

**ШУМАРСКИ ФАКУЛТЕТ**  
**КАТЕДРА ПРИМАРНЕ ПРЕРАДЕ ДРВЕТА**

---

**ЕЛАБОРАТ ИЗ**  
**ТЕХНОЛОГИЈА ИНЖЕЊЕРСКИХ**  
**ПРОИЗВОДА ОД МАСИВНОГ**  
**ДРВЕТА**

**2019/20**

**Студент:**

Саша Вучићевић 14/2016

**Оверио:**

---

1. Направити табеларни преглед искоришћења сировине по фазама рада и операцијама.
2. Израчунати потребне количине ламела и резане грађе за израду условног производа.

1 СТОВАРИШТЕ ОБЛОВИНЕ



2 ИЗРАДА РЕЗАНЕ ГРАЂЕ



3 СУШЕЊЕ



4 ИЗРАДА ЛАМЕЛА



5 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ЛАМЕЛА И ИЗРАДА ЕЛЕМЕНАТА ВЕЗЕ



6 НАНОШЕЊЕ ЛЕПКА



7 ДУЖИНСКО И ШИРИНСКО СПАЈАЊЕ



8 ПРЕСОВАЊЕ ПЛОЧЕ



9 ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ ПЛОЧА



10 БРУШЕЊЕ ПЛОЧА



11 ДОРАДА И СКЛАДИШТЕЊЕ

Прорачун броја ламела и плоча

Задатак

1

Лист

2

1. Искоришћење сировине

Количина трупаца  $M_{tr} = 140 \text{ м}^3$

Фаза рада – Операција	Отпада		Остаје	
	(%)	( $\text{м}^3$ )	(%)	( $\text{м}^3$ )
Израда резане грађе	31,3	43,82	68,7	96,18
Сушење	9	12,6	59,7	83,58
Израда ламела	34,99	48,986	24,71	34,594
Израда плоча	9,64	13,496	15,07	21,098
Укупно	84,93	118,902	15,07	21,098
Учешће дужинских плоча	Око 4 % = 5,6 $\text{м}^3$			
Укупно	80,93	113,302	19,07	26,698

1. Учешће

$M_1 = \text{осушена грађа} = 83,58 \text{ м}^3$

Дужине ламела	Ламела (85мм)			Ламела (120 мм)			Димензије плоча L/B/D
	Р. Б.	%	$\text{м}^3$	Р. Б.	%	$\text{м}^3$	
750	1, 17	1,87	1,562	9, 25	2,45	2,047	700/700/25
850	2, 18	3,25	2,716	10, 26	1,59	1,328	800/800/25
950	3, 19	3,16	2,641	11, 27	2,36	1,972	900/900/25
1000	4, 20	4,50	3,761	12, 28	4,37	3,652	950/950/25
1150	5, 21	0,26	0,217	13, 29	0,99	0,827	1100/450/25
1250	6, 22	3,99	3,334	14, 30	4,89	4,087	1200/700/25
1550	7, 23	3,05	2,549	15, 31	3,89	3,251	1500/760/25
1850	8, 24	0,27	0,225	16, 32	0,49	0,409	1800/950/25

Прорачун броја ламела и плоча	Задатак	1
	Лист	3

2. Потребан број и количина ламела за израду једне плоче (дебљина ламеле = 32 мм, редни број 8).

$N_{lam}$  = ширина плоче/ширина ламеле (комада)

$N_{lam}$  - број ламела

$$N_{lam} = 950/85 = 11,17 \approx 12 \text{ комада}$$

$$V_{lam} = L_{lam} \cdot B_{lam} \cdot D_{lam} \cdot N_{lam} \text{ (м}^3\text{)}$$

$V_{lam}$  - запремина ламеле (м)

$L_{lam}$  - дужина ламеле (м)

$B_{lam}$  - ширина ламеле (м)

$D_{lam}$  - дебљина ламеле (м)

$$V_{lam} = 1,85 \cdot 0,085 \cdot 0,032 \cdot 12 = 0,060 \text{ м}^3$$

1. Прорачун броја плоча које се могу добити из резане грађе.

$$N_p = M_{lam}/V_{lam} \text{ (комада)}$$

$N_p$  – број плоча (комада)

$M_{lam}$  – ширинско учешће ламела (м<sup>3</sup>)

$$N_p = 0,225/0,060 = 3,75 \approx 3 \text{ плоче}$$

Датум	Радио	Датум	Оверио
04.03.2020	Саша Вучићевић		

1. Прорачун броја ламела у 1 м<sup>3</sup> плоча

Димензије плоча	Тип ламеле (мм)	Број ламела у плочи	Запремина плоче (м <sup>3</sup> )	Број плоча у 1 м <sup>3</sup>
700/700/25	85	9	0,01225	82
	120	6		
800/800/25	85	10	0,016	63
	120	7		
900/900/25	85	11	0,02025	50
	120	8		
950/950/25	85	12	0,02256	45
	120	8		
1100/450/25	85	6	0,010375	81
	120	4		
1200/700/25	85	9	0,021	48
	120	6		
1500/760/25	85	9	0,0285	36
	120	7		
1800/950/25	85	12	0,04275	24
	120	8		

2. Прорачун броја сљубница у 1 м<sup>3</sup> плоча

Димензије плоча	Тип ламеле (мм)	Број сљубница	Број сљубница у 100 плоча	Број сљубница у 1 м <sup>3</sup>
700/700/25	85	8	800	656
	120	5	500	410
800/800/25	85	9	900	567
	120	6	600	378
900/900/25	85	10	1000	500
	120	7	700	350
950/950/25	85	11	1100	495
	120	7	700	315
1100/450/25	85	5	500	405
	120	3	300	243
1200/700/25	85	8	800	384
	120	5	500	240
1500/760/25	85	8	800	288
	120	6	600	216
1800/950/25	85	11	1100	264
	120	7	700	168

### 3. Прорачун потребне количине лепка

Димензије изабраног производа (мм): 1800 · 950 · 25

Површина лепљења = Дужина ламеле · Дебљина ламеле · Број сљубница

Потрошња лепка – 250 g/m<sup>2</sup>

$$P_1 = D_1 \cdot B_1 \cdot N_1 = 1,85 \cdot 0,028 \cdot 11$$

$$P_1 = D_1 \cdot B_1 \cdot N_1 = 1,85 \cdot 0,028 \cdot 264$$

$$P_1 = 0,569 \text{ m}^2$$

$$P_1 = 13,675 \text{ m}^2$$

$$K_{le} = 0,569 \cdot 250 = 142,25 \text{ g}$$

$$K_{le} = 13,675 \cdot 250 = 3,418 \text{ kg}$$

Потрошња лепка	За 1 плочу	За 100 плоча	За 1m <sup>3</sup> плоча
	0,14225 kg	14,225 kg	3,418 kg

Датум

Радио

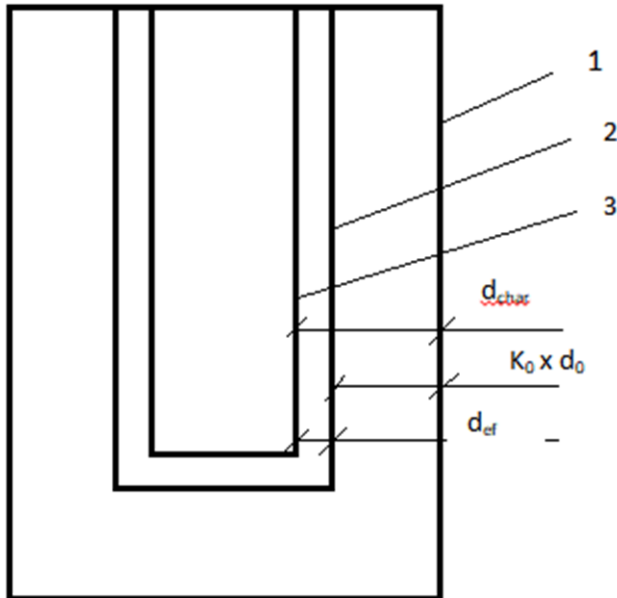
Датум

Оверио

11.03.2020

Саша Вучићевић

- Димензије ламела 3,2 x 14 цм
- Димензије носача 0,4 x 0,5 x 5 м



- 1 – почетна површина елемента  
 2 – граница преосталог попречног пресека  
 3 – граница прорачунског попречног пресека  
 $d_{char}$  – прорачунска дубина угљенисања

$$d_{ef} = d_{char, n} + k_0 \times d_0$$

$$d_{char} = \beta n \times t$$

$\beta n$  – брзина угљенисања 0,7 мм/мин, зависи од врсте материјала (иверица, масив...)

$d_0$  – слој нулте носивости, 20 % од  $d_{char, n}$

	$k_0$
$t < 20$ мин	$t/20$
$t > 20$ мин	1

Условни производ

Број и запремина ламела		За условни кровни носач
Број ламела	По висини	13
	По ширини	4
Укупна запремина ламела		1,1648 м <sup>3</sup>

Извршити преправку прорачуна ако су кровни носачи изложени пожару са три стране

- 15 мин.
- 30 мин.
- 60 мин.

Прорачун потребног броја и запремине ламела за  
израду ламелираног кровног носача

Задатак

3

Лист

2

**а) 15 мин.**

Ламела 0,032 x 0,14 m Носач 0,4 x 0,5 x 5 m

$$d_{char} = \beta n \times t = 0,7 \times 15 = 10,5 \text{ мм}$$

$$k_0 \times d_0 = 0,75 \times 2,1 = 1,575 \text{ мм}$$

$$d_{ef} = d_{char, n} + k_0 \times d_0 = 12,075 \text{ мм} \rightarrow 0,012075 \text{ м}$$

Димензије носача: 0,412075 x 0,52415 x 5

Број и запремина ламела		За условни кровни носач
Број ламела	По висини	13
	По ширини	4
Укупна запремина ламела		1,1648 м <sup>3</sup>

**б)30 мин.**

$$d_{char} = \beta n \times t = 0,7 \times 30 = 21 \text{ мм}$$

$$k_0 \times d_0 = 1 \times 4,2 = 4,2 \text{ мм}$$

$$d_{ef} = d_{char, n} + k_0 \times d_0 = 25,2 \text{ мм} \rightarrow 0,0252 \text{ м}$$

Димензије носача: 0,4252 x 0,5252 x 5

Број и запремина ламела		За условни кровни носач
Број ламела	По висини	14
	По ширини	4
Укупна запремина ламела		1,2544 м <sup>3</sup>

**с) 60 мин.**

$$d_{char} = \beta n \times t = 0,7 \times 60 = 42 \text{ мм}$$

$$k_0 \times d_0 = 1 \times 8,4 = 8,4 \text{ мм}$$

$$d_{ef} = d_{char, n} + k_0 \times d_0 = 50,4 \text{ мм} \rightarrow 0,0504 \text{ м}$$

Димензије носача: 0,4504 x 0,6008 x 5

Број и запремина ламела		За условни кровни носач
Број ламела	По висини	15
	По ширини	5
Укупна запремина ламела		1,68 м <sup>3</sup>

Датум

Урадио

Датум

Оверио

25.03.2020

Саша Вучићевић



**А- Задатак**

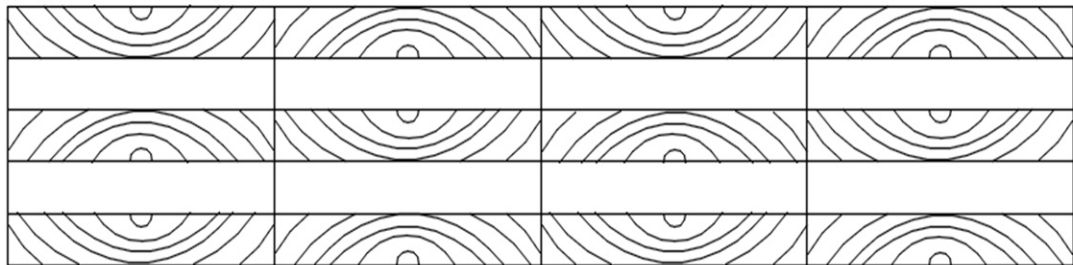
- 1) Израчунати потребан број и запремину дасака за израду CLT-плоча
- 2) Направити прорачун потрошње лепка за изабрани условни производ

**Б- Полазни подаци**

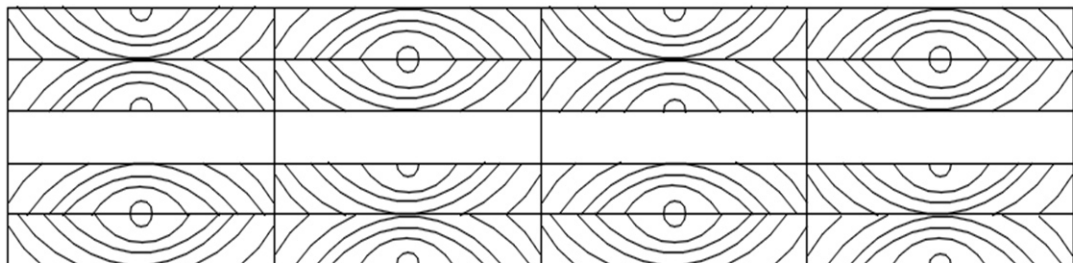
- Најчешће дебљине дасака: 20; 30; 40 mm (6-45) mm
- Најчешће ширине дасака: 100; 120; 150 mm (40-300) mm
- Препоручени однос ширине и дебљине:  $\check{S} \geq 4 \times D$
- Стандард 150 x 30 mm
- Расположиве ширине дасака: 110; 120; 130; 140 mm
- Редни број, 8: Дужина (5,9 m); Ширина (2,9m); I CLT-плоча 5,9/0,11 ; 2,9/0,14

Дужина (4,4 m); Ширина (2,9m); II CLT-плоча 4,4/0,13 ; 2,9/0,14

I CLT-плоча; 20x20x20x20x20



II CLT-плоча; 20x20x30x20x20



**Ц- Прорачун**

1) Потребан број и запремина дасака за израду CLT- плоча:

Број и запремина дасака		CLT-плоча I	CLT-плоча II
Број уздужних дасака	У слоју	21	21
	У плочи	63	84
Број попречних дасака	У слоју	54	34
	У плочи	108	34
Запремина уздужних дасака	У слоју	0,3469	0,25872
	У плочи	1,0407	1,03488
Запремина попречних дасака	У слоју	0,34452	0,3845
	У плочи	0,68904	0,3845

2) Прорачун потрошње лепка за изабрани условни производ: 220 g/m<sup>2</sup>

Потрошња лепка (kg)		CLT-плоча I	CLT-плоча II
Број уздужних сљубница	У слоју	20	20
	У плочи	60	80
Број попречних сљубница	У слоју	53	33
	У плочи	106	33
1) Ако се спајају само слојеви дасака		15,0568 kg	11,2288 kg
2) Ако се међусобно спајају и слојеви и уздужне даске		16,6144 kg	12,777 kg
3) Ако се међусобно спајају слојеви, уздужне даске и попречне даске		17,967 kg	13,408 kg

Датум

Урадио

Датум

Оверио

10.04.2020

Саша Вучићевић

- 1) Razlika između SRPS i EN standarda kod furnirskih ploča
- 2) Izračunati smicajne čvrstoće u sloju lepka kod daščanih (stolarskih) ploča

## SRPS STANDARD

$$f_s = \frac{2F}{b * l * (n - 1)} \text{ (MPa)}$$

$b$  – širina uzorka 25mm

$l = 10 * \sigma$  - dužina ispitivanja (razmak rezova),

$\delta$  – prosečna debljina lista furnira

$n$  – broj slojeva

TP 20 – za enterijer – 24h u vodi na 20 °C

TP 67 – nadkriveni eksterijer – 3h u vodi na 67°C, 2h u vodi na 20°C

TP 100 – eksterijer – 6h u vodi na 100°C, 2h u vodi na 20°C

TP 100T – 4h u vodi na 100°C, 16-20h sušenje na 60°C,

4h u vodi na 100°C, 2-3h u vodi na 20°C

Uslovi za prolaz ispitivanja:

- Tvrdi lišćari 1,2MPa
- Meki lišćari 1 MPa
- Četinari i egzote 0,8MPa

## EN STANDARD

$b_1 = (25 \pm 0,5)\text{mm}$

$b_2 = (2,5 - 4)\text{mm}$

$L_1 = (25 \pm 0,5)\text{mm}$

$L_2 = 50\text{mm}$

$$f_s = \frac{F}{b_1 * l_1} \text{ (MPa)}$$

Klasa 1 – enterijer - 24h u vodi na 20°C

Klasa 2 – nadkriveni eksterijer - 6h u vodi na 100°C, 1h u vodi na 20°C

Klasa 3 – eksterijer - 4h u vodi na 100°C, 16-20h sušenja na 60°C,

4h u vodi na 100°C, 1h na 20°C

Srednja smicajna čvrstoća $N/mm^2$	Procenat učešća zone drveta u sloju lepka %
$0,2 \leq f_v < 0,4$	$\geq 80$
$0,4 \leq f_v < 0,6$	$\geq 60$
$0,6 \leq f_v < 1,0$	$\geq 40$
$1,0 \leq f_v$	No requirements

REDNI BROJ: 8.  $F = 830N$ ,  
konstrukcija ploče: 1, 1.5, 2, 2, 2, 1.5, 1

SRPS D.A8.067.

- 1) Ako je u pitanju bukova furnirska ploča, da li su zadovoljeni kriterijumi standarda?
- 2) Koliko treba da budu min.prosečne sile smicanja da bi ploča zadovoljila zahteve ispitivanja za tvrde lišćare, meke lišćare I za četinare.

Parovi linija lepljenja		Br.uzoraka za ispitivanje									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	silna N	500	450	600	460	600	630	720	800	500	460
	W (%)	60	30	80	50	40	80	70	70	80	30
2	silna N	600	610	620	605	520	580	530	670	700	520
	W (%)	50	80	60	60	50	50	40	50	60	70
3	silna N	800	730	720	650	790	830	600	820	760	795
	W (%)	30	20	20	50	40	30	60	50	50	60

$L = 25mm$ ,  $B = 25mm$

- 1) prosek  $F = 572N$ ,  $W = 59\%$
- 2) prosek  $F = 595,5N$ ,  $W = 57\%$
- 3) prosek  $F = 749,5N$ ,  $W = 41\%$

EN 314

- 1) Da li su zadovoljeni kriterijumi standarda EN 314?
- 2) Ako se posle odg.predtretmana prosečne sile loma po linijama leplejnja smanje 20%, a učešće loma u zoni drveta za 30%, da li su tada zadovoljeni kriterijumi standard EN 314?

## I – SRPS D.A8.067 STANDARD

1)  $F=830 \text{ N}$

$$f_s = \frac{2F}{b \cdot l \cdot (n-1)} = \frac{2 \cdot 830}{25 \cdot 15,7 \cdot (7-1)} = 0,7 \text{ MPa NE ISPUNJAVA}$$

$$l = 10 \cdot \delta = 10 \cdot 1,57 = 15,7 \text{ mm}$$

2)  $f_s = 1,2 \text{ Mpa}$  – tvrdi lišćar

$$F_{1,2} = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{1,2 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot (7-1)}{2} = 1413 \text{ N}$$

$f_s = 1 \text{ Mpa}$  – meki lišćar

$$F_1 = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot (7-1)}{2} = 1177,5 \text{ N}$$

$f_s = 0,8 \text{ Mpa}$  – četinari i egzote

$$F_{0,8} = \frac{f_s \cdot b \cdot l \cdot (n-1)}{2} = \frac{0,8 \cdot 25 \cdot 15,7 \cdot (7-1)}{2} = 942 \text{ N}$$

## II – EN 314 STANDARD

1)  $f_s = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{830}{625} = 1,328 \text{ MPa}$

$$f_{s1} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{572}{625} = 0,9152 \text{ MPa } W = 59\% \text{ ISPUNJAVA}$$

$$f_{s2} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{595,5}{625} = 0,9528 \text{ MPa } W = 57\% \text{ ISPUNJAVA}$$

$$f_{s3} = \frac{F}{b \cdot l} = \frac{749,5}{625} = 1,199 \text{ MPa } W = 41\% \text{ ISPUNJAVA}$$

2)  $F' = F \cdot 0,8 = 572 \cdot 0,8 = 457,6 \text{ N}$

$$f_{s1} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{457,6}{625} = 0,732 \text{ MPa, } W' = W \cdot 0,7 = 59 \cdot 0,7 = 41,3\% \text{ ISPUNJAVA}$$

$F' = F \cdot 0,8 = 595,5 \cdot 0,8 = 476,4 \text{ N}$

$$f_{s2} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{476,4}{625} = 0,762 \text{ MPa, } W' = W \cdot 0,7 = 57 \cdot 0,7 = 39,9\% \text{ NE ISPUNJAVA}$$

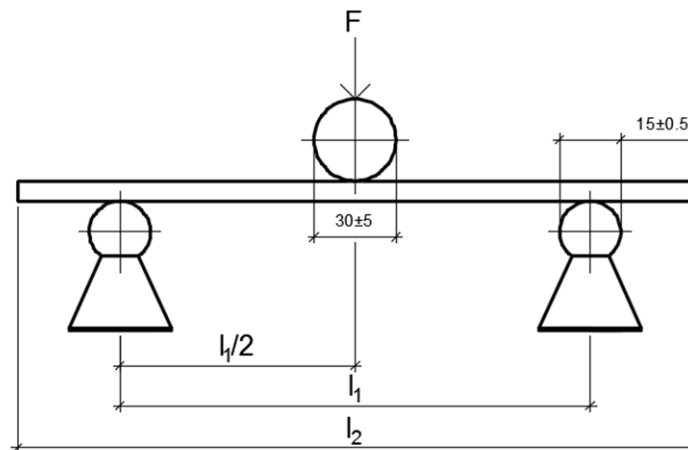
$F' = F \cdot 0,8 = 749,5 \cdot 0,8 = 599,6 \text{ N}$

$$f_{s3} = \frac{F'}{b \cdot l} = \frac{599,6}{625} = 0,959 \text{ MPa, } W' = W \cdot 0,7 = 41 \cdot 0,7 = 28,7\% \text{ NE ISPUNJAVA}$$

Datum	Radio	Datum	Overio
18.04.2020	Saša Vučićević		

1) Razlika između EN standarda 310 i 789.

EN 310 STANDARD – ispitivanje nestrukturnih ploča



1-epruveta za ispitivanje

$B=50\text{mm}$

F-sila pritiska

$l_{2\text{min}}=150\text{mm}$

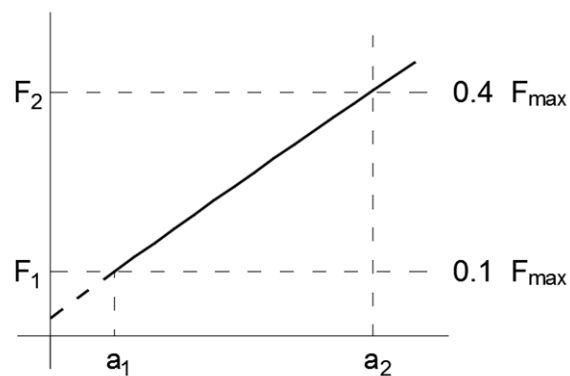
t-debljina epruvete

$l_{2\text{max}}=1050\text{mm}$

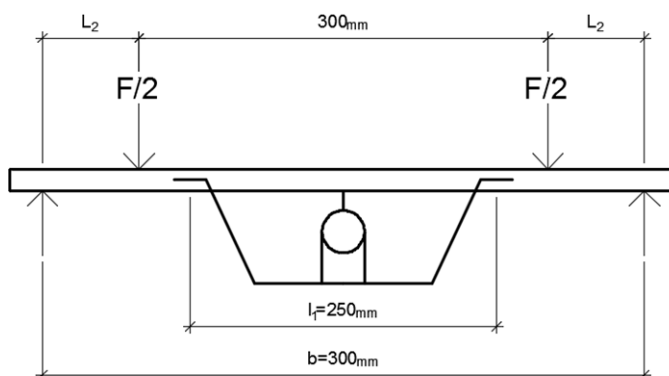
$l_1=20t$  (mm)

$l_2=l_1+50$  (mm)

$$f_s = \frac{3F_{\text{max}} \cdot l_1}{2 \cdot b \cdot t^2} \text{ (MPa)} \quad E_m = \frac{M^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot t^3 \cdot (a_1 - a_2)} \text{ (Mpa)}$$



## EN 789 STANDARD – ispitivanje strukturalnih ploča



$L_2 = 16t$   
 min 240, max 400  
 $L_1 = 250$   
 $b = 300\text{mm}$

$$f_s = \frac{F_{max} * l_2}{2 * \frac{b * t^2}{6}} \text{ (Mpa)} \quad E_m = \frac{l_1^2 * l_2 * (F_2 - F_1)}{16 * \frac{b * t^3}{12} * (a_2 - a_1)} \text{ (MPa)}$$

REDNI BROJ SA SPISKA 8

d (mm)	Fmax	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>1</sub>
19	1860N	40%	10%	36	24

B – PRORAČUN

- 1) Izračunati dimenzije uzoraka za ispitivanje savojne čvrstoće po EN 310 i EN 789 standarda, ako se ispituju ploče sledećih debljina: 4mm, 20mm i 60mm
- 2) Za izabrane vrednosti debljine ploče, sile loma i ugiba uzoraka, izračunati savojnu čvrstoću i modul elastičnosti pri savijanju. Proračun uraditi i za EN 310 i EN 789, a kod EN 789 uzeti da je sila loma (Fmax) 10 puta veća od zadate u tabeli.

**EN 310**

1)  $t = 4\text{mm}$

$$l_1 = 20 * t = 20 * 4 = 80\text{mm}$$

$$l_2 = l_1 + 50 = 80 + 50 = 130\text{mm} \Rightarrow 150\text{mm}$$

2)

$t = 20\text{mm}$

$$l_1 = 20 * t = 20 * 20 = 400\text{mm}$$

$$l_2 = l_1 + 50 = 400 + 50 = 450\text{mm}$$

3)  $t = 60\text{mm}$

$$l_1 = 20 * t = 20 * 60 = 1200\text{mm}$$

$$l_2 = l_1 + 50 = 1200 + 50 = 1250\text{mm} \Rightarrow 1050\text{mm}$$

**EN 789**

1)  $t = 4\text{mm}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$$l_2 = 16 * t = 16 * 4 = 64\text{mm} \Rightarrow 240\text{mm}$$

$$L_{uk} = 2 l_2 + 300 + 50 = 830\text{mm}$$

2)  $t = 20\text{mm}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$$l_2 = 16 * t = 16 * 20 = 320\text{mm}$$

$$L_{uk} = 2 l_2 + 300 + 50 = 990\text{mm}$$

3)  $t = 60\text{mm}$

$l_1 = 250\text{mm}$

$$l_2 = 16 * t = 16 * 60 = 960\text{mm} \Rightarrow 400\text{mm}$$

$$L_{uk} = 2 l_2 + 300 + 50 = 1150\text{mm}$$



**EN 310**

- 1)  $t = 19\text{mm}$   
 $F_{\max} = 1860\text{N}$   
 $l_1 = 20 \cdot t = 20 \cdot 19 = 380\text{mm}$

$$f_s = \frac{3F_{\max} \cdot l_1}{2 \cdot b \cdot t^2} = \frac{3 \cdot 1860 \cdot 380}{2 \cdot 50 \cdot 19^2} = 58,7 \text{ Mpa}$$

$$F_2 = 0,4 \cdot F_{\max} = 744\text{N}$$

$$F_1 = 0,1 \cdot F_{\max} = 186 \text{ N}$$

$$E_m = \frac{l_1^3 \cdot (F_2 - F_1)}{4 \cdot b \cdot t^3 \cdot (a_2 - a_1)} = \frac{380^3 \cdot (744 - 186)}{4 \cdot 50 \cdot 19^3 \cdot (36 - 24)} = 1860 \text{ N/mm}^2$$

**EN 789**

- 2)  $t = 19 \text{ mm}$   
 $F_{\max} = 18600\text{N}$   
 $l_1 = 250\text{mm}$   
 $l_2 = 16 \cdot t = 16 \cdot 19 = 304\text{mm}$   
 $b = 300\text{mm}$

$$f_s = \frac{F_{\max} \cdot l_2}{2 \cdot b \cdot t^2} = \frac{18600 \cdot 304}{2 \cdot \frac{300 \cdot 19^2}{6}} = 156,6 \text{ Mpa}$$

$$F_2 = 0,4 \cdot F_{\max} = 7440\text{N}$$

$$F_1 = 0,1 \cdot F_{\max} = 1860 \text{ N}$$

$$E_m = \frac{l_1^2 \cdot l_2 \cdot (F_2 - F_1)}{16 \cdot \frac{b \cdot t^3}{12} \cdot (a_2 - a_1)} = \frac{250^2 \cdot 304 \cdot (7440 - 1860)}{16 \cdot \frac{300 \cdot 19^3}{12} \cdot (36 - 24)} = 3220 \text{ N/mm}^2$$

Datum

Radio

Datum

Overio

22.04.2020.

Saša Vučićević