

BETONOVÉ KONSTRUKCE II/4

9. Vylehčené stropní desky

9.1 Obecně

Plné stropní desky ze železobetonu lze v budovách za běžných okolností navrhovat v tloušťkách maximálně do 250 až 300 mm. To odpovídá nosníkové, prostě uložené desce s rozpětím zhruba 6,25 až 7,50 m, spojitě nosníkové desce o rozpětí zhruba do 7,50 až 9,0 m a po obvodě uložené, křížem armované spojitě (nebo vetknuté) desce o rozpětí zhruba do 12,5 m.

Pro větší rozpětí je třeba použít buď předpjatý beton, nebo vylehčenou stropní desku. Vylehčení dosahuje běžně 50% z plného průřezu a více. Vylehčené stropní desky se používají především v následujících modifikacích:

- Železobetonové desky vylehčené keramickými nebo betonovými vložkami
- Žebírkové stropy betonované do ztraceného bednění
- Žebírkové stropy s viditelným podhledem
- Kazetové desky
- Vylehčené desky s oboustranně hladkým betonovým povrchem

Ze statického hlediska se žebírkový strop chová jako tlustá deska tloušťky rovné celkové výšce žebírek. S ohledem na roznos zatížení osamělým břemenem je u žebírkového stropu s tenkou deskou (deskovou přírubou) vhodná žebírka po určitých vzdálenostech propojit příčným žebrem. Žebrovou desku lze podle ČSN EN 1992-1-1 (čl. 5.3.1) pro výpočet uvažovat z hlediska fungování jako plnou desku za předpokladu, že:

- Vzdálenost žeber není větší než 1500 mm,
- Výška žebra pod deskou není větší než 4 násobek jeho šířky
- Tloušťka deskové příruby je nejméně 1/10 světlé vzdálenosti mezi žebry
- Tloušťka deskové příruby je nejméně 50 mm, lze ji zmenšit na 40 mm, pokud jsou mezi žebry trvale zabetonovány tvárnice
- Příčná žebra nejsou dále než 10 ti násobek celkové tloušťky desky

Vylehčené desky lze samozřejmě používat i pro menší rozpětí – tohoto efektu se běžně využívá v u žebírkových stropů se zabetonovanými vložkami typu strop Porotherm, nebo u desek betonovaných do ztraceného bednění typu Velox.

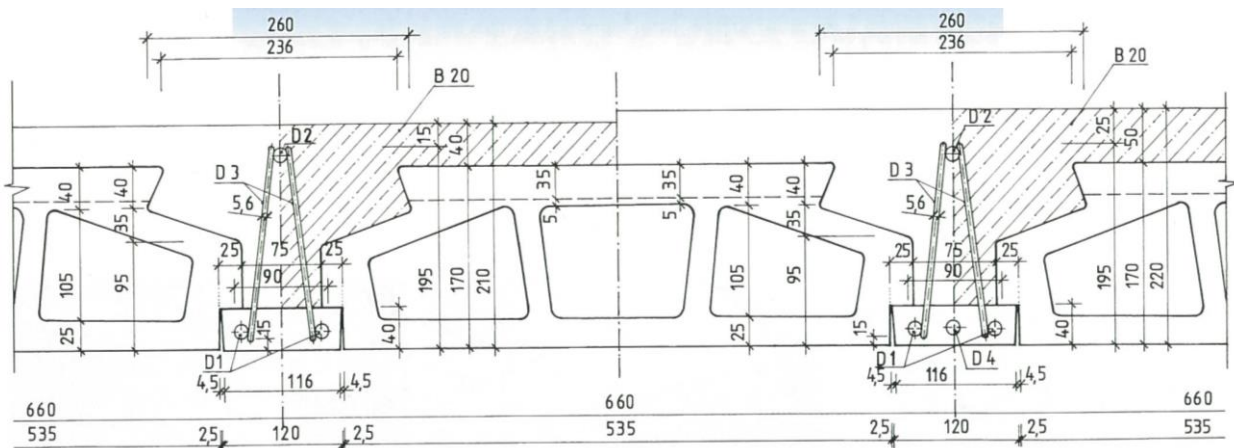
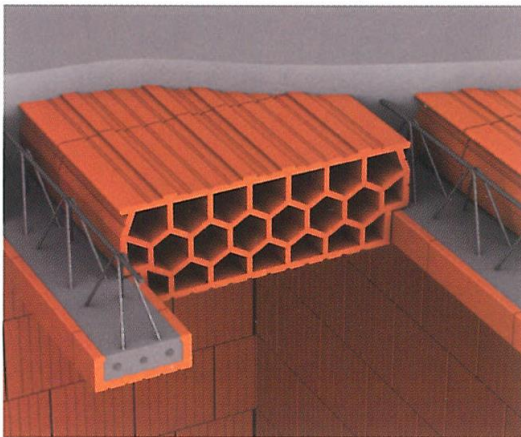
9.2 Železobetonové desky vylehčené keramickými nebo betonovými vložkami.

Používají se často i u menších zděných staveb. Strop lze realizovat bez bednění (prefabrikované stropní nosníky a keramické nebo betonové vložky tvoří ztracené bednění). Prefabrikované stropní nosníky (keramicko-železobetonové, nebo železobetonové) je však obvykle potřeba před betonáží stropu dočasně podepřít.

Celková tloušťka stropů se obvykle pohybuje od 190 do 300 mm a lze je použít maximálně na rozpětí zhruba do 7,5 m. Osová vzdálenost nosníků stropu závisí na rozměrech použitých vložek, ale obvykle bývá od 500 mm do 660 mm.

Příklady takových systémů jsou na následujících obrázcích. Tyto typy stropů mají následující výhody:

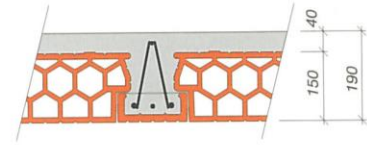
- Snadná manipulace a montáž (i ruční)
- Lze realizovat bez bednění
- Keramické vložky vytvářejí ideální rovný keramický podklad pod omítku
- Keramické vložky zajišťují vysokou požární odolnost (REI 120 - s omítkou 180 min)



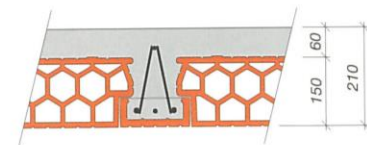
Únosnost stropu pro osovou vzdálenost nosníků 500 mm a beton C 16/20

Délka nosníku [mm]	Světlé rozpětí [mm]	Výztuž trámečku průměr	MIAKO 15/50 PTH				MIAKO 19/50 PTH				MIAKO 23/50 PTH			
			h = 190		h = 210		h = 230		h = 250		h = 270		h = 290	
			q_d	q_n	q_d	q_n	q_d	q_n	q_d	q_n	q_d	q_n	q_d	q_n
1 750	1 500	2ø8	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	
2 000	1 750	2ø8	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	
2 250	2 000	2ø8	17,28	15,30	19,61	17,40	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	
2 500	2 250	2ø8	13,21	11,50	14,97	13,20	17,41	15,40	19,15	16,90	20,00	19,00	20,00	
2 750	2 500	2ø8	10,20	8,86	11,54	10,07	13,56	11,90	14,88	13,10	16,74	14,80	18,09	
3 000	2 750	2ø10	13,88	12,20	15,77	13,90	17,54	15,50	18,94	16,80	18,86	16,60	19,98	
3 250	3 000	2ø10	11,27	9,83	12,80	11,22	14,97	13,20	16,52	14,60	16,66	14,70	17,59	
3 500	3 250	2ø10	9,22	7,97	10,46	9,10	12,35	10,81	13,60	11,90	14,85	13,00	15,62	
			13,88	11,00	15,94	11,53	18,53	15,19	20,64	16,95	23,20	17,58	25,23	
3 750	3 500	2ø10	7,58	6,47	8,58	7,39	10,24	8,90	11,26	9,82	12,77	11,20	13,79	
			11,47	7,81	13,20	10,74	15,44	12,62	17,20	14,08	19,40	15,92	21,09	
4 000	3 750	2ø12	9,99	7,51	11,43	9,75	11,70	10,22	12,42	10,88	12,26	10,73	12,81	
			14,92	10,35	17,23	12,29	19,34	15,87	20,77	17,06	21,63	17,77	22,97	
4 250	4 000	2ø12	8,43	5,96	9,66	7,77	10,67	9,29	11,29	9,85	11,13	9,70	11,59	
			12,67	8,20	14,65	11,02	17,15	14,04	18,95	15,57	19,75	16,21	20,93	
4 500	4 250	2ø12 + ø6	8,54	5,26	9,77	6,90	10,42	9,06	10,96	9,55	10,74	9,35	11,12	
			12,64	7,18	14,74	9,74	17,08	13,11	18,23	14,94	18,88	15,48	19,92	
4 750	4 500	2ø12 + ø8	7,75	4,52	8,92	5,97	9,85	8,27	10,32	8,97	10,08	8,75	10,40	
			11,45	6,11	13,44	8,39	16,02	11,44	17,14	14,03	17,72	14,52	18,64	
5 000	4 750	2ø12 + ø10	7,03	3,94	8,09	5,24	9,27	7,39	9,67	8,38	9,43	8,16	9,68	
			10,37	5,28	12,17	7,34	14,56	10,14	16,08	12,89	16,59	13,57	17,43	
5 250	5 000	2ø12 + ø12	6,36	3,48	7,32	4,68	8,64	6,68	8,98	7,75	8,74	7,53	8,95	
			9,32	4,60	10,99	6,49	13,22	9,08	15,00	11,64	15,47	12,64	16,22	
5 500	5 250	2ø12 + ø12	5,87	2,75	6,74	3,74	8,03	5,52	8,32	6,88	8,09	6,94	8,26	
			8,62	3,60	10,17	5,20	12,26	7,47	13,93	9,65	14,40	11,75	15,07	
5 750	5 500	2ø12 + ø12	5,43	2,14	6,22	2,96	7,48	4,55	7,73	5,69	7,50	6,40	7,63	
			8,00	2,76	9,43	4,12	11,41	6,12	12,95	7,99	13,43	10,31	14,04	
6 000	5 750	2ø12 + ø14			5,64	2,70	7,01	4,18	7,22	5,25	7,00	5,95	7,10	
			7,18	2,38	8,51	3,51	10,39	5,54	11,80	7,32	12,57	9,51	13,13	
6 250	6 000	2ø12 + ø14			5,22	2,09	6,56	3,42	6,73	4,33	6,56	5,51	6,58	
			6,67	1,73	7,91	2,82	9,70	4,50	11,01	6,04	11,77	7,98	12,27	
6 500	6 250	2ø12 + ø14							7,88	3,52	7,19	4,85	7,29	
											11,86	4,93	11,83	6,65
6 750	6 500	2ø12 + ø16							8,02	3,28	6,77	4,56	6,85	
											12,37	4,54	11,11	6,17
7 000	6 750	2ø12 + ø18							7,83	3,07	6,39	4,30	6,44	
											11,31	4,20	10,45	5,75
7 250	7 000	2ø12 + ø18							6,93	2,47	6,00	3,59	6,03	
											10,66	3,38	9,85	4,77
7 500	7 250	2ø12 + ø18									5,64	2,97	5,65	
												10,07	2,66	9,30
7 750	7 500	2ø12 + ø20									5,29	2,81	5,28	
												9,17	2,43	8,77
8 000	7 750	2ø12 + ø20									4,98	2,29	4,95	
												8,67	1,84	8,29
8 250	8 000	2ø12 + ø20										4,64	2,36	
												7,84	2,30	8,10

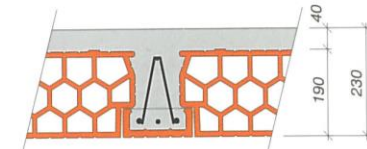
Tloušťka stropu 190 mm



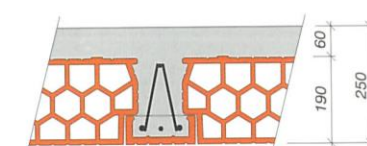
Tloušťka stropu 210 mm



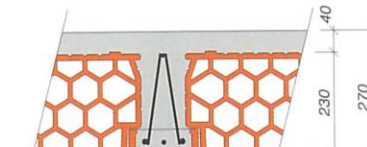
Tloušťka stropu 230 mm



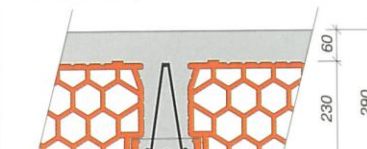
Tloušťka stropu 250 mm



Tloušťka stropu 270 mm



Tloušťka stropu 290 mm



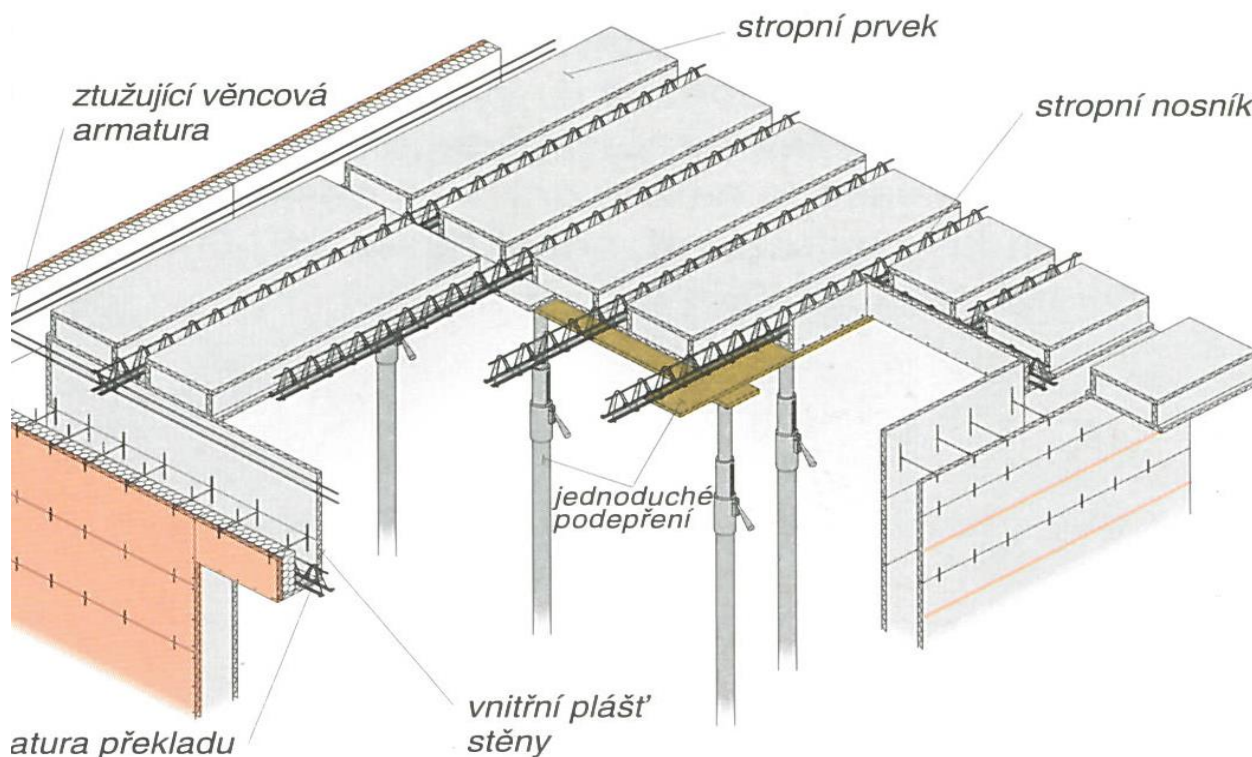
9.3 Žebírkové stropy betonované do ztraceného bednění (bedničkové stropy)

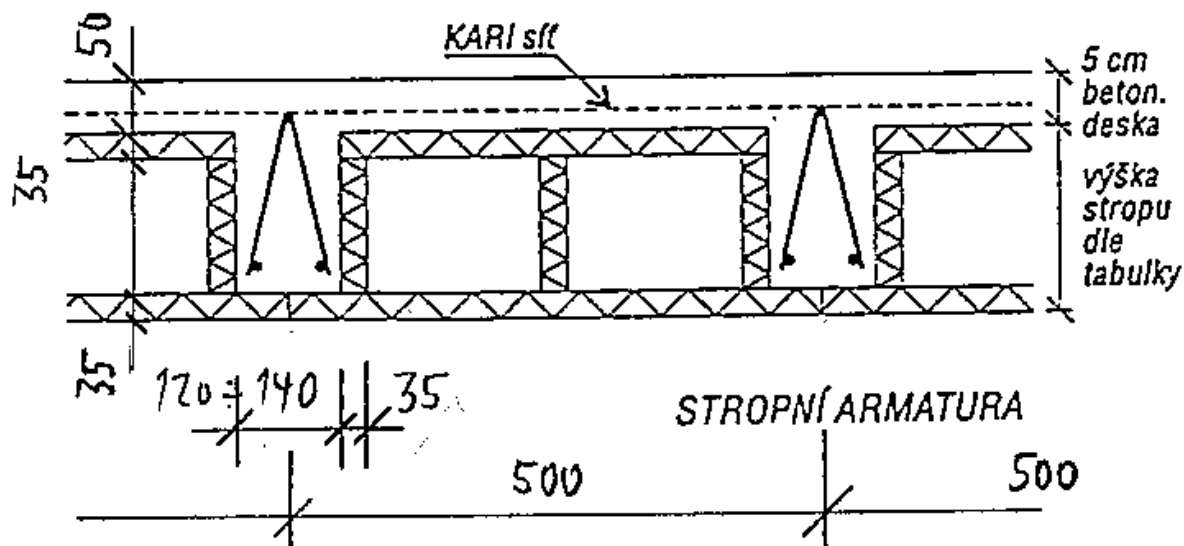
Žebírkové nebo kazetové stropy, betonované do ztraceného bednění většinou z desek na bázi dřeva, dříve tzv. bedničkové stropy. Vytvářejí zpravidla rovný podhled.

Příkladem takového stropu je strop z desek Velox. Štěpkocementové desky Velox se vyrábějí v tloušťkách 25, 35 a 50 mm. Pro ztracené bednění stěn se používají dvouvrstvé izolační desky složené ze štěpkocementové desky a izolační vrstvy polystyrénu různé tloušťky. Desky mají výrobní formát 500 x 2000 mm, proto se obvykle volí osová vzdálenost žeber stropu 500 mm, aby nebylo nutno podhledové desky řezat.

Lze použít buď kompletní stavební systém Velox (základy, stěny, strop, střecha), nebo pouze strop Velox, například jako součást železobetonového skeletu vícepodlažní budovy. To lze s výhodou použít pro skelet s větším rozpětím stropů, nebo s velkým vyložení konzol. Běžně se používají stropy celkové tloušťky do 625 mm, které lze použít do rozpětí stropu kolem 12 m. Součástí stropu může být tepelněizolační deska.

Dílce ztraceného bednění lze vyrábět předem ve výrobě a na stavbě je pouze montovat. Výhodou je úspora betonu, možnost dosažení větších rozpětí. Nevýhodou je větší pracnost a větší celková tloušťka stropu.





PŘEHLED STROPNÍCH PRVKŮ VELOX (standardní půdorysný rozměr 2000 x 500 mm)

Výška prvku + vrstva betonu (mm)	Celková tloušťka stropu (mm)	Hmotnost stropního prvku (kg)	Spotřebu betonu (l/m ²)	Standardní výpočtové zatížení stropů (kN/m ²)	Max. světlé rozpětí při standardním výpočtovém zatížení (m)	Tepelný odpor R (m ² K/W)
170 + 50	220	49	85	6,99	5,9	0,52
220 + 50	270	55	97	7,36	7,3	0,55
260 + 50	310	67	107	7,65	7,8	0,60
315 + 50	365	75	120	8,04	8,6*	0,62
350 + 50	400	79	128	8,32	9,6*	0,63
400 + 50	450	91	140	8,69	10,2*	0,65
500 + 50	550	106	164	9,48	11,2*	0,70
575 + 50	625	122	180	10,09	12,0*	0,77

9.4 Žebírkové desky s přiznaným podhledem

Žebírkový podhled lze použít buď jako architektonický prvek přiznaný v interiéru, nebo pod něj dodatečně podvěsit podhled.

Nevýhodou je, že pro žebírkový strop lze obtížně použít běžné systémové bednění. Lze použít klasické tesařské bednění, nebo různé typy bednění bedniček z plastu nebo z plechu.

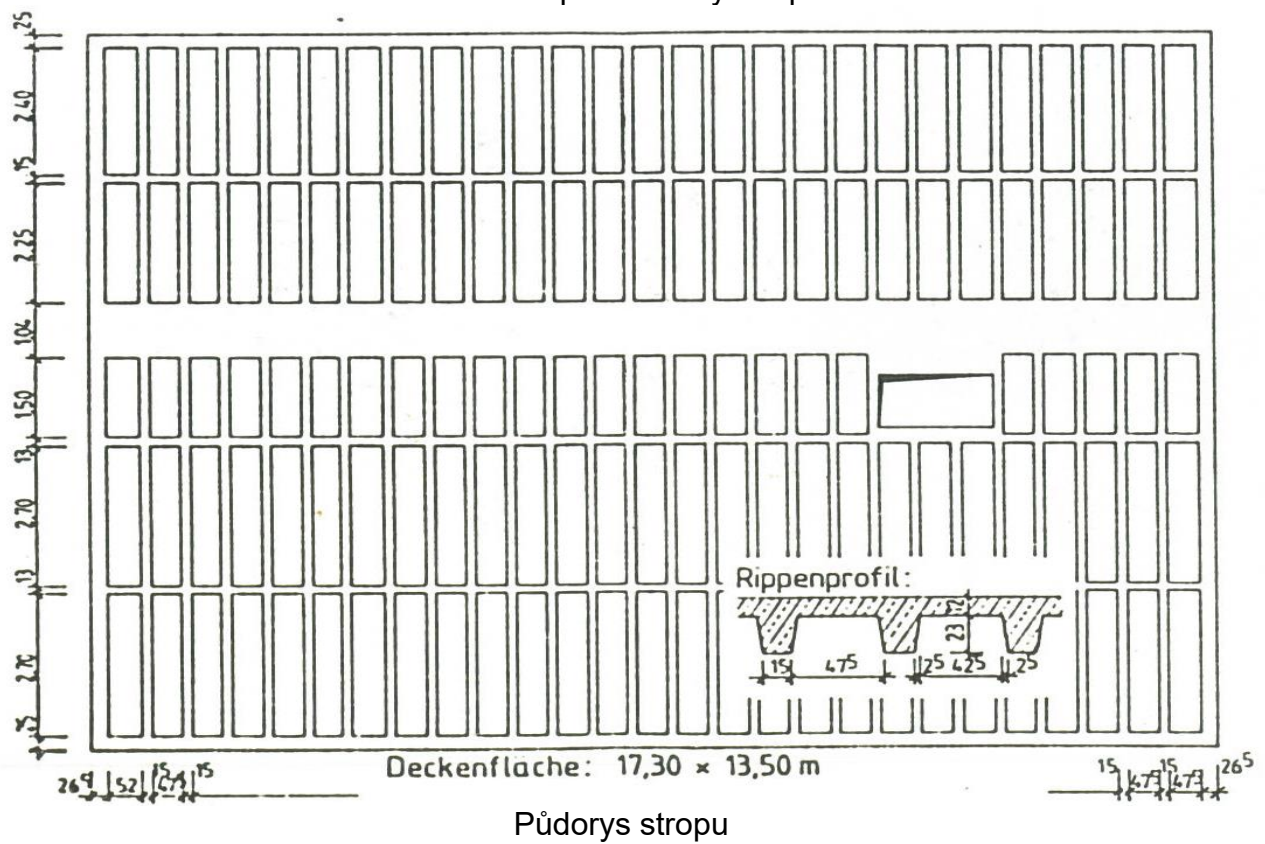


Na následujícím obrázku je příklad speciálního bednění Pecafil z plastové fólie nalisované oboustranně na betonářskou síť KARI. Nastříhá a naohýbá se podle požadovaného tvaru žebírek stropu a uloží se na rovné systémové bednění. Ekonomicky výhodné může být, pokud lze u vícepodlažní budovy použít bednění opakovaně ve více podlažích. V Liberci bylo toto bednění použito při bednění žebírkového stropu nad sálem Základní umělecké školy ve Frýdlantské ulici.

Pecafil lze použít také pro bednění pracovních spár – pruty výztuže lze skrz bednění snadno propíchnout.

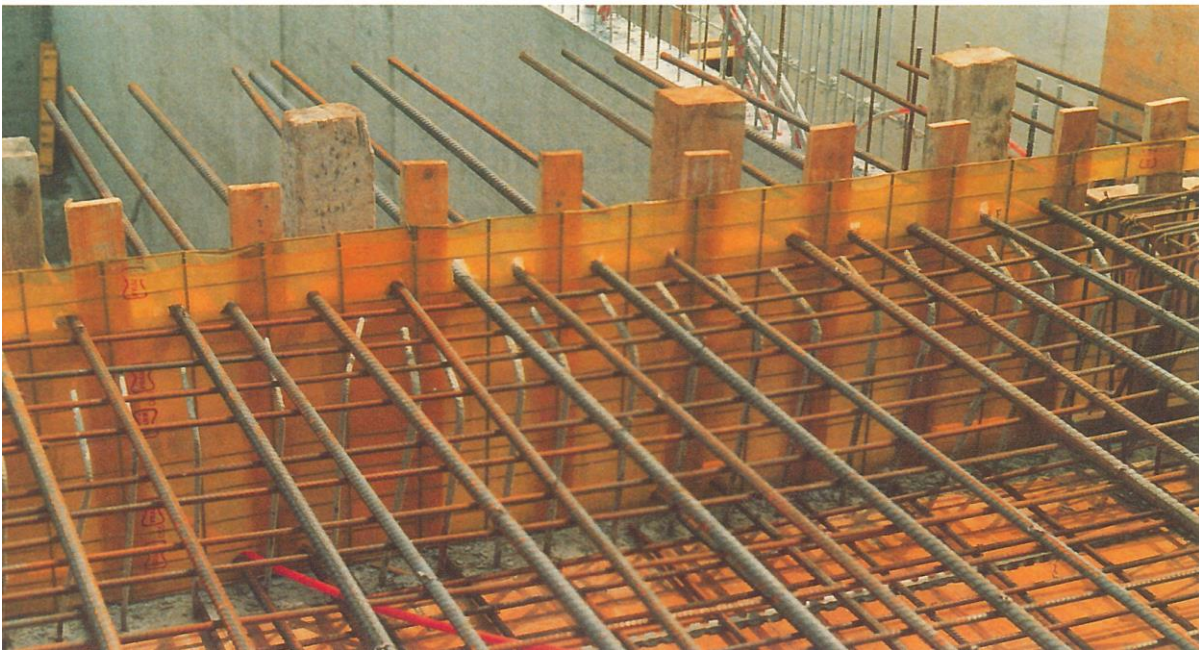


Bednění Pecafil pro žebrový strop





Bednění připravené pro použití v dalším podlaží



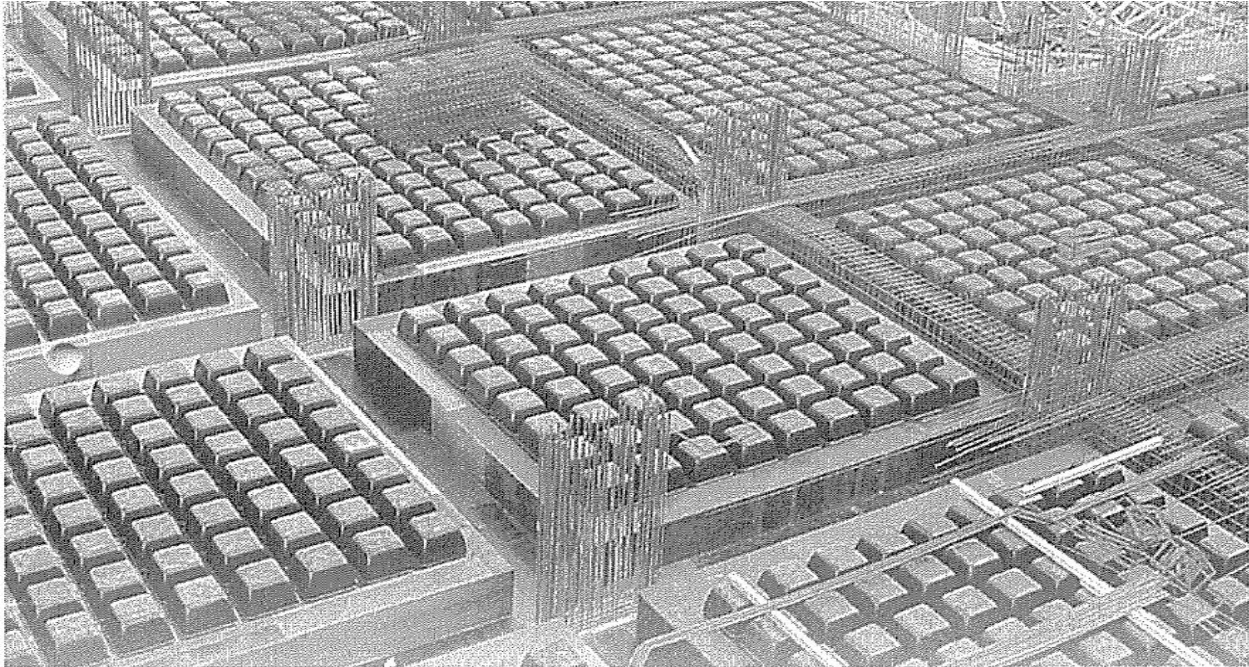
Bednění pracovní spáry velmi tlusté desky

9.5 Kazetové desky

Vylehčená kazetová deska je obdobou po obvodě uložené, křížem armované plné desky. Výhodně ji lze použít nad půdorysem blízkým čtverci, maximální poměr stran desky je stejně jako u po obvodě uložené plné desky 1:2.

Bednění je ještě komplikovanější, než u žebírkové desky. Proto se prakticky výhradně používá rovné systémové bednění, na které se kladou prvky pro vytvoření kazet.

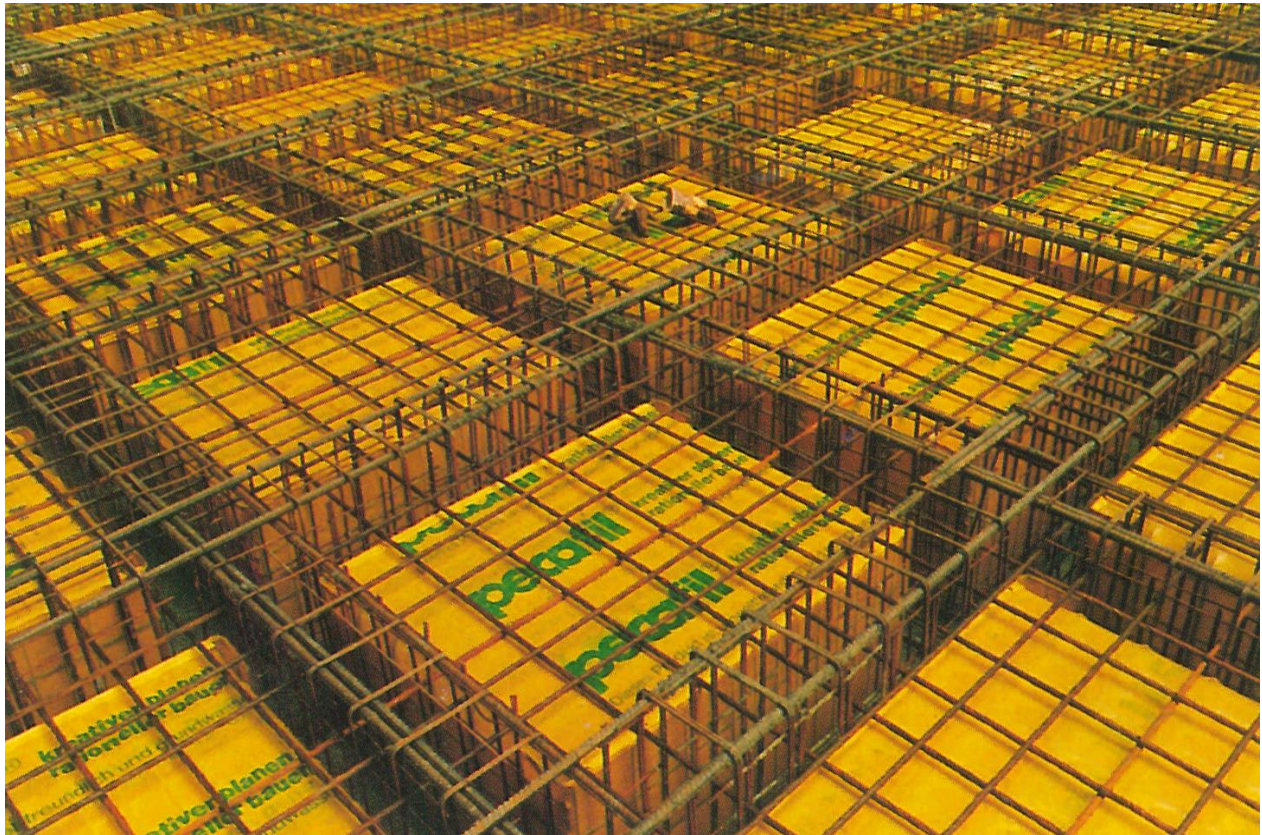
Nejčastěji se pro bednění kazet používají plastové kopule (vaničky).



Monolitická část stropu parkovacího domu obchodního centra Nisa Liberec



Kazetová deska systému Holedeck



Bednění Pecalif pro kazetovou desku



Ztracené bednění z polystyrénových kvádrů – výsledkem je rovný pohled

9.6 Vylehčené desky s oboustranným betonovým povrchem

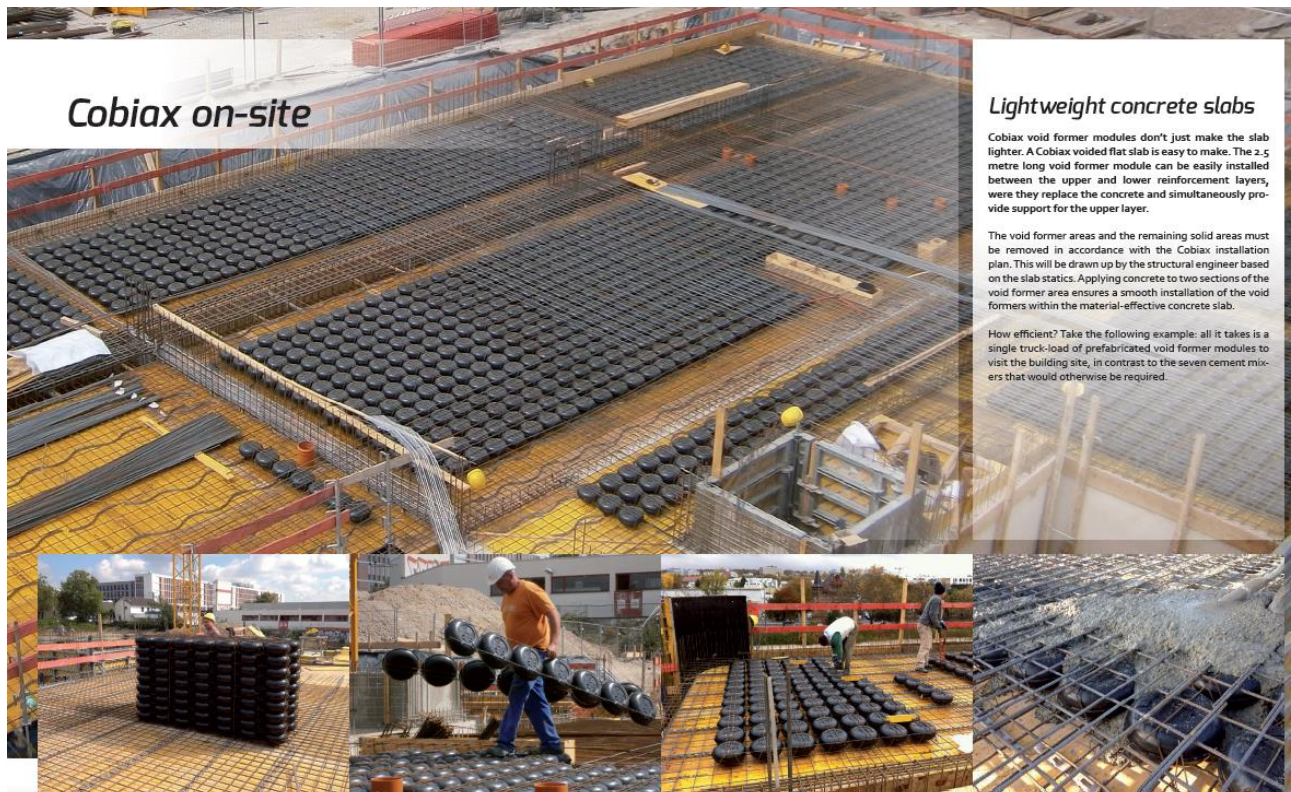
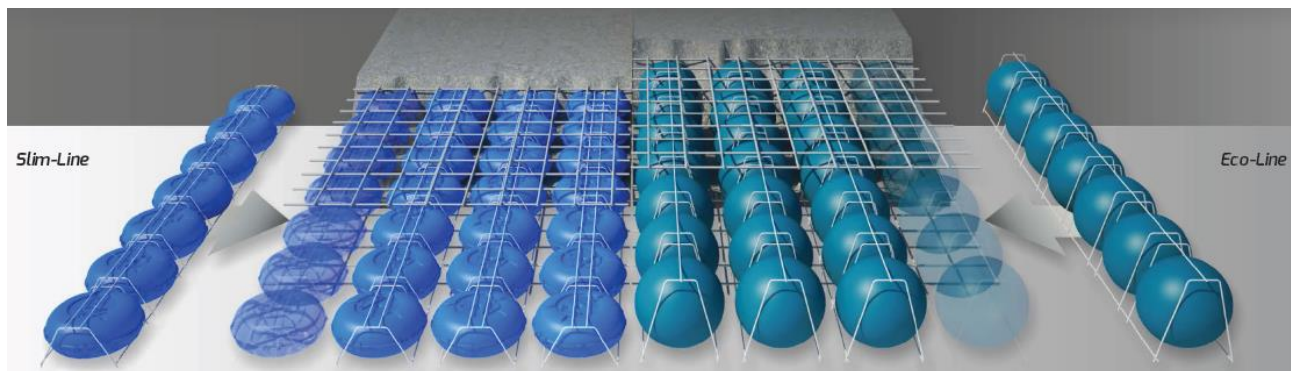
Lze s výhodou použít pro spojité desky, kde je výhodné mít deskovou přírubu na horní i na dolní ploše desky. Funguje jako obousměrně působící deska.

Je to jedno z mála možných řešení v případě, že architekt požaduje pohledový povrch betonové desky na obou lících desky.

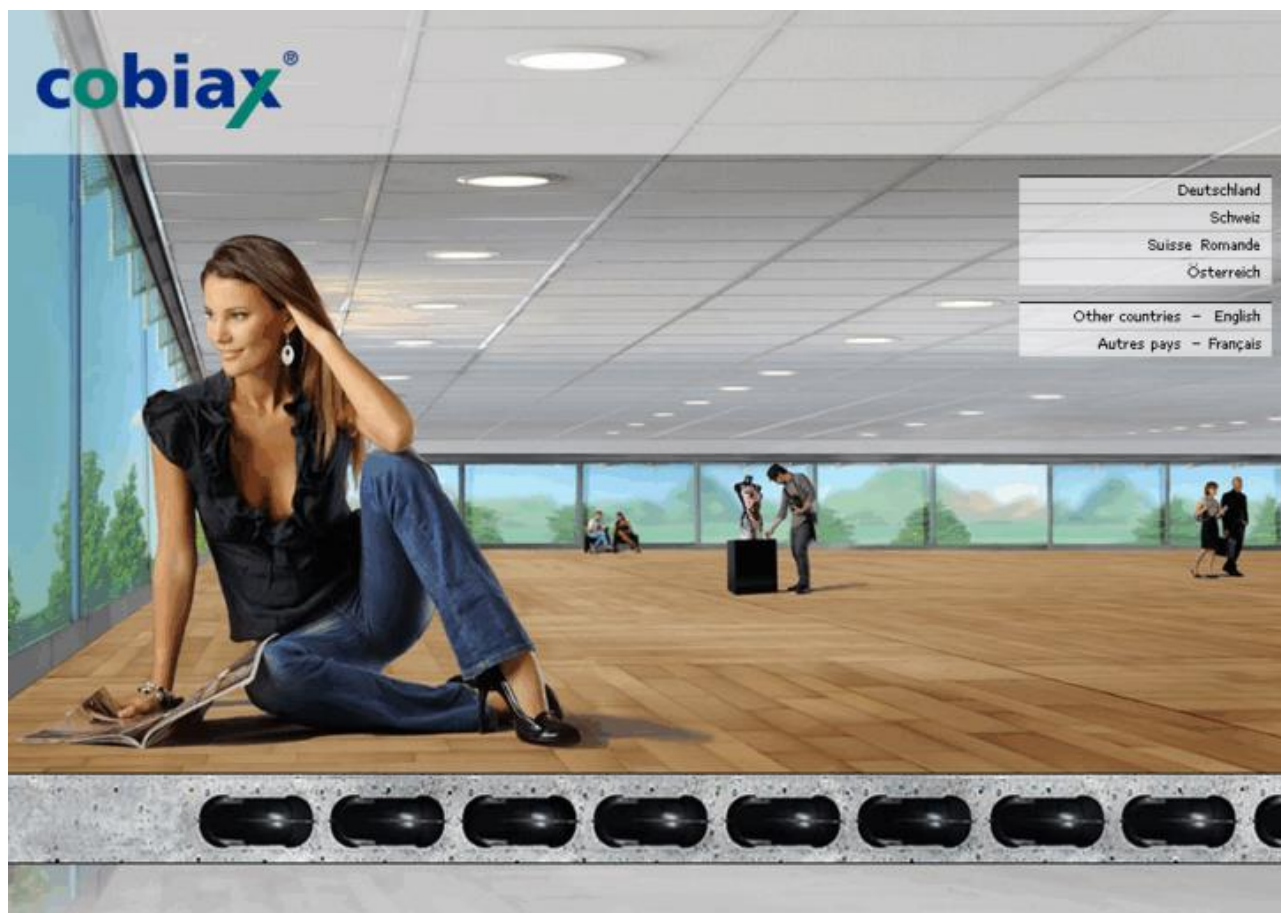
Existují různé systémy, prodávané pod různými obchodními značkami.

Pravděpodobně nejznámější je švýcarský systém **Cobiax**. V Čechách v současné době nemá přímé zastoupení, nejbližze na Slovensku, v Polsku, nebo v Rakousku.

Vylehčení desky je řešeno plastovými koulemi (pro menší tloušťky desek ččkami) ve střednicové rovině desky, osazenými do prostorových drátěných košů, které se ukládají na rovné systémové bednění.



Výška čoček je od 100 mm, průměr koulí je do 450 mm. Minimální tloušťka desky je 200 mm, maximální běžná tloušťka desky je 600 mm, lze i více.
Lze u spojitých desk použít až do rozpětí 18 m.



Jiný podobný systém, v České republice dostupnější, používá vylehčovací plastové tvarovky **U-BOOT**.



Tvarovky se skládají z jednoho, nebo ze dvou dílů a vyrábějí se v celkové výšce od 138 do 576 mm





		jednoduchý	jednoduchý	jednoduchý	jednoduchý	dvojitý	jednoduchý
Typ	UB	13	16	20	24	26	28
Pôdorys	mm	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520
Výška H	mm	130	160	200	240	260	280
Výška nožičky p	mm	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100
Výška výstupku d	mm	8	8	8	8	8	8
Hmotnosť kusu	kg	1,125	1,430	1,660	1,730		2,000
Rozmery palety	mm	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500
Počet na palete	ks	480	480	460	480		440
Hmotnosť palety	kg	555	720	790	860		900
Výška horného elementu	mm					130	
Výška dolného elementu	mm					130	

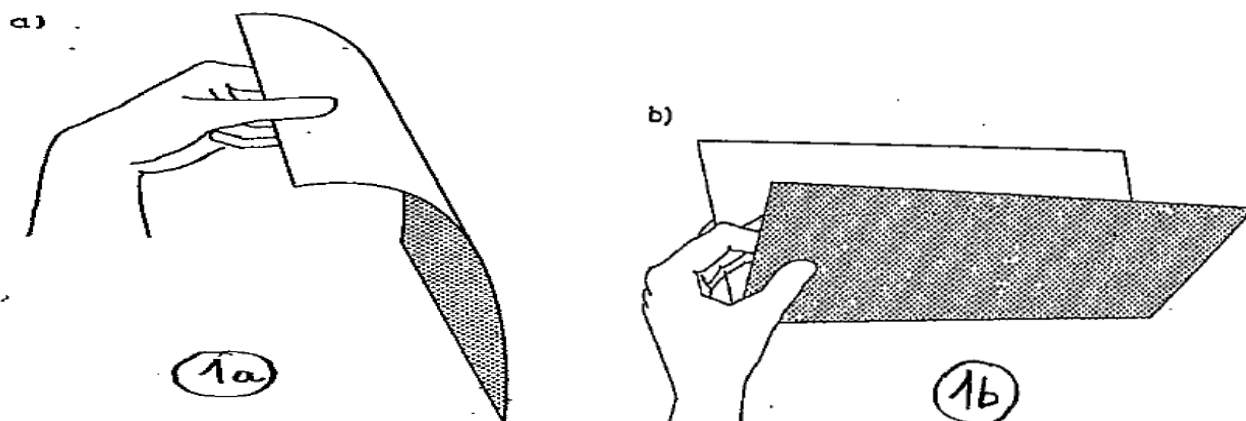
	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý	dvojitý
29	32	33	36	37	40	41	44	48	52	56
520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520	520 x 520
290	320	330	360	370	400	410	440	480	520	560
0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100	0-50-60-70-80-90-100
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500	1100 x 1100 x 2500
130	160	130	160	130	200 alebo 160	130	200 alebo 160	200 alebo 240	240	280
160	160	200	200	240	200 alebo 240	280	200 alebo 280	280 alebo 240	280	280

10. Lomenice

10.1 Obecně

Lomenice jsou především ohýbané prvky, které vzdorují ohybu v důsledku vhodné volené tvaru. Odlehčení není dosaženo vylehčením hmoty tlusté desky, jako u prvků z předchozí kapitoly, ale vhodným poskládáním po částech rovinných ploch.

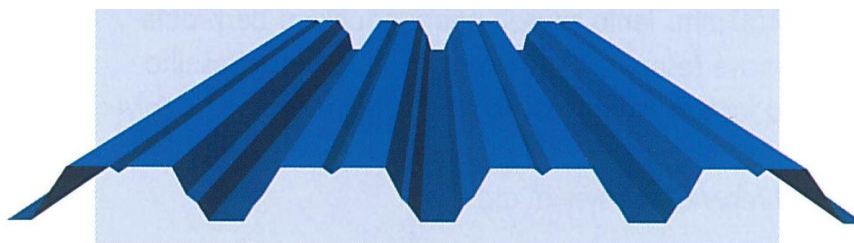
Princip fungování lomenice je zřejmý z následujících obrázků. Vhodným složením rovinné plochy získá plocha ohybovou tuhost.



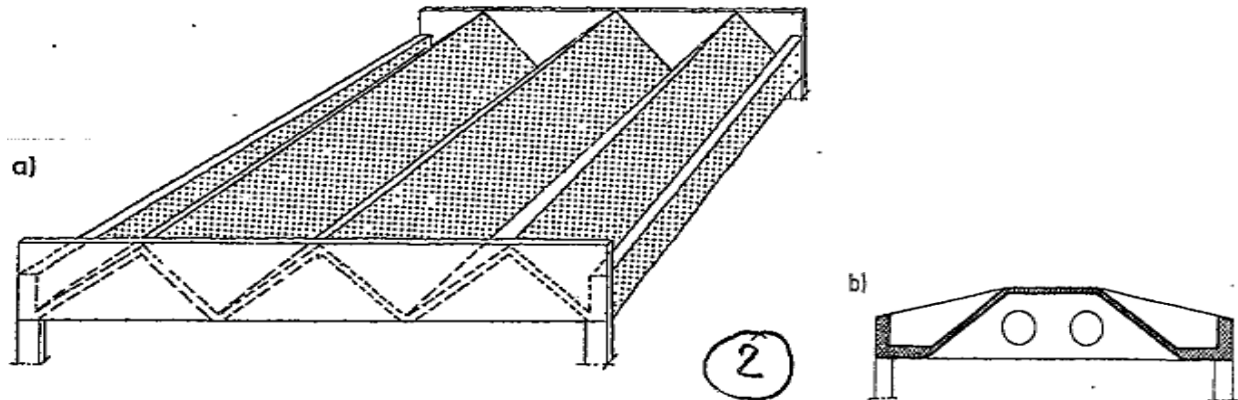
Inspirace z přírody jsou na následujících obrázcích



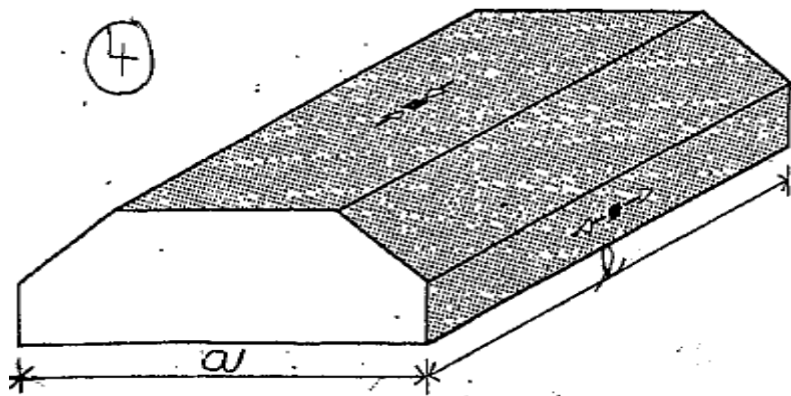
Nejčastější prvek, používaný ve stavebnictví, fungující na principu lomenice, je trapézový plech.



Příklady běžných tvarů železobetonových lomenic, používaných pro zastřešení prostorů s velkými rozpětími, jsou na následujících obrázcích:



Lomenice uložené do čelního stěnového nosníku – diafragmatu.



Lomenice uložená do štítové stěny



Schodiště funguje v příčném směru jako lomenice – konzolová lomenicová deska vetknutá do schodišťové zdi

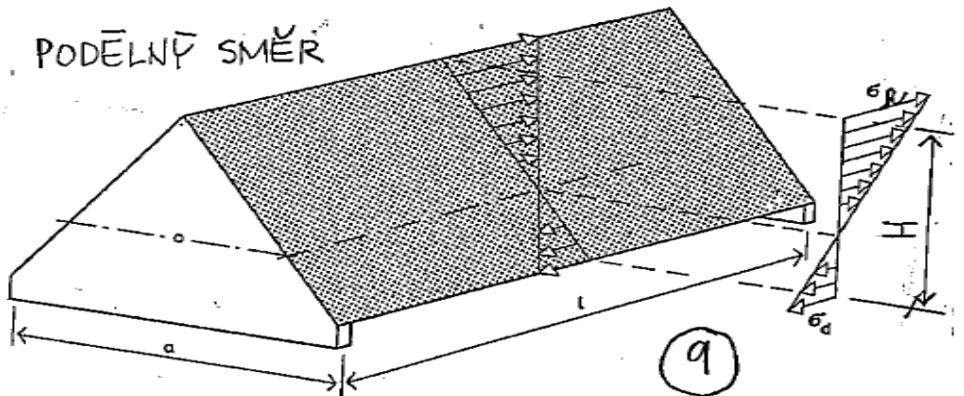


Lomenice zastřešení autobusového nádraží, Kuba

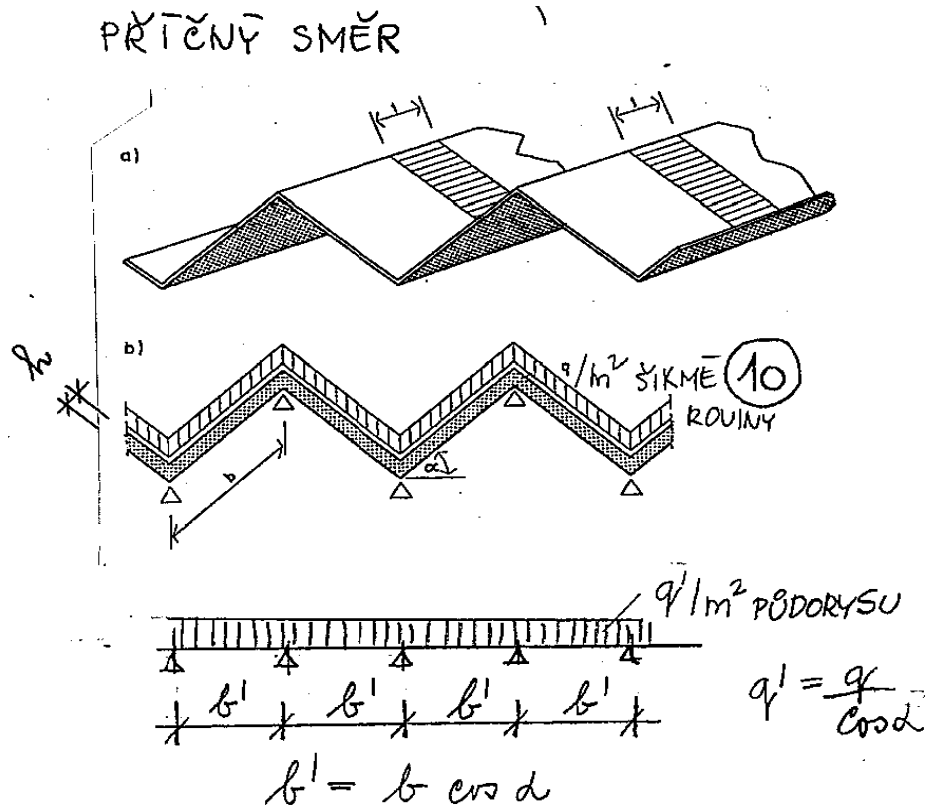
10.2 Statické působení lomenice

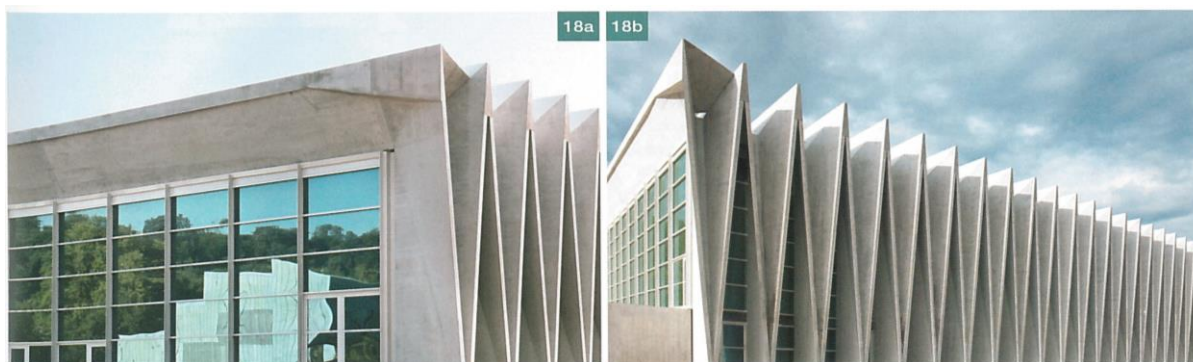
V podélném směru působí jako nosník celkové výšky H na rozpětí l , který je podepřen trojúhelníkovými štítovými stěnami. Na obrázku níže jde o prostý nosník, při více polích může fungovat jako spojitý nosník.

Hřeben střechy je v podélném směru tlačенý, okapní okraj je tažený. Pro ztužení volného okraje a lepší možnost umístění výztuže se do okapní hrany někdy vkládají okapní žebra.



V příčném směru se lomy desky chovají jako podpory a desky výšky h lomenice působí jako spojité nosníky na rozpětí b (v půdorysném průmětu b').





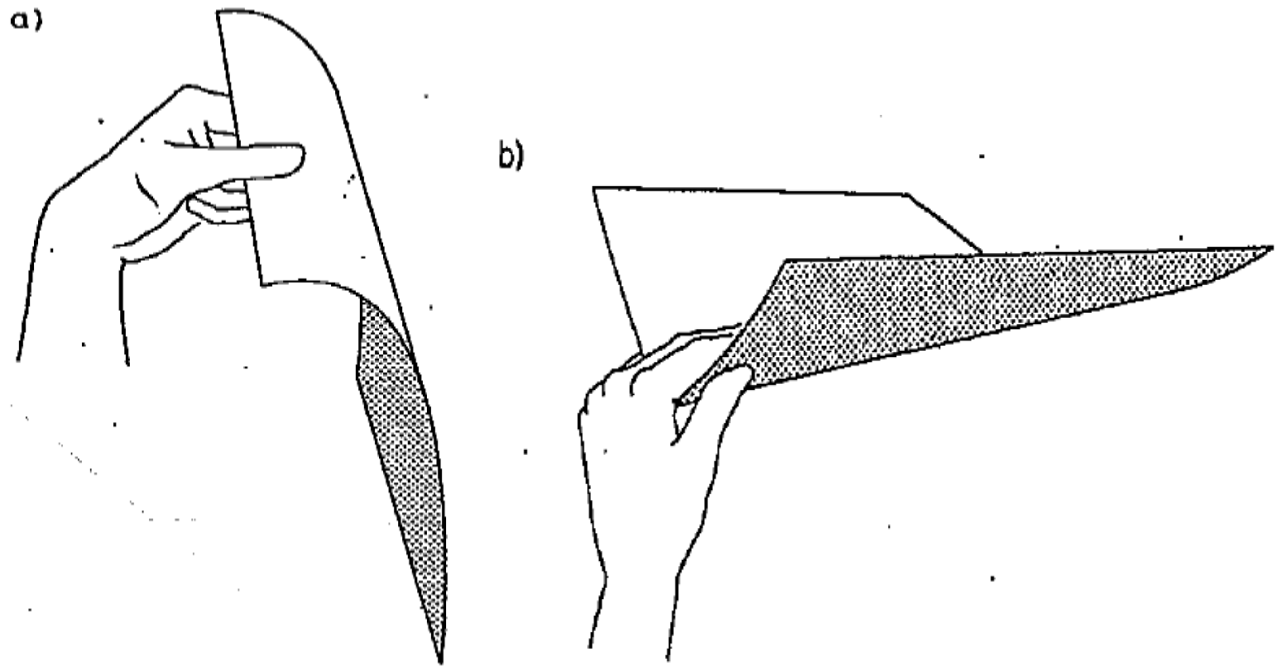
Předpjaté prefabrikované lomenice pro zastřešení tělocvičny
Univerzity aplikovaných věd v Brugg – Švýcarsko (Beton TKS 5/2012)

11. Dlouhé válcové skořepiny

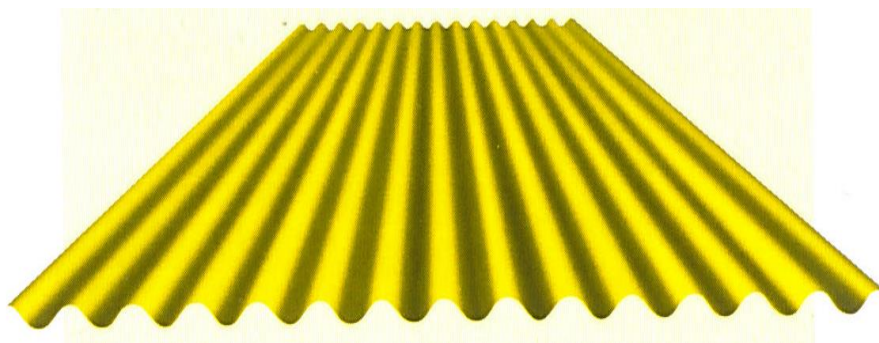
11.1 Obecně

Dlouhé válcové skořepiny byly do této přednášky zařazeny proto, že působí především v podélném směru a fungují na stejném principu, jako lomenice.

Stejně jako u lomenic je princip fungování dlouhé válcové skořepiny zřejmý z následujících obrázků.



Analogický vztah jako mezi lomenicí a trapézovým plechem, je mezi dlouhou válcovou skořepinou a vlnitým plechem.

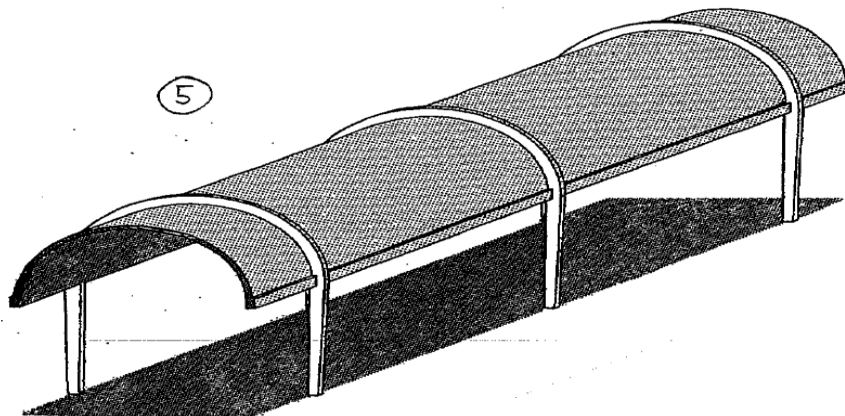
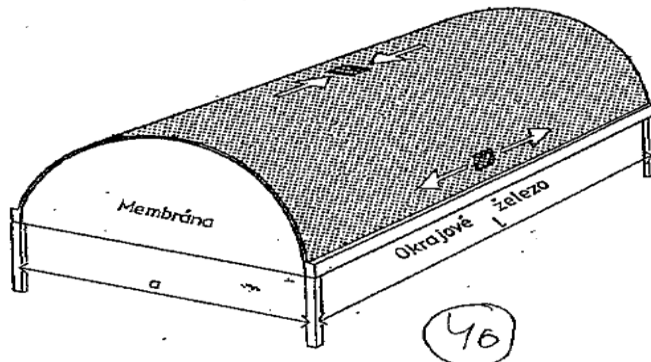
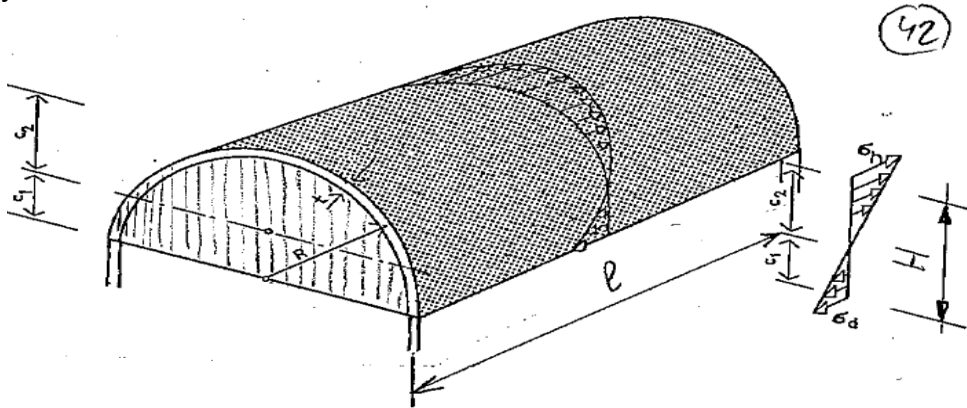


11.2 Statické působení

V podélném směru působí jako nosník celkové výšky H na rozpětí l , který je podepřen tuhými štítovými stěnami nebo štítovými obloukovými žebry. Na obrázku níže jde o prostý nosník, při více polích může fungovat jako spojitý nosník.

Vrchol střechy je v podélném směru tlačný, okapní okraj je tažený. Pro ztužení volného okraje a lepší možnost umístění výztuže se do okapní hrany někdy vkládají okapní (okrajová) žebra.

Podélný směr



Dlouhá válcová skořepina jako spojitý nosník



Hippodrome La Zarzuela, Madrid - Eduardo Torroja, 1935
konzolová válcová skořepina zastřešení fotbalového stadionu – vyložení konzoly 12,8 m

V příčném směru se válcová skořepina chová jako oblouk (oblouková skořepina). Tomuto působení bude věnována následující přednáška.