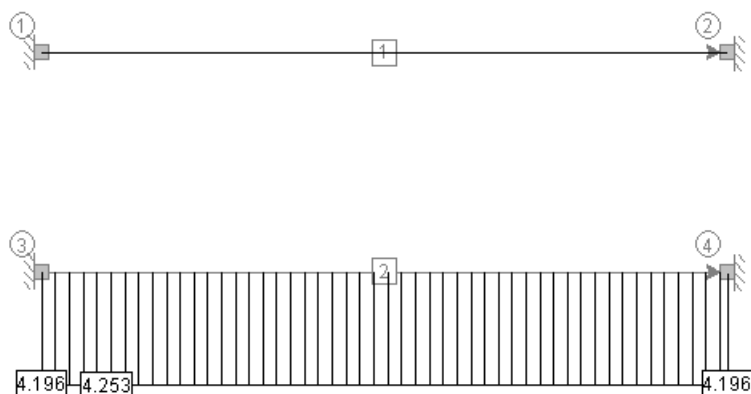
Slika: Upogibni momenti ( $M_y$ )

Linearni element izračuna momente, ki ste jih vajeni. Žal so za podane karakteristike povsem napačni. Izkaže se namreč, da je  $I_y$  tako majhen, da se nelinearni element obnaša delno kot vrh.



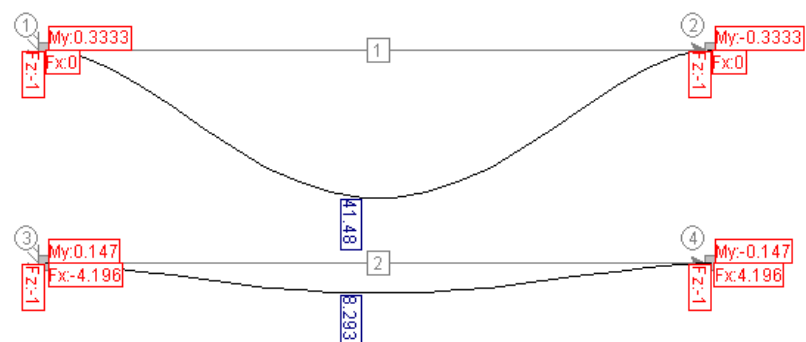
Slika: Prečne sile ( $F_z$ )

Prečne sile so sila zanimive. Ne smemo pozabiti, da se osna in prečna sila izračunata na deformirani osi elementa, rišeta pa na idealno ravnem elementu.



Slika: Osne sile ( $F_x$ )

Pri osnih silah je efekt vrvi lepo opazen. Linearni element osnih sil sploh nima, pri nelinearnem elementu pa so znatne.



Slika: Pomiki

Pomiki linearnega elementa so popolnoma nemogoči, v primeru nelinearnega elementa pa zelo natančni.

## Obtežba nelinearnega elementa

Da bi bili rezultati izračuna nelinearnega elementa čimbolj natančni, program AMSES Frame2D element, ki ga vidite na zaslonu, večkrat skrivoma razdeli na manjše elemente. To se zgodi, kadar na element postavite koncentrirano silo ali obtežbo, ki leži le na delu elementa.

*Proces razdelitve elementa je neviden in uporabnik se ga običajno sploh ne zaveda.*

Če koncentrirana sila deluje v polju elementa, se element na mestu delovanja sile razdeli na dva dela. Proces delitve je avtomatičen in uporabnik ga na zunaj sploh ne opazi. Če ne bi razdelili elementa, bi imeli težave z numerično integracijo nekaterih izrazov in zavoljo tega tudi napačne rezultate.

Podobno se zgodi, če na element deluje porazdeljena obtežba, ki pa se ne razteza preko celotnega elementa, ampak učinkuje samo na del elementa. Element se razdeli na začetku in na koncu učinkovanja obtežbe.

*Priporočamo stalno uporabo geometrijsko nelinearnih elementov. Linearne elemente uporabljajte samo za temeljne grede.*

## Sklep

Kot sklep lahko navedemo, da se velja geometrijsko nelinearne končne elemente vedno uporabljati. Pri tem nimamo skoraj nobenega dodatnega dela, nagrajeni pa smo z bistveno bolj zanesljivimi rezultati, kot bi jih dobili, če bi uporabili linearne končne elemente.

Geometrijsko linearne elemente uporabljamo samo za temeljne grede, ki ležijo na elastični podlagi ali v primerih, ko želite preprečiti uklon tlačnih diagonal v povezjih.

Pri tem pa ne smete pozabiti, da morate linearnim elementom vedno podati natančne materialne in geometrijske karakteristike. Nelinearni elementi so namreč na te reči zelo občutljivi.

---

# Nadaljnji razvoj programa AMSES Frame2D

## Kaj še manjka?

Program AMSES Frame2D smo v različici 1.50 pripeljali do točke, ko je postal uporaben za veliko število praktičnih nalog. To pa še ne pomeni, da je razvoj programa končan. Dodati mu nameravamo še mnoge razširitve, ki bodo med drugim obsegale:

- Možnost definiranja vzmetnih in poševnih podpor. Vzmeti bodo lahko nelinearne.
- Možnost uporabe nelinearnih materialov, kompozitnih prereзов. Posledica tega bo natančnejši izračun pomikov betonskih konstrukcij.
- Definiranje poljubne pomične obtežbe po elementih.
- Izračun lastnih vektorjev konstrukcije, podrobnejša stabilnostna analiza konstrukcije, možnost računa postkritične nosilnosti.
- Modalna analiza konstrukcije.
- Uvedba lokalnega koordinatnega sistema pri podajanju geometrije konstrukcije.
- Možnost kopiranja delov konstrukcije in s tem še hitrejše risanje konstrukcij, ki imajo veliko enakih elementov.
- Drevesa bodo dobila bolj aktiven pomen.

Vrstni red omenjenih razširitev se ne ujema z vrstnim redom njihove implementacije in njihovo pomembnostjo. Prav tako niso prikazane vse razširitve, ki jih nameravamo vgraditi v naslednje različice.

---

# Prilagoditev izpisa

*Izpis lahko prilagodimo za (skoraj) poljuben tuj jezik.*

*Besedila so spravljena v datoteki **OutputStrings.db***

## Prilagodimo si izpis

Tisti, ki jim spremna besedila v izpisu ne odgovarjajo, si jih lahko spremenijo. Če želite, lahko izpis celo prilagodite za nek tuj jezik. Prilagoditev je enostavna in vam bo vzela le nekaj minut.

Spremna besedila izpisa so zbrana v datoteki OutputStrings.db. To je navadna tekstovna datoteka, ki jo lahko urejate ker npr. s programom Notepad. Datoteko boste našli v mapi ../AMSES/Common/DB.

Zgradba datoteke je preprosta. Izpisi v posameznih jezikih so razdeljeni v skupine. Vsaka skupina se lahko začne z ukazom GROUP "ime skupine". Pri tem je "ime skupine" kar oznaka jezika. Skupino moramo obvezno zaključiti z ukazom END. Vsaka vrstica med ukazoma GROUP in END predstavlja en zapis v skupini. Zapis je sestavljen iz ključa in pripadajočega besedila:

```
GROUP "group name"
"KEY1"  "Keywords"
"KEY2"  "Geometry of the structure"
"KEYN"  "The end"
END
```

V tem primeru je "KEY1" ključ in "Keywords" pripadajoče besedilo.

Ključa ne smete spreminjati, medtem ko pripadajoče besedilo lahko spreminjate.

## Nov jezik izpisa

Vzemimo, da želite izpisati rezultate v jeziku, ki ga program AMSES Frame2D ne podpira. Nevšečnost lahko hitro rešite tako, da se sami definirate novo jezikovno skupino, po naslednjem postopku.

1. Originalno datoteko OutputStrings.db shranite na varno (za vsak slučaj).
2. Odprite datoteko OutputStrings.db s programom Notepad.
3. Izberite in označite celo jezikovno skupino (najbolje da kar slovensko) in jo prekopirajte (Copy, Paste) na konec datoteke.
4. Novi skupini spremenite ime in popravite vsa spremljajoča besedila. Pri tem pazite, da se dolžina novih besedil bistveno ne razlikuje od obstoječih.
5. Pazite, da ne spremenite ključa – program bo v tem primeru izpisal napako.
6. Spremenjeno datoteko shranite in izpis preizkusite s programom AMSES Frame2D.

Če gre pri izpisu kaj narobe, znova popravite datoteko. Če se je program začel "obešati", potem vrnite originalno datoteko na staro mesto.



---

# Dodatne informacije

## Obrnite se na ...

Če vas zanima karkoli v zvezi s programom AMSES Frame2D, se lahko obrnete na:

Aleš Krajnc  
AINET  
Trubarjeva 42  
3000 Celje

Tel: (063) 490 06 82  
Fax: (063) 490 06 81

E-pošta: [ainet@siol.net](mailto:ainet@siol.net)  
Spletna stran: [www.ainet-sp.si](http://www.ainet-sp.si)

Najnovejše različice programa in morebitne popravke ter dopnila dobite na spletnih straneh.



---

# Besednjak

<b>linijska obtežba</b>	Obtežba, ki je enakomerno porazdeljena po neki dolžini (liniji).
<b>mejno stanje uporabnosti</b>	Mejna stanja uporabnosti se nanašajo na deformacije, upogibke, vibracije in ostale neporušne zahteve, ki jih mora konstrukcija izpolnjevati, kadar je obremenjena z delovno obtežbo.
<b>mejno stanje nosilnosti</b>	Mejna stanja nosilnosti se nanašajo na porušitev prereza, izgubo stabilnosti posameznega elementa ali konstrukcije, nastanek porušnega plastičnega mehanizma, izgubo statičnega ravnotežja, ...
<b>členkasto vozlišče</b>	To je poseben tip vozlišča, ki ni sposobno prenašati upogibnih momentov med elementi, ki so nanj priključeni.
<b>vodilno vozlišče</b>	Vodilno vozlišče predstavlja osnovo, na katero se lahko poveže eno ali več vezanih vozlišč.
<b>vezano vozlišče</b>	Vezano vozlišče ima nekaj izmed svojih prostostnih stopenj vezanih (identičnih) z vodilnim vozliščem. Namen vezanih vozlišč je sproščanje posameznih prostostnih stopenj vozlišča. Z njim lahko npr. simuliramo členkasto priključitev elementa.
<b>prostostna stopnja</b>	Prostostna stopnja predstavlja premik vozlišča v smeri ene koordinatne osi ali zasuk okoli ene koordinatne osi.
<b>element</b>	Element predstavlja matematičen model za dejanske dele konstrukcije in se običajno nanaša na steber ali gredo (nosilec, prečko, ...). Element omejujeta dve vozlišči, ki mu tudi določata lego v prostoru.
<b>vozlišče</b>	Vozlišče je krajišče elementa v katerem se element stika z ostalimi elementi ali z podporo.
<b>tabulator</b>	Tabulator je zavihek, ki je povezan z nekim oknom (stranjo). Klik na tabulator postavi v ospredje pripadajoče okno.
<b>sporočilno okno</b>	V sporočilno okno se izpisujejo pomembnejša sporočila v zvezi z izvajanjem nekaterih ukazov.
<b>delovno okno</b>	V delovnem oknu podajamo obliko konstrukcije, obtežbo konstrukcije in pregledujemo rezultate.
<b>orodjarna</b>	Skupek gumbov, ki predstavljajo bližnjico do nekaterih ukazov. Ukazi so na gumbu prikazani v simbolični obliki.
<b>drevesno okno</b>	Okno na levi strani ekrana, v katerem se v obliki drevesa prikazujejo elementi konstrukcije. Dvojni klik na nekatere elemente odpre pripadajoča okna.
<b>dimenzijski vnos</b>	Dimenzijski vnos se nanaša na podajanje vrednosti posameznih fizikalnih količin, ki v programu nastopajo. Bistveno je, da se poleg števila poda tudi fizikalna enota.
<b>load case</b>	To je angleški izraz za obtežni primer.

**obtežni primer**

Obtežni primer je kombinacija varnostnih faktorjev in zunanjih vplivov. Obtežni primer simulira realno obtežbo konstrukcije.

**varnostni faktor**

To je število, s katerem pomnožimo celotno obtežbo nekega zunanjega vpliva. Velikost varnostnega faktorja za posamezen zunanji vpliv določajo standardi za projektiranje.

**action**

To je naziv, ki ga uporabljajo standardi Eurocode in bi po slovensko pomenil "zunanji vpliv". Zunanji vpliv je skupina obtežb konstrukcije, ki imajo soroden 'izvor' delovanja. Primeri zunanje vplivov so: lastna in stalna teža, veter, sneg, potres, prometna obtežba ...

**Eurocode**

Skupno, pogovorno ime za gradbene standarde (in predstandarde), ki se začnejo z oznako EN-199x in ENV-199x ter veljajo v državah Evropske skupnosti.

---

# Stvarno kazalo

Error! No index entries  
found.